

Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios
de Posgrado e Investigación

MEMORIAS

24 • 25 ²⁰¹³
Octubre

CIM

COLOQUIO DE
INVESTIGACIÓN
MULTIDISCIPLINARIA

EVENTO
INTERNACIONAL



DIRECTORIO

Ing. Rogelio García Camacho

Director del Instituto Tecnológico de Orizaba

M.C. Aracely Jiménez Mendoza

Subdirectora Académica

Dr. Albino Martínez Sibaja

Subdirector de Planeación y Vinculación

M.C. Jesús Sevilla Manzano

Subdirector de Servicios Administrativos

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda

Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Fernando Ortiz Flores

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda

Dra. Leticia López Zamora

M.C. María Cristina Sánchez Romero

Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez

M.R.T. Ignacio López Martínez

M.C. Elvia Osorio Barradas

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González

COORDINACIÓN EDITORIAL

M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa

Dr. Mario Leoncio Arrijoa Rodríguez

Los artículos publicados en estas memorias son sometidos a arbitraje y su contenido es responsabilidad exclusiva de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución.

Los autores de los artículos certifican que éstos no contienen materiales cuya publicación viole los derechos de publicación u otros derechos de propiedad de cualquier persona, empresa o institución y asumen exclusivamente toda responsabilidad por la publicación de éstos.

Las memorias del Coloquio de Investigación Multidisciplinarias son editadas por la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, oriente 9, No. 852, Col. E. Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de los editores. Reservados todos los derechos

Estas memorias serán publicadas en la revista del Coloquio con ISSN, el cual se encuentra en trámite

COMITÉ DE ARBITRAJE EN ESTE NÚMERO

INGENIERÍA QUÍMICA

CENIDET

Dr. Carlos Astorga

FCQ-UV

Dr. Rafael Melo

IPICYT

Dr. Gerardo Lara Cisneros

Instituto Tecnológico De Veracruz

Dr. José Manuel Tejero Andrade

Universidad Autónoma del Edo. de Hidalgo

Dr. Carlos Alberto Gómez Aldapa

Instituto de Ciencias Básica de la UV

Dra. Maribel Jiménez Fernández

Universidad Autónoma del Carmen

Dr. Carlos Montalvo Romero

Univ. Tecnológica del Centro de Veracruz

Dra. Mary Pía Cuervo Pliego

Universidad Veracruzana FCQ

Dr. Oscar Velázquez Camilo

Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Alejandro Alvarado Lassmann

MIQ Norma A. Vallejo Cantú

Dr. Galo R. Urrea

Dra. Rosalía Cerecero E.

Dra. Guadalupe Luna Solano

Dr. Denis Cantú Lozano

Dra. Yolanda S. Pliego

Dr. Juan Manuel Méndez C.

MIA Adrián Reyes B

MC Erik S. Rosas Mendoza

Dr. Eusebio Bolaños Reynoso

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Erwin Adán Martínez Gómez

Dr. Roberto Romero López

Dr. Jorge Luis García Alcaraz

Dr. Lázaro Rico Pérez

Instituto Mexicano del Transporte

Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos

Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Carlos Díaz Ramos

Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre

Dr. Guillermo Cortes Robles

Dr. Fernando Ortiz Flores

Dr. Mario Leoncio Arrijoa Rodríguez

Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez

Dra. María Eloisa Gurruchaga Rodríguez

M.C. Magno Ángel González Huerta

MECATRÓNICA

UAMEX

Dr. Otniel Portillo Rodríguez

Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italia

Dr. Paolo Trippichio

M.I.E. Juan Manuel Jacinto Villegas

Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Ignacio Herrera Aguilar

Dr. Gerardo Águila Rodríguez

Dr. Albino Martínez Sibaja

M.C. Blanca Estela González Sánchez

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González

Dr. Mario Alberto García Martínez

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

Corporativo LALA S.A. de C.V., Torreón

Dr. Juan Antonio Towns Muñoz

M Universidad Politécnica de Huatusco

M.C. Alicia Agueda Conde Islas

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Dra. Teresa Ivonne Castillo Diego

Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dra. Laura Romo Rojas

Tec.de Estudios Sup. de Chimalhuacán

Dr. Eduardo Roldán Reyes

Mtro. Pablo Montes Utrera

INADE

M.C. Guillermina Pérez González

Instituto Tecnológico de Apizaco

Dra. Alejandra Torres López

Universidad de Carabobo

Dra. Karelys Osta Trentini.

Instituto Tecnológico de Orizaba

M.C. Víctor Ricardo Castillo Intriago

M.A.E. Fernando Aguirre y Hernández

M.C. Marcos Salazar Medina

M.A.E. Maricela Gallardo Córdova

M.C. Ma. Cristina Sánchez Romero

M.C. Edna A. Romero Flores

Dr. Guillermo Cortes Robles

Dr. Ángel Machorro Rodríguez

Mtro. Antonio Ramírez Zepeda

M.A.E. Maricela Gallardo Córdova

SISTEMAS COMPUTACIONALES

Universidad Nacional de Colombia

Jaime Alberto Guzmán Luna

Jovani Alberto Jiménez Builes

Ingrid Durlay Torres Pardo

CUCEI Guadalajara

Dra. Adriana Peña Pérez Negron

UAM

Dr. Joaquín Sergio Zepeda Hernández

Dr. Manuel Aguilar Cornejo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. Abdiel Cáceres González

Universidad Veracruzana

Dr. Ismael Esquivel Gámez

Dra. Karen Cortés V.

Instituto Tecnológico de Puebla

Dr. Raúl Morales Carrasco

Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Giner Alor Hernández

Dr. Ulises Juárez Martínez

Dr. Hilarión Muñoz Contreras

M.C.E. Beatriz Alejandra Olivarez Zepahua

M.R.T. Ignacio López Martínez

M.C. Ana María Chávez Trejo

M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

CIIDET

Dr. Juan Carlos Valdés Godines

Universidad Veracruzana

M.C. Patricia Espinosa García.

Universidad de Valle de Orizaba

Dra. Thelma Leonor Estévez Dorantes

Colegio Guillaomin

M.C.E. Luz Del Rocío Jiménez Osorio

Instituto Tecnológico de Orizaba

M.A.E. Fabiola González Rodríguez

M.C.E. Martha Elena Fernández Ramírez

Lic. Julia María Muñoz Lara

M.P.H. Ena Erandi Díaz López

M.C. Elda Rosario Ruíz

Mensaje del Comité Organizador

La ciencia, la tecnología y la innovación, demandan mayor inversión para impulsar el desarrollo de la investigación científica, la innovación tecnológica y la competitividad que requiere México para una inserción eficiente en la sociedad de la información.

Conscientes de esta demanda nacional, el Instituto Tecnológico de Orizaba, ofrece el Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, como un evento de carácter internacional en el que se divulgan investigaciones pertinentes con la frontera del conocimiento y la innovación, propiciando su enriquecimiento a través de la participación de investigadores que comparten sus experiencias, favoreciendo la vinculación académica y de investigación entre las instituciones y empresas.

La experiencia adquirida por el comité organizador en los últimos 10 años, ha fortalecido su compromiso en ofrecer un Coloquio de alta calidad cuya característica de internacional, permita presentar artículos avalados por un comité de arbitraje representado por instituciones de reconocido prestigio nacional e internacional, las cuales de manera conjunta han contribuido en la selección de los trabajos que se exponen y que forman parte de las memorias de este evento. En este sentido la internacionalización del CIM 2013 permitió contar con la participación de investigadores que conformaron el comité de arbitraje procedente de instituciones como:

- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad Carabobo, Colombia
- Universidad Arturo Jauretche de Argentina
- Universidad Nacional de la Plata, Argentina
- Escuela Superior Sant'Anna, Pisa Italia
- Universidad Carlos III, Madrid.

En la edición del CIM 2013 se presentan 136 ponencias divididas en 6 áreas multidisciplinarias como son:

- Ingeniería Industrial con 22 ponencias
- Ingeniería Química con 50 ponencias
- Ingeniería Administrativa con 12 ponencias
- Ingeniería Mecatrónica con 3 ponencias
- Ingeniería en Sistemas Computacionales con 10 ponencias
- Investigación Educativa con 39 ponencias

Los investigadores participantes proceden de 55 Instituciones Nacionales, entre Universidades Públicas y Privadas, Institutos Tecnológicos, Centros de Investigación y Empresas. Las investigaciones internacionales proceden de tres universidades de América como: Universidad de Texas en El Paso, y la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Rafael Bellosó Chacín, Venezuela.

De esta manera agradecemos su participación y confianza, a quienes nos han acompañado en nuestras ediciones anuales del Coloquio y a los que participan por primera vez; les reiteramos nuestro compromiso, asegurándoles que los alcances de internacionalización de las investigaciones presentadas, será mayor el próximo año.

Deseamos que tengan una agradable estancia en esta bella ciudad de Orizaba "La Ciudad de las Aguas Alegres".

Gracias

ÍNDICE

INGENIERIA QUÍMICA	1
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA	357
INGENIERÍA INDUSTRIAL	465
INGENIERÍA MECATRÓNICA	640
SISTEMAS COMPUTACIONALES	665
INVESTIGACIÓN EDUCATIVA	742

INGENIERÍA QUÍMICA

1	Cuantificación de proteína en licores de desproteización de cutícula de camarón mediante sal de fenol	5
	<i>Juan Carlos Tamayo Partida, Angelina Carolina Rodríguez Aranda, Ana Marina Torres García, Carlos Alberto Ramírez Barragán, Jesús Ángel Andrade Ortega</i>	
2	Energía requerida y costo de producción del secado por aspersión de suero de leche	11
	<i>Alfredo Domínguez Niño, Denis Cantú Lozano, Arturo Ragazzo Sánchez, Guadalupe Luna Solano</i>	
3	Remediación de suelos contaminados con petróleo crudo, empleando surfactante fúngico de manera dosificada	17
	<i>Miguel Ángel Hernández Rivera, Marcia Eugenia Ojeda Morales, Yolanda Córdova Bautista, Yuridia Evelin Hernández Cardeño, Ana Laura Severo Domínguez</i>	
4	Síntesis y caracterización (XRD, SEM, FTIR-Piridina, XPS) del catalizador WO_3-ZrO_2 modificado con Pd para su estudio en el proceso de isomerización del n-heptano.	24
	<i>Silvia Patricia Ramírez Sebastián, Lifang Chen, Jin An Wang, Jesús Miguel Ramos Cansigno, Edgar Hernández Ramírez</i>	
5	Obtención y caracterización química y funcional de almidón citrato de malanga (<i>Colocasia esculenta Schott</i>)	31
	<i>Gabriela Soledad Barragán-Zárate, Roselís Carmona-García, Juan Gabriel Torruco-Uco, Erasmo Herman y Lara, Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez</i>	
6	Proceso de secado por charolas y liofilización de ciruela mexicana	38
	<i>Cinthia Muñoz-López, Galo Rafael Urrea-García, Guadalupe Rodríguez-Jiménez, Guadalupe Luna-Solano</i>	
7	Comparación de métodos de selección de estructuras de control para una columna de pared divisoria	46
	<i>Ricardo Caricio Martínez, Galo Rafael Urrea García, Guadalupe Luna Solano, Yolanda Sonia Pliego Bravo, Eusebio Bolaños Reynoso</i>	
8	Composición del bagazo de caña por análisis termogravimétrico	54
	<i>Javier Solorza Fera, Rodolfo Rendón Villalobos, J. Sánchez Muñoz, Emmanuel Flores Huicochea</i>	
9	Preparación, caracterización y oxidación de carbones activados mediante la técnica de plasma frío de oxígeno	60
	<i>Paola De Velasco, Virginia Hernández, Miguel Montes</i>	
10	Efecto del cobre en la fluorescencia de clorofila y permeabilidad de la membrana de <i>Azolla filiculoides</i>	66
	<i>Gabriela Sánchez Viveros, Daniel González Mendoza, Alejandro Alarcón, Ronald Ferrera Cerrato</i>	
11	Efecto del proceso de nixtamalización sobre la AFB1 y textura	74
	<i>Rosalía Cerecero Enríquez, José Manuel Tejero Andrade</i>	
12	Estudio de compatibilidad de Polímeros POM, PPA y PPS expuestos a combustibles a altas temperaturas	81
	<i>Mercedes Gómez Mares, María Eugenia Martínez Ortega, Guillermo Arroyo Ortega, Clemente Márquez Márquez</i>	

13	Optimización del tratamiento ácido de bagazo de sorgo dulce empleando un diseño de experimentos	88
	<i>Iris Paola Viveros Reyes, Leticia López-Zamora, Germán Partidas Sedas, María Guadalupe Aguilar Uscanga</i>	
14	Extracción y caracterización de colágeno a partir de la piel de conejo	95
	<i>Gabriel Aguirre Álvarez, Miguel Ángel Martínez Ortiz, Roberto González Tenorio, Heidi María Palma Rodríguez, Apolonio Vargas Torres</i>	
15	Evaluación de la depositación atmosférica seca en Ciudad del Carmen Campeche	103
	<i>Carmen Carballo, Rosa Cerón, Julia Cerón, Susy Bolón, Antonio García</i>	
16	Caracterización morfológica, térmica y mecánica de biopelículas elaboradas a partir de almidón de chayotextle	109
	<i>Montserrat Berenice Cotonieto Morales, Heidi María Palma Rodríguez, Francisco Javier García Suarez, Gabriel Aguirre Álvarez, Apolonio Vargas Torres</i>	
17	Uso de técnicas de diseño central compuesto para minimizar el área de intercambio de calor de un tubo y coraza	116
	<i>José-Martin Medina-Flores, Mario Acosta-Flores, Beatriz Ruiz-Camacho, Raúl Alvarado-Almanza, José-Alfredo Jiménez-García</i>	
18	Películas formuladas con gelatina, almidón y plastificante	124
	<i>Luis Jacil Castañón-Bermúdez, Javier Solorza-Feria, Rodolfo Rendón-Villalobos, Emmanuel Flores-Huicochea, Jonathan Sánchez-Muñoz</i>	
19	Encapsulación de jugo de maracuyá (<i>Passiflora edulis flavicarpa</i>) mediante nucleación espontánea	30
	<i>Abel Eduardo Zavala, Natalia Acosta, Guadalupe Luna, Maribel Jiménez</i>	
20	Control con ganancias adaptativas para la regulación de agitación en un cristalizador batch a vacío	136
	<i>Adolfo Einar Luna Pérez, Eusebio Bolaños Reynoso, Kelvyn Baruc Sánchez Sánchez, Guadalupe Luna Solano</i>	
21	Silver nanostructures synthesis by chemical reduction: influence of solvent and reducing agent on size and shape	143
	<i>Víctor Elías Torres Heredia, Delia Hernández Romero, José Ma. Calderón Moreno</i>	
22	Propiedades termodinámicas y estructurales de proteínas, utilizando un potencial simple de Triángulo	151
	<i>Mariana Bárcenas Castañeda, Ignacio Ibarra Cigales, Gerardo Odriozola Prego, Pedro Orea</i>	
23	Producción de polihidroxibutirato con <i>Bacillus</i> sp IBT42 en hidrolizados de bagazo de <i>Agave angustifolia</i> Haw	159
	<i>Edith Natividad Vásquez Jauri, Leticia López Zamora, Libertad Alejandra Adaya García, Daniel Segura González</i>	
24	Influencia de la presencia de micronutrientes en el arranque y estabilización de un RLFI con sustrato estandarizado comercial	167
	<i>Alejandro Alvarado Lassman, Yarely de Jesús Aguilar Montor, Norma A. Vallejo Cantú, Juan Manuel Méndez Contreras</i>	
25	Grasa para zapatos Bolíe, elaborada a partir del reciclado de caucho obtenido de neumáticos.	174
	<i>Georgina Contreras Santos, María Del Rocío Santamaría Cuellar, Adriana Lagunas Benítez, Job Maldonado Vargas</i>	

26	Oxidación parcial de metanol sobre catalizadores Au/ZrO₂ promovidos por CeO₂ <i>Edgar Hernández Ramírez, Jin An Wang, S. Patricia Ramírez Sebastián, Ramin Azargohar, Ajay K. Dalai</i>	180
27	Efecto del tipo de almidón en la elaboración de empaques biodegradables por termo-prensado: caracterización parcial <i>Apolonio Vargas Torres, Heidi María Palma Rodríguez, Jose De Jesús Berrios, Greg Glenn, Felipe Gutiérrez Meraz</i>	188
28	Optimización de materia orgánica del mercado municipal de Ajalpan, Puebla <i>Ana Cristina Pérez González, Tania Paredes</i>	194
29	Propiedades térmicas y reológicas de la harina y almidón de la cáscara de plátano macho <i>Sandra Leticia Rodríguez-Ambriz, Guadalupe Méndez-Montealvo, Sonja Fritsche, Francisco Javier García-Suarez, Luis Arturo Bello-Pérez</i>	200
30	Caracterización parcial de la fracción residual de las harinas de plátanos y bananos <i>Sandra Leticia Rodríguez-Ambriz, Guadalupe Méndez-Montealvo, María Del Rosario Zamudio-Villa, Francisco Javier García-Suarez, Luis Arturo Bello-Pérez</i>	206
31	Adecuación de lodo residual como inóculo para la digestión anaerobia a nivel planta piloto <i>Juan Manuel Méndez Contreras, Nereyda Grisel Corte Cano, Eduardo Hernández Aguilar, Josefina Chávez Gutiérrez</i>	212
32	Formación de complejos amilosa-lípidos a partir de almidón desramificado de chayotextle (<i>Sechium edule Sw</i>) <i>Keila Arlen Ramírez-Rangel, Apolonio Vargas-Torres, Norma Guemes-Vera, Francisco J. L. García-Suárez, Juan Pablo Hernández Uribe</i>	219
33	Efecto del contenido de Ni en la hidrodesulfuración de dibenzotiofeno con catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ <i>Alida Elizabeth Cruz Pérez, Ebelia Del Ángel Meráz, Yolanda Marmolejo Santillán, Dora María Frías Márquez</i>	225
34	Identificación de la fase perovskita del BaTiO₃ en recubrimientos sol-gel. <i>Francisco Javier García Rodríguez, Francisco Javier Martínez Villanueva, Oscar Gómez Guzmán, José Martín Yáñez Limón</i>	233
35	Efecto del contenido de amilosa en soluciones filmogénicas adicionadas con montmorillonita: su estudio reológico. <i>Claudia Romero-Bastida, Guadalupe Méndez –Montealvo, Gonzalo Velázquez</i>	241
36	Estabilización de lodos residuales generados en una planta avícola a través del proceso de compostaje. <i>Juan Manuel Méndez, María Elena García, Jaime Tablas</i>	248
37	Caracterización y determinación de los requerimientos de nutrientes en la especie de cianobacteria <i>Spirulina</i> máxima <i>Juan Manuel Méndez Contreras, Suchil Viridiana Domínguez García</i>	256
38	Efecto de la temperatura sobre la velocidad específica de biodegradación anaerobia de lodos residuales secundarios <i>Itzel Villegas, Gabriela Zafra, Josefina Pérez, Alejandra Velasco, Sergio Esteban Viguera-Carmona</i>	263

39	Comparación de dos sistemas a nivel piloto: RH-EGSB y RHRLFI para la digestión anaerobia de los residuos sólidos orgánicos municipales	271
	<i>Norma A. Vallejo Cantú, Sinai Magdaleno Méndez, Alejandro Alvarado Lassman, Juan Manuel Méndez Contreras, Albino Martínez Sibaja</i>	
40	Efecto de la incorporación de TiO₂ a catalizadores de Pt/C para celdas de combustible	279
	<i>José -Hermilo Martínez -González, José -Martin Medina-Flores, Beatriz Ruiz-Camacho</i>	
41	Proceso de secado por aspersión de café en un secador prototipo e isotermas de sorción	286
	<i>Guadalupe Luna Solano, Francisco Gómez Navarro, Eusebio Bolaños Reynoso</i>	
42	Obtención de hidroxiapatita de escamas de tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	292
	<i>Angelina Carolina Rodríguez Aranda, Juan Carlos Tamayo Partida, Karla Fabiola Martínez Vizcarra, Carlos Alberto Ramírez Barragán, Jesús Ángel Andrade Ortega</i>	
43	Determinación de dosis óptima de invertasa para la inversión de sacarosa del jugo de caña	299
	<i>Alejandra Nallely Buendía González, Rosa María Hernández García, Eduardo Hernández Aguilar, Cesar Antonio Ortiz Sánchez, Tania García Herrera</i>	
44	Degradación del paracetamol por medio de un proceso avanzado de oxidación: ultrasonido (US)	305
	<i>Carlos Montalvo, Claudia Aguilar, Aron Flores, Atl Víctor Córdova, Denis Cantú</i>	
45	Aplicación biotecnológica de extractos de vainilla	311
	<i>Marina Guevara Valencia, Ma. Teresa González Arnao, Rosalba Ortega Jiménez, Carlos Díaz Ramos, Karla Díaz Castellanos</i>	
46	Implementación de un control de temperatura en cascada para un cristalizador de vidrio por lotes	317
	<i>Eusebio Bolaños Reynoso, Juventino Barojas Huerta, Ana María Ortiz de Montellano-Nolasco, Erick Morales Polanco, Adolfo Einar Luna Pérez</i>	
47	Identificación y caracterización de metabolitos secundarios de las semilla de la planta <i>Ageratina cylindrica</i>	324
	<i>Esmeralda Sánchez Pavón, María Elizabeth Márquez López, José S. Calderón, Leovigildo Quijano, Delia Hernández Romero</i>	
48	Diseño, fabricación y automatización de un destilador solar de alto rendimiento	332
	<i>Sara Olivia García Díaz, Héctor Aurelio Moreno Casillas, Francisco Flores García, Gloria Anel Valles López, María Guadalupe Vera Medina</i>	
49	Síntesis y caracterización de material SBA-15 impregnado con Pd y su aplicación en la adsorción de etano y etileno	340
	<i>Prisco Eduardo Cobos Barragán, María Ana Pérez Cruz, Enrique Rodríguez Castellón, María Verónica del Rosario Hernández Huesca</i>	
50	Preparación y caracterización de carbones microporosos con compuestos de calcio para la captura de CO₂	349
	<i>Valeria Ubario, Virginia Hernández, María Ana Pérez, Adrián Bonilla</i>	

Cuantificación de proteína en licores de desproteínización de cutícula de camarón mediante sal de fenol

J. C. Tamayo Partida¹, A. C. Rodríguez Aranda¹, A. M. Torres García¹, C. A. Ramírez Barragán² y J. A. Andrade Ortega^{2*}

¹ Licenciatura en Biología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, predio "Las Agujas" Nextipac C. P. 45110, Zapopan, Jalisco, México.

² Centro de Investigación en Biomateriales, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, Apartado Postal 52-93 C. P. 45020, Zapopan, Jalisco, México.

*aandrade@dmcyp.cucei.udg.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

México es uno de los mayores productores de camarón, como consecuencia se generan gran cantidad de desperdicios, que debido a su manejo inadecuado son contaminantes ambientales. Estos desechos están constituidos por fracciones de alto valor agregado, siendo una de las más importantes la proteína; que es de buena calidad y puede ser aprovechada en diferentes sectores industriales.

Este trabajo muestra como a partir de la etapa de remoción de proteínas en una metodología diseñada para recuperación de fracciones de alto valor agregado (en cutícula de camarón) se obtuvieron hidrolizados de proteína (licores de desproteínización) que se analizaron para conocer el contenido de la misma en solución. Se utilizó el método de la sal de fenol con modificaciones, para determinar la proteína de enlace covalente. Los resultados muestran que el contenido de proteína en licores fue 3.0259 g, correspondiente al 31.5% de la masa de harina sin tratamiento.

Palabras clave: cutícula de camarón, proteína, sal de fenol.

Abstract

Mexico is one of the biggest producers of shrimp; in consequence big amounts of wastes are generated and due to improper handling these wastes become contaminants to the ambient. The shrimp wastes are constituted by high value added fractions, one of the most important is the protein; this protein is of high quality and has many industrial applications.

This work shows how in a phase to remove protein, from a methodology designed for the recovery of high value added fractions (from shrimp cuticle), protein hydrolysates (deproteinization liquors) was obtained; these hydrolysates were analyzed to know the covalent protein concentration in the solution; to determine the concentration of protein, a modified phenate method was utilized. The results show that 3.0259 g of protein was removed in the deproteinization; this corresponds to 31.5% of the mass of the cuticle flour without treatments (raw material).

Keywords: shrimp cuticle, protein, phenate.

Introducción

México es el sexto productor de camarón a nivel mundial, ésta producción comprende las actividades de captura y cultivo [SIAP, 2012]. El camarón destinado a la alimentación en su mayoría es procesado antes de ser consumido, para lo cual se remueve el exoesqueleto (cefalotórax y cutícula) que puede constituir hasta el 50% de la masa del camarón (en base húmeda). El mal manejo de los desechos y su depósito en zonas no adecuadas como playas, mar abierto o rellenos sanitarios, los convierte en severos contaminantes para el ambiente [Espinosa, 1997; Ramírez y col., 2003].

Los residuos de camarón son una fuente importante de compuestos, que son considerados como de alto valor agregado debido a sus propiedades fisicoquímicas, destacando la proteína y la quitina; el aprovechamiento de éstos componentes acarrea beneficios ambientales y económicos [Gagné, 1993]. Para recuperar las fracciones de alto valor agregado que componen el exoesqueleto del camarón, se emplean metodologías que permiten la remoción de cada compuesto en diferentes etapas; inicialmente éstos métodos se enfocaban en la obtención de quitina, la metodología típica para obtener éste polisacárido involucra la remoción de minerales con soluciones ácidas, la remoción de proteína con soluciones alcalinas, y una etapa de remoción de pigmentos con solventes o soluciones oxidantes; en donde la variación del tiempo, de temperatura, la concentración de las soluciones, y la relación entre sólido y líquido, determinan el porcentaje de remoción y de recuperación de los compuestos de alto valor agregado [Pastor, 2004].

Uno de los principales componentes de la cutícula de camarón es la proteína, Manni y col. [2009] reportan hasta un 40.8% de contenido. Ésta proteína es de excelente calidad y alto valor económico [Pastor, 2004]; y tiene una gran variedad de aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia [Bueno y col., 2008; Quitain y col., 2001].

Existen diversos métodos espectrométricos para determinar la concentración de proteína en un medio líquido, por ejemplo los métodos de biuret, de Lowry, del ácido bicinónico, y de Bradford [Dennison, 2002]; sin embargo éstos métodos presentan la desventaja de requieren que la proteína a analizar esté purificada y que no estén presentes compuestos que puedan interferir con la lectura espectrométrica de las muestras.

Tomando en cuenta que la estructura básica de las proteínas tiene entre sus componentes principales un grupo amino, existe la posibilidad de determinar la concentración de proteína empleando métodos espectrofotométricos para el análisis de nitrógeno, uno de éstos es el método de la sal de fenol. Éste método se basa en la reacción del nitrógeno amoniacal (NH_3 ó NH_4) con el ácido hipocloroso (HClO) y el fenóxido o fenolato de sodio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- \text{Na}^+$), usando sulfato manganoso (MnSO_4) como catalizador de la reacción, en donde se forma indofenol un compuesto que presenta una coloración azul; el indofenol tiene un rango de absorbancia de entre 600 y 660 nm, la máxima λ se presenta a los 630 nm [Villegas y col., 2006].

En éste trabajo se propone el uso del método de la sal de fenol que mencionan Greenberg y col. [1992], con modificaciones para determinar la cantidad de proteína que se remueve en la fase de desproteínización alcalina de la cutícula de camarón; proteína que puede ser recuperada y aprovechada, ya que debido a su contenido de aminoácidos se considera como proteína de buena calidad. Se eligió el método de la sal de fenol debido a que tiene una alta precisión para la cuantificación de nitrógeno según lo reportado por Leyva-Reyes [2008].

Metodología

Materia prima

Se trabajó con cutícula de camarón donada por un restaurante local; ésta se lavó y se secó al sol, posteriormente se procesó en un molino Wiley® hasta obtener una harina de tamaño de partícula que pasa la malla 60.

Remoción de lípidos/pigmentos

Los lípidos y pigmentos se removieron empleando una mezcla de n-hexano e isopropanol de acuerdo a lo mencionado por Sachindra y col. [2006], se colocó la harina de cutícula de camarón dentro de matraces balón, se añadió la mezcla de solventes en proporción 1:5 (sólido:líquido), se aplicó agitación magnética, y se dejó reaccionar durante 4 horas. La fracción sólida resultante (harina despigmentada) se dejó a temperatura ambiente para evaporar los restos de solventes, se cuantificó y se pasó a la siguiente etapa.

Remoción de minerales

Para remover los minerales, la harina despigmentada se trató con una solución de ácido acético (CH_3COOH) 1N, en proporción 20:1 (líquido:sólido), a 60°C, con agitación mecánica, durante 60 minutos. La fracción sólida

obtenida (harina desmineralizada) se lavó con agua desionizada hasta un pH cercano a 7, se dejó secar a temperatura ambiente, se cuantificó y se pasó a la siguiente etapa de tratamiento.

Obtención de licores de desproteización

La harina despigmentada y desmineralizada se trató con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 1M, en proporción 20:1 (líquido:sólido), a temperatura ambiente, con agitación magnética, en dos etapas consecutivas de 24 horas c/u, drenando y reemplazando la solución de NaOH entre cada etapa. La fracción líquida resultante son los licores de desproteización, los cuales se denominaron como licor de primera desproteización y licor de segunda desproteización. El licor de primera desproteización se diluyó para que la concentración de proteína quedara dentro del rango de la curva de calibración.

Curva de calibración

Para determinar la concentración de proteína de los licores se diseñó una curva de calibración con NH₄Cl como estándar, a partir de una solución madre se prepararon los 4 puntos de la curva, cada punto representa una concentración de proteína en mg/ml; siendo éstos: 0.00125, 0.00250, 0.00375 y 0.00500.

Digestión química

Para la obtención de nitrógeno amoniacal, se digirieron en un equipo de digestión Digesdahl marca Hach® muestras correspondientes a los licores de desproteización, los puntos de la curva de calibración, y el blanco. Se tomaron 2 ml de muestra y se colocaron en un matraz de digestión; se añadieron 3 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado; se llevó a 460°C y se añadieron 5 ml de H₂O₂ (396 g/L) como catalizador; una vez concluida la reacción se aforó a 100 ml con agua desionizada.

Método de la sal de fenol

Se modificó el método mencionado por Greenberg y col. [1992] y estandarizado por Leyva-Reyes [2008]; para ello se tomaron 3.125 ml de cada digerido, se pusieron en vasos de precipitados con agua desionizada, aplicando agitación magnética y utilizando soluciones de NaOH a diferentes concentraciones (0.001 a 1 M) se llevaron a pH neutro, finalmente se aforaron a 50 ml con H₂O desionizada. A partir de cada solución neutralizada se tomaron 10 ml, se pusieron en un vaso de precipitados con agitación magnética, se añadieron en orden los siguientes reactivos: 50 µL de MnSO₄, 600 µL de HClO, y 750 µL de C₆H₅O⁻ Na⁺; se dejó reaccionar durante 10 minutos para el desarrollo de la coloración, por último se leyó la absorbancia a 630 nm en un espectrofotómetro USB 4000® de Ocean Optics®.

Resultados y discusión

Después de la remoción de lípidos y minerales se llegó hasta la etapa de desproteización con una harina compuesta por proteína y quitina; en la Tabla 1 se muestra el peso inicial y el peso final (base seca) del material en las diferentes etapas de la metodología.

Tabla 1. Peso inicial y peso final (en base seca) de la harina de cutícula de camarón en cada etapa de la metodología hasta la obtención de los licores de desproteización.

	Remoción de lípidos	Desmineralización	Desproteización
<i>Peso inicial (g)</i>	9.6094	8.9693	5.4527
<i>Peso final (g)</i>	9.4758	5.7471	1.9495

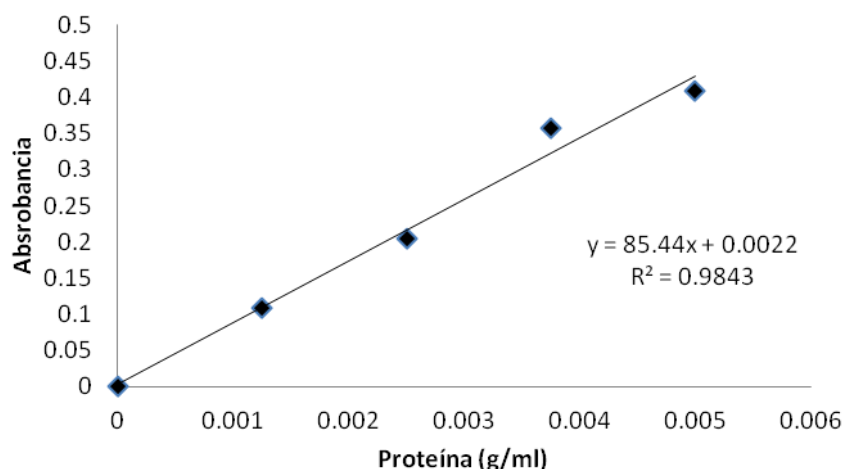
Pastor [2004] menciona que en etapas previas se remueven proteínas hidrosolubles, unidas por puentes de hidrógeno y ligadas electrostáticamente; mientras que en la etapa de desproteización se remueven las proteínas con enlace mas fuerte (covalente) unidas a la quitina. La proteína de enlace covalente es la que se encuentra en los licores de desproteización.

Curva de calibración

En la tabla 2 se muestran los puntos de la curva de calibración empleada para determinar la concentración de proteína de los licores. En la Gráfica 1 se presentan los valores de concentración y absorbancia de cada punto de la curva, donde la correlación es $R^2 = 0.9843$, y la ecuación de la recta es $y = 85.44x + 0.0022$.

Tabla 2. Concentración de proteína (g/ml) y valores de absorbancia de los puntos de la curva de calibración.

Concentración de proteína (g/ml)	Absorbancia a 630 nm
0.00000	0.000
0.00125	0.108
0.00250	0.204
0.00375	0.358
0.00500	0.409



Gráfica 1. Curva de calibración empleada para determinar la concentración de proteína de enlace covalente en los licores de desproteínización.

Determinación de contenido de proteína en licores

Se obtuvieron 85 ml de licor de primer desproteínización y 135 ml de licor de segunda desproteínización. Una vez obtenidos los valores de absorbancia de las muestras se calculó el contenido de proteína de cada licor de desproteínización mediante el despeje de la ecuación de la recta, $x = (y - 0.0022) / 85.44$, en donde y = valor de absorbancia de cada muestra. En la tabla 3 se muestran los valores de concentración de proteína y de absorbancia de las muestras analizadas.

Después de promediar la concentración de proteína calculada, en el caso del licor de primera desproteínización se procedió a multiplicar por 25 (debido a la dilución previa a la digestión) y a dividir entre el volumen de licor que se tomó para hacer la dilución (3.06 ml), obteniendo así los g/ml de proteína en el licor original. Finalmente se multiplicó por el volumen obtenido de cada licor y se obtuvo la cantidad de proteína en gramos presente en cada licor de desproteínización recuperado; el contenido de proteína del licor de primera desproteínización fue de 2.5404 g, mientras que el contenido del licor de segunda desproteínización fue de 0.4855 g; al sumar el contenido de ambos licores se conoce la cantidad de proteína que se removió, es decir 3.0259 g lo que corresponde al 31.5% de la materia prima.

Tabla 3. Contenido de proteína y absorbancia de las muestras de licores de desproteínización.

	Proteína (g/ml)	Absorbancia
<i>1ª desproteínización</i>		
Muestra 1	0.0034945	0.303
Muestra 2	0.0035980	0.312
Muestra 3	0.0038050	0.330
Muestra 4	0.0036210	0.314
<i>2ª desproteínización</i>		
Muestra 1	0.0029540	0.256
Muestra 2	0.0031610	0.274
Muestra 3	0.0042535	0.369
Muestra 4	0.0039085	0.339

Trabajo a futuro

Utilizar el método de la sal de fenol que se empleó en éste trabajo para determinar la cantidad de proteína (no covalente) que se remueve indirectamente en cada etapa de separación de fracciones de alto valor agregado en cutícula de camarón.

Conclusiones

Es posible la determinación de proteína en licores de desproteínización de cutícula de camarón por el método de la sal de fenol con algunas modificaciones, y tratamientos mínimos a las muestras a analizar.

El método de la sal de fenol requiere de condiciones específicas, en este caso, pH neutro así como ausencia de trazas de amonio.

Se corroboró que el tratamiento de desproteínización aplicado remueve la mayor parte de la proteína en las primeras 24 horas (primer desproteínización), y que en total ambas etapas removieron el 31.5% de masa (proteína covalente) con respecto a la materia prima inicial.

Referencias

1. Bueno, C.; López, J.; Campas, O.; Lauterio, R.; Adan, N. and Sánchez, D. (2008). Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. *Food Chemistry*. 112(3):671-675.
2. Dennison, C. (2002). *A guide to protein isolation*. Kluwer Academic Publishers. Estados Unidos. 186pp.
3. Espinosa, G. (1997). *Obtención de pigmentos carotenoides de cabeza de camarón fresco y fermentado*. Ingeniería de los alimentos. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

4. Gagné, N. (1993). *Production of chitin and chitosan from crustacean waste and their use as a food processing aid*. Tesis de Maestría. Department of Food Science and Agricultural Chemistry. Universidad McGill. Canadá.
5. Greenberg, A.; Clesceri, L. and Eaton, A. (1992). *Standard methods: for the examination of water and waste water*. 18^a ed. American Public Health Association. Estados Unidos. 893pp.
6. Leyva-Reyes, N. (2008). *Remoción de nitrógeno amoniacal en sistemas acuosos con bagazo de caña: un enfoque acuícola*. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. 59pp.
7. Manni, L.; Jellouli, K.; Ghorbel, O.; Agrebi, R.; Haddar, A.; Sellami, A. and Nasri, M. (2009). An oxidant -and solvent- stable protease produced by *Bacillus cereus* SV1: application in the deproteinization of shrimp wastes and as a laundry detergent additive. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 160:2308-2321.
8. Pastor, A. (2004). *Quitina y quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones*. 1^a ed. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 312pp.
9. Quitain, A.; Sato, N.; Daimond, H. and Fujie, K. (2001). Production of valuable materials by hydrothermal treatment of shrimp shells. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 40:5885-5888.
10. Ramírez, M.; García, R.; Flores, I.; Gálvez, A. and Durán, C. (2003). Empleo de una enzima quitinolítica de *Serratia marcescens* para la obtención de carotenoproteínas a partir de cefalotórax de camarón. *Tecnología, Ciencia y Educación de Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*. 18(1):32-39.
11. Sachindra, N.; Bhaskar, N. and Mahendrakar, N. (2006). Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvents. *Waste Management*. 26:1092-1098.
12. SIAP. SAGARPA (2012). México: sexto productor mundial de camarón. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=378:mexico-sexto-productor-mundial-de-camaron&catid=6:boletines&Itemid=569.
13. Villegas, W.; Acereto, P. and Vargas, M. (2006). *Análisis ultravioleta-visible, la teoría y la práctica en el ejercicio profesional*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. México. 212pp.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Energía requerida y costo de producción del secado por aspersión de suero de leche

A. Domínguez-Niño^{1*}, D. Cantú-Lozano¹, A. Ragazzo-Sanchez², G. Luna-Solano¹

¹DEPI, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Oriente 9 no. 852, Orizaba, Veracruz, México. C.P. 94300

²DEPI, Instituto Tecnológico de Tepic, Lab. en Investigación en Alimentos. Av. Tecnológico no. 2595, Tepic, Nayarit, México

*alfredo148@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El suero de leche es un líquido remanente generado en el proceso de fabricación de queso y es uno de los más grandes reservorios de proteína alimenticia, por tal motivo, es utilizado como aditivo fortificante en panificación, cereales, bebidas, sopas, etc. El secado por aspersión es una alternativa dirigida a alimentos líquidos con alto contenido de sólidos totales.

El objetivo de este estudio fue evaluar la cantidad de energía requerida, la producción y el costo durante el secado por aspersión del suero de leche. Se estudiaron tres factores: temperatura del aire de entrada (180, 200 y 220°C), temperatura del aire de salida (80, 90 y 100°C) y la adición de sílica y maltodextrina (DE-10) de 2 y 5% w/w como material de pared. Los mejores resultados fueron: menor consumo de energía de 1.92 KW, mayor producción de 0.2165 kg/h y el costo total mínimo de 17.05 \$/kg.

Palabras clave: Costo, energía, producción, suero de leche.

Abstract

Serum milk is a residual liquid generated in the production process of cheese and is one of the biggest food protein reservoirs, for this reason, it is used as a fortificant in additive bakery, cereals, beverages, soups, etc. Spray drying is an alternative directed to liquid foods with a high content of total solids.

The aim of this study was to evaluate the amount of energy required, the production and the cost during the spray drying of serum milk. Three factors were studied: inlet air temperature (180, 200 and 220°C), outlet air temperature (80, 90 and 100°C) and the addition of silica and maltodextrin (DE-10) of 2 and 5% w/w respectively as material wall. The best results were: lower energy consumption 1.92 KW, higher production of 0.2165 Kg/h and the minimum total cost of 17.05 \$/Kg.

Introducción

En la industria quesera, el principal subproducto generado corresponde al suero de leche. El suero de leche puede ser definido como el líquido remanente luego de la separación de la cuajada al momento de hacer queso, o también al separar la caseína luego de la coagulación de ésta.

Según la forma de obtención del queso será el tipo de suero de leche generado como subproducto: el suero de leche dulce, proveniente de los quesos fabricados con renina, y el suero ácido proveniente de quesos que utilizan ácido acético para la precipitación de la caseína (Badui, 2006).

La leche es un buen alimento debido a la alta calidad de sus proteínas. Durante la elaboración de queso, este retiene cerca del 80% de proteínas de la leche, dichas proteínas son principalmente caseínas, y el 20% restante permanece en el suero, por lo cual dichas proteínas, en su conjunto, son denominadas proteínas séricas o comercialmente denominadas "whey proteins". El suero tiene una proporción baja en proteínas, pero estas poseen una calidad nutritiva superior a la de las caseínas que conforman el queso debido a que contienen la

mayoría de los aminoácidos y presentan un mejor balance que las mismas caseínas (Franchi, 2010). Se han desarrollado muchas técnicas encaminadas a su aprovechamiento, y una de las más sencillas de tipo casero, consiste en calentarlo para precipitar las proteínas y después eliminar el agua por prensado; en muchas poblaciones de México se consume directamente después de salarlo, y se conoce como requesón.

A nivel industrial, una alternativa para aprovechar el valor nutritivo del suero de leche es el secado por aspersion, en el cual el alimento es transformado desde un estado líquido en gotas atomizadas para luego ser convertidas en partículas secas mediante una corriente continua de aire caliente. Con el secado por aspersion el suero de leche pasa de ser considerado un subproducto de desecho generador de contaminación, a ser un producto útil además de poder comercializarse por su alta solubilidad, retención de agua, capacidad emulsificante, espesante y espumante, y por su formación de geles estables, en productos como yogurt, quesos procesados y análogos, cremas, panadería, repostería, cárnicos, formulaciones infantiles, aderezos, helados, etc.

Durante el secado por aspersion se utiliza sílica y maltodextrina como material de pared con la finalidad de evitar apelmazamiento en la cámara de secado, proteger el material de la degradación reduciendo su reactividad con el ambiente exterior (humedad, calor, aire y luz), evitar la modificación de las características físicas del material original logrando un mejor manejo y enmascarar el sabor del material (Kashappa y Hyun, 2005). De acuerdo a lo reportado por Yang et al. (2012) el empleo de maltodextrina y una mezcla de maltodextrina/ β -ciclodextrina como material de pared en la encapsulación de proteínas de suero de leche para atenuar el sabor amargo no ejercen efectos negativos sobre la solubilidad de las proteínas.

Por otro lado el secado por aspersion es una operación de alto consumo de energía, ya que requiere al menos 2500 KJ Kg^{-1} por kilogramo de agua evaporada en un proceso ideal para agua pura, pero este valor puede ser tres o cuatro veces mayor en un proceso real para un producto húmedo.

Por todo lo anterior el objetivo de este proyecto fue evaluar la energía requerida y costo de producción del proceso de secado por aspersion del suero de leche.

Metodología

Antes de realizar el proceso de secado por aspersion del suero de leche, fue necesario acondicionar la muestra mediante la adición de materiales de pared como maltodextrina y sílica.

El secado del suero de leche se llevó a cabo en un Mini Spray Dryer modelo B-290 marca BÜCHI empleando los siguientes factores en niveles alto, medio y bajo: temperatura de entrada del aire de secado T_{y0} de 180, 200 y 220°C ; temperatura del aire de salida T_{ys} de 80, 90 y 100°C y material de pared sílica y maltodextrina a 2% y 5% respectivamente.

Para llevar a cabo el estudio del secado por aspersion del suero de leche se aplicó un diseño compuesto central centrado en sus caras representado como $2^3+2(3)+1$, teniendo un total de 15 experimentos realizados de manera aleatoria. Para cada factor se utilizaron 2 niveles con 6 puntos centrales en las caras y un punto central.

Durante el proceso de secado se evaluó el consumo de energía, esto se realizó mediante la medición de la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo a la entrada del aire así como la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo a la salida del aire del secador. Posteriormente con la ayuda de la carta psicrométrica y las temperaturas medidas anteriormente, se calcularon las entalpías del proceso de secado por aspersion del suero de leche.

La producción se determinó a partir de datos iniciales del suero de leche líquido (humedad y contenido de sólidos totales) así como el contenido de humedad y sólidos totales del suero de leche en polvo. Se realizó un balance de masa del suero de leche mediante el cual se calculó el contenido de producto seco en gramos a la salida; partiendo de este dato y conociendo el peso de la carga alimentada al secador se determinó la cantidad de gramos teóricos a la salida. El costo total se considera como la suma del costo de la energía consumida

durante el proceso de secado por aspersión y el costo de la materia prima. El costo de la energía se determinó multiplicando la energía requerida en el proceso de secado por el flujo del aire; una vez obtenido este valor, se obtiene el costo del KW·h.

Resultados y discusión

Los resultados de producción, consumo de energía y costo de los experimentos realizados del proceso de secado por aspersión del suero de leche se listan en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Valores experimentales para la variable de respuesta producción, consumo de energía y costo

Experimento	Temperatura T_{γ_0} (°C)	Temperatura T_{γ_s} (°C)	Material de pared (%)	Producción Kg/h	Energía KW	Costo \$/Kg
1	180	80	0	0.0611	1.92585	22.98
2	180	100	0	0.0318	1.90765	23.54
3	220	80	0	0.0941	2.60049	21.38
4	220	100	0	0.0617	2.55219	23.29
5	180	80	5 (MD)	0.2165	2.04900	17.06
6	180	100	5 (MD)	0.0296	2.01660	17.97
7	220	80	5 (MD)	0.0936	2.65050	17.69
8	220	100	5 (MD)	0.0388	2.60590	16.74
9	200	90	2 (SIL)	0.0621	2.39550	23.98
10	200	100	2 (SIL)	0.0458	2.41270	24.98
11	200	80	2 (SIL)	0.0753	2.41270	23.43
12	220	90	2 (SIL)	0.0739	2.64330	20.93
13	180	90	2 (SIL)	0.0440	1.95370	21.70
14	200	90	5 (MD)	0.0951	2.24090	17.16
15	200	90	0	0.0445	2.27026	30.10

Producción

El análisis estadístico (ANOVA) mostró que la temperatura de salida influye de manera significativa sobre la producción del suero de leche deshidratado. A partir del modelo de segundo orden obtenido en Minitab 16 se generaron las gráficas de superficie de respuesta empleando el software Matlab 2012a (Figura 1.1).

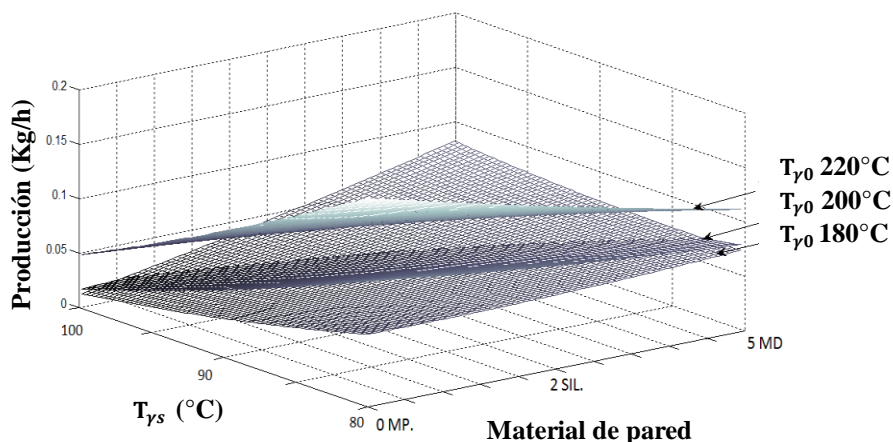


Figura 1.1 Superficie de respuesta de producción como función de T_{γ_0} , T_{γ_s} y material de pared.

En la Figura 1.1 se observa que la mayor producción de suero de leche se obtiene a una temperatura del aire de secado de 220°C cuando la temperatura de salida es de 80°C sin material de pared, esto debido a que para mantener la temperatura de salida del aire a 80°C necesita mayor flujo de alimentación de la bomba reduciendo así el tiempo de secado; sin embargo, como se ha mencionado anteriormente el material de pared resulta necesario para proteger el alimento de la humedad, calor, aire y luz; por lo cual la temperatura de entrada de aire de 180°C a una temperatura de 100°C y 5% de material de presenta una tendencia creciente en la producción de suero de leche deshidratado.

Consumo de energía

El análisis estadístico (ANOVA) mostró que los factores de estudio influyen de manera significativa sobre el consumo de energía. A partir del modelo de segundo orden obtenido en Minitab 16 se generaron las gráficas de superficie de respuesta empleando el software Matlab 2012a (Figura 1.2).

En la Figura 1.2 se observa que las condiciones con las que se genera el menor consumo de energía son: temperatura de entrada del aire de 180°C, temperatura del aire de salida 90°C y 2% de material de pared. Se observar una tendencia creciente a medida que se incrementa el porcentaje de material de pared.

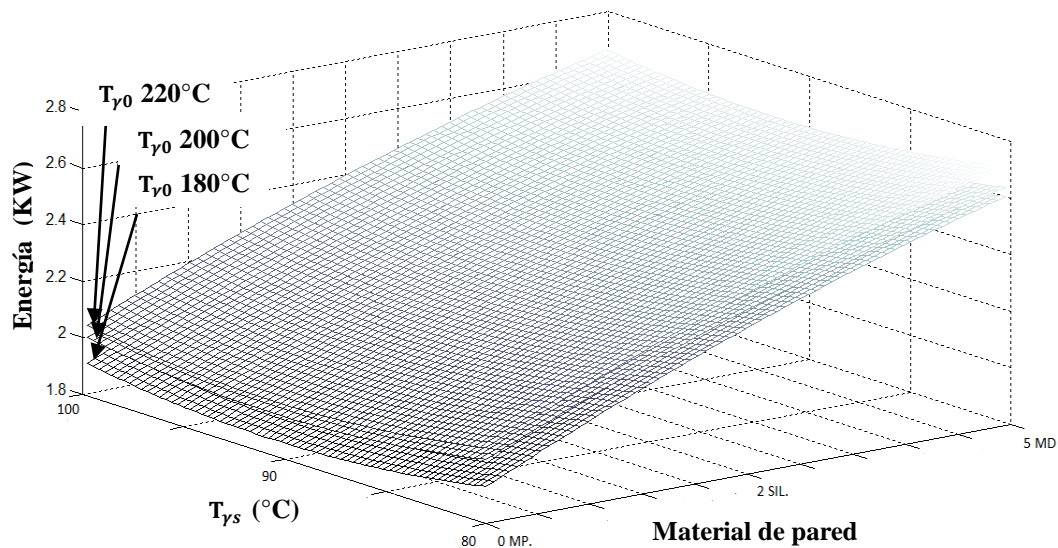


Figura 1.2 Superficie de respuesta de consumo de energía como función de $T_{\gamma 0}$, $T_{\gamma s}$ y material de pared.

Costo

El análisis estadístico (ANOVA) mostró que la temperatura de entrada y el material de pared influyen significativamente sobre el costo de producción del suero de leche deshidratado. A partir del modelo de segundo orden obtenido en Minitab 16 se generaron las gráficas de superficie de respuesta también para la variable de costo empleando el software Matlab 2012a (Figura 1.3).

La Figura 1.3 muestra que los menores costos se obtienen cuando la temperatura del aire de entrada es de 180°C y cuando el material de soporte incrementa. La influencia del material de pared sobre el costo de

producción del suero deshidratado es debido al incremento en el contenido de sólidos totales y la disminución del contenido de agua para evaporar.

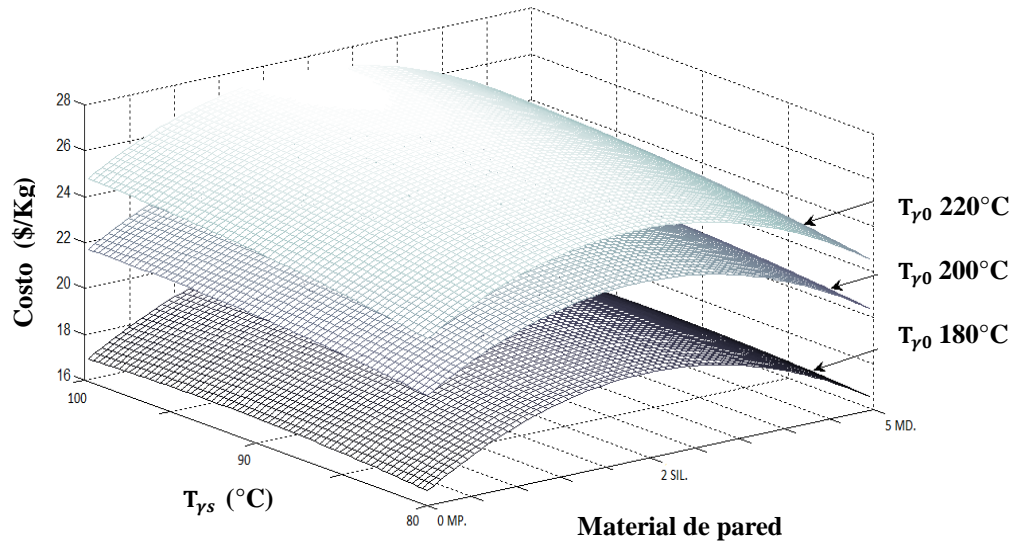


Figura 1.3 Superficie de respuesta de costo como función de $T_{\gamma 0}$, de $T_{\gamma s}$ y material de pared.

Trabajo a futuro

Determinar la influencia de los factores de estudio sobre el contenido de proteínas, rendimiento y diferencia de color de cada uno de los tratamientos realizados.

Conclusiones

Al comparar las tres gráficas de superficie de respuesta se puede observar que la temperatura de entrada del aire de secado de 180°C, la temperatura de salida de 100°C y 5% de maltodextrina presentan los mejores resultados de consumo de energía, producción y costo en el proceso de secado del suero de leche, sin embargo, resulta necesario ver la influencia de los factores de estudio sobre el color, que es importante en la aceptación del producto por el consumidor, así como el contenido de proteínas de cada uno de los tratamientos. Además se recomienda realizar la optimización de los factores para encontrar las mejores condiciones del proceso de secado.

Agradecimientos

A CONACYT por el financiamiento de este proyecto con el nombre de: "Fortalecimiento del cuerpo académico en procesos alimentarios a través de la adquisición de equipos especializados de secado". Registro CONACYT: IFR3-2011-03.

Referencias

1. Badui D.S. 2006. Química de los alimentos. Ed. Pearson Educación. p 614, 626 México
2. Franchi Oscar M. 2010. Suero de leche, propiedades y usos. <http://es.scribd.com/doc/47261459/Suero-de-leche-propiedades-y-usos> (consultada julio, 2012)

3. Kashapa y hyun. 2005. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. *Drying Technology*, 23:1361-1365.
4. Yang, Shu Xue-Ying Mao., Fei-Fei Li., Dan Zhang. 2012. The improving Effect of Spray-Drying Encapsulation Process on the Bitter Taste and Stability of Whey Protein Hidrolysate. *European Food Research & Technology* Volume 235, Number 1, 91-97.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Remediación de suelos contaminados con petróleo crudo, empleando surfactante fúngico de manera dosificada

Miguel Ángel, Hernández Rivera¹; Marcia Eugenia, Ojeda Morales^{1*}; Yolanda, Córdova Bautista¹; Yuridia Evelin, Hernández Cardeño^{1*}; Ana Laura Severo Domínguez¹

¹División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Km. 1 Carretera Cunduacán-Jalpa, Colonia Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, C.P. 86040 MÉXICO

*marcy-ojeda@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se obtuvo y evaluó seis dosis de un biosurfactante, obtenido de una cepa fúngica hidrocarbonoclasta (HAtDpc), para ello se estableció a nivel laboratorio un bioensayo en donde se utilizaron dos tipos de suelos, contaminados a 50 000ppm de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), contando con un diseño estadístico de 2 (tipo de suelo) x 6 (número de dosis) x 3 (repeticiones) = 36 unidades experimentales (u.e.), es decir, 12 tratamientos los cuales fueron inoculados con bacterias degradadoras de petróleo. Los resultados fueron sometidos a un análisis estadístico de varianza y prueba de medias (Tukey, $p < 0.05$), demostrando en los tratamientos de S1SBD3 una remoción de 83% de HTP con un máximo de crecimiento de microorganismos de 128.5×10^4 UFC/ml ($t=60$ d) y S2SBD3 una remoción de 87% de HTP con un máximo de crecimiento de microorganismos de 208×10^5 UFC/ml ($t=30$ d).

Palabras claves: surfactante, degradación, Hidrocarbonoclasta

Abstract

Was obtained and evaluated six dose of a biosurfactant obtained from a fungus hidrocarbonoclasta (HAtDpc), for this was established at laboratory bioassay in which we used two types of soils, contaminated to 50 000ppm Total Petroleum Hydrocarbons (HTP), relying on a statistical design of 2 (soil type) x 6 (number of doses) x 3 (replicates) = 36 experimental units (EU), ie 12 treatments which were inoculated with oil-degrading bacteria. The results were subjected to statistical analysis of variance test (Tukey, $p < 0.05$), demonstrating S1SBD3 treatments of 83% removal of HTP with a maximum growth of microorganisms of 128.5×10^4 CFU / ml ($t = 60$ d) and S2SBD3 a 87% removal of THP with a microorganism growth maximum of 208×10^5 CFU / ml ($t = 30$ d).

Introducción

A nivel mundial es de trascendental importancia la explotación de los recursos energéticos. En el caso de México, el petróleo crudo es su principal fuente energética (INEGI, 2009), logrando una extracción total de 2.6 millones de barriles diarios en el año 2009. Sin embargo, la contaminación del medio ambiente en gran parte se debe a los derrames de petróleo, los cuales han provocado a suelos, severos daños y un pronunciado efecto sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de la superficie, pudiendo impedir o retardar el crecimiento de la vegetación (Lieth y Markert, 1990; Luque, 1995; Pellini, 2006).

Para contrarrestar ésta contaminación, existen diversas tecnologías de remediación como lo son los tratamientos biológicos (Biorremediación) la cuál utiliza el metabolismo de organismos vivos (plantas, hongos, bacterias) para degradar o transformar los contaminantes a productos metabólicos inocuos o de menor toxicidad (Pellini, 2006; Raiger y López, 2009) mediante distintas estrategias tales como la bioaugmentación o la bioestimulación. Sin embargo, la naturaleza hidrofóbica de los hidrocarburos hace que estos compuestos sean poco accesibles y se adhieran fuertemente a las moléculas del suelo. Para favorecer la degradación, es importante aumentar la movilización y su solubilización de los hidrocarburos en medios acuosos, y para ello se propone el uso de compuestos tensioactivos (surfactantes).

Algunos microorganismos poseen la capacidad de sintetizar este tipo de compuestos, denominados biosurfactantes. Los cuales presentan varias ventajas con respecto a los surfactantes químicos, entre ellas su biodegradabilidad, baja toxicidad, biocompatibilidad, especificidad y la amplia variedad de estructuras químicas

disponibles. Estas características han permitido, en los últimos años, el desarrollo de técnicas de remediación y de recuperación asistida del petróleo residual que incluyen el uso de biosurfactantes, tanto a escala de laboratorio como a campo (Raiger y López, 2009). Es por ello que el interés en la producción de biosurfactantes se ha incrementado durante la última década. Los hongos filamentosos pueden representar una excelente alternativa para la producción de biosurfactantes, ya que se ha reportado que son mejores que las bacterias en la degradación de hidrocarburos tanto en cantidad como en variedad de constituyentes, siendo los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* los que se encuentran con mayor frecuencia en suelos y aguas marinas contaminados con hidrocarburos (Castro, 2008; Ogbulie et al., 2010).

Silva en 2011 demostró que el biosurfactante obtenido a partir del hongo hidrocarbonoclasta *Aspergillus* (H_{AT}D_{PC}), tiene la capacidad de ayudar en la degradación de petróleo en suelos contaminados, es por ello que en el presente se evaluó seis diferentes dosis del emulsificante biológico (H_{AT}D_{PC}) para realizar el proceso de biorremediación en un suelo arcilla-limoso contaminado con petróleo crudo.

Metodología

Muestreo, procesamiento y análisis de los suelos libres de hidrocarburos (S1 y S2): Se muestrearon y procesaron dos tipos de suelos de acuerdo al método establecido según la Norma Oficial Mexicana NOM-021, un suelo arcilloso-limoso (S1) y un suelo arcilloso (S2), para el muestreo se usó el método de zig-zag en un área de 500 m², se tomaron diez puntos con muestras simples a una profundidad de 20 cm, posteriormente las muestras de los suelos fueron sometidas a los procedimientos siguientes: secado, molienda y tamizado según la NOM-021 (SEMARNAT-2002). A los dos tipos de suelo fueron analizados parámetros físicos: Humedad por el Método: NMX-AA-052 de la NOM-138-SEMARNAT-2003. Determinación de conductividad eléctrica por el método AS-18 de la NOM-021 SEMARNAT-2002. (DOF, 2009); determinación de la Densidad Aparente y densidad real por los métodos AS-03 y AS-04 de la NOM-021-RECNAT-2000; medición de la Temperatura utilizando un termómetro de Hg (-20 a 150 °C); Parámetros químicos: determinación de pH del suelo medido en agua por el método: AS-02 de la NOM-021 SEMARNAT-2002. Determinación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) por el método de extracción Soxhlet 3540C. Determinación de materia orgánica de Walkley y Black por el método AS-07 de la NOM-021 SEMARNAT- 2002 y Parámetros biológicos: Conteo de células viables por el método de dilución seriada (Madigan et al., 2009).

Obtención del biosurfactante proveniente de H_{AT}D_{PC}. *Fase de fermentación:* Se preparó el medio de cultivo según el método T. Wunder 1997 para que el H_{AT}D_{PC} produjera el biosurfactante (Silva, 2011).

Fase de Extracción: El caldo con H_{AT}D_{PC} se filtró a vacío, posteriormente pasó a centrifugación, el caldo proveniente del centrifugado pasó a una serie de lavados, para ello se agregó acetona en una relación caldo-acetona 1:1.2, se filtró y se eliminó la acetona al vacío (Almazán et al., 2000).

Fase de Aislamiento del Biosurfactante: El producto activo se obtuvo por extracciones sucesivas del sobrenadante con cloroformo-metanol (2:1 v/v), y posterior eliminación de disolvente al vacío (Mulligan et al., 1989).

Contaminación de los suelos y establecimiento del bioensayo en el laboratorio: En recipientes de plástico de manera separada se colocaron 18 kg de suelo libre de petróleo y se contaminó a una concentración de 50 000 ppm. *Establecimiento del experimento:* Para realizar la investigación, se propuso un diseño estadístico con un arreglo factorial completamente al azar de 2 (tipos de suelos) x 6 (dosis (D)) x 3 (repeticiones) = 36 unidades experimentales (u.e.) y 12 tratamientos. Se esterilizaron treinta y seis recipientes en base seca y se depositaron en ellas las muestras de suelo contaminado. Se elaboró el inóculo de microorganismos Hidrocarbonoclasta que fueron estudiados por Ojeda 2009, colocándolos en medio mineral libre de carbono y como factor de crecimiento Biotina. Posteriormente se diluyeron las 6 diferentes dosis del surfactante (BSR) incrementando en 0.5 ml, en agua destilada estéril hasta completar 200 ml y 50 ml de inculante a base de bacterias Hidrocarbonoclasta, todo este procedimiento se llevó a cabo en condiciones axénicas.

Una vez establecido el bioensayo en el laboratorio se siguió la evaluación de parámetros químicos: Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, pH y HTP; parámetros físicos: Temperatura, Humedad y Conductividad eléctrica; parámetros biológicos: UFC/g suelo, cada 15 días (d), durante un periodo de 60 d.

Análisis estadístico

Se aplicó el análisis estadístico con la prueba Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar diferencias de las medias de los tratamientos para cada suelo con el fin de encontrar una diferencia estadística entre los HTP con respecto a las Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/gs.

Resultados y discusión:

Las dosis se incrementaron de 0.5 ml y los resultados manifestaron que la D₃ en ambos suelos, presentaba mayor crecimiento de las poblaciones microbianas de la bacteria Hidrocarbonoclasta, estudiadas en otras investigaciones (Ojeda, 2009, Hernández *et al.*, 2011) (figura 1).

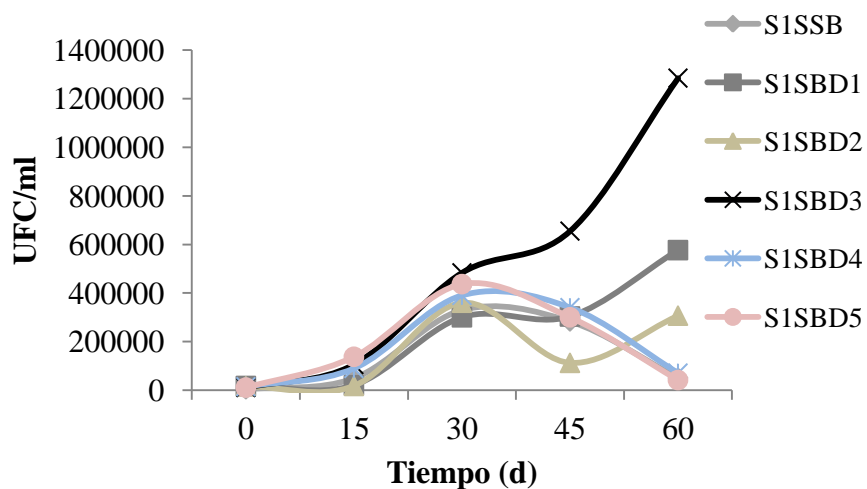


Figura 1.- Unidades Formadoras de Colonias (UFC), analizado en las unidades experimentales de S1.

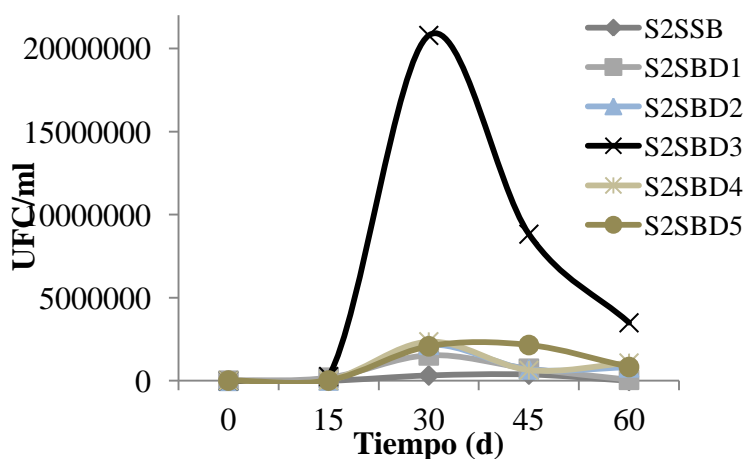


Figura 2.- Unidades Formadoras de Colonias, analizado en las unidades experimentales de S2.

Los tratamientos fueron 12. Suelo arcillo-limoso (S_1), sin surfactante: S_1SSB , con dosis 1 S_1SBD1 , dosis 2 S_1SBD2 , dosis 3 S_1SBD3 , dosis 4 S_1SBD4 , dosis 5 S_1SBD5 , y de igual manera para el Suelo Arcilloso (S_2). En la figura 1 y 2 se muestra que en el tratamiento S_1SBD3 hubo un máximo de crecimiento de microorganismos de 128.5×10^4 UFC/gs ($t=60$ d) (Figura 1), mientras que en el tratamiento S_2SBD3 fue de 208×10^5 UFC/gs ($t=30$ d) (Figura 2). Un estudio realizado por Ojeda *et al.*, 2008 realizaron una investigación con surfactantes de diferentes orígenes, donde concluyeron que donde hay mayor crecimiento microbiano hay mayor remoción de hidrocarburos. El buen desarrollo de los microorganismos puede atribuirse a que los suelos arcillosos y arcillosos limosos son fértiles, por tener una buena saturación de agua, no presentan propiedades sálicas, poseen buena permeabilidad, con buenos nutrimentos y materia orgánica (Palma *et al.*, 2007), pudiéndose considerar que también poseen una buena actividad biológica. El bajo crecimiento de UFC puede atribuirse a que a mayor dosis, mayor será la toxicidad del surfactante según Riojas *et al.*, 2010, como consecuencia esto provocó una menor degradación de hidrocarburos en estos tratamientos, a causa de la intoxicación de biosurfactante por lo que no fueron capaces de adaptarse a las condiciones del suelo provocando la muerte de la bacteria Hidrocarbonoclasta (Figura 1 y 2).

Respecto a Conductividad eléctrica, los tratamientos oscilaron de 0.05 dSm⁻¹ a 0.17 dSm⁻¹, de acuerdo a los resultados dichos tratamientos se mantuvieron en el rango < 1.0 dSm⁻¹ y según SEMARNAT 2002, se consideran "suelos con efectos despreciables de salinidad", al respecto Silva en el 2011; Severo y Rodríguez, 2012 realizaron un monitoreo de C.E en tratamientos de biorremediación utilizando el mismo biosurfactante obteniendo resultados menores a 1, y se demostró que el crecimiento microbiano no fue afectado por la conductividad eléctrica ya que Palma *et al.*, 2007 mencionan que los suelos con alto rango de C.E limitan el buen desarrollo de los microorganismos en el suelo.

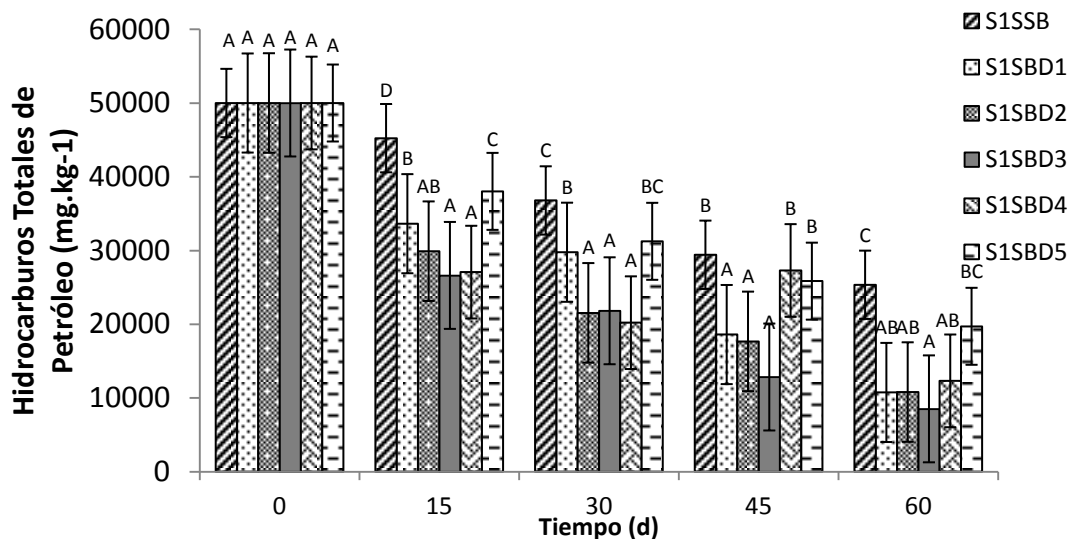


Figura 3.- Remoción de Hidrocarburos Totales del Petróleo en S_1 durante 60 días. (Medias con letras comunes en barras no difieren significativamente $\alpha \leq 0.05$)

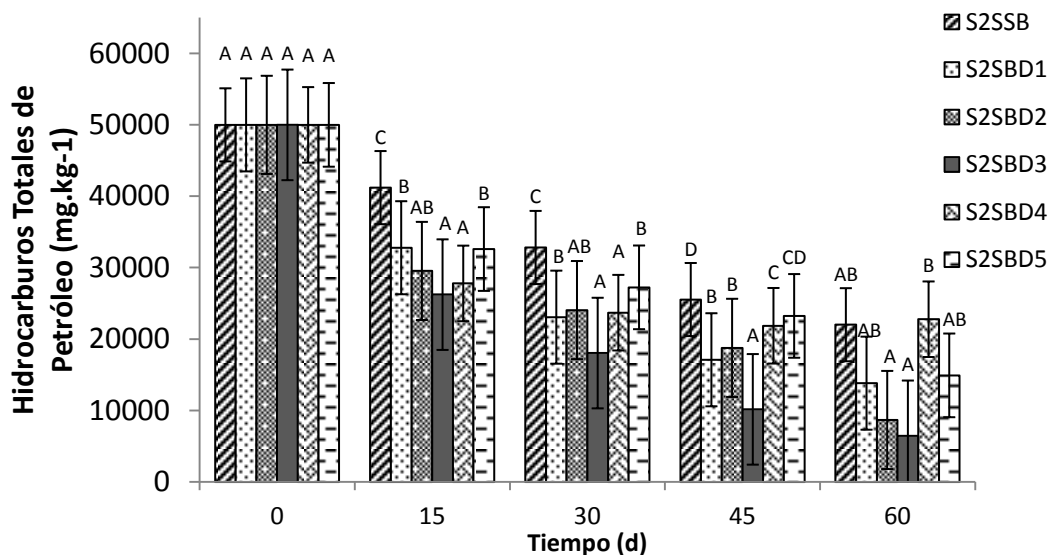


Figura 8.- Remoción de Hidrocarburos Totales del Petróleo en S₁ durante 60 días. (Medias con letras comunes en barras no difieren significativamente $\alpha \leq 0.05$)

En la Figura 3 y 4 se muestra la remoción de Hidrocarburos Totales del petróleo (HTP) presentes en los tratamientos de S₁ y S₂. Se puede observar que en el S₁ el tratamiento que tuvo una mayor remoción a los 60 días ($r^2 = 0.80$, $\alpha \leq 0.05$) fue el tratamiento S₁SBD₃ (Figura 3), con una degradación del 83%, mientras tanto en el S₂ el tratamiento que tuvo una mayor remediación fue S₂SBD₃ con una degradación del 87% (Figura 4), a diferencia del tratamiento SSB (testigo) de S₁ que se observó solo una remoción del 49% y de S₂ del 56%. Respecto a la degradación de hidrocarburos Araujo *et al.*, 2008 aluden que los contaminantes hidrofóbicos presentes en los hidrocarburos del petróleo requieren su solubilización para poder ser degradados por las células microbianas; por lo que la presencia del biosurfactante favoreció la degradación de hidrocarburos por los microorganismos. De igual forma Riojas *et al.*, 2010 mencionan que al aplicar surfactantes en una biorremediación, éstos pueden actuar incrementando la biodisponibilidad del hidrocarburo mediante la acción paralela de la desorción y solubilización del contaminante, permitiendo la transferencia de masa y biodegradación, por lo anterior el tratamiento sin surfactante biológico (S₁SSB y S₂SSB) solo removió 49% y 52% de HTP respectivamente, a pesar que contenía microorganismos Hidrocarbonoclasta (figura 3 y 4). El tratamiento S₁ y S₂ SBD₃ fue donde hubo mayor crecimiento de microorganismos y mayor remoción de hidrocarburos en ambos suelos contaminado a 50 000 ppm. Los parámetros analizados como el pH tuvieron una variación de 7.5 a 7.6 hasta los 60 días del experimento, influyendo así mismo la Temperatura de $29.82^\circ\text{C} \pm 3.38$, estos datos concuerdan con el aumento de Nitrogeno (N) de 64.29% y 76.19%, mientras que el Fósforo (P) un 79.99% y un 85.69%, para Materia Orgánica aumentó un 94.70% y 94.92% en los tratamientos con la Dosis 3 en suelo 1 y 2 respectivamente, estos resultados indican que el suelo de estas unidades experimentales quedaron en condiciones de establecer la agricultura.

Conclusiones:

El surfactante fúngico obtenido a partir de la cepa H_{At}D_{pc} fue empleado en diferentes dosis sobre suelo Arcilloso-Limoso (S₁) y suelo arcilloso (S₂) contaminados a 50 000 ppm de HTP y se observó que es posible la realización de un proceso de biodegradación de hidrocarburos. Favorecidos a través de la estimulación de la actividad microbiana sobre petróleo como única fuente de carbono y energía jugando un papel importante al lograr disminuir los rangos de HTP, observándose que los tratamientos SBD₃ fueron los mejores, con mayor eficiencia frente a los demás ya que obtuvieron un 83% y 87% de degradación de HTP con un crecimiento máximo de microorganismos hidrocarbonoclastas, a diferencia de los tratamientos testigos (SSB) a los cuales solo fueron adicionadas las bacterias hidrocarbonadas estudiadas por Ojeda en 2009. Se observa que al adicionar cantidades superiores del biosurfactante, éste provoca la intoxicación de la bacteria Hidrocarbonoclasta usada, lo cual disminuye la degradación de hidrocarburos. En los tratamientos con mejores resultados en los que se emplearon la dosis (D3), se obtuvo un mayor incremento de Fósforo, Nitrógeno y

Materia orgánica, indicando que los suelos son adecuados para el desarrollo de microorganismos, por ello estos tratamientos presentaron el mayor crecimiento poblacional, lo cual permitió biorremediar los suelos contaminados y dejarlos en condiciones de establecer la agricultura.

Referencias

1. Almazán, V. González, J. M., Pérez, J. J., Dieguez, F., Villaverde, M. J., Pérez, G., Joseph, N., Gan, R. (2000). Purificación e Identificación de la Naturaleza Química de un Tensioactivo Producido por *Pseudomonas aeruginosa* Cepa Ido-330. *REVISTA BIOLOGIA*, **14**(2):172-177.
2. Araujo, I., Gómez, A., Barrera, M., Angulo, N., Morillo, G., Cárdenas, C., Herrera, L. 2008. Surfactantes biológicos en la biorremediación de aguas contaminadas con crudo liviano. *Revista Interciencia*, **33** (4), 245-250.
3. Castro Riquelme, Y. (2008). Estudios de toxicidad y biodegradación de hidrocarburos modelo en hongos filamentosos. Tesis de Maestría. México, D.F: Universidad Autónoma Metropolitana, **1**: 85-90
4. Hernández Rivera M.A., Ojeda Morales M.E., Martínez Vázquez J.G., Villegas Cornelio V. Y Córdova Bautista Y. (2011). Optimal Parameters For The Develop Of The Hydrocarbonoclastic Microorganism *Proteu* Sp. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* **11**(1),29-43.
5. INEGI. (2009). Comunicado Núm. **203**/09. 10.
6. Lieth, H. y Markert B. (1990). Element Concentration Cadasters in Ecosystems. *Methods of Assessment and Evaluation*. VCH, Weinheim. **1**: 448.
7. Luque, J. (1995). Características edáficas de suelos afectados por derrames de petróleo. *BIP*. **1**: 10-16.
8. Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., Clark, D. P. (2009). *Brock: Biología de los microorganismos*. Madrid. España: PEARSON Addison Wesley. **1** (12), 149-177.
9. Mulligan, C. N.; Mahmoudides G.; and Gibbs, B. F. (1989). The influence of phosphate metabolism on biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Biotechnol.* **12**:199–210.
10. Ogbulie, T. E., Nwigwe, H. C., Iwuola, M. O. (2010). "Study on the use of monoculture and multispecies on bioaugmentation of crude oil contaminated agricultural soil". *Nigerian J. of Microbiol.* **24**: 2160-2167.
11. Ojeda Morales, M. E.; Hernández Rivera, M. A.; Domínguez Pérez, D.; Pulido Téllez, A. del R.; Hernández López, G. (2008). Efecto del tipo de surfactantes en la restauración de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. *Semana de Divulgación y Video científico 2008*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. **1**: 695-699.
12. Ojeda, M. E. (2009). Determinación de parámetros (Temperatura, pH y Nutrientes) para la producción óptima de biomasa microbiana hidrocarbonoclasta en condiciones in vitro. Tesis de Maestría. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. **125**
13. Palma López D. J., Cisneros Domínguez J., Moreno Caliz E., Rincón Ramírez J. A., 2007. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 3a ed. Isprotab fundacion produce Tabasco Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 61-62.
14. Pellini, L. (2006). Biorremediación estimulada por efluentes cloacales tratados de suelos contaminados con hidrocarburos. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires, Argentina. **1**: 22-26.
15. Raiger, L.J.; López, N. (2009). Los biosurfactantes y la industria petrolera. *Química Viva*. **3** (8), 146-161.
16. Riojas González, H. H., Torres Bustillos, L. G., Mondaca Fernández, I., Balderas Cortés, J. J., Gortáres Moroyoqui, P. 2010. Efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Revista Química Viva*, **3** (9), 120-145.
17. SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Apartado 7.1.7. Método **AS-07**. Determinación de materia orgánica a través del método de Walkley y Black. *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección. Diciembre de 2002.
18. SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Apartado 7.1.17. Método **AS-25**. Determinación de nitrógeno total en el suelo, por procedimientos de digestado. *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección. Diciembre de 2002.
19. SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Apartado 7.1.10. Método **AS-10**. Determinación del fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos, mediante el procedimiento de Olsen y colaboradores. *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección. Diciembre de 2002.
20. SEMARNAT. 2002a. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Apartado 6.1. Evaluación de la conformidad para muestreo de suelos. Muestreo para determinar fertilidad de suelos. *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección. Diciembre de 2002.

21. SEMARNAT. 2002b. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Apartado 7.1.1. Método **AS-01**. Preparación de la muestra de suelo. Diario Oficial de la Federación, segunda sección. Diciembre de 2002.
22. SEMARNAT. 2002c. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Apartado 7.1.2. Método **AS-02**. Determinación del pH del suelo medido en agua. Diario Oficial de la Federación, segunda sección. Diciembre de 2002.
23. SEMARNAT. 2003a. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT-2003. Método: NMX-AA-052. Determinación de la humedad del suelo. Diario Oficial de la Federación, primera sección. Marzo de 2005.
24. SEMARNAT. 2003b. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT-2003. Apartado **A.3**. Determinación de hidrocarburos de la fracción pesada. Diario Oficial de la Federación, primera sección. Noviembre de 2004.
25. Severo Domínguez, A. L., Rodríguez Méndez, S. C. 2012. Evaluación de un biosurfactante *versus* surfactante terpénico y orgánico en la biorremediación de suelos contaminados con petróleo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tesis de Ingeniería Química. Cunduacán, Tabasco, México.
26. Silva Galván Irvin A. (2011). Evaluación de un emulsificante biológico a partir de HATDPC en la degradación de petróleo en suelos contaminados. Tesis de licenciatura, División Académica de Ingeniería y Arquitectura de Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Cunduacán, Tabasco, México. **1**: 22-58
27. Tortora, G. J., Funke, B. R., Case, C. L. (2007). Introducción a la microbiología. Buenos aires, Argentina: Médica panamericana. **9**: 4-22.
28. Wunder, J. Marr, S. Kremer. (1997). "1-methoxypyrene and 1,6-dimethoxypyrene: Two novel metabolites in fungal metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons", Appl. Microbiol. Biotechnol., **42**: 636-641.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Síntesis y caracterización (XRD, SEM, FTIR-Piridina, XPS) del catalizador Pd/WO₃-ZrO₂ para la isomerización del n-heptano

Silvia P. Ramírez Sebastian^{1*}, Lifang Chen², Jin-An Wang¹, Jesús Miguel Ramos C,¹, Edgar Hernández R.¹.

¹ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional, Av. Politécnico s/n, Col. Zacatenco, 07738, México D.F.

²ESIQIE, Departamento de Ingeniería Química Petrolera, Instituto Politécnico Nacional, UPALM, C.P. 07738, México D.F.

*e-mail: silvia_patricia_rs@hotmail.com

Resumen

Se sintetizaron cuatro soportes de WO₃-ZrO₂ empleando el precursor (NH₄)₆W₁₂O₃₉•H₂O, variando el contenido del WO₃ en 5%, 10%, 15% y 25% p/p, para ello se empleó la técnica de sol-gel. Se prepararon los catalizadores de 1% p/p Pd/ (5%,10%,15%,25%) WO₃-ZrO₂ impregnando los soportes con paladio, empleando la técnica de impregnación húmeda. Las propiedades físicas y química de la superficie, así como sus respectivas estructuras cristalografías fueron caracterizadas por varias técnicas avanzadas: XRD, SEM, FTIR-Piridina, XPS.

Finalmente, se examinaron las propiedades catalíticas de los materiales en un sistema de microreactor instalado para la reacción de isomerización de n-heptano, variando las condiciones experimentales. La mejor conversión se obtuvo empleando el catalizador de 1%Pd/25%WO₃-ZrO₂, a los 300 °C (60.8%), este catalizador es selectivo hacia los isómeros, ya que el porcentaje de cracking es muy pequeño, por lo que es recomendable su uso para esta reacción.

Palabras clave: Pd/ WO₃-ZrO₂, isomerización, caracterización.

Abstract

Four series of WO₃-ZrO₂ support materials were synthesized using (NH₄)₆W₁₂O₃₉•H₂O as precursor, by varying the content of WO₃ from 5 wt% to 10wt%, 15 wt% and 25 wt %. A sol-gel technique was applied.

1wt%Pd/WO₃-ZrO₂ catalysts were prepared by impregnating WO₃-ZrO₂ support with palladium chlorite aqueous solution, using the technique of wet impregnation. The characteristics of the surface acidity, reducibility and crystalline structures of the catalysts were characterized by various advanced techniques: XRD, SEM, FTIR-pyridine, XPS.

Finally, the catalytic properties of the materials were evaluated in a microreactor-GC system for the hydroisomerization reaction of n-heptane, by varying the experimental conditions. A higher n-heptane conversion was obtained over the catalyst of 1%Pd/WO₃-ZrO₂ with 25 wt% WO₃ at 300 °C (60.8%), this catalyst is selective towards the isomers, the percentage of cracking is very small so its use is recommended for this reaction.

Introducción

La actual demanda de combustibles fósiles y los problemas de contaminación han aumentado en los últimos años. Debido a ello se han establecido nuevas restricciones ambientales para la modificación en los parámetros de la calidad en la producción de gasolina en las refinerías que tienen que ver con la disminución en el contenido de compuestos aromáticos y olefinas, como también en el establecimiento de límites para los contenidos de azufre en la gasolina, al remover estos compuestos de la gasolina, se ve afectada su calidad, ya que se disminuye el número de octano, que es la medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas, que evita las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil [1].

Debido a que estas reacciones son demandantes de acidez, ha habido interés en desarrollar catalizadores sólidos que, manteniendo una acidez elevada, sean más estables, menos contaminantes y fácilmente separables de los productos. Esto, de manera natural, ha favorecido al desarrollo de catalizadores sólidos [2]. La búsqueda de un catalizador que permita efectuar la isomerización con buena actividad y no presente problemas de desactivación ha conducido a un gran número de estudios, principalmente en el desarrollo de materiales catalíticos, entre ellos se pueden citar las zirconias sulfatadas (SO₄²⁻-ZrO₂), zirconia tungstatada (WO₃-ZrO₂) y zeolitas. Estudios previos muestran que el catalizador WO₃-ZrO₂ puede ser estable, amigable con el medio ambiente y que requiere bajas temperaturas de operación para proporcionar una alta selectividad [3-6].

Actualmente existen procesos a nivel industrial de isomerización para n-butano (C_4) y n-pentano/n-hexano (C_5 , C_6), que se han comercializado desde el siglo pasado [7], pero este no es el caso con el n-heptano, debido a los requerimientos especiales para el catalizador. El sistema WO_x/ZrO_2 ha sido empleado en diversas reacciones, [8,9] en donde se ha encontrado que la adición de pequeñas cantidades de un componente metálico, por ejemplo cantidades menores al 1% en peso de Pt o Pd al sistema WO_3-ZrO_2 conduce a la isomerización de n-alcenos y a la apertura del anillo de cicloalcenos. Por esto se ha elaborado una investigación encaminada al estudio de la hidroisomerización de n-heptano empleando catalizadores bifuncionales basados en Pd/WO_3-ZrO_2 .

Metodología

Síntesis del catalizador

El soporte fue preparado por el método de sol-gel, de acuerdo a la técnica reportada por M. Signoretto y colaboradores [8]. Para ello se adicionó primeramente C_3H_8O a una solución de $Zr[O(CH_2)_3CH_3]_4$ y $(NH_4)_6W_{12}O_{39} \cdot H_2O$ y a esta mezcla se agregó HCl (37%) gota a gota, mientras se agitaba la solución vigorosamente. Por separado se preparó una mezcla de C_3H_8O y H_2O con agitación constante y vigorosa. Posteriormente esta solución se adicionó a la primera que fue preparada nuevamente con agitación vigorosa. La muestra se dejó a temperatura ambiente durante 12 hr para completar el proceso de gelación. Se realizó la extracción del solvente en un rotavapor. La concentración de WO_3 se varió en 5%, 10%, 15% y 25% p/p. Todos soportes fueron calcinados a 800 °C durante 3 horas. El paladio fue impregnado por el método de impregnación húmeda según M. Busto y colaboradores empleando una solución acuosa de $PdCl_2$, y ajustando la concentración de la solución de impregnación para lograr 1% en peso de Pd en el catalizador final. Nuevamente se sometió a un secado a 80°C durante 24 horas y fueron calcinados a 450 °C durante 3 horas.

Caracterización del material

Los soportes WO_3-ZrO_2 obtenidos se caracterizaron por las técnicas de difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés) y microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés). El precursor favoreció la presencia de la fase cristalina de WO_3 , y en menor proporción se identificaron dos fases de ZrO_2 , tetragonal y la monoclinica. Se identificó que las partículas cristalinas de la ZrO_2 presentan una superficie rugosa, y en las partículas cristalinas de WO_3 una superficie rugosa.

Los patrones de difracción fueron obtenidos empleando una fuente de radiación de Co ($\lambda_{Co\ K\alpha} = 1.789 \text{ \AA}$) en un difractor GBC. El escaneo se realizó en un intervalo de 2θ desde 10° a 60°, con un tamaño de paso de 0.02° y un tiempo por paso de 2s. Con una intensidad de 35kV. Se efectuó la comparación entre los patrones y la muestra sintetizada utilizando las tarjetas del Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JPCD), y el programa Crystal Impact Match 1.9 d.

Las micrografías se realizaron con un microscopio FEI modelo Quanta 3D FEG, con una aceleración de voltaje de 10 Kv y una presión de vacío de 1.3 mbar, acoplado a una micro sonda o detector para realizar análisis por dispersión de rayos X (EDS o EDXS), para realizar un microanálisis elemental puntual, se empleó un voltaje de 30 Kv.

La caracterización con FTIR muestra de que los catalizadores contienen sitios ácidos de Brønsted y Lewis que pueden ser retenidos hasta los 300 °C. La técnica de XPS permitió identificar que las especies químicas Pd^0 , Pd^{2+} , Zr^{4+} , W^{4+} y W^{6+} están mayormente presentes en la superficie de los catalizadores.

Para la evaluación y el análisis de la fuerza y tipo de sitios ácidos, se llevó a cabo la adsorción de piridina en las muestras empleando un espectrómetro de transformada de Fourier infrarroja (FTIR) Perkin-Elmer modelo 170-SX, a diferentes temperaturas en un rango de 50 °C a 400°C. Antes de la adsorción de piridina, las muestras se calentaron a 300 °C durante 60 min en un sistema de vacío, a fin de eliminar el agua adsorbida o impurezas en la superficie, y después se enfrió hasta temperatura ambiente. Después, la pastilla translúcida (15mg - 30 mg) fue expuesta a la piridina. Lo anterior se logra al romper, en el interior de la celda, un capilar de 50 μ L de piridina líquida. La adsorción de piridina se realizó hasta llegar a la saturación y el exceso de ella fue eliminado con vacío. Los espectros fueron obtenidos para la desorción de la piridina a 50 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C y 400 °C.

Los análisis de XPS se realizaron en un espectrómetro modelo K-Alpha de Thermo Scientific, con una fuente de Al $K\alpha$ ($h\nu = 1486.6 \text{ eV}$) monocromatizada. Los límites mínimos de detección se encuentran en el intervalo de 0.1 a 0.5 % atómico dependiendo del elemento y entorno químico. Cuenta con un sistema de compensación de carga por flujo de Argón para analizar muestras no conductoras y una platina para análisis angular en el intervalo de $\pm 75^\circ$ con respecto a la superficie de análisis. La presión de vacío durante todos los análisis fue de 10^{-9} a 10^{-8} mbar.

Para la evaluación de los materiales, se emplearon 200 mg de catalizador con un tamaño de partícula \leq malla 100, un cromatógrafo de gases Varian 3800 provisto de un detector de ionización de flama, una columna capilar con fase metilsilicon-gum de 30 m, diámetro interno de 0.2 mm. La activación del catalizador de 2 hr a 300°C con flujo de 25 ml/min de H₂. La reacción se lleva a cabo en un reactor tipo "U" con flujo constante de 60 ml/min de H₂ de 200-400 °C.

Resultados y discusión

Difracción de rayos-X

Fueron identificados los picos característicos de la fases tetragonal de la zirconia ($2\theta = 30, 35, 50$) [9, 10,11] y también picos muy débiles de la fase monoclinica ($2\theta = 24, 28, 33, 40, 45, 50,51, 55$) [6,8], así como los picos de WO₃ cristalino ($2\theta = 26, 28, 32, 50, 52,54$) [5,8]. La cantidad e intensidad de los picos de WO₃ cristalino indican la presencia de partículas cristalinas aglomeradas de WO₃ de tamaño grande y la alta dispersión de estas partículas sobre la superficie, como se observa en la figura 1.

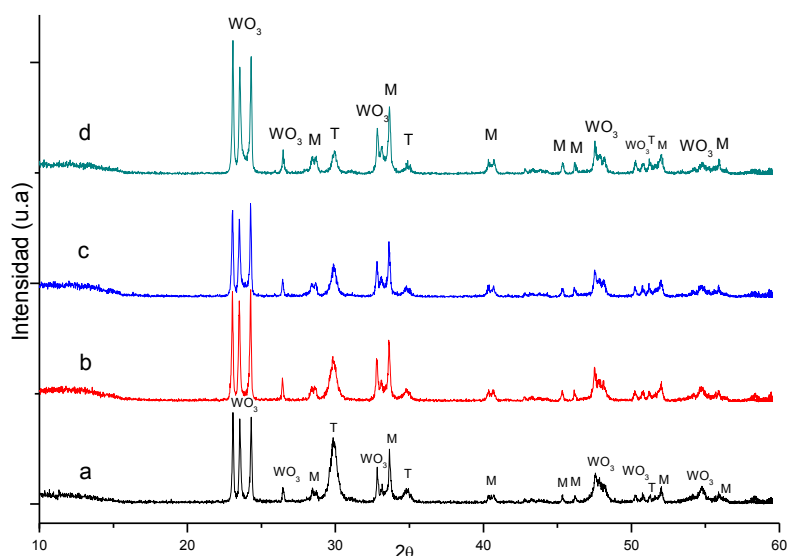


Figura 1. Patrón de difracción de rayos-X para los soportes WZ P1 calcinados a 800 °C, en donde se identifican las fases tetragonal (T-ZrO₂) y monoclinica (M-ZrO₂) de la zirconia y la fase cristalina del WO₃. Con concentraciones de; a) 5%, b) 10%, c) 15% y d) 25% en peso de WO₃.

Microscopia electrónica de barrido

Mediante el análisis de la morfología de los soportes WO₃-ZrO₂, fue posible observar la formación de partículas tanto de ZrO₂, con una estructura porosa, y de WO₃ cristalino en donde se observan partes de la superficie lisa y definida. Para observar la morfología de la superficie y la distribución del WO₃ sobre la superficie de la ZrO₂, los catalizadores fueron analizados a través del microscopio electrónico de barrido con analizador EDS (espectrómetro por dispersión de energía de rayos X), y se realizaron análisis puntuales sobre partículas, agregados o conglomerados del material.

En el caso del catalizador de 1%Pd/25%WZ P1 se observó una superficie rugosa. La figura 2 tomada a 5000x, muestra la presencia de cristales de mayor tamaño, las cuales presentan mayor concentración de WO₃. En todos los catalizadores analizados se encontró que la composición de estos es en mayor porcentaje de tungsteno, lo cual concuerda muy bien con los resultados analizados con XRD, en donde, para el caso de los materiales sintetizados con el primer precursor, se identificaron los picos más prominentes son del WO₃ cristalino.

El porcentaje de paladio varía de entre 1.08 a 0.08 % p/p, por lo que indica que no hay una buena dispersión de este metal sobre la superficie del catalizador. Ya que en ciertas regiones, incluso, no se detecta la presencia del Pd.

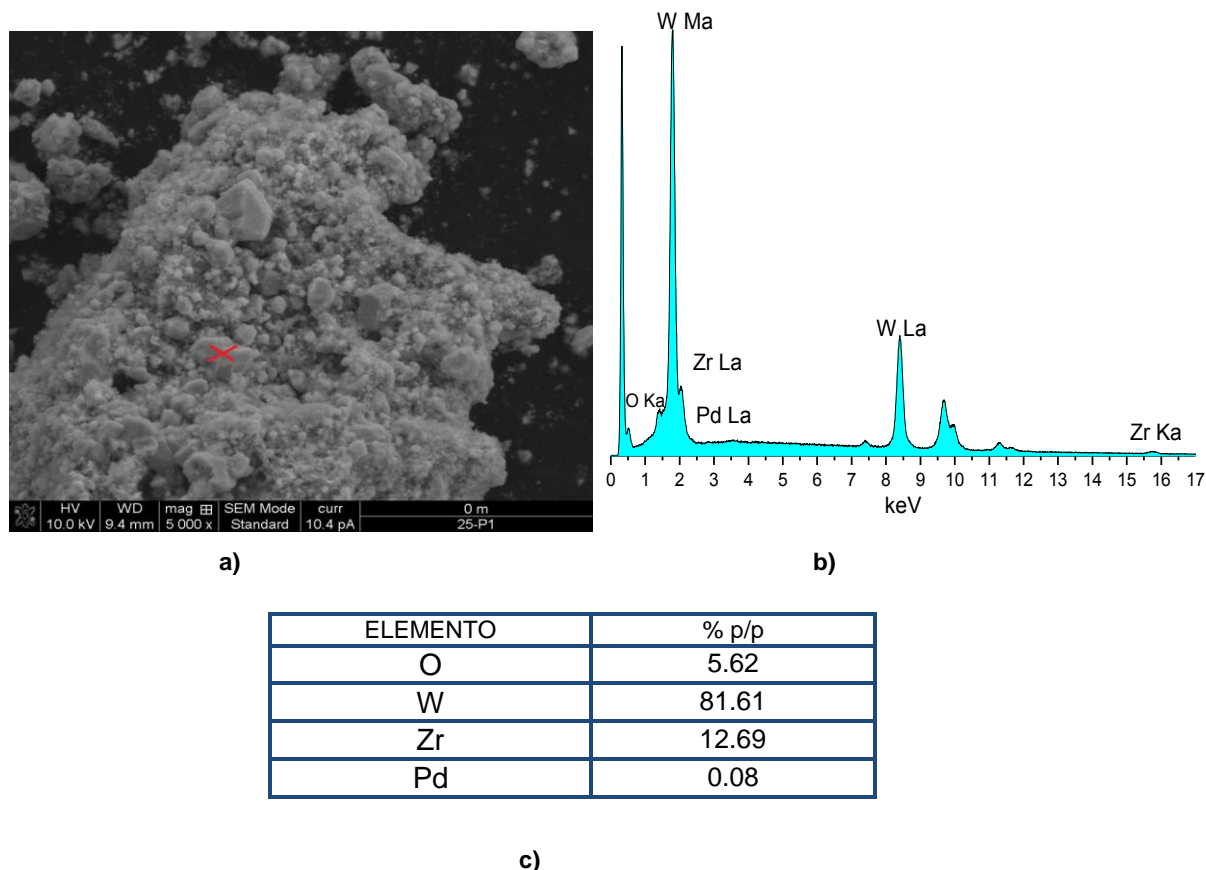


Figura 2. Micrografía, b) Espectro EDS y c) Valores estimados a partir del análisis químico de la muestra 1%Pd/25%WZ P1.

Espectroscopia infrarrojo con transformada de Fourier- Piridina

Se realizó el estudio de la acidez de la superficie de los materiales empleando la termo-desorción de piridina acoplada a la espectroscopia infrarroja. La piridina al absorberse en los sitios ácidos de Lewis presenta una serie de bandas características a 1450 cm^{-1} , 1580 cm^{-1} y 1600 cm^{-1} , y al absorberse en los sitios ácidos de tipo Brønsted presentan otras bandas en 1540 cm^{-1} y 1640 cm^{-1} y una banda a los 1490 cm^{-1} asignada a la acidez total. La figura y la tabla 3 presentan los espectros obtenidos de la adsorción de piridina a diferentes temperaturas ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $400\text{ }^{\circ}\text{C}$) para el catalizador de 1%Pd/ 5%WZ P1, el cual es el que presento mayor acidez de la serie de catalizadores preparados con el primer precursor. Es evidente, a pesar de que se observar la presencia de los dos tipos de acidez, son los sitios Lewis los que se encuentran en mayor proporción.

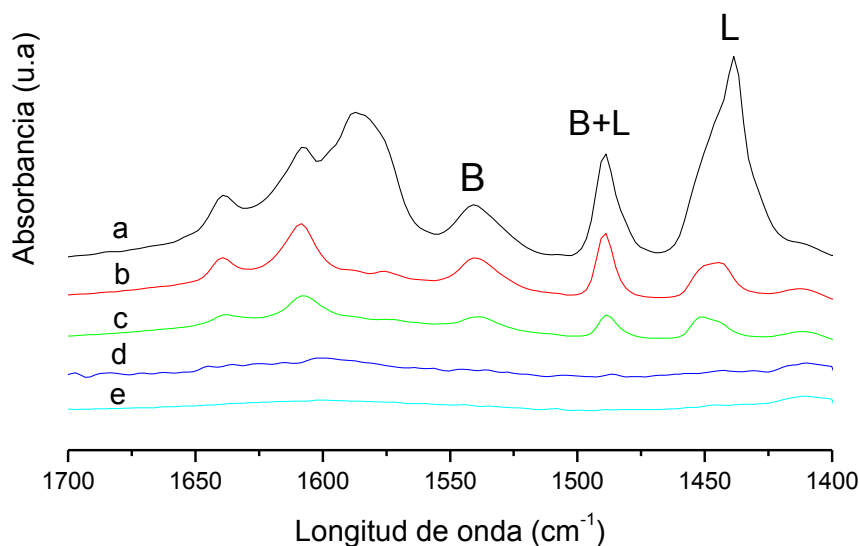


Figura 1. a) Espectros obtenidos por FTIR-adsorción de piridina en el catalizador 1%Pd/5%WZ P1. a): $50\text{ }^{\circ}\text{C}$; b): $100\text{ }^{\circ}\text{C}$; c): $200\text{ }^{\circ}\text{C}$; d): $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ y e): $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Brønsted ($\mu\text{moles/g}$)	Lewis ($\mu\text{moles/g}$)	Acidez total ($\mu\text{moles/g}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
33	207	240	50
25	32	57	100
10	18	28	200
1	3	4	300
0	1	1	400

Tabla 1. Determinación de la acidez total en μmoles de piridina/g en el catalizador 1%Pd/5%WZ P1.

Espectroscopia de fotoelectrones inducidos por Rayos-X

En la figura 4 se observa que para el caso del primer catalizador 1%Pd/5%WZ P1, se logra un correcto ajuste con cinco diferentes especies químicas. La composición mayoritaria se atribuye al doblete $4f_{7/2}$ y $4f_{5/2}$ situados en 33.92 eV-36.02 eV, respectivamente, y el cual corresponde al tungsteno en el estado de oxidación 4^+ (WO_2) con una contribución del 57.7% del total. Otro doblete correspondiente al tungsteno se asigna al estado de oxidación 6^+ (WO_3), ya que coinciden las energías de enlace de $4f_{7/2}$ y $4f_{5/2}$ situados en 35.33 eV y 37.23 eV con los ya reportados, siendo esta contribución de tan solo 3.3%.

El pico a 32.94 eV es característico de W metálico e indica que ha ocurrido una reducción de WO_3 durante la calcinación del catalizador, a este se le atribuye una contribución del 14.3%. Se puede notar que la presencia de los tres dobletes presentes en la región de 30 eV - 40 eV es característica de los estados de oxidación de W y corresponde al acoplamiento spin-orbital generado por la transición $4f_{7/2}$ y $4f_{5/2}$ [12,13]. Además, se detectó también la presencia de la especie WO_x/W , la cual es una combinación de tungsteno W^{6+} y W^0 y participa con una contribución de 1.63%, y es detectada en 38 eV. Existe una contribución de las especies de ZrO_2 (4p) con 23.63%, tratándose de un doblete de tipo $4p_{1/2}$ y $4p_{3/2}$ ubicado en 28.73 eV y 30.07 eV. Existe una sobreposición de bandas en la región de 26 eV a 33 eV, debido a que existen átomos que permanecen reducidos precisamente porque se encuentran estancados en el volumen de ZrO_2 , es decir, la existencia de los átomos de W en la superficie depende de oxidación a W^{6+} .

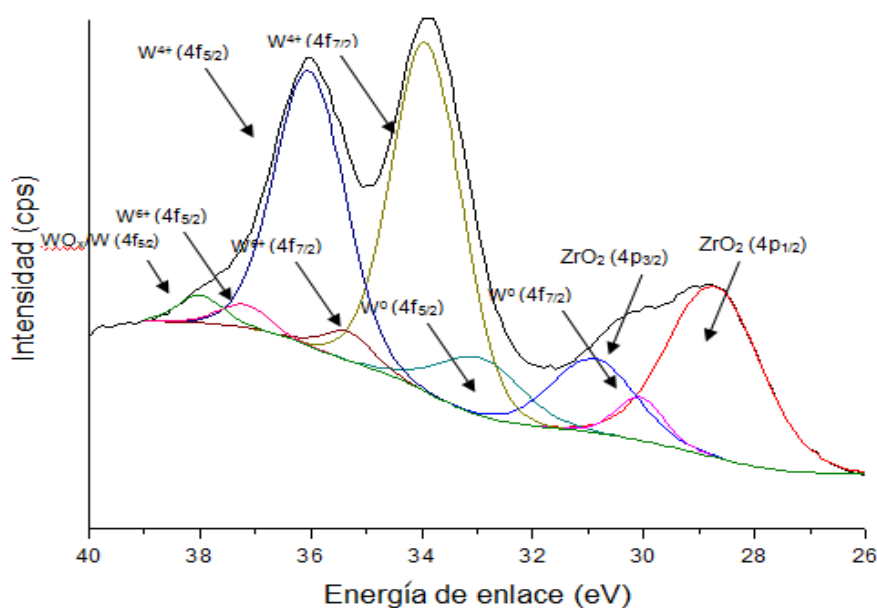


Figura 3. Espectro XPS de alta resolución en la región W4f + Zr4p del catalizador de 1%Pd/5%WZ P1. Fuente de rayos X de Alka

Evaluación catalítica

Los resultados de la evaluación de los catalizadores sintetizados con el precursor de tungsteno $(\text{NH}_4)_6\text{W}_{12}\text{O}_{39} \cdot \text{H}_2\text{O}$ se muestran en la figura 5.

Se muestra un comparativo de los 4 primeros catalizadores y se observa que fue con el catalizador 1%Pd25%WZ P1 con el que se logró la mayor conversión, siguiendo el de 5% p/p, y 10% p/p, ya que mantuvo una conversión media alta desde los 320 °C hasta los 400 °C. El catalizador con 15% p/p de WO_3 mostro la menor conversión, además que aun a los 300 °C su conversión de solo el 6.1%.

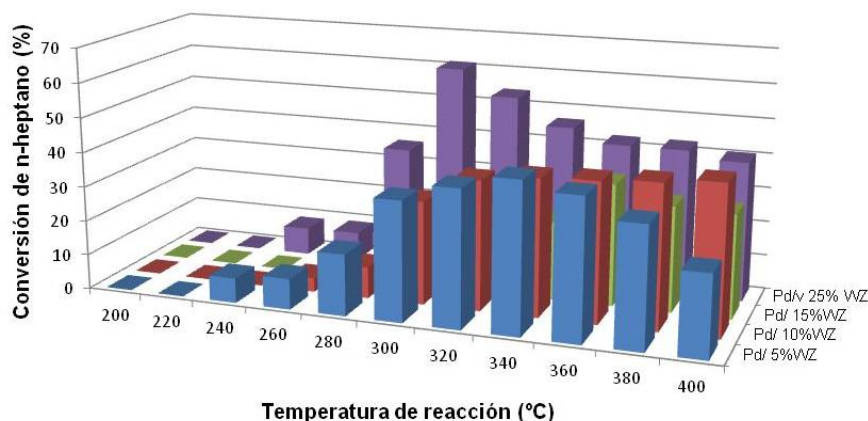


Figura 5. Representación gráfica que muestra un comparativo de las conversiones obtenidas con los catalizadores de 1%Pd/ (5,10 ,15 y 25% p/p) WZ del primer precursor.

En la figura 6 se puede notar que existe una relación entre el contenido del WO_3 y la actividad catalítica de los materiales, ya que para el caso del catalizador que contiene el 5% p/p de WO_3 , se obtuvo la menor conversión, y con el catalizador preparado con un 25% p/p de WO_3 , la conversión alcanzada fue la máxima. Aun así, las conversiones logradas con los catalizadores preparados con el segundo precursor son bajas en relación a las obtenidas con los primero cuatro catalizadores.

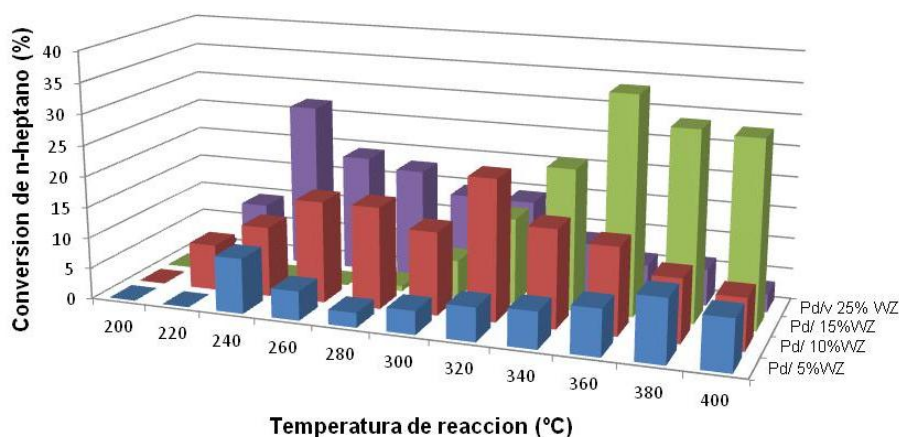


Figura 6. Representación gráfica que muestra un comparativo de las conversiones obtenidas con los catalizadores de 1%Pd/ (5,10 ,15 y 25% p/p) WZ del segundo precursor.

Trabajo a futuro

Se propone realizar un estudio de la influencia de los parámetros durante la síntesis de los catalizadores (variación de la temperatura, presión, tiempo de reacción, concentración de los precursores, pH, etc) para lograr precisar con más detalle su influencia sobre las propiedades fisicoquímicas y catalíticas de los soportes y catalizadores finales, mejorar la técnica de impregnación de la fase metálica, Pd. Estudiar a detalle la influencia del Pd sobre las propiedades ácidas y catalíticas de los materiales $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$ variando las concentraciones de Pd y los precursores del mismo, así como los métodos de impregnación.

Conclusiones

Factores como la temperatura de calcinación, el porcentaje WO_3 y la técnica de síntesis empleados juegan un papel importante en la naturaleza de las especies de óxidos presentes en la superficie y en las propiedades de la zirconia. Ya que son estos factores los que mayormente afectan las propiedades catalíticas del Pd/WO_3-ZrO_2 , así como su estructura, fases cristalinas y acidez superficial.

Se sintetizó con éxito un catalizador útil para la reacción de isomerización de n-heptano, obteniendo como el mayor rendimiento una conversión de 60.8% a bajas temperaturas (300 °C) con el catalizador de catalizador 1%Pd/25%WZ P1.

Para los materiales preparados con el segundo precursor, el catalizador que presentó mejores propiedades catalíticas fue 1%Pd/15%WZ P2, en donde la reacción presenta productos del hidrocracking a partir de los 360 °C, y hasta los 400 °C no sobrepasan el 60% del total de conversión, por lo que es este catalizador presentó el mejor rendimiento en la reacción de isomerización.

Los productos de la isomerización del n-heptano que se formaron en mayor porcentaje fueron 2-metilpentano, 3-metilpentano y 2,3-dimetilpentano. Los productos formados por el craqueo de la molécula de n-heptano fueron metano, propano y n-butano.

Agradecimientos

Al **Instituto Politécnico Nacional**, a la **Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas** y al **Laboratorio de Catálisis y Materiales**, por darme la oportunidad de realizar mi estudio de maestría en esta Institución.

Referencias

1. <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>
2. R. García Alamilla, C.E Ramos Galván, G. Sandoval Robles, J.A Melo Banda, L.A García Serrano (2005). Isomerización de n-pentano sobre PT/H modernita y PT/RE-H-Modernita- Al_2O_3 . *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, (4) pp.253-260.
3. Xin Xiao, Butler James R.(2008). Freeze dry process for the preparation of a high surface area and high pore volume catalyst. Fina Technology In., Houston, TX(US). US Patent 2008027528..
4. Clarence D. Chang, Jose San Esteban, David L. Stern Mobil(2000). Isomerization process Oil Corporation, Fairfax Va. US patent 6080904.
5. Dean Arthur Young. Hydrocracking process (1974). Union Oil Company of California. US patent 3853747.
6. Xu Jinsuo Yeh, Chuen Y. Angevine, Philip J.(2007). Solid acid catalyst and method of using same. ABB Lummus Global Inc., Bloomfield, NJ(US). US patent 7304199.
7. Lifang Chen (2007). Estudio de catalizadores de heteropoliácidos soportados en materiales mesoporosos MCM-41. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.
8. M. Signoretto, M. Scarpa, F. Pinna, G. Strukul (1998). *Journal of Non-Crystalline Solids*(**225**) 178–183.
9. Y.Q. Song, C.L. Kang, Y.L. Feng , F. Liu, X.L. Zhou, J.A. Wang, L.Y. Xu (2009).*Catalysis Today* (**148**) 63–69.
10. C. Martin, I. Martin, V. Rives, G. Solana, V. Loddo, L. Palmisano, A. Sclafani (1997). *Journal of Materials Science* (**32**).
11. M. A. Cortés-Jácome, J. A. Toledo-Antonio. Armendáriz. Hernández, and X. Bokhimiz (2002). *Journal of Solid State Chemistry* (**164**) 339–344.
12. A. Barrera, J.A. Montoya, M. Viniegra, J. Navarrete, G. Espinosa, A. Vargas, P. del Ángel, G. Pérez (2005). *Applied Catalysis A: General* (**290**) 97–109.
13. Manlio Occhiuzzi, Dante Cordischi, Delia Gazzoli, Mario Valigi, Patricia Conception Heydorn (2004). *Applied Catalysis A: General* (**269**)169–177.

Obtención y caracterización química y funcional de almidón citrato de malanga (*Colocasia esculenta* Schott)

G. S. Barragán-Zárate^{1*}, R. Carmona-García¹, J. G. Torruco-Uco¹, E. Herman y Lara¹ y C. E. Martínez-Sánchez¹.

¹ Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Avenida Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n, C.P. 68350, Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca, México.

*gabybarraganzarate@hotmail.com.

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se obtuvo almidón citrato (AC) al hacer reaccionar almidón de malanga con ácido cítrico, este se caracterizó para observar el cambio en su composición química y sus propiedades funcionales, y así poder sugerir un uso para este almidón modificado. El AC presentó un contenido de humedad menor (5.59%) que el almidón nativo (AN), debido al reemplazamiento de los grupos OH. El contenido de proteínas disminuyó en AC, debido a su solubilización en el medio de reacción. El contenido de cenizas y lípidos de 6.80 y 0.39%, respectivamente, fue mayor en AC que en AN (0.34 y 0.23%, respectivamente). El AC presenta estabilidad en su capacidad de retención de agua, con respecto a la temperatura, mientras que AN mostró un aumento. En cuanto a la solubilidad, el AC es más soluble que AN debido a que está parcialmente gelatinizado.

Palabras clave: almidón, almidón citrato, malanga, propiedades funcionales.

Abstract

Starch citrate (SC) was obtained by reacting taro starch with citric acid to obtain resistant starch, which was characterized to observe changes in its chemical composition and functional properties, and so suggest a use for this modified starch. SC had lower moisture content (5.59%) than the native starch (NS) (7.92%) due to the replacement of the OH groups. Protein content decreased in SC due to its solubilization in the reaction medium. The content of ash and lipids (6.80 and 0.39%, respectively), was higher on SC than NS (0.34 and 0.23%, respectively). SC presents stability in its water retention capacity with respect to temperature, while NS showed an increase. In terms of solubility, SC is more soluble than NS due to it is partially gelatinized.

Keywords: starch, starch citrate, taro, functional properties.

Introducción

El almidón es el principal polisacárido de almacenamiento en cereales, leguminosas, tubérculos y frutos verdes, este se encuentra organizado en entidades pequeñas llamadas gránulos. Los gránulos de almidón son extraídos por medios físicos para su utilización en diversas industrias, entre las que se encuentra la alimentaria, debido a las propiedades funcionales que imparte a los productos donde se adiciona. Dichas propiedades del almidón nativo pueden ser modificadas para aplicaciones específicas, ampliando de esta forma su utilización (BeMiller, 1993). El almidón de la dieta se ha clasificado en almidón rápidamente digerible (ARD), almidón de digestión lenta (ADL), y el almidón resistente (AR) (Englyst y col., 1992). El término "almidón resistente" (AR), fue adoptado por Hans Englyst, un fisiólogo británico, en la década de 1980. El AR se define como el almidón de la dieta que no es digerido en el intestino delgado (Saura-Calixto y col., 1993). Cinco clases o tipos de almidón resistente son reportados. El AR1 está físicamente protegido de la digestión. Los gránulos de almidón no gelatinizado con cristales de tipo B se clasifican como AR2. Los polímeros de almidón retrogradado pertenecen a AR3. Almidones modificados químicamente por enlaces cruzados, sustitución, oxidación, tratamiento con ácido, o combinaciones de ellos pertenecen al AR4. Los AR5 son complejos de amilosa-lípido

que existe como el tipo-V polimórfico (Brown y col., 2006). En la última década se han venido realizando estudios sobre almidón modificado químicamente (AR4) con ácido cítrico, llamado almidón citrato, el cual se hace reaccionar anhídrido cítrico con almidón mediante enlaces éster (Xie y Liu, 2004). Aunado a esto también en la actualidad existe el interés de buscar nuevas fuentes para la obtención de almidón, una de estas fuentes es la malanga la cual presenta una cantidad significativa de almidón, el cual pudiera remplazar el uso de algunos almidones convencionales, como es el caso del almidón del maíz, cuya producción ya no es suficiente para cubrir las necesidades de la industria. El objetivo del presente trabajo fue obtener y caracterizar química y funcionalmente el almidón citrato obtenido a partir de almidón de malanga.

Materiales y Métodos

Materiales

La malanga (*Colocasia esculenta* Schott), fue proporcionada por productores de San Lucas Ojitlán.

Obtención de almidón

El almidón fue extraído siguiendo la metodología de Flores-Gorosquera y col. (2004), en la cual la malanga es pelada, cortada en cubos y remojada en una solución de ácido cítrico al 3%, posteriormente se molió en una licuadora industrial para reducir el tamaño de partícula. La lechada de almidón se dejó pasar por una serie de tamices para eliminar la fibra, y el filtrado se dejó sedimentar a 4 °C. Transcurrido este tiempo, la mayor parte del líquido sobrenadante se eliminó por sifoneo y la lechada de almidón fue lavada con agua destilada, y filtrada al vacío con la finalidad de recuperar el almidón. Posteriormente, se secó en una estufa de convección a 50 °C y fue molido y tamizado hasta obtener un polvo fino, el cual fue sellado al vacío para su posterior uso.

Obtención de almidón citrato

El almidón citrato se obtuvo siguiendo la metodología empleada por Shin y col. (2007), con algunas modificaciones, en la cual se tomó una muestra de 60 g de almidón de malanga, utilizando como catalizador de la reacción 1.5 g de hipofosfito de sodio y se dispersó en 78 mL de ácido cítrico 0.5 molar, esta dispersión fue autoclaveada a 121 °C por 30 min y posteriormente se colocó a una estufa para que se llevara a cabo la reacción a 130 °C durante 120 minutos. Después de la reacción, la muestra se dejó a enfriar por 30 min a temperatura ambiente, se redispersó en agua destilada (300 mL), y neutralizó con NaOH 1 M. La solución fue después centrifugada a 8770 x g por 20 min, y los pellets fueron lavados con agua desionizada y etanol al 95%. El almidón tratado con ácido cítrico fue secado a temperatura ambiente, molido y tamizado (malla 40) hasta obtener un polvo fino, finalmente fue almacenado para su posterior utilización.

Composición química

El almidón nativo (AN) de malanga y el almidón citrato (AC) fueron analizados químicamente de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AACC (2000), comprendiendo los siguientes análisis: humedad (método 44-16), cenizas (método 08-14), grasas (método 32-25), proteínas (método 42-11). Se empleó el método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43, 1995) para determinar fibra dietaria total.

Determinación del almidón total en el almidón nativo y almidón citrato.

Empleando el método de Goñi y col. (1997), se pesaron 50 mg de almidón en tubos de centrifuga (con capacidad de 50 mL). A cada tubo se le adicionaron 3 mL de agua destilada y 3 mL de KOH 4M (preparado al momento). Se agitó durante 30 min, a temperatura ambiente. Se adicionaron 5.5 mL de HCl 2M y 3 mL de regulador acetato sódico 0.4 M por tubo. Se ajustó el pH a 4.75, adicionando después 60 µL de amiloglucosidasa (11065721, Roche, USA). Se incubó en un baño de agua a 60 °C con agitación constante, durante 45 min. Se centrifugó a 3000 x g, durante 15 min, colocando el sobrenadante en matraz aforado de 50 mL. El residuo fue lavado con 10 mL de agua destilada y se repitió la centrifugación dos veces.

Propiedades funcionales del almidón nativo y almidón citrato de malanga medidas diferentes temperaturas

Capacidad de retención de agua y aceite

Se determinaron las propiedades de capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de aceite (CRAC), mediante el método de Larrauri y col. (1996), con pequeñas modificaciones. Se pesaron 0.25 g de almidón en tubos de ensaye, se les adicionaron 5 mL de agua destilada y se calentó por 1 h a tres diferentes temperaturas (50, 70 y 90 °C) con agitación cada 10 min con la ayuda de un vortex. Posteriormente, se centrifugaron a 3000 x g por 15 min, a temperatura ambiente, se eliminó el sobrenadante y los residuos obtenidos se pesaron para calcular la retención de agua por diferencia de peso, mediante la siguiente fórmula:

$$CRA = \frac{\text{peso del residuo humedo} - \text{peso del residuo seco}}{\text{muestra seca}}$$

En el caso de la CRAC, se empleó el mismo procedimiento, pero se sustituyó el agua destilada por aceite comercial.

$$CRAC = \frac{\text{peso del residuo humedo} - \text{peso del residuo seco}}{\text{muestra seca}}$$

Índice de solubilidad en agua

Los patrones de solubilidad de los almidones se determinaron según una modificación del método original de Schoch (1964), realizada por Sathe y Salunkhe (1981) a las que se le realizaron otras modificaciones. En tubos de ensaye previamente tarados, se pesaron 0.25 g de almidón y se le agregaron 5 ml de agua. Se colocaron los tubos en un baño de agua a temperatura constante (50, 70 y 90 °C) durante 1 hora con agitación con ayuda de un vortex cada 10 min. Transcurrido el tiempo, se retiraron los tubos del baño, los tubos se centrifugaron a 500 x g durante 15 min en una centrífuga GS-15R (Beckman Instruments, Inc. CA, USA), el sobrenadante se decantó y se pesaron los gránulos hinchados.

El sobrenadante se vertió en charolas de aluminio a peso constante y se secaron a 120 °C durante 4 h. Los cálculos se realizaron mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ SOLUBILIDAD} = \frac{\text{peso del sobrenadante seco}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Resultados y discusión

Obtención de almidón de malanga

Se obtuvo un rendimiento del 25.3% de almidón de malanga, el cual presenta características de ser un polvo fino color blanco.

Caracterización química del almidón nativo y citrato de malanga

Tanto el almidón nativo como el almidón citrato fueron caracterizados, los resultados obtenidos en el análisis químico proximal para ambos almidones, se muestra en la tabla 1.

TABLA 1. Composición química proximal de almidón nativo (AN) y almidón citrato (AC).

Componente	AN (%)	AC (%)
Humedad	7.92 ± 0.13 ^a	5.31 ± 0.56 ^b
Cenizas	0.34 ± 0.03 ^a	3.26 ± 0.30 ^b
Proteínas	3.61 ± 0.18 ^a	2.58 ± 0.19 ^b
Grasas	0.23 ± 0.02 ^a	0.37 ± 0.17 ^b
Almidón	85.08 ± 0.03 ^a	78.36 ± 2.62 ^b
Fibra dietética	3.16 ± 0.07 ^a	10.44 ± 0.63 ^b

Media de tres repeticiones ± error estándar.

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadística significativa (p<0.05).

El contenido de humedad es de 7.92%, después de la modificación la humedad en el almidón disminuye hasta 5.31%, esto se debe a que parte de los grupos OH del almidón que se enlazaban con el agua mediante puentes de hidrógeno, fueron sustituidos por el grupo funcional del ácido cítrico al momento de la modificación, por lo tanto su contenido de humedad disminuye.

La malanga es rica en minerales, dentro de los cuales podemos encontrar al potasio, magnesio, calcio y fósforo, representando en este almidón un 0.34%, se ve incrementado el contenido de cenizas hasta un 3.26% después de la modificación, debido al hipofosfito de sodio que es usado como catalizador para la reacción entre el almidón con el ácido cítrico, ya que es una sal y va a manifestarse por lo tanto como cenizas.

El contenido de grasas que presenta el almidón es de 0.23%, después de la modificación, el contenido de grasas se ve ligeramente incrementado hasta un 0.37%, esto puede explicarse a que algunos componentes del almidón se vieron concentrados al disminuir tanto el contenido de humedad como el de proteínas.

El almidón de malanga tiene un 3.61% de proteínas, después de la modificación disminuye en contenido de proteínas hasta un 2.58%, debido al proceso térmico al cual es sometido el almidón, el cual desnatura parte de las proteínas presentes, así como aquellas proteínas hidrosolubles que pudieron haberse perdido debido a que se disolvieron en el medio de reacción al momento de la modificación.

El AN presentó un contenido de fibra dietética de 3.16%. Se puede observar que el porcentaje de fibra dietética total se ve incrementado en el AC hasta un 10.44%, lo cual significa un aumento de un 330% en el contenido de fibra dietética total, esto se debe que al modificar el almidón con ácido cítrico, este se vuelve resistente a la digestión, comportándose como fibra dietética.

Determinación del almidón total en el almidón nativo de malanga

En lo que se refiere a la pureza del AN total extraído de la malanga, la que se obtuvo fue de 85.08%, mientras el AC mostró un contenido de almidón de 78.36%, esta disminución se debe a que las enzimas encargadas de hidrolizar el almidón en el método de Goñi y col. (1997) no reconocen al almidón que fue modificado, debido a la inserción del grupo funcional del ácido cítrico, y por esto, el contenido de almidón reportado para el almidón citrato es menor.

Propiedades funcionales del almidón de malanga

Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAc) medida a diferentes temperaturas

Se puede observar en la figura 1, como la capacidad de retención de agua se ve incrementada al incrementar la temperatura a la que es sometida, esto se debe a que el almidón no es soluble a bajas temperaturas, pero al incrementarse esta y estar en un medio acuoso este comienza a absorber agua, sufriendo un fenómeno conocido como gelatinización. Se puede observar que después de la modificación con ácido cítrico la capacidad de retención de agua a 50°C aumenta, pero se mantiene casi igual a los 70 y 90 °C, siendo menor que en el almidón nativo, es decir que cobra resistencia a la temperatura, este comportamiento se debe a que al ser sometido el almidón a altas temperaturas durante el proceso de modificación, éste se gelatiniza y pierde su estructura nativa, por lo cual no es capaz de captar más agua aunque se aumente la temperatura como lo hacía antes de la modificación con ácido cítrico.

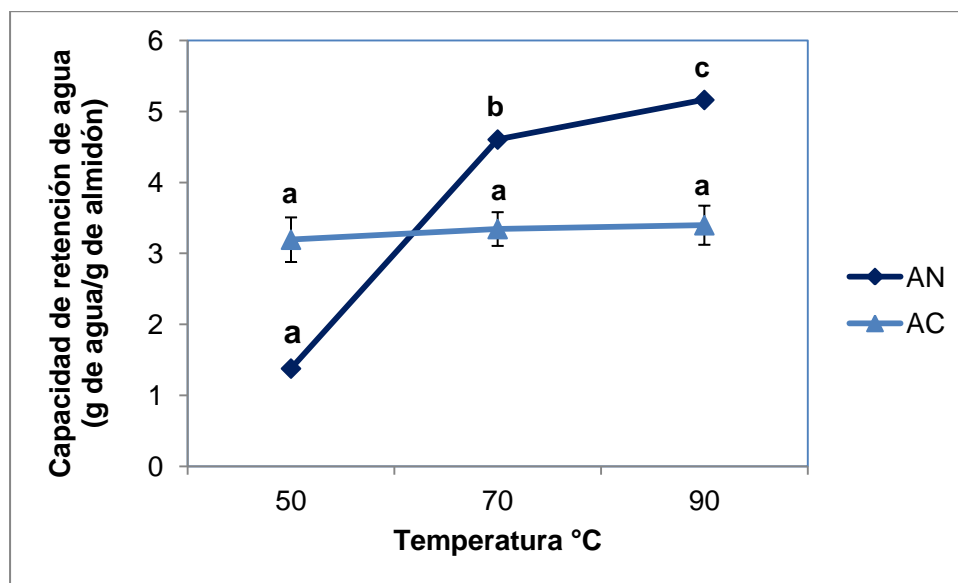


FIGURA 1. Capacidad de retención de agua (g agua/g de almidón) del almidón nativo (AN) y almidón citrato (AC).

Letras diferentes en una misma línea indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Generalmente se realizan pruebas de capacidad de retención de aceite en almidones solo a temperatura ambiente, en estudio se realizó a tres diferentes temperaturas, que fueron de 50°C, 70 °C y 90 °C, la capacidad de retención de aceite se ve descendida conforme la temperatura va aumentando, lo cual se puede apreciar en la figura 2, esto se puede explicar debido que a temperaturas de 50 °C la estructura del almidón se encuentra intacta, y por lo tanto puede retener más aceite, conforme aumenta la temperatura y la estructura se ve afectada se rompen algunos enlaces, y el aceite se vuelve más fluido por lo cual el almidón ya no puede seguir reteniendo este aceite y es por eso que su capacidad de retención de aceite disminuye conforme aumenta la temperatura.

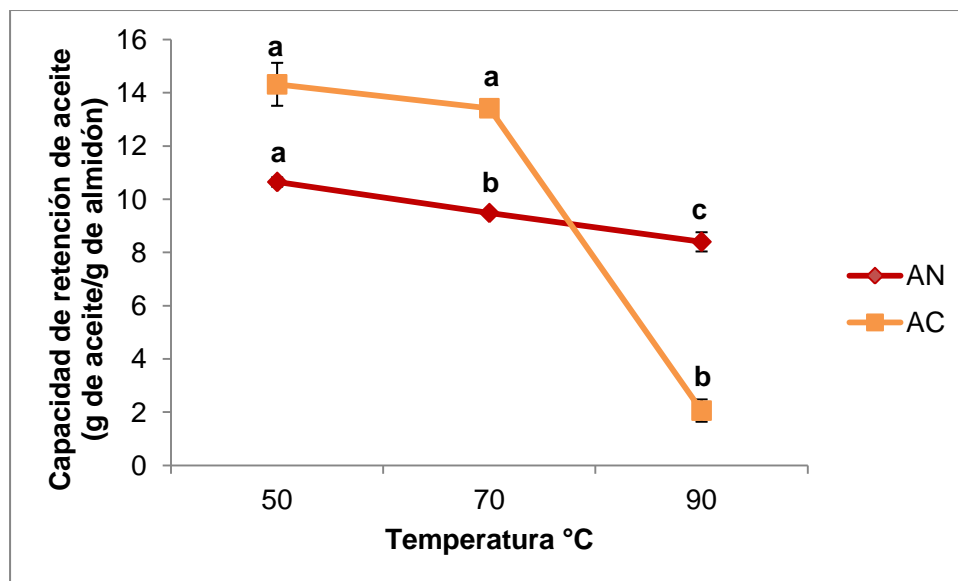


FIGURA 2. Capacidad de retención de aceite (g de aceite/g de almidón) en almidón nativo (AN) y almidón citrato (AC). Letras diferentes en la misma línea indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

La capacidad de retención de aceite muestra el mismo comportamiento aun después de la modificación, es decir, disminuye conforme aumenta la temperatura, aunque la capacidad de retención de aceite aumenta a 50 y 70°C, y disminuye bruscamente al aumentar la temperatura hasta 90 °C en comparación con el almidón nativo, lo cual indica que la estructura del almidón se ve afectada al ser modificado, y que al volverse menos fluido el aceite al calentarse, es más difícil para el almidón citrato captar este aceite.

Índice de solubilidad en agua

El porcentaje de solubilidad observado en la figura 3, presenta un comportamiento ascendente al aumentar la temperatura, este no cambia de manera significativa de 50°C a 70°C, pero se ve aumentada al llegar a 90°C, esto se puede explicar por el hecho de que el almidón no es soluble a bajas temperaturas, pero al irse aumentando esta, los gránulos de almidón comienzan a hincharse, posteriormente se rompen y este comienza a solubilizarse, y al llegar a los 90°C la mayoría de los gránulos se han dañado, por lo cual la solubilidad es mucho mayor que a 70 °C y 50 °C. Se ve un gran incremento en la solubilidad del almidón después de la modificación, aunque permanezca casi constante aun incrementando la temperatura de 50 a 90°C, esto se debe a las altas temperaturas a las que se sometió al almidón nativo al momento de ser modificado, ya que como se pudo observar en el microscopio óptico, este almidón se encuentra parcialmente gelatinizado, lo cual aumentó su solubilidad y le permite solubilizarse a temperaturas hasta de 50 °C, cosa que no sucedía con el almidón nativo.

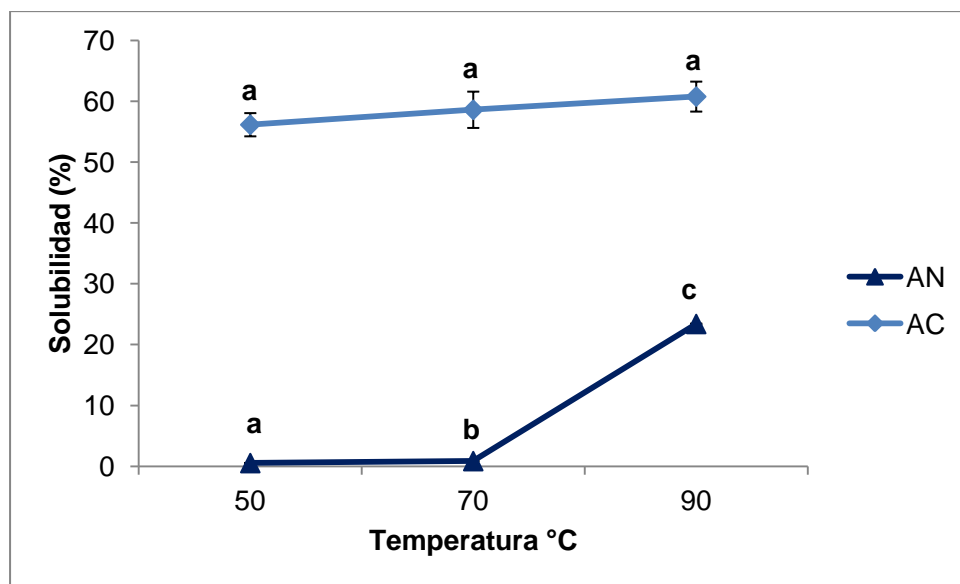


FIGURA 3. Solubilidad en agua (%) de almidón nativo (AN) y almidón citrato (AC). Letras diferentes en la misma línea indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Conclusiones

La concentración de los componentes del almidón nativo varió, debido a las condiciones a las que fue sometido cuando se llevó a cabo la modificación. El contenido de fibra dietética total se vio incrementado de un 3.16% en almidón nativo hasta un 10.44% en el almidón citrato, lo cual es más de tres veces el contenido inicial, pudiéndose observar la resistencia a la digestión que cobra el almidón después de la digestión.

Al modificarse el almidón, las propiedades funcionales de éste cobran una resistencia a la temperatura, manteniéndose casi constante al aumentar esta.

El almidón citrato obtenido puede emplearse en alimentos que necesiten estabilidad a altas temperaturas, así como una buena solubilidad, tales como bebidas, además de presentar la ventaja de aumentar el contenido de almidón resistente en la dieta, que al ser consumido brindará los beneficios a la salud que confiere la fibra.

Referencias

1. AACC, 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. Advancing Cereal Science Worldwide, USA.
2. AOAC, 1995. Official Method 991.43 Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods.
3. BeMiller, J.N. 1993. Starch-based gums. Eds R.L. Whistler y J.N. BeMiller, Industrial Gums. USA: Academic Press, pp. 579–600.
4. Brown, I. L., Yotsuzuka, M., Birkett, A., and Henriksson, A. (2006). Prebiotics, synbiotics and resistant starch. *J. Jpn. Assoc. Dietary Fiber Res.* 10:1-9.
5. Englyst, H. N., Kingman, S. M., and Cummings, J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* (46) 33-50.
6. Flores-Gorosquera, E., García-Suárez, F. J., Flores-Huicochea, E. y Núñez-Santiago, M. C. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*): Estudio en planta piloto. *Acta Cient. Venez.* (55), 86–90.
7. Goñi, I., García-Alonso, A. and Saura-Calixto, F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr. Res.* 17, 427-437.
8. Larrauri, J. A., Rupérez, P., Borroto, B. and Saura-Calixto, F. 1996. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. *Lebensm. Wiss. Technol.* (29): 729-733.
9. Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1981. Isolation, partial characterization and modification of the Great North bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. *J. Food Sci.*, (46):4, 617-621.
10. Saura-Calixto, F., Goni, I., Bravo, L. and Manas, E. 1993. Resistant starch in foods: Modified method for dietary fiber residues. *J. Food Sci.* (58):642-643.
11. Schoch, J. T. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In: Whistler, L. R.; Smith, J. R.; BeMiller, N. J. (Eds.). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. London: Academic Press. pp 106-113.
12. Shin, S. I., Lee, C. J., Kim, D.-I., Lee, H. A., Cheong, J.-J., Chung, K. M. and Baik, M.-Y. (2007). Formation, characterization, and glucose response in mice to rice starch with low digestibility produced by citric acid treatment. *J. Cereal Sci. Elsevier.* (45)1, 24–33.
13. Xie, X. S. and Liu, Q. (2004). Development and physicochemical characterization of new resistant citrate starch from different corn starches. *Starch-Stärke*, Wiley Online Library. (56)8, 364–370.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Proceso de secado por charolas y liofilización de ciruela mexicana

C. Muñoz-López^{*1}, G.R. Urrea García¹, G. Rodríguez-Jiménes², G. Luna-Solano¹

¹DEPI, Instituto Tecnológico de Orizaba

Av. Oriente 9 no. 852, Orizaba, Veracruz, México.

²Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, M.A. de Quevedo no. 2779, Veracruz, Veracruz, 91987, México.

*cynthia.m.lopez@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La ciruela (*Spondias purpurea* L.) es originaria del sur de México. Considerada un fruto exótico con potencial de exportación por su contenido nutricional y sabor, su comercialización es limitada debido a daños sufridos post-cosecha. Su industrialización es necesaria para obtener un producto de mayor resistencia.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del secado por charolas y liofilización sobre las cinéticas de humedad, actividad de agua, color y propiedades térmicas en hojuelas de ciruela. Las hojuelas en el secado convectivo se sometieron a 50, 65 y 80 °C; en la liofilización se congelaron a -5 y -20 °C y sublimaron a presiones de vacío de 0.05 y 0.1 mbar. Los resultados de los tratamientos evidenciaron, al final del proceso diferencias significativas en el análisis de color, mientras que la humedad y actividad de agua no presentaron diferencias. Las propiedades térmicas mostraron un decremento debido a la pérdida de agua durante el secado.

Palabras clave: ciruela, *Spondias purpurea*, secado, liofilización.

Abstract

*The plum (*Spondias purpurea* L.) is native to southern Mexico. Considered an exotic fruit with export potential by its nutritional content and flavor, its commercialization is limited due to damage post-harvest. Industrialization is necessary to obtain a product with bigger resistance.*

The aim of this study was to evaluate the effect of tray drying and freeze-drying on the kinetics of moisture, water activity, color and thermal properties plum flakes. The convective drying was carried out at 50, 65 and 80 °C and for freeze-drying samples were frozen at -5 and -20 °C and the sublimation was carried at vacuum pressure of 0.05 to 0.1 mbar. The results of these treatments at the end of the process showed significant differences in the color analysis, while the moisture and water activity were not significant. Thermal properties showed a decrease mainly due to water loss from the fruit during the drying.

Introducción

La ciruela (*Spondias purpurea* L.) pertenece a la familia de las Anacardiáceas, especie originaria de Centro América, las Antillas y del sur de México, actualmente se cultiva en 21 estados de la república. Existe una gran diversidad de genotipos, los cuales poseen en general una forma redonda y piel fina que puede tener tonalidades de color verde a rojo oscuro; por su excelente sabor es consumida como producto fresco y posee un gran potencial dentro de la agroindustria en la elaboración de: jaleas, conservas, almíbar, fruta congelada, preparación de bebidas y vinos.

Esta especie ha sido introducida a otros países, en donde a pesar de considerarse un fruto exótico con potencial para la exportación, ha tenido poco éxito económico y regularmente los árboles de S.

purpurea crecen en huertos familiares de pequeña extensión (Ramírez *et al.*, 2008); donde se utiliza para el autoconsumo o la venta a pequeña escala, esto principalmente debido a su corta vida de anaquel (1 a 3 días) al ambiente (30 °C; 70 a 80 % HR) y al nulo uso de refrigeración por falta de infraestructura, con lo cual se pierde hasta un 40 % de la producción (Osuna *et al.*, 2011).

Con base en lo anterior, surge el interés por mejorar el aprovechamiento de esta fruta mediante el estudio de su procesamiento empleando el secado, método que permite prolongar la vida útil de las frutas perenne y preserva la calidad de los alimentos reduciendo la actividad de agua (a_w) por medio de la disminución del contenido de humedad con lo cual se elimina la posibilidad de su deterioro microbiológico. Es por ello que se pueden emplear diversos métodos adecuados para el secado de frutas como son: el secado por charolas y la liofilización, para obtener un producto con valor agregado, bajo peso y volumen lo cual aumenta su eficiencia en los procesos de transporte y almacenaje.

El secado por charolas, es un método de secado convencional; que en ciertos casos es inconveniente para algunos alimentos debido a la enorme degradación que le causa, ya que los productos secados con aire caliente tienden a presentar encogimiento y colapsos de tejido, características que retardan la rehidratación y cambian el aspecto agradable del producto. En el caso de la tecnología de liofilización se ha tenido un gran avance y su importancia económica ha ido en aumento, encontrándose que la calidad del producto resultante es mejor que la obtenida en procesos clásicos.

Por lo anterior, el objetivo del presente proyecto fue realizar estudios sobre las condiciones de operación del proceso de secado con el fin de obtener productos de buena calidad; en los cuales se estudiaron los efectos de estos sobre las propiedades físico-químicas y propiedades térmicas de la ciruela (*Spondias purpurea* L.) durante el secado por charolas y liofilización.

Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó (*Spondias purpurea* L.) ecotipo: betabel y amarilla, cultivadas en la región de Orizaba, La Perla y Coscomatepec, en el estado de Veracruz para aplicar el secado convectivo (secado por charolas) y liofilización.

Las ciruelas se seleccionaron de acuerdo a su estado de madurez, según color de cáscara al momento del corte para el caso de la ciruela betabel se emplearán frutos en madurez 2, (Muy *et al.*, 2010) y para la ciruela amarilla se emplearán frutos en dos estados de madurez (sazón y tres cuartos). Las ciruelas seleccionadas fueron lavadas, y llevadas a un proceso de corte, en el cual se obtuvieron hojuelas de 2.5 cm de diámetro y 0.2 cm de espesor.

Proceso de secado por charolas

El proceso de secado de ciruela se llevó a cabo en un secador de charolas a nivel planta piloto (Polinox, modelo SEM-2), en el cual una vez alcanzada la temperatura de operación deseada (50, 65 y 80 °C), se introdujo una malla con las hojuelas de ciruela, tomándose muestras cada 15 min durante la primera hora, 30 min durante la siguiente hora, después cada hora hasta estabilizarse el proceso (6 h). La finalidad de la toma de muestras de ciruela fue seguir la evolución de algunas variables de respuesta como actividad de agua (a_w), contenido de humedad (X) y diferencia de color (ΔE).

Con el objetivo de evaluar el efecto de las variables del proceso de secado por charolas sobre la ciruela, se aplicó un diseño factorial mixto 2x3 el cual nos permite considerar una combinación de efectos fijos y efectos aleatorios, en donde los factores son una variable cualitativa: tipo de ciruela (betabel y amarilla) y una variable cuantitativa: temperatura de secado (50, 65 y 80 °C). En la

Tabla 1 se presentan los experimentos correspondientes al diseño, los cuales se realizaron por duplicado y al azar.

Experimento	Ciruela	Temperatura (°C)
1	betabel	50
2	betabel	65
3	betabel	80
4	amarilla	50
5	amarilla	65
6	amarilla	80

Proceso de liofilización

Para la realización de la liofilización de hojuelas de ciruela, el equipo empleado fue un liofilizador LABCONCO, 2.5L-Mod 742002. Se fijó dentro del sistema de control manual la presión de vacío (0.05 y 0.1 mbar). Las muestras de hojuelas de ciruelas se congelaron a -5 y -20 °C durante 48 y 3 h, respectivamente.

Durante el proceso de liofilización se tomaron muestras cada hora con la finalidad de evaluar el efecto de algunas variables (X , a_w y ΔE) de la ciruela mexicana.

En la Tabla 2 se muestran los experimentos que se realizaron para cada factor o variable del proceso de secado correspondientes al diseño factorial 2^3 . En donde los factores son una variable cualitativa: tipo de ciruela (betabel y amarilla), y dos variables cuantitativas: temperatura de congelación (-5 y -20 °C) y dos presiones de vacío del liofilizador (0.05 y 0.1 mbar). Cabe mencionar que estos experimentos realizados se llevaron a cabo completamente al azar y por duplicado para minimizar el error experimental.

Experimento	Ciruela	Temperatura de congelación (°C)	Presión (mbar)
1	betabel	-5	0.05
2	betabel	-5	0.10
3	betabel	-20	0.05
4	betabel	-20	0.10
5	amarilla	-5	0.05
6	amarilla	-5	0.10
7	amarilla	-20	0.05
8	amarilla	-20	0.10

Obtención de propiedades térmicas de la ciruela

Las propiedades térmicas de las ciruelas se calcularon, antes, durante y después del proceso de secado por charolas y liofilización. La conductividad térmica de la ciruela se obtuvo la ecuación empírica (Ecuación 1) desarrollada por Sweat (1986) para alimentos sólidos y líquidos. Para la capacidad calorífica se empleó la expresión propuesta (Ecuación 2) por Heldman y Singh (1981) para productos de composición conocida.

$$k_p = 0.25m_c + 0.155m_p + 0.16m_f + 0.135m_a + 0.58m_m \quad (1)$$

$$C_p = 1.424m_c + 1.549m_p + 1.675m_f + 0.837m_a + 4.187m_m \quad (2)$$

En las que m es la fracción peso y los subíndices c , p , f , a y m , se refieren, respectivamente, a hidratos de carbono, proteína, grasas, cenizas y humedad. (Singh y Heldman, 1998).

Resultados y discusión

La evolución de la humedad de las hojuelas de ciruela mexicana ecotipo betabel y amarilla a diferentes condiciones de operación del proceso de secado de charolas y liofilización se muestran en la Figura 1. Considerando que el contenido de humedad de la muestra fresca de ciruela fue de 0.781 (ciruela betabel) y 0.845 (ciruela amarilla) se puede observar que en todos los experimentos se logró reducir considerablemente la humedad hasta valores inferiores a 0.10 g H₂O/g s.s.

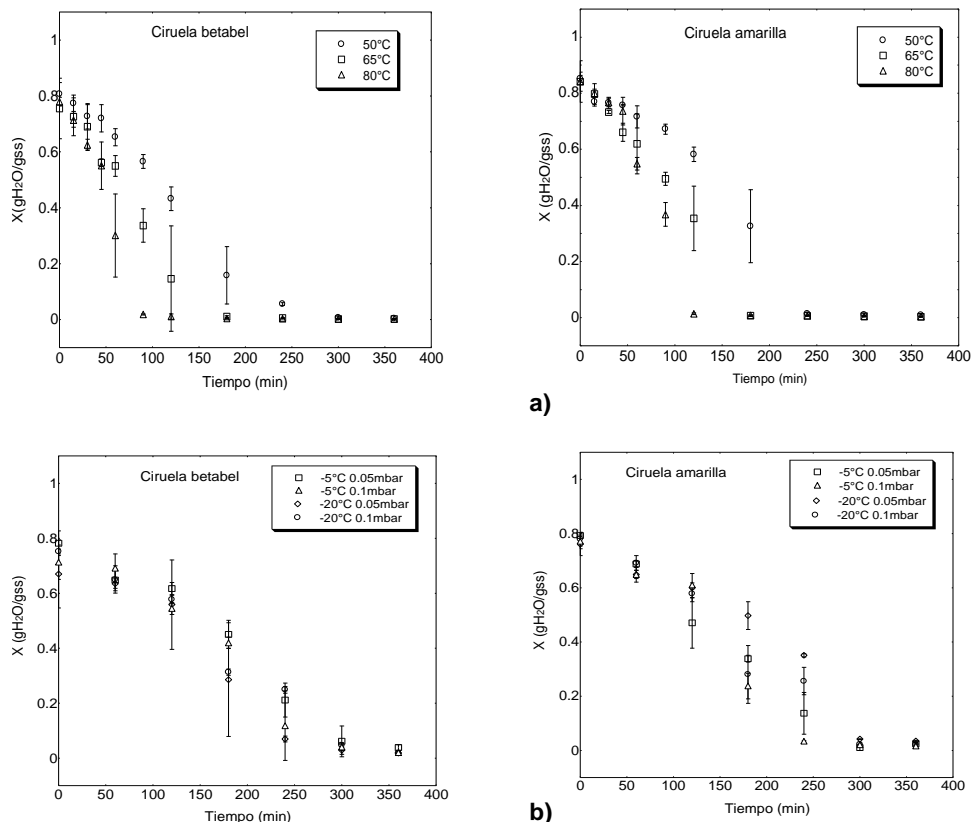


Figura 1 Evolución de la humedad de la ciruela durante el proceso de secado a) por charolas y b) por liofilización

La conductividad térmica disminuye a medida que transcurre el tiempo de secado (Figura 2). En el secado por charolas la K llega a estabilizarse a los 240 min para ambos ecotipos de ciruela obteniendo valores de 0.05 W/m°C, mientras que en la liofilización se estabiliza a partir de los 300 min alcanzando valores de 0.06 W/m°C. Lo anterior muestra que existe una relación directa de la cantidad de agua en el alimentos y su conductividad térmica, ya que K disminuye conforme se elimina el agua en la ciruela.

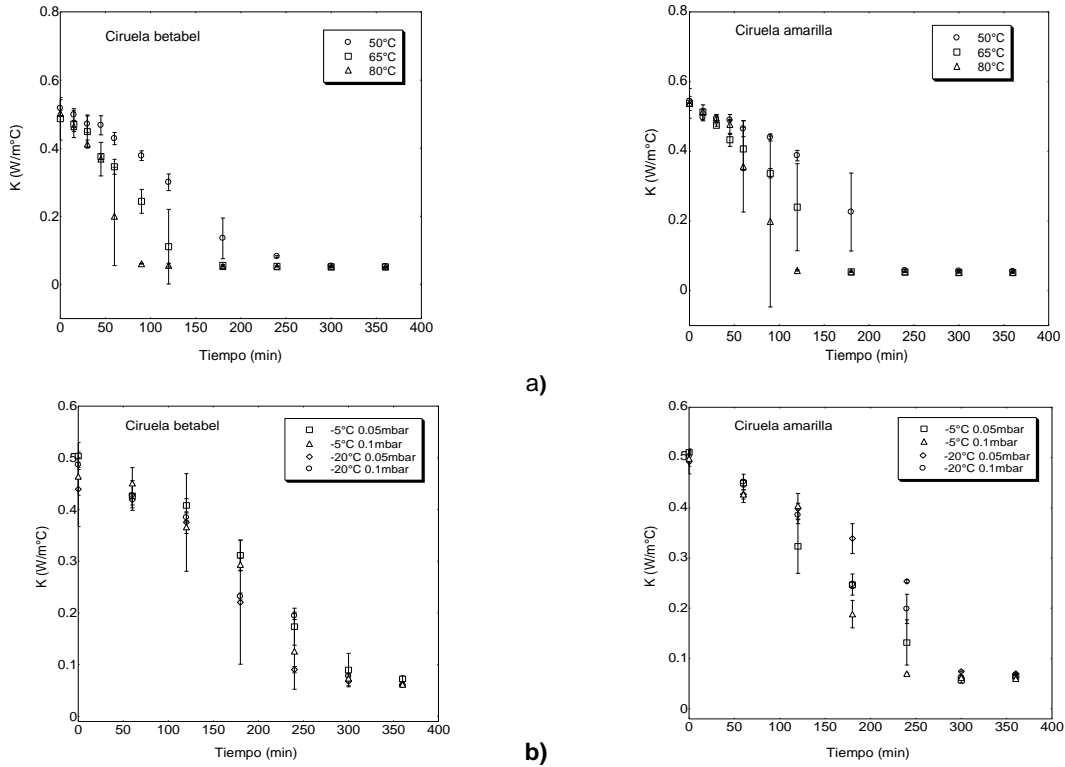


Figura 2 Evolución de la conductividad térmica de la ciruela durante el proceso de secado: a) por charolas y b) por liofilización

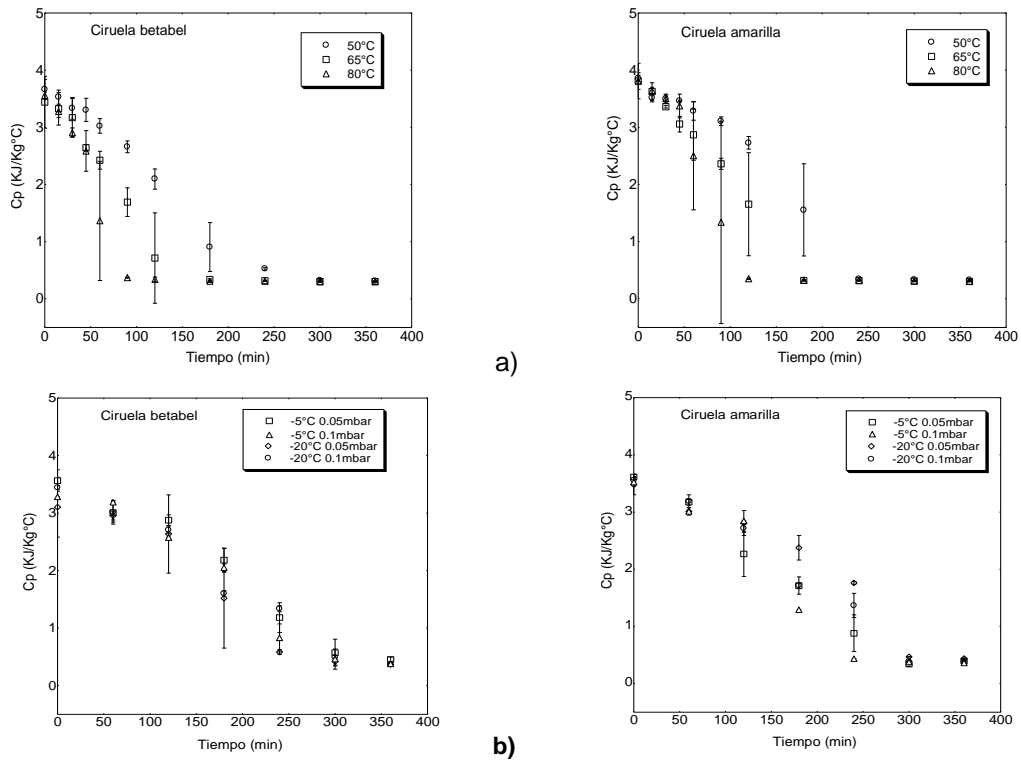


Figura 3 Evolución del calor específico de la ciruela durante el proceso de secado: a) por charolas y b) por liofilización

El calor específico de la ciruela (Figura 3) durante el secado por charolas disminuye de 3.56 a 0.305 KJ/kg°C a medida que transcurre el tiempo de secado alcanzando una estabilidad del proceso a 240 min (ciruela amarilla) y 300 min (ciruela betabel). Por otro lado en la liofilización la estabilidad se alcanza a los 300 min esta disminución del Cp de 3.56 a 0.392 KJ/kg°C se debe a que pierde agua durante el proceso de secado y el agua es la segunda sustancia con mayor calor específico, por lo cual al perder gran parte de este componente se pierde en gran medida el calor específico.

Los resultados de a_w y ΔE obtenidos al final del proceso de secado de ciruela mexicana deshidratada por secado convectivo y por liofilización se presentan en las Tablas 3 y 4. En general en los experimentos se logró reducir la a_w a niveles menores de 0.6, lo cual indica que las ciruelas deshidratadas tendrán un comportamiento estable durante su almacenamiento sin sufrir daños por microorganismos. En el caso del secado por charolas los valores de a_w menores se obtuvieron cuando las hojuelas fueron deshidratadas a 80 °C y en la liofilización al emplear una temperatura de congelación de -20 °C y una presión de 0.1 mbar.

Tabla 3. Resultados experimentales de ciruela al final del proceso de secado de charolas

Experimento	Ciruela	Temperatura (°C)	a_w	ΔE
1	betabel	50	0.348	7.31
2	betabel	65	0.355	9.45
3	betabel	80	0.328	2.29
4	amarilla	50	0.385	7.49
5	amarilla	65	0.345	17.56
6	amarilla	80	0.343	5.37

Tabla 4. Resultados experimentales de ciruela al final del proceso de liofilización

Experimento	Ciruela	Temperatura de congelación (°C)	Presión (mbar)	a_w	ΔE
1	betabel	-5	0.05	0.325	5.90
2	Betabel	-5	0.10	0.379	9.20
3	betabel	-20	0.05	0.278	14.05
4	betabel	-20	0.10	0.274	14.30
5	amarilla	-5	0.05	0.273	39.18
6	amarilla	-5	0.10	0.280	42.84
7	amarilla	-20	0.05	0.245	37.77
8	amarilla	-20	0.10	0.244	44.125

Ambos métodos de secado influyeron en los parámetros de color, obteniéndose en el proceso de liofilización los valores mayores de ΔE (14.30 ciruela betabel y 44.125 ciruela amarilla). En la Figura 4 y 5 se puede observar el color físicamente de las hojuelas de ciruela al final del proceso de secado por charolas y liofilización a las diferentes condiciones de secado, observando una coloración roja más clara para las ciruelas obtenidas del proceso de liofilización. Estas ciruelas también conservaron mejor su estructura.

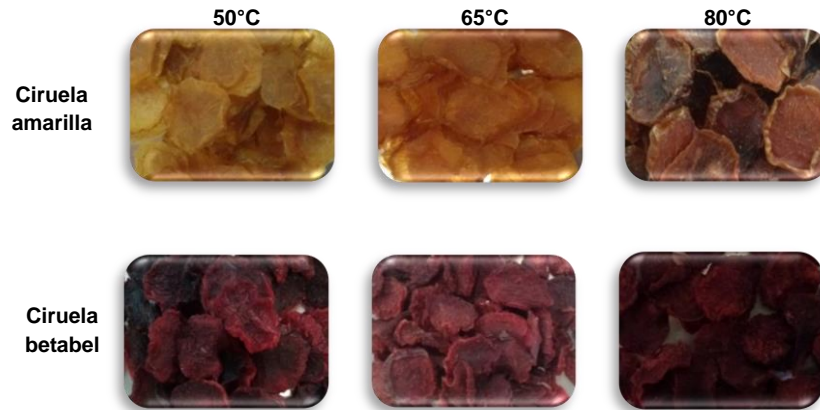


Figura 4 Muestras de ciruela deshidratadas en el secador de charolas

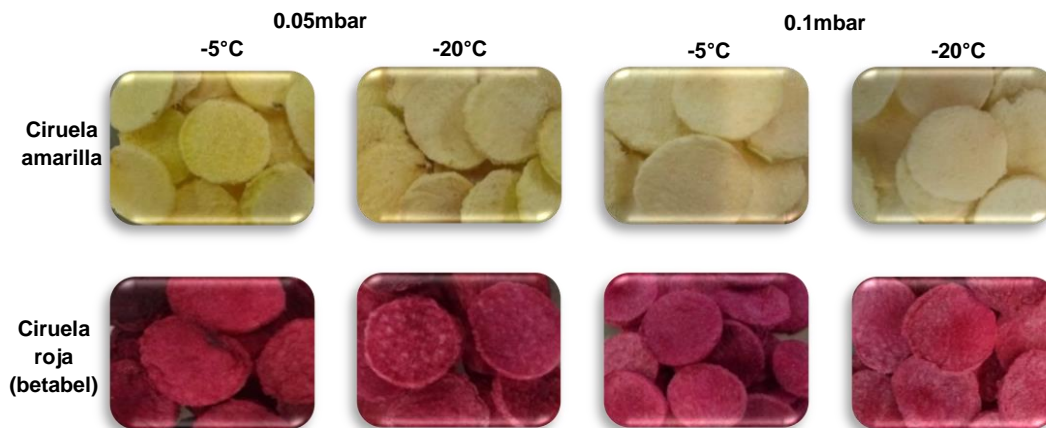


Figura 5 Muestras de ciruelas deshidratadas en el liofilizador

Trabajo a futuro

En trabajos futuros se estudiará la influencia de las condiciones de operación de ambos procesos sobre el contenido de pectinas, además de analizar el grado de rehidratación el cual es afectado por el daño estructural debido al tipo de proceso, así como estudios de almacenamiento y análisis sensoriales para ver la aceptación del producto por el consumidor.

Conclusiones

Se aplicaron procesos de secado por charolas y la liofilización para deshidratar la ciruela mexicana observando que el tiempo de estabilización de la X y a_w de la ciruela es menor en el secado convectivo (240 min) que en la liofilización (300 min); sin embargo el daño a la estructura fue más evidente en el secado convencional con respecto a la liofilización. En cuanto al análisis de color se obtuvo que las hojuelas secadas por charolas presentan ligero oscurecimiento y una mayor dureza, a diferencia de la liofilización donde el producto se hizo más ligero y luminoso. El mejor proceso fue la liofilización cuando se utilizó la temperatura de congelación de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, una presión de 0.1 mbar y un tiempo de 6 h.

Agradecimientos

A CONACYT por la adquisición de equipo a través del proyecto con el nombre de: “Fortalecimiento del cuerpo académico en procesos alimentarios a través de la adquisición de equipos especializados de secado”. Registro CONACYT: IFR3-2011-03 y a la DGEST por el financiamiento del proyecto: Proceso de secado por charolas y liofilización de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.).

Referencias

1. Muy Rangel, M.D., Báez Sañudo M., Contreras Martínez R., Pérez Rubio V., Martínez Rodríguez C., Contreras Angulo L., Rubio Carrasco W., Sánchez Valdez E., Osuna Enciso T., Vélez de la Rocha R., Sañudo Barajas A. 2010. Calidad de ciruela roja mexicana deshidratada mediante sol y calor seco. SAGARPA-Centro de investigación en alimentos y desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán-Fundación Produce Sinaloa A.C. México.
2. Osuna García, J.A., Pérez Barraza, M.H., Vázquez Valdivia, V. y Gómez Jaimez, R. 2011. Aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) y su efecto en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Revista Fitotecnia Mexicana. **34**(3):197-204.
3. Ramírez Hernández, B.C., Pimienta Barrios, E., Castellanos Ramos, J.Z., Muñoz Arias, A. y Palomino Hasbach, G. 2008. Sistema de producción *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. Rev. Biol. Trop. **56**(2):675-687.
4. Singh, P. y Heldman, D. 1998. Introducción a la ingeniería de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Comparación de métodos de selección de estructuras de control para una columna de pared divisoria

R. Caricio Martínez¹, G.R. Urrea García^{1*}, G. Luna Solano¹, Y.S. Pliego Bravo¹, E. Bolaños Reynoso¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba
Av. Instituto Tecnológico No. 852, C.P. 94320, Orizaba, Ver. México
*itorizaba@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se presenta la comparación de los métodos de selección de estructuras de control basada en mediciones de temperatura para controlar las 3 composiciones de los productos en una columna de pared divisoria. Se analizaron diferentes métodos de cálculo en estado estacionario (criterio de la pendiente, criterio de sensibilidad, criterio de temperatura invariante, criterio Singular Value Decomposition, SVD) para la selección de estructuras adecuadas de control. Se diseñaron controladores tipo PI utilizando el método de sintonizado Internal Model Control (IMC). Finalmente se introdujeron perturbaciones en la alimentación para observar la respuesta del sistema de control. Los resultados obtenidos mediante simulación demuestran que la mejor estructura fue obtenida mediante el método SVD. El controlador mantiene constante la temperatura en los platos seleccionados, permitiendo obtener una pureza cercana a la deseada en todos los productos.

Palabras clave: Columnas de destilación, simulador de procesos, controlador PI

Abstract

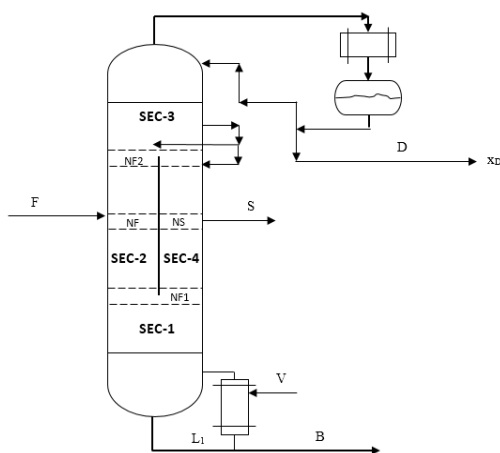
Presents the comparison of control structure selection methods based on temperature measurements to control the three compositions of the products in a dividing wall column. We analyzed different methods of calculation at state steady (slope criterion, sensitivity criterion, invariant temperature criterion, Singular Value Decomposition criterion, SVD) for the selection of appropriate control structures. Were designed PI type controllers using the method of tuning Internal Model Control (IMC). Finally, we introduce feed disturbances to observe the response of the control system. The results obtained by simulation show that the best structure was obtained by the SVD method. The controller maintains at constant temperature the plates selected, this allow to obtain a purity close to the desired at all product.

Introducción

La forma más común de separar 3 componentes puros es mediante la implementación de 2 columnas en serie. Sin embargo, otras configuraciones de dos columnas han demostrado tener menores costos de energía y capital para algunos sistemas. Estas alternativas incluyen una columna principal y una segunda columna (agotador, rectificador, o prefraccionador). Cuando hay intercambio de corrientes de líquido y vapor entre dos columnas con la consecuente disminución de un condensador y un rehervidor, a ésta implementación de 2 columnas acopladas térmicamente se le denomina columna Petlyuk.

La implementación de sistemas con acoplamiento térmico total empezó de forma sistemática a principios de los años 90, su desarrollo comenzó con intentos de encontrar esquemas de ahorro de energía para la separación de mezclas ternarias en tres productos. Dos columnas están acopladas térmicamente si una corriente de vapor (o líquido) se envía desde la primera columna a la segunda columna y, a continuación una corriente de líquido de regreso (o vapor) es implementado entre las mismas ubicaciones. Estas corrientes, cuando se introducen en la parte superior o inferior de una columna, proporcionan (al menos de manera parcial) reflujo o vapor a esta columna.

Una aplicación práctica de la columna Petlyuk es la columna con una pared que divide la sección media de una sola columna en dos secciones mediante la inserción de una pared vertical en el recipiente en una posición apropiada, no necesariamente en el centro (Figura 1).



Aunque la columna Petlyuk y la Columna de Pared Divisoria (Dividing Wall Column, DWC) fueron propuestas hace mucho tiempo, no empezaron a utilizarse y a ser estudiadas hasta hace pocos años, a pesar de que los estudios teóricos mostraban sus ventajas económicas. Las principales objeciones son la falta de conocimiento de métodos eficaces para el diseño, el control y la operatividad (comportamiento hidrodinámico). Recientemente, sin embargo, se han realizado varios estudios en donde se demuestra que la implementación y el control de este tipo de columnas es posible en la práctica.

Figura 1. Distribución de las 4 secciones en la columna de pared divisoria para el balance de materia y energía

Wolff y Skogestad (1995) encontraron que la DWC tiene cuatro grados de libertad: reflujo (Q_R), vapor (Q_V), corriente lateral (L_s) y división de líquido (β). En un control de 4 puntos, intentaron controlar las 2 impurezas de la corriente lateral, sin embargo encontraron que no es factible, ya que hay "agujeros" en el espacio de viabilidad. Ling y Luyben (2009, 2011) y Kiss y Rewagad (2011) utilizaron la fracción de líquido (β) para el control del componente clave pesado en la etapa superior del prefraccionador en una estructura de control de cuatro composiciones, la cual tiene el potencial de minimizar el consumo de energía. Ling y Luyben (2010) estudiaron la efectividad del control de temperatura en mezclas BTX, el control de temperatura diferencial (DTC) presentó el mejor rendimiento. Luan y col. (2013) propusieron un esquema STDC (control de diferencia de temperatura simple), que consta de dos temperaturas y dos lazos de control de diferencia de temperatura. Matla-González y col. (2013) realizaron la simulación de una columna Petlyuk, en la cual implementaron 3 controladores (PI) de temperatura en la columna principal y un controlador Temperatura-Temperatura en cascada en el prefraccionador que mantiene la temperatura de los platos constante.

El propósito de este trabajo es desarrollar un sistema de control basado en mediciones de temperatura que controlen indirectamente la pureza de los productos obtenidos en una columna de destilación de pared divisoria. Para este propósito se evalúan, mediante simulación, diferentes métodos para seleccionar estructuras de control aplicados a una columna de pared divisoria. El sistema estudiado consiste en una mezcla de benceno (LK), tolueno (HK) y o-xileno (HHK1) (BTX), la cual contiene 30/30/40% molar de cada componente respectivamente. Las variables manipulables son: tasa de calor al rehervidor (Q_R), la tasa de reflujo (R) y flujo de salida de la corriente lateral (L_s).

Metodología

Solución del modelo matemático en estado dinámico

Se parte del modelo dinámico de la columna Petlyuk presentado por Matla-Gonzalez y col. (2011). El modelo está basado en los balances de materia y energía por componente en cada plato así como en relaciones termodinámicas. Se utilizó un programa en lenguaje FORTRAN para resolver el conjunto de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Algebraicas resultantes. Se realizó la adaptación para representar el comportamiento dinámico la Columna de Pared Divisoria

considerando la disminución de tamaño de las etapas intermedias pertenecientes a las secciones 2 y 4 como se puede observar en la Figura 3.

Caracterización del comportamiento dinámico

Se realiza un cambio escalón de 1% en las variables manipulables y se aproxima la respuesta de la temperatura como un modelo de primer orden más tiempo muerto.

Selección de las etapas de medición de temperatura

Se aplicaron diferentes métodos de estado estacionario (criterio de la pendiente, criterio de sensibilidad, criterio de temperatura invariante) para la selección de estructuras adecuadas de control.

Diseño del controlador

Se empleó el método de sintonizado IMC (Internal Model Control), para controladores tipo Proporcional-Integral, PI.

Implementación del esquema diseñado y evaluación de su desempeño a lazo cerrado mediante simulación.

Se introdujo una serie de perturbaciones en la composición de la alimentación y se evaluó la respuesta obtenida con cada una de las estructuras de control.

Resultados y discusión

Como caso de estudio se considera la separación de una mezcla: Benceno (B), Tolueno (T) y o-Xileno (X) presentada por Ling y Luyben (2010). La mezcla de alimentación tiene una composición de 30/30/40 % mol de B/T/X y se desea separar los componentes alcanzando una pureza del 99% molar B, T y X en las corrientes del destilado, intermedio y del fondo, respectivamente. La Tabla 1 muestra las condiciones de operación y las especificaciones de diseño necesarias para la solución del modelo.

Tabla 1. Parámetros de la columna	
Prefraccionador (SEC-2)	
Numero de etapas	24
Etapas de alimentación	12
Flujo de alimentación, Kmol/s	1
Diámetro, m	5.63
Fracción de retorno de líquido (β)	0.307
Fracción de retorno de vapor (α)	0.631
Columna Principal	
Número de platos	44
Etapas de alimentación de líquido	12
Etapas de alimentación del vapor	37
Etapas de salida de la corriente lateral	26
Diámetro SEC 1 y 3, m	7.23
Diámetro SEC 4, m	4.53
Tasa de reflujo, kmol/s	0.6672
Presión en el fondo, kPa	67.89
Presión en el domo kPa	37.49
Entrada de calor al rehervidor, 10^6 kJ/hr	127.24
Eficiencia de la etapa, %	100

Se obtuvieron diez estructuras de control de temperatura, presentadas en la Tabla 3, como resultado de aplicar los criterios de selección mencionados anteriormente. Por cada estructura se diseñaron tres lazos de control simples tipo Proporcional-Integral (PI) para regular la temperatura de los tres platos seleccionados como una forma de controlar indirectamente la composición de la salida del destilado (x_D), de la corriente lateral (x_{LS}), y del fondo (x_B). Las variables manipuladas para regular cada temperatura fueron la tasa de reflujo (R), la tasa de flujo de la corriente lateral (Ls) y la tasa de Calor en el Rehervidor (Q_R), respectivamente. El diseño de los controladores está basado en modelos lineales Entrada-Salida de primero orden obtenidos con base en la respuesta de cada variable controlada ante un cambio en escalón de la variable manipulada correspondiente. Se emplearon las guías de sintonizado IMC propuestas por Skogestad y Grimholt (2012).

Tabla 2. Estructuras de control analizadas

Etapa de control				
Estructura	Criterio	QR	LS	R
1	Pendiente	7	22	40
2	Sensibilidad	6	21	39
3		7	21	39
4		2	28	42
5	Invariante	2	28	44
6		2	29	42
7		2	29	44
8		1	31	42
9		1	30	43
10	SVD	7	20	39

Tabla 3. Perturbaciones en la composición de alimentación

Tiempo (hr)	Composición (B/T/X)
20	0.30/0.35/0.35
80	0.30/0.30/0.40
140	0.35/0.30/0.35

Se evaluaron las diez estructuras de control resultantes de la aplicación de los criterios de selección mencionados anteriormente (Tabla 2). En la Tabla 4 se presenta el desempeño de cada estructura obtenido mediante las ecuaciones (1) a (3) para calcular el error promedio de cada estructura en estado estacionario, el error en estado estacionario por cada componente, y el consumo total de energía, respectivamente.

$$e_{ESTRUCTURA} = \sqrt{(e_{BENCENO})^2 + (e_{TOLUENO})^2 + (e_{XYLENO})^2} \quad (1)$$

$$e_{COMPONENTE} = \sqrt{(x_{ref} - x(t))_{P1}^2 + (x_{ref} - x(t))_{P2}^2 + (x_{ref} - x(t))_{P3}^2} \quad (2)$$

$$\text{Consumo de energía} = \int_{t_1}^{t_f} Q_R dt \quad (3)$$

donde

e = error de composición de estado estacionario

x_{ref} = composición de referencia (0.9900 fracción molar)

$x(t)$ = composición en estado estacionario en el tiempo t después de cada perturbación
 $P1, P2, P3$ = Primera, Segunda y Tercera Perturbación, respectivamente.

Tabla 4. Desempeño de las estructuras de control frente a las 3 perturbaciones

Estructura	Error de composición en estado estacionario (fracción molar)			Error promedio (fracción molar)	Tiempo de asentamiento Promedio (hr)	Consumo de energía (BTU)
	Benceno	Tolueno	Xileno			
1	0.00300973	0.01579186	0.00440227	0.01666797	46.94261556	29455.76779
2	0.00322952	0.01624922	0.00438956	0.0171387	37.00474444	29490.12301
3	0.00308177	0.01604308	0.00521815	0.01714955	41.32829222	29478.66831
4	0.0009824	0.03223793	0.00177699	0.03230181	31.77032889	29733.97329
5	0.0005016	0.03462856	0.00265618	0.0347339	42.30791	29935.80892
6	0.00085668	0.02571485	0.00227493	0.0258295	35.26152556	29730.17757
7	0.00136594	0.02833424	0.00263566	0.02848932	35.65509222	29957.07472
8	0.00066038	0.01858259	0.00226212	0.01873142	37.49606889	29829.18004
9	0.00144187	0.02139413	0.00258573	0.021598	30.56497222	29883.33174
10	0.00299436	0.0155213	0.00524619	0.0166553	34.54484444	29422.30337

En la Tabla 4 se puede observar que la mejor estructura, en términos de desempeño (menor error promedio) y menor consumo de energía fue la estructura 10, obtenida mediante el criterio SVD. En las Figuras 2-5 se presenta la respuesta de las diferentes variables de control que fue obtenida al aplicar la estructura No. 10. En la Figura 2 se muestra la respuesta de la composición de los tres productos ante la secuencia de perturbaciones en la composición de alimentación presentada en la Tabla 3.

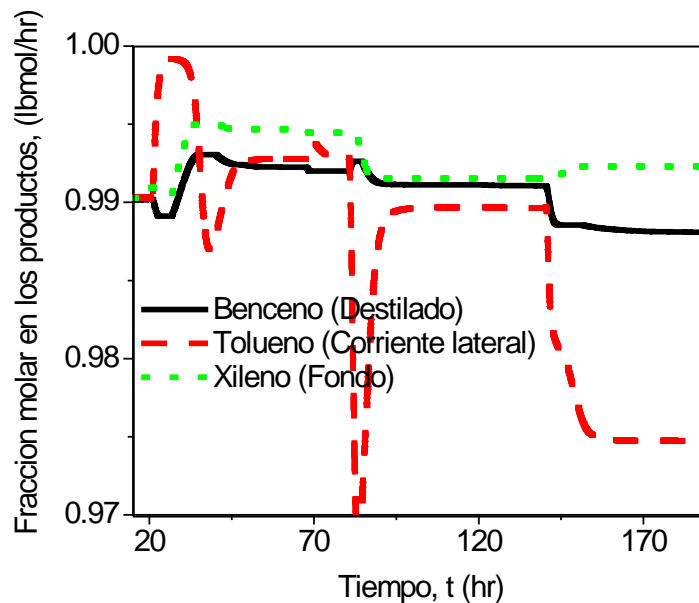


Figura 2. Respuesta de la composición de las corrientes del destilado, lateral y fondo

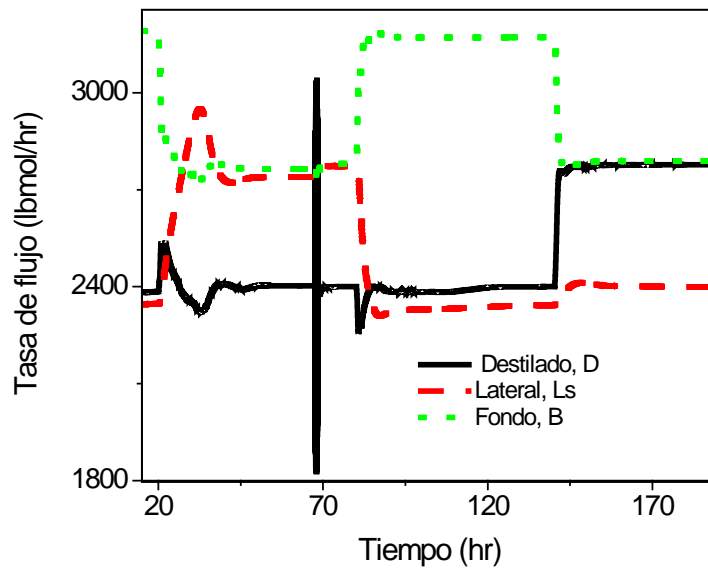


Figura 3. Tasa de flujo de las corrientes del destilado, lateral y fondo

En la Figura 3 se observan los cambios en la tasa de flujo de los productos (D, Ls y B) y en las Figuras 4 y 5 se muestran las respuestas de la entrada de calor al rehevado Q_R y la tasa de reflujo R, respectivamente. La tasa de Reflujo (R), la tasa de la corriente lateral (Ls) y la entrada de calor al rehevador Q_R , son modificadas para mantener la temperatura de los platos seleccionados en su valor de referencia, como se muestra en la Figura 6. De manera indirecta esto mantiene la pureza requerida en cada producto (Figura 2) ante los cambios en la composición de alimentación.

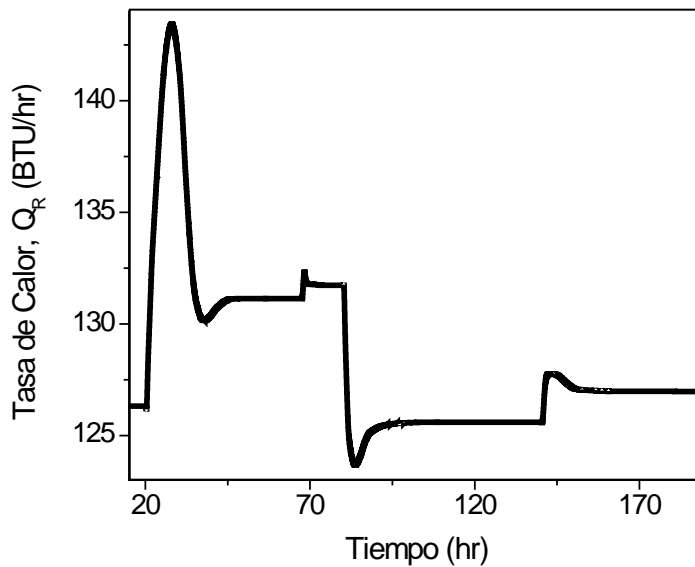


Figura 4. Tasa de calor al rehevador (BTU/hr)

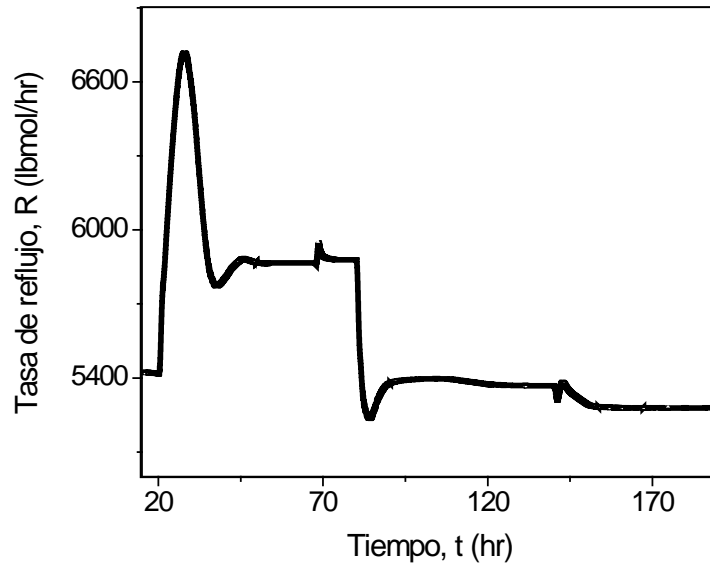


Figura 5. Tasa de reflujo (lbmol/hr)

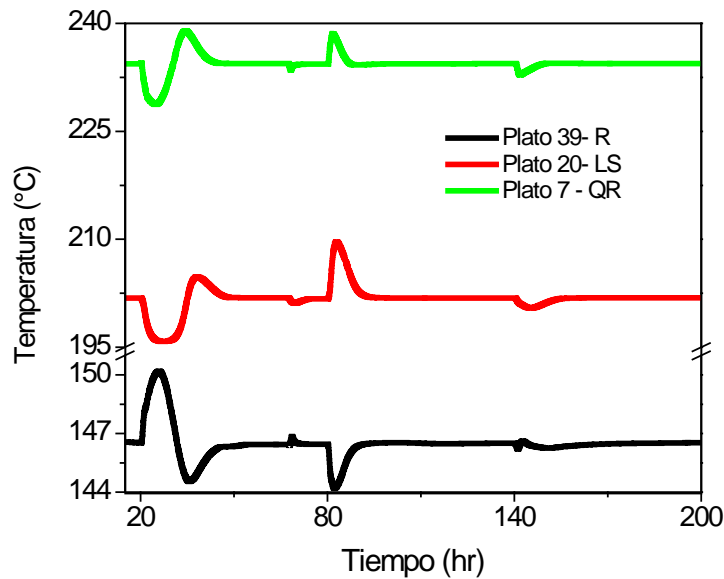


Figura 6. Respuesta de la temperatura en los platos de control.

Se puede observar que la estructura de control presentada es capaz de recuperar la composición deseada en los productos a pesar de que los cambios en la composición de alimentación son superiores al 15%, con excepción a la composición de la corriente lateral, que frente a la tercera perturbación sufre un descenso en la composición. Este error se podría minimizar al seleccionar otro plato de control en la columna principal y, por último implementar un cuarto lazo de control.

Trabajo a futuro

Se buscará mejorar el desempeño de las estructuras de control y reducir el consumo de energía mediante el empleo de un cuarto lazo de control para regular la temperatura en una etapa del prefraccionador. Esto permitiría reducir el error en estado estacionario (Offset) de la composición de los tres productos de la columna y que la estructura de control sea estable frente a las perturbaciones en la composición en la alimentación.

Conclusiones

Se estudiaron diez estructuras de control para una columna de pared divisoria basada en mediciones de temperatura para regular indirectamente la pureza de los productos. Se utilizaron métodos de selección de temperatura en estado estacionario lo que permitió obtener las etapas de la columna que son más sensibles. Por cada estructura de control estudiada se diseñaron tres controladores para regular la temperatura de tres etapas a lo largo de la columna principal. Se desea que cada producto tenga alta pureza de 99 % mol en la corriente de salida. La estructura de control obtenida con el criterio SVD mostró el mejor desempeño al mantener la pureza de los productos finales muy cerca del valor deseado (a excepción de la corriente lateral frente a la tercera perturbación) a pesar de existir perturbaciones en la composición de alimentación al prefraccionador, por lo que podría considerarse como una alternativa aplicable en la práctica gracias a las ventajas que presentan los controladores basados en mediciones de temperatura frente a los que se basan en mediciones de composición.

Referencias

1. Kiss, A.A.; Rewagad, R.R. (2011). Energy efficient control of a BTX dividing-wall column. *Comput. Chem. Eng.* 35. **(12)** 2896-2904
2. Ling, H.; Cai, Z.; Wu, H.; Wang, J.; Shen, B. (2011). Remixing control for divided-wall columns. *Ind. Eng. Chem. Res.* 50. **(22)** 12694–12705.
3. Ling, H.; Luyben, W. L. (2010). Temperature control of the BTX divided- wall column. *Ind. Eng. Chem. Res.* 49. **(1)** 189-203.
4. Matla-González, D.; Urrea-García, G.; Alvarez-Ramirez, J.; Bolaños-Reynoso, E.; Luna-Solano G. (2013). Simulation and control based on temperature measurements for Petlyuk distillation columns. *Asia-Pacific J. Chem. Eng.* DOI: 10.1002/apj.1733.
5. Matla-González, D.; Urrea-García, G.; Bolaños-Reynoso, E.; Luna-Solano, G. (2011). Solución de un modelo de una columna Petlyuk para una mezcla multicomponente. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria (CIM)*, Orizaba, Ver., 236-242, ISBN 978-607-00-4848-7
6. Luan, S.; Huang, K.; Wu, N. (2013). Operation of Dividing-Wall Columns.1. A simplified Temperature Difference Control Scheme. *Ind. Eng. Chem. Res.* 52. **(7)** 2642-2660.
7. Skogestad, S and Grimholt, C. (2012). The SIMC Method for Smooth PID Controller Tuning, Chapter 5 of *PID Control in the Third Millennium, Advances in Industrial Control*, R. Vilanova, A. Visioli (eds.) Springer-Verlag London Limited 2012. 147-175
8. Wolff, E. A. and Skogestad, S. (1995). Operation of integrated three-product (Petlyuk) distillation columns. *Ind. Eng. Chem. Res.* 34. **(6)** 2094-2103.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Composición del bagazo de caña por análisis termogravimétrico

J. Solorza Fera, R. Rendón Villalobos, J. Sánchez Muñoz, E. Flores Huicochea*

¹Instituto Politécnico Nacional, Depto. Desarrollo Tecnológico. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos.

Ceprobi No. 8, San Isidro, C.P. 62731, Yautepec, Morelos., México

*efloresh@ipn.mx efloreshu@outlook.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La pirolisis del bagazo de caña, en atmosfera inerte, a una velocidad de calentamiento de 5 °K/min, se realizó en el intervalo de temperatura de 30 hasta 600 °C. La grafica %peso vs temperatura muestra tres zonas, la segunda zona que comprende de 200 hasta los 450 °C es donde se presentó la pirolisis del bagazo de caña. El ajuste no lineal de los datos experimentales de la pirolisis del bagazo de caña, usando un modelo de tres reacciones independientes y paralelas, permitió obtener los parámetros del modelo y la concentración iniciales de lignina, celulosa y hemicelulosa, presentes en el bagazo de caña.

Palabras clave: TGA, modelamiento, bagazo de caña.

Abstract

The pyrolysis of sugarcane bagasse, under inert atmosphere, at a heating rate of 5 °K/min, was carried out within temperature range from 30 to 600 °C. The plot of % weight vs time showed three zones, but on the second zone from 200 to 450 °C, the pyrolysis was present. The non-linear fit from experimental data of pyrolysis of sugarcane bagasse, was done with a model of three independent and parallel reactions, these approaches allowed to obtain the model parameters and the initial concentration of lignin, cellulose and hemicellulose of sugarcane bagasse.

Introducción

Se conoce que la incorporación de materiales con tamaños micro y nanométricos, mejora las propiedades mecánicas y de barrera de polímeros (plásticos) y biopolímeros [Fu, Feng, Lauke, & Mai, 2008] La obtención de nanomateriales de materiales lignocelulósicos a partir de deshecho agrícolas, ofrece una opción para el uso de estos, y adicionalmente incrementar su valor agregado; el precio más bajo para los nanomateriales es de \$1900/kg, para el caso de las nanoarcillas.

Uno de los materiales lignocelulósicos que se produce, como desecho, en grandes cantidades es el bagazo de caña. La producción de caña de México durante las últimas décadas se ha incrementado hasta niveles de 50 millones de toneladas, Figura 1. Los molinos de caña, en los ingenios azucareros, generan entre 0.1 a 0.15 toneladas (peso seco) por cada tonelada de caña de azúcar procesada [Alonso Pippo, Garzone, & Cornacchia, 2007; Area, Felissia, & Vallejos, 2009; Vallejos et al., 2011]. En México, se estima, que no son utilizadas por lo menos 3.5 millones de toneladas de bagazo de caña, que tienen un potencial de producción de materias como lignina, celulosa y xilitol [Gámez, González-Cabriales, Ramírez, Garrote, & Vázquez, 2006].

En óptimas condiciones solo la mitad del bagazo de caña producido podría ser aprovechado [Alonso Pippo, et al., 2007], el restante 50% del bagazo no utilizado representando un problema ambiental en relación a la generación de polvo, contaminación de agua subterráneas, combustión espontánea y generación de lixiviados contaminados [Rainey, O'Hara, Mann, Bakir, & Plaza]. La composición del bagazo de la caña puede variar, pero en promedio contiene los siguientes componentes, en base a peso seco, celulosa 43.1-55% ± 1.4, hemicelulosa 17-25.2% ± 1.9, lignina total 22.9-25% ± 1.1, compuestos minerales 1-2.8% ± 1.4, y extraíbles 4.3% ± 1.6 [Hoareau, Trindade, Siegmund, Castellan, & Frollini, 2004; Rocha, Gonçalves, Oliveira, Olivares, & Rossell, 2012].

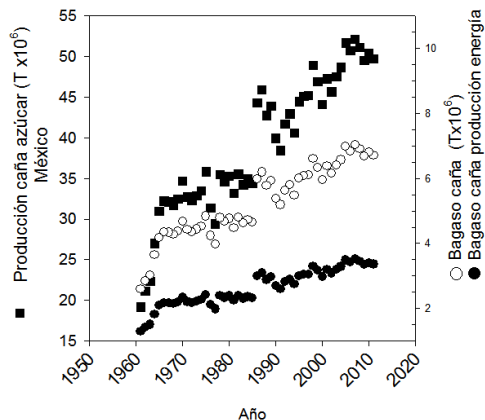


Figura 1. Tendencia de producción de caña de azúcar, 1960 a 2012 en México (FAOSTAT, 2013). La producción de bagazo de caña y toneladas, bagazo de caña, destinadas a producir energía se estimaron a partir de datos de la literatura.

Existen diversos estudios para el aprovechamiento del bagazo de caña, entre los que cabe destacar la pirólisis al vacío [Carrier, Hardie, Uras, Görgens, & Knoetze, 2012] para la producción de bio-aceite y carbón activado, adsorbente en la remoción de contaminantes de agua; materiales compuesto a partir de mezclas de almidón y componentes aislados del bagazo de caña [Vallejos, et al., 2011], fraccionamiento de los componentes del bagazo de caña utilizando hidrólisis ácida, condiciones no severas (4% H₃PO₄, 125 °C, 300 min), son utilizadas, es posible solubilizar la hemicelulosa y obtener su componente mayoritario la xilosa [Gámez, et al., 2006]. El H₂SO₄ [Aguilar, Ramírez, Garrote, & Vázquez, 2002; Alves, Felipe, Silva, Silva, & Prata, 1998] se utiliza con mayor frecuencia para realizar la hidrólisis ácida, incluso se ha reportado un trabajo del proceso de hidrólisis a nivel piloto empleando H₂SO₄ [Rodrigues et al., 2010] para la obtención de xilosa. En recientes años, el bagazo de caña se ha utilizado como fuente de obtención de nanocelulosas. El primer paso para producir nanocelulosa, es purificar la celulosa del bagazo de caña (Li et al., 2012; Mandal & Chakrabarty, 2011), los métodos comunes son remover lignina con clorito de sodio, hidróxido de sodio, organosol-CO₂ (Mandal & Chakrabarty, 2011; Pereira et al., 2007; Sun, Chen, Negulescu, Moore, & Collier, 2011).

Existen fuentes de obtención celulosa diferentes de la madera, en algunos caso se remueve primero lignina y posteriormente hemicelulosa. Los huesos de olivo, se han utilizado como una fuente de obtención de lignina, el tratamiento de obtención de lignina consistió en dos etapas: a) tratamiento con ácido (0.1% H₂SO₄, p/p) por una hora, b) lavado con agua para eliminar el ácido, c) descompresión flash, usando las siguientes condiciones: 100 g muestra, temperatura de 200 a 230 °C, tiempo 2-4 minutos; d) la lignina depolimerizada se extrajo con 250 mL de una disolución acuosa de NaOH al 2% (p/p) (Fernández-Bolaños, Felizón, Heredia, Guillén, & Jiménez, 1999). Un estudio reportó la extracción de lignina del bagazo de caña. El proceso incluyó la reducción de tamaño (<1mm), 20 g de muestra se someten a un pretratamiento con agua caliente (70°C, 2 h, 1:10 sólido: líquido relación), posterior remoción del agua, para eliminar hemicelulosas solubles en agua. La extracción de lignina se realizó utilizando una relación 1:10 (sólido:líquido) y una solución de NaOH (15% = 3.75 M), a una temperatura de 98 °C durante 90 minutos. El rendimiento de extracción de lignina y celulosa remanente, fue calculado en base al peso inicial del bagazo. Se reportó un rendimiento de extracción de lignina del 13% y 42% para celulosa (Moubarik, Grimi, Boussetta, & Pizzi, 2013). El uso de hidróxido de sodio, para remover lignina en bagazo de caña tiene la ventaja de eliminar hemicelulosa. Las concentraciones de NaOH utilizadas son de 3% hasta 12%, empleando relación bagazo:solución NaOH de 1:10 hasta 1:40 y temperaturas en el intervalo de 70 a 120 °C (Abdel-Halim; Romanoschi, Romanoschi, Collier, & Collier, 1998; Zhao, Wu, & Liu, 2011).

Previo y posterior, al proceso de eliminación de hemicelulosa y lignina, es necesario realizar análisis del bagazo de caña para cuantificar el efecto del tratamiento, usualmente esto se hace a través de pruebas químicas, las más utilizadas son las elaboradas por la asociación TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, por sus siglas en inglés), el tiempo requerido completar los análisis es de 3-4 días. Sin embargo, el uso del Análisis Térmico y en especial del Análisis Termogravimétrico permite obtener la concentración de los componentes principales (celulosa, hemicelulosa y lignina) del bagazo de caña en un lapso de tiempo de 3 horas; la Confederación Internacional de Análisis Térmico y Calorimetría, ICTAC por sus siglas en inglés, proporciona lineamientos a seguir antes, durante y después de las mediciones termogravimétricas (Brown et al., 2000; Dickinson & Heal, 2009; Roduit, 2000; Vyazovkin et al., 2011). Durante varios años, el estudio del bagazo de caña ha utilizado el análisis termogravimétrico, principalmente para estudiar la cinética de degradación térmica en ausencia y presencia de oxígeno para producir aceite, gases combustibles, carbón y recientemente, como una forma, de estimar la concentración de los componentes principales del bagazo de caña (Amutio et al., 2012; Orfão, Antunes, & Figueiredo, 1999; Sun, et al., 2011). Los datos experimentales de la pirólisis del bagazo de caña, se pueden ajustar a un modelo que consta de tres reacciones independientes y paralelas, utilizando un ajuste no lineal (Aboyade et al., 2011; Orfão, et al., 1999; Várhegyi, 2007). El objetivo de este trabajo es estimar la

concentración de los componentes principales (celulosa, hemicelulosa y lignina) del bagazo de caña a partir del análisis termogravimétrico, esta visión parte de la premisa “A partir del modelamiento de la pirolisis del bagazo de caña es posible estimar el contenido de los componentes principales (Orfão, et al., 1999)”.

Metodología

Materiales

Se utilizó caña de azúcar que se adquirió en la localidad de Yautepec, Morelos. La caña se procesó con un extractor de jugo (Vitale, Marca Taurus). El bagazo se lavó con agua (70-80 °C), para eliminar azúcares, la muestra libre de azúcares se secó en un horno de charolas a 40 °C. Se realizó una reducción de tamaño de partícula, se utilizó un molino de martillos (Modelo MF 10.2, IKA) con un tamaño de malla de 1 mm. La muestra de bagazo de caña se guardó en bolsas de plástico para su posterior análisis a temperatura ambiente.

Análisis Termogravimétrico

Se utilizó el equipo TGA 2050 Thermogravimetric Analyzer de TA Instruments (USA). Una muestra (4-10 mg, previamente tamizada en malla 60) se colocó en una charola de platino y calentó a una velocidad de 5 °C/min en el intervalo de 25 a 600 °C, se alimentó un flujo de nitrógeno a la cámara del horno, 40 mL/min. La adquisición de datos (tiempo, temperatura, peso), se realizó con el programa Thermal Advantage (TA Instruments, USA), cada 0.1 °C, durante todo el intervalo de temperatura programado. La normalización del peso y la derivada del peso con respecto a la temperatura se obtuvieron con el programa Universal Analysis (TA Instruments, USA).

Modelamiento y tratamiento de datos

Existen en la literatura diversos modelos reportados para el estudio de la pirolisis de biomasa, usando experimentos termogravimétricos en condiciones no isotérmicas. Sin embargo, uno de los más utilizados se basa en usar un modelo que asumen tres reacciones independientes y paralelas. La secuencia de cálculo es similar a la reportada en investigaciones previas, donde se realiza la pirolisis del bagazo de caña (Aboyade, et al., 2011; Orfão, et al., 1999; Sun, et al., 2011).

En forma resumida, a partir de los datos experimentales, peso y tiempo, se obtuvieron los valores de la conversión y la derivada de la conversión respecto a la temperatura, Ec. (1) y (2). Donde α es la conversión global del

bagazo; $d\alpha/dt$ velocidad de conversión global (s^{-1}); β es la velocidad de calentamiento ($^{\circ}K s^{-1}$); $d\left(\frac{m}{m_o}\right)/dT$ es la derivada de la fracción de peso, en el tiempo t , con respecto a la temperatura ($^{\circ}K$), este término corresponde a la derivada del porcentaje en peso con respecto a la temperatura.

$$\alpha = \frac{m_{po} - m_p}{m_{po} - m_a} = 1 - \frac{m_p}{m_o - m_a} \quad (1) \quad \frac{d\alpha}{dt} = -\frac{\beta}{1 - \frac{m_{\infty}}{m_o}} \cdot \frac{d\left(\frac{m}{m_o}\right)}{dT} \quad (2)$$

Donde m_{∞} es la masa después de la pirolisis cuando la conversión tiene valores cercanos a cero. El término m_o se refiere a la masa inicial, m es la masa en el tiempo t .

Ajuste no-lineal

El cambio de la conversión respecto al tiempo, para los componentes principales del bagazo de caña se ajusta al siguiente modelo:

$$\frac{d\alpha_i}{dt} = k_{io} e^{-\frac{E_{ia}}{RT}} (1 - \alpha_i) \quad (3)$$

La conversión global es la suma de las conversiones de los componentes principales y la concentración inicial de estos componentes (4), teniendo la restricción (5).

$$\frac{d\alpha}{dt} = \sum_1^3 c_i \cdot \frac{d\alpha_i}{dt} = \sum_1^3 c_i k_{io} e^{-\frac{E_{ia}}{RT}} (1 - \alpha_i) \quad (4) \quad \sum_1^3 c_i = 1 - \frac{\frac{m_{wo}}{m_o}}{\left(1 - \frac{m_{\infty}}{m_o}\right)} \quad (5)$$

La ecuación (6), proporciona la temperatura del sistema como función del tiempo (t) y la velocidad de calentamiento ($5^{\circ}/min$).

$$T = \left[25 \text{ }^{\circ}\text{C} + \left(0.0833 \frac{\text{ }^{\circ}\text{C}}{\text{s}} t \right) \right] + 273.15 \quad (6)$$

Donde α_i es la conversión del componente i (celulosa, hemicelulosa, lignina); c_i es la fracción masa del pseudo-componente i ; k_{i0} es el factor pre-exponencial del componente i ; E_{ia} es la energía de activación de degradación térmica del componente i ; T es la temperatura en grados K; t es el tiempo en segundos; R constante universal de los gases ($0.0083 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$).

El ajuste no lineal del sistema de ecuaciones (4) y (5), se realizaron con el programa SOLVER de Microsoft Excel 2013 y con programas elaborados en Visual Basic Applications (VBA, Microsoft, 2013), se utilizó el algoritmo de Gradiente Reducido Generalizado (GRG). El ajuste no lineal del sistema de ecuaciones, permite obtener los valores k_{i0} , E_{ia} y c_i . El criterio de minimización de la ecuación (4) fue mínimos cuadrados. Los valores iniciales de los parámetros, requeridos en el ajuste no lineal, se dieron a partir de datos reportados en la literatura para bagazo de caña. El ajuste no lineal permite obtener los 9 parámetros para la ecuación (4). Después de obtener los parámetros, se realizó una simulación de la ecuación (4) y se compara con los datos experimentales.

Se utilizó el algoritmo de Runge-Kutta de cuarto orden con un tamaño de paso de $0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ que corresponden a un tamaño de paso en tiempo de 3 segundos, para el proceso de simulación.

Resultados y discusión

Termograma de bagazo de caña

En la Figura 1, se observa un termograma típico del bagazo de caña. Hay una pérdida de peso desde la temperatura ambiente hasta los $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$, asociado a la pérdida de humedad, posteriormente se presenta una zona estable que comprende el intervalo de temperatura de 100 a $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$, la pérdida de peso es mínima (1%). La zona donde se presenta la mayor pirólisis se encuentra en la zona de los 200 a los $400 \text{ }^{\circ}\text{C}$. En la Figura 2, se representa el comportamiento de la conversión global, estimado a partir de los datos experimentales y la ecuación (2). Los valores de la conversión global, dentro del intervalo 150 a $430 \text{ }^{\circ}\text{C}$ son mayores a cero, y dentro de este intervalo se realiza el ajuste no lineal, fuera de este intervalo la derivada $d\alpha/dt$ sería cero.

En la Tabla 1, se muestran los parámetros que se obtuvieron, de la ecuación (4).

Componente	K_{i0} 1/min	E_{i0} kJ/mol	C_{i0} %
Lignina	96	24	23
Celulosa	8.5×10^{20}	245	50
Hemicelulosa	1.59×10^{10}	130	35

Los valores de los parámetros obtenidos, son similares a los reportados previamente al utilizar el modelamiento de la pirólisis (Aboyade, et al., 2011; Sun, et al., 2011; Zhou, Long, Meng, Li, & Zhang, 2013).

La Figura 3, muestra el resultado de la simulación de los componentes individuales, mostrados como línea continua, los círculos cerrados muestran la suma de los componentes individuales, la curva obtenida se traslapa con la curva que se obtiene en la Figura 2.

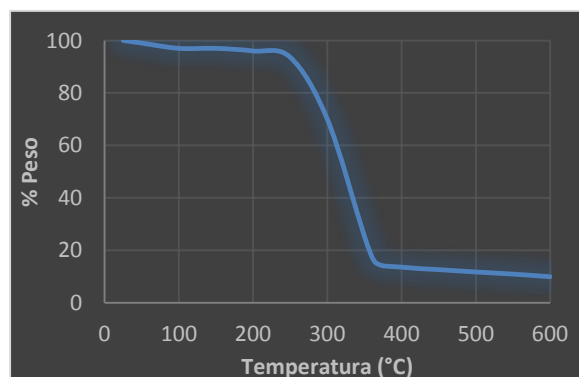


Figura 1. Termograma de bagazo de caña.

Figura 2. Comportamiento de la velocidad de conversión global del bagazo de caña. Calculado a partir de datos experimentales y la ecuación (2).

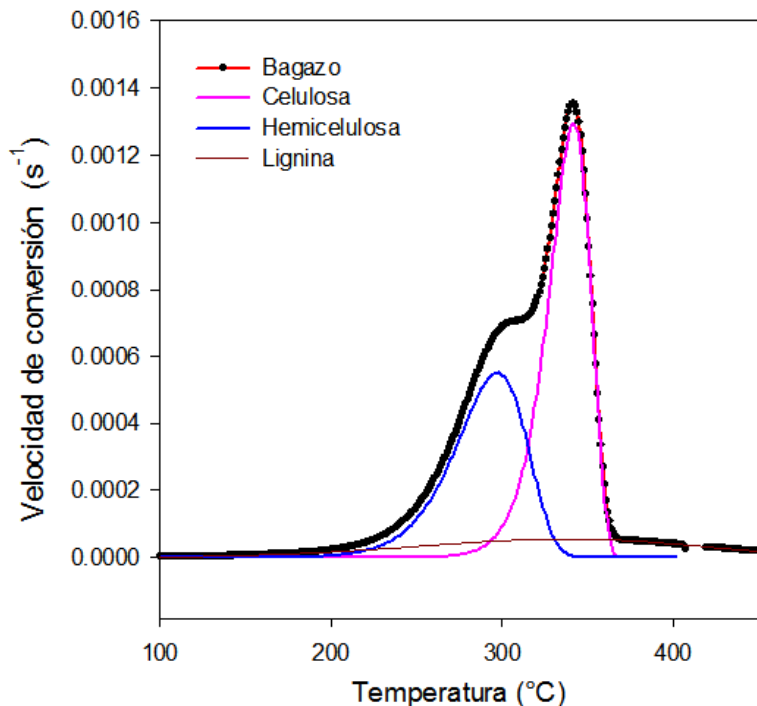


Figura 3. Simulación de la velocidad de descomposición global a partir de la suma de los componentes mayoritarios.

Conclusiones

A partir de datos experimentales de la pirolisis de bagazo de caña, en atmósfera inerte, fue posible hacer la simulación de la velocidad de conversión global, se utilizó un modelo que posee tres reacciones paralelas independientes. Al utilizar el ajuste no lineal del modelo y los datos experimentales, se obtuvieron los parámetros del modelo. Las concentraciones iniciales de lignina, celulosa y hemicelulosa fueron 23, 50 y 35 %, que se encuentra dentro del intervalo de la concentración del bagazo de caña. Es posible obtener concentraciones iniciales del bagazo de caña en un tiempo menor al requerido por los análisis químicos.

Referencias

1. Abdel-Halim, E. S. Chemical modification of cellulose extracted from sugarcane bagasse: Preparation of hydroxyethyl cellulose. *Arabian Journal of Chemistry*(0).
2. Aboyade, A. O., Hugo, T. J., Carrier, M., Meyer, E. L., Stahl, R., Knoetze, J. H., et al. (2011). Non-isothermal kinetic analysis of the devolatilization of corn cobs and sugar cane bagasse in an inert atmosphere. *Thermochimica Acta*, 517(1-2), 81-89.
3. Aguilar, R., Ramírez, J. A., Garrote, G., & Vázquez, M. (2002). Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 309-318.
4. Alonso Pippo, W., Garzone, P., & Cornacchia, G. (2007). Agro-industry sugarcane residues disposal: The trends of their conversion into energy carriers in Cuba. *Waste Management*, 27(7), 869-885.
5. Alves, L. A., Felipe, M. G. A., Silva, J. B. A. E., Silva, S. S., & Prata, A. M. R. (1998). Pretreatment of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate for xylitol production by *Candida guilliermondii*. *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*, 70-72, 89-98.
6. Amutio, M., Lopez, G., Aguado, R., Artetxe, M., Bilbao, J., & Olazar, M. (2012). Kinetic study of lignocellulosic biomass oxidative pyrolysis. *Fuel*, 95(0), 305-311.
7. Area, C. M., Felissia, F. E., & Vallejos, M. E. (2009). Ethanol-Water Fractionation of Sugar Cane Bagasse Catalyzed with Acids. 43(7-8).
8. Brown, M. E., Maciejewski, M., Vyazovkin, S., Nomen, R., Sempere, J., Burnham, A., et al. (2000). Computational aspects of kinetic analysis: Part A: The ICTAC kinetics project-data, methods and results. *Thermochimica Acta*, 355(1-2), 125-143.
9. Carrier, M., Hardie, A. G., Uras, Ü., Görgens, J., & Knoetze, J. (2012). Production of char from vacuum pyrolysis of South-African sugar cane bagasse and its characterization as activated carbon and biochar. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 96(0), 24-32.
10. Dickinson, C. F., & Heal, G. R. (2009). A review of the ICTAC kinetics project, 2000: Part 2. Non-isothermal results. *Thermochimica Acta*, 494(1-2), 15-25.
11. FAOSTAT. (2013). FENIX Web Data Server. Retrieved 20/Mayo/2013, 2013, from <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>
12. Fernández-Bolaños, J., Felizón, B., Heredia, A., Guillén, R., & Jiménez, A. (1999). Characterization of the lignin obtained by alkaline delignification and of the cellulose residue from steam-exploded olive stones. *Bioresource Technology*, 68(2), 121-132.

13. Fu, S.-Y., Feng, X.-Q., Lauke, B., & Mai, Y.-W. (2008). Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate–polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 39(6), 933-961.
14. Gámez, S., González-Cabriales, J. J., Ramírez, J. A., Garrote, G., & Vázquez, M. (2006). Study of the hydrolysis of sugar cane bagasse using phosphoric acid. *Journal of Food Engineering*, 74(1), 78-88.
15. Hoareau, W., Trindade, W. G., Siegmund, B., Castellan, A., & Frollini, E. (2004). Sugar cane bagasse and curaua lignins oxidized by chlorine dioxide and reacted with furfuryl alcohol: characterization and stability. *Polymer Degradation and Stability*, 86(3), 567-576.
16. Li, J., Wei, X., Wang, Q., Chen, J., Chang, G., Kong, L., et al. (2012). Homogeneous isolation of nanocellulose from sugarcane bagasse by high pressure homogenization. *Carbohydrate Polymers*, 90(4), 1609-1613.
17. Mandal, A., & Chakrabarty, D. (2011). Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1291-1299.
18. Moubarik, A., Grimi, N., Boussetta, N., & Pizzi, A. (2013). Isolation and characterization of lignin from Moroccan sugar cane bagasse: Production of lignin–phenol-formaldehyde wood adhesive. *Industrial Crops and Products*, 45(0), 296-302.
19. Orfão, J. J. M., Antunes, F. J. A., & Figueiredo, J. L. (1999). Pyrolysis kinetics of lignocellulosic materials—three independent reactions model. *Fuel*, 78(3), 349-358.
20. Pereira, A. A., Martins, G. F., Antunes, P. A., Conrrado, R., Pasquini, D., Job, A. E., et al. (2007). Lignin from Sugar Cane Bagasse: Extraction, Fabrication of Nanostructured Films, and Application. *Langmuir*, 23(12), 6652-6659.
21. Rainey, T. J., O'Hara, I. M., Mann, A. P., Bakir, C. H., & Plaza, F. Effect of depithing on the safety and environmental aspects of bagasse stockpiling. *Process Safety and Environmental Protection*(0).
22. Rocha, G. J. M., Gonçalves, A. R., Oliveira, B. R., Olivares, E. G., & Rossell, C. E. V. (2012). Steam explosion pretreatment reproduction and alkaline delignification reactions performed on a pilot scale with sugarcane bagasse for bioethanol production. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 274-279.
23. Rodrigues, R. d. C. L. B., Rocha, G. J. M., Rodrigues Jr, D., Filho, H. J. I., Felipe, M. d. G. A., & Pessoa Jr, A. (2010). Scale-up of diluted sulfuric acid hydrolysis for producing sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolysate (SBHH). *Bioresource Technology*, 101(4), 1247-1253.
24. Roduit, B. (2000). Computational aspects of kinetic analysis.: Part E: The ICTAC Kinetics Project—numerical techniques and kinetics of solid state processes. *Thermochimica Acta*, 355(1–2), 171-180.
25. Romanoschi, O., Romanoschi, S., Collier, J. R., & Collier, B. J. (1998). Optimization of process variable for alkali delignification of sugar cane at atmospheric pressure.
26. Sun, L., Chen, J. Y., Negulescu, I. I., Moore, M. A., & Collier, B. J. (2011). Kinetics modeling of dynamic pyrolysis of bagasse fibers. *Bioresource Technology*, 102(2), 1951-1958.
27. Vallejos, M. E., Curvelo, A. A. S., Teixeira, E. M., Mendes, F. M., Carvalho, A. J. F., Felissia, F. E., et al. (2011). Composite materials of thermoplastic starch and fibers from the ethanol–water fractionation of bagasse. *Industrial Crops and Products*, 33(3), 739-746.
28. Vyazovkin, S., Burnham, A. K., Criado, J. M., Pérez-Maqueda, L. A., Popescu, C., & Sbirrazzuoli, N. (2011). ICTAC Kinetics Committee recommendations for performing kinetic computations for thermal analysis data. *Thermochimica Acta*, 520(1–2), 1-19.
29. Várhegyi, G. (2007). Aims and methods in non-isothermal reaction kinetics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79(1–2), 278-288.
30. Zhao, X., Wu, R., & Liu, D. (2011). Production of pulp, ethanol and lignin from sugarcane bagasse by alkali-peracetic acid delignification. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 2874-2882.
31. Zhou, H., Long, Y., Meng, A., Li, Q., & Zhang, Y. (2013). The pyrolysis simulation of five biomass species by hemi-cellulose, cellulose and lignin based on thermogravimetric curves. *Thermochimica Acta*, 566(0), 36-43.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Preparación, caracterización y oxidación de carbones activados mediante la técnica de plasma frío de oxígeno

P. De Velasco Maldonado¹, V. Hernández Montoya^{1*}, M.A. Montes Morán²

¹Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Av. A. López Mateos Ote. #1801, Fracc. Bona Gens, C.P. 20256, Aguascalientes, Ags. México

²Instituto Nacional del Carbón, INCAR-CSIC, Apartado 73 E-33080, Oviedo, España
*virginia.hernandez@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Recientemente, se ha reportado la modificación de carbones activados para incrementar la capacidad de adsorción de especies contaminantes como los metales pesados. Dentro de los métodos de modificación superficial se encuentran la oxidación en húmedo, oxidación en seco y la oxidación con plasma frío de oxígeno. En la presente investigación se prepararon carbones a partir del hueso de durazno empleando tres diferentes temperaturas de carbonización (600, 800 y 1000 °C). Estos carbones fueron oxidados mediante la técnica de oxidación con plasma frío de oxígeno empleando dos tiempos de exposición diferentes (2 y 5 min). Las muestras oxidadas y sin oxidar fueron caracterizadas mediante las técnicas de análisis elemental, Desorción Térmica Programada y mediante análisis SEM/EDX. Los resultados obtenidos indicaron que en el carbón preparado a 800 °C el porcentaje de oxígeno se incrementó de 1.4 % hasta 5.8 %, cuando la muestra fue oxidada con plasma durante 2 min.

Palabras clave: Carbones activados, Oxidación, Plasma frío de oxígeno.

Abstract

Recently, it has been reported the modification of activated carbon to increase the adsorption capacity of contaminant species as heavy metals. The common methods of oxidation are the wet and dry techniques and more recently, the oxygen plasma oxidation. For this reason, in the present work were prepared carbons from peach stone using three carbonization temperatures (600, 800 y 1000 °C). These carbons were treated by the oxygen plasma oxidation technique using two exposition times (2 and 5 min). All the samples were characterized employing elemental analysis, temperature programmed desorption (TPD) and SEM/EDX analysis. The obtained results are indicating that in the carbon prepared at 800 °C, the percentage of oxygen are increasing from 1.4 to 5.8 %, when the sample was oxidized with plasma during 2 min. These results were corroborated by TPD and SEM/EDX analysis.

Introducción

El método fisicoquímico de adsorción es considerado una de las técnicas más ampliamente usadas para la remoción de metales pesados provenientes del agua potable y residual, ya que es económica y eficaz [Kalavathy y col., 2010], siempre y cuando se utilice el adsorbente y las condiciones de adsorción apropiadas. El carbón activado es el adsorbente universal debido a su alta superficie específica y variada funcionalidad química. Sin embargo, recientemente se ha reportado que los carbones activados que poseen una gran cantidad de grupos oxigenados, específicamente grupos carboxílicos, son eficientes para remover metales pesados del agua [Yang-Yin y col., 2007]. En este sentido, es importante mencionar que en la actualidad se ha reportado la modificación de materiales de carbono (fibras y carbones activados) con la técnica de plasma frío de oxígeno para incrementar la cantidad de grupos oxigenados en la superficie del carbón. En este contexto, un plasma es un gas parcialmente ionizado que contiene electrones, iones, además de especies neutras y radiación UV/VIS [Bell y Hollahan y col., 1974]. El tratamiento del carbón activado con plasma frío de oxígeno va dirigido a modificar la superficie externa del carbón, generando principalmente grupos carboxílicos, fenólicos y carbonilos [Ashri Wan Daud y Hossein Houshamnd, 2010]; estos grupos formados en la superficie poseen propiedades de intercambio iónico con las especies metálicas, logrando de esta manera la remoción selectiva de esos contaminantes del agua [Bazuela y col., 2008].

La oxidación con plasma presenta ventajas que la hacen una alternativa de modificación de materiales de carbono interesante, comparada con otras técnicas de oxidación. Así, la modificación se lleva a cabo en las capas más externas del material, es una tecnología ambientalmente amigable y los tiempos de tratamiento son muy cortos [Tamargo-Martínez y col., 2011]. Por lo tanto, la finalidad del presente trabajo fue la preparación, caracterización y modificación superficial de carbones activados mediante la técnica de plasma frío de oxígeno para remover especies metálicas presentes en el agua.

Metodología

Preparación del carbón

Se preparó carbón a partir del hueso de durazno (*Prunus pérsica*), dicho residuo fue previamente lavado, secado, molido y tamizado con la finalidad de obtener un tamaño de partícula específico. Para la preparación del carbón se empleó un horno tubular Carbolite Eurotherm modelo CTF 12165/550 equipado con un reactor de cuarzo y cabezales especiales, en el que se empacaron aproximadamente 30 g de la muestra (ver Figura 1). El programa de temperatura contempló solamente una rampa de calentamiento de $5\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ hasta alcanzar la máxima temperatura de carbonización (600, 800 ó 1000 $^{\circ}\text{C}$) y empleando un tiempo de residencia de 4 horas a la temperatura máxima.

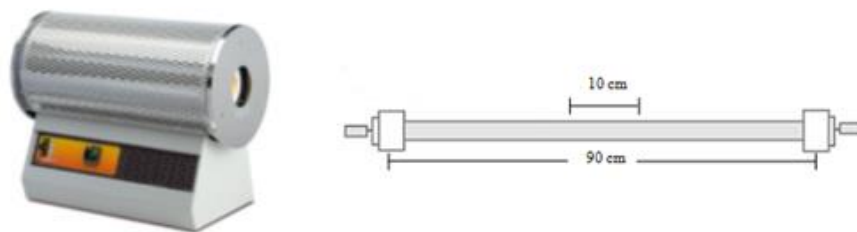


Figura 1. Horno tubular Carbolite Eurotherm CTF 12165/550 y reactor de cuarzo con cabezales especiales utilizado en la síntesis del carbón.

Oxidación con plasma frío de oxígeno

Una vez obtenidas las tres muestras de carbón (600, 800 y 1000 $^{\circ}\text{C}$) se llevó a cabo la oxidación con la técnica del plasma frío de oxígeno. Para dicho procedimiento se utilizó un reactor de plasma Emitech K1050X que utiliza radiofrecuencias para su generación (13.56 MHz). El plasma se mantuvo a la presión de 1 mbar en flujo de oxígeno y se oxidó 1 g de muestra distribuida en 2 lotes de carbón. Estos lotes fueron tratados a tiempos de exposición de 2 y 5 min (P1 y P2) a 75 W de potencia.

Caracterización de las muestras de carbón

El contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre, de los materiales de carbono sin modificar y los oxidados con plasma frío de oxígeno se determinó empleando un analizador elemental LECO CHNS – 932 y el contenido de oxígeno fue obtenido con un analizador LECO VTF – 900. Además, con la finalidad de determinar el CO y CO₂ desorbidos, se realizaron experimentos de Desorción Térmica Programada (TPD). Los experimentos de TPD fueron llevados a cabo en un analizador de quimisorción Micromeritics AutoChem II 2920 que consta de un microrreactor tubular en forma de U colocado dentro de un horno eléctrico. El procedimiento consiste en calentar una masa de aproximadamente 50 mg de carbón con una rampa de $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ hasta una temperatura de 1000 $^{\circ}\text{C}$ en un flujo de 50 ml min^{-1} de Ar. Los gases de CO y CO₂ desorbidos durante el proceso son monitoreados con un espectrómetro de masas.

Resultados y discusión

Composición elemental

En la Tabla 1 se muestra el porcentaje de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno de los carbones de hueso de durazno sin modificar y los oxidados con plasma frío de oxígeno. Es evidente que el elemento más abundante es el carbono, lo que indica que el hueso de durazno es un material idóneo para la preparación de carbón activado [Zhao y col., 2005]. El otro elemento abundante es el oxígeno, el cual tiende a disminuir conforme aumenta la temperatura de carbonización en las muestras sin oxidar (D-600, D-800 y D-1000). En la muestra de carbón obtenida a 800 °C y oxidada con la técnica de plasma frío de oxígeno se observó un incremento considerable en el contenido de oxígeno, de 1.4 % hasta 5.8 %. Este comportamiento está indicando que efectivamente la cantidad de grupos oxigenados en las muestras de carbón oxidadas aumentó considerablemente.

Tabla 1. Composición elemental del carbón de hueso de durazno sin modificar (D600, D800 y D1000) y oxidado con plasma frío de oxígeno (D8P1 y D8P2)

Parámetro	Valor (%)				
	D600	D800	D1000	D8P1	D8P2
C	93.2	96.8	98	93.8	94.2
H	2.6	1.1	0.4	1.0	1.0
N	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1
S	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
O	3.8	1.4	1.0	5.8	4.0

Desorción Térmica Programada (por sus siglas en inglés TPD)

En la Figura 3 se representan los perfiles de CO y CO₂ desorbidos para los carbones obtenidos a 600, 800 y 1000 °C. En general, se puede observar que el CO se desorbe en mayor proporción para las tres muestras de carbón en comparación con el CO₂. Este mismo comportamiento se observó para las muestras de carbón oxidadas (Ver Figura 4).

En las Tablas 2 y 3 se muestran las cantidades totales desorbidas de CO y CO₂ de los carbones sintetizados a 600, 800 y 1000 °C con y sin oxidación con plasma frío de oxígeno. En general se puede observar que la cantidad de CO desorbido es mayor en las muestras de carbón oxidadas con plasma. Este comportamiento es más evidente en las muestras obtenidas a 600 °C, ya que conforme aumenta la temperatura de carbonización la cantidad de grupos oxigenados va disminuyendo. Finalmente, en la Figura 6 se muestran algunas imágenes SEM de las muestras oxidadas y sin oxidar, se puede apreciar que no existe ninguna diferencia morfológica en los dos tipos de muestras. No obstante, los resultados de EDX confirman que el contenido de oxígeno es mayor en las muestras de carbón oxidadas.

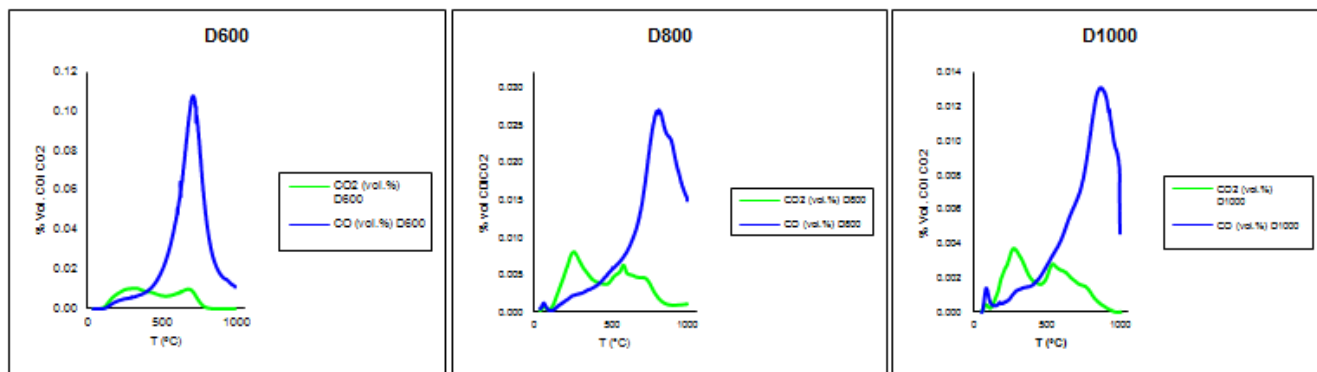


Figura 3. Perfiles de CO y CO₂ desorbido de los materiales de carbono sintetizados a 600, 800 y 1000 °C sin oxidación.

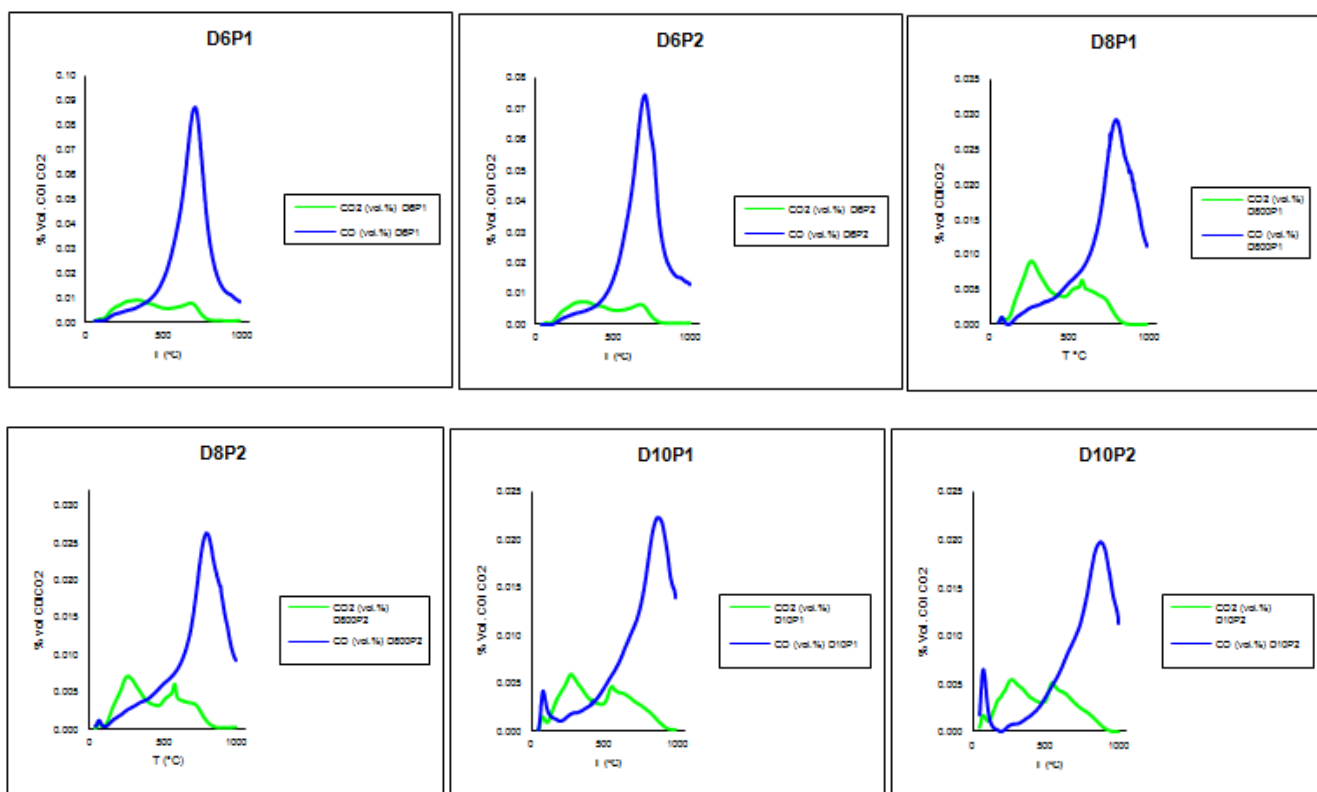


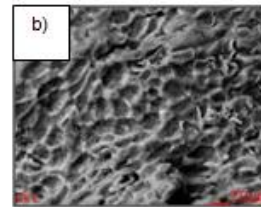
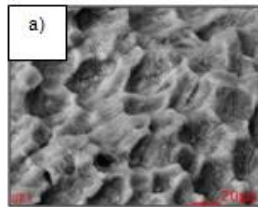
Figura 4. Perfiles CO y CO₂ desorbido de los materiales de carbono sintetizados a 600, 800 y 1000 °C y oxidados con plasma frío de oxígeno a tiempos de exposición de 2 min (P1) y 5 min (P2).

Tabla 2. Cantidades totales (mmol g⁻¹) de CO y CO₂ desorbidos para los carbones sin oxidación

Muestra	Cantidades totales (mmol g ⁻¹)	
	CO	CO ₂
D600	1.47	0.30
D800	0.45	0.16
D1000	0.34	0.11

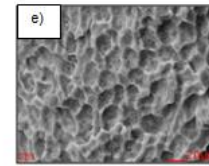
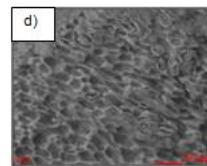
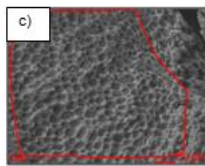
Tabla 3. Cantidades totales (mmol g⁻¹) de CO y CO₂ desorbidos para los materiales de carbono sintetizados a 600, 800 y 1000 °C y oxidados con plasma frío de oxígeno a tiempos de exposición de 2 min (P1) y 5 min (P2).

Muestra	Cantidades totales (mmol g ⁻¹)	
	CO	CO ₂
D6P1	1.57	0.33
D6P2	1.65	0.31
D8P1	0.40	0.15
D8P2	0.44	0.14
D10P1	0.45	0.16
D10P2	0.38	0.16



Elemento	Wt %	At %
C	95.4	96.5
O	4.6	3.5

Elemento	Wt %	At %
C	96.2	97.1
O	3.8	2.9



Elemento	Wt %	At %
C	93.2	94.8
O	6.8	5.2

Elemento	Wt %	At %
C	94.5	95.8
O	5.5	4.2

Elemento	Wt %	At %
C	94.9	96.1
O	5.1	3.9

Figura 6. Imágenes SEM y Análisis EDX de las muestras de carbón obtenidas a 600 (a) y 1000 °C (b) sin oxidar y los carbones sintetizados a 600 (c), 800 (d) y 1000 °C (e) oxidados con plasma frío de oxígeno.

Trabajo a futuro

Se realizarán estudios de adsorción de fluoruros, plomo y arsénico en solución acuosa empleando los carbones sin modificar y los oxidados con plasma frío de oxígeno. Además, se realizará una comparación de la remoción de fluoruros y metales pesados empleando carbones oxidados con plasma, H₂O₂ y aire.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que el tratamiento oxidativo con plasma frío de oxígeno es capaz de modificar la superficie de los carbones obtenidos a partir del hueso de durazno, ya que se observó un incremento en la cantidad de oxígeno en las muestras oxidadas con plasma. Por otro lado, es

necesario realizar estudios de adsorción de metales pesados con la finalidad de determinar si los carbones oxidados con plasma frío de oxígeno son eficientes en la remoción de esos contaminantes del agua.

Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo brindado a través del proyecto CB-2009-01 No. 129725.

Referencias

1. Ashri Wan Daud, W. M.; Hossein Houshamnd, A. (2010). Textural characteristics, surface chemistry and oxidation of activated carbon. *Journal of Natural Gas Chemistry*. **(19)** 267 – 279.
2. Bazuela, P. A.; Lu, A. H.; Nitz, J.J.; Schüth, F. (2008). Surface and pore structure modification of ordered mesoporous carbons via a chemical oxidation approach. *Microporous and Mesoporous Materials*. **(108)** 266 – 275.
3. Bell, A.T.; Hollahan, J.R. (1974). *Techniques and Applications of Plasma Chemistry*. John Wiley & Sons (Ed), United States of America.
4. Chingombe, P.; Saha, B.; Wakeman, R.J. (2005). Surface modification and characterization of a coal – based activated carbon. *Carbon*. **(43)** 3132 – 3143.
5. Figueiredo, J.L.; Pereira, M.F.R.; Freitas, M.M.A.; Órfao, J.J.M. (1999). Modification of the surface chemistry of activated carbons. *Carbon*. **(37)** 1379 – 1389.
6. Huang, H.C.; Ye, D.Q.; Huang, B.Ch. (2007). Nitrogen plasma modification of viscose-based activated carbon fibers. *Surface and Coatings Technology*. **(201)** 9533 – 9540.
7. Kalavathy, H.; Karthik, B.; Miranda, L. R. (2010). Removal and recovery of Ni and Zn from aqueous solution using activated carbon from *Hevea brasiliensis*: Batch and column studies. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. **(78)** 291 – 302.
8. Salame, I.I.; Badosz, T.J. (1999). Study of water adsorption on activated carbons with different degrees of surface oxidation. *Journal of Colloid and Interface Science*. **(210)** 367 – 374.
9. Tamargo-Martínez, K.; Martínez-Alonso, A.; Montes-Moran, M.A.; Tascon, J.M.D. (2011). Effect of oxygen plasma treatment of PPTA and PBO fibers on the interfacial properties of single fiber/epoxy composites studied by Raman spectroscopy. *Composites Science and Technology*. **(71)** 784 – 790.
10. Yan-Yin, Ch.; Kheireddine-Aroua, M.; Ashri Wan Daud, W. M. (2005). Review of modifications of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions. *Separation and Purification Technology*. **(52)** 403 – 415.
11. Zhao, N.; Wei, N.; Jiajun, L.; Zhijun, Q.; Jing, C.; He, F. (2005). Surface properties of chemically modified activated carbons for adsorption rate of Cr (VI). *Chemical Engineering Journal*. **(115)** 133 – 138.

EFECTO DEL COBRE EN LA FLUORESCENCIA DE CLOROFILA Y PERMEABILIDAD DE LA MEMBRANA DE *Azolla filiculoides*

G. Sánchez-Viveros ^{a*}, D. González-Mendoza ^b, A. Alarcón ^c, R. Ferrera-Cerrato ^c

^aFacultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Universidad Veracruzana. Lomas del Estadio s/n, Circuito Aguirre Beltran. Zona Universitaria. CP 91400.

^bInstituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC). Carretera a Delta s/n CP 21705, Ejido Nuevo León, Baja California, México.

^cColegio de Postgraduados, km 36,5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230, México.

*gabrielauv@gmail.com

Area de participación: Ingeniería química; biotecnología

Resumen

Se evaluó el efecto tóxico del cobre sobre la actividad fotosintética y la estabilidad de la membrana celular de *Azolla filiculoides* a través de la fluorescencia de la clorofila, la fuga de electrolitos, y el contenido de compuestos fenólicos totales. La colecta de *Azolla filiculoides* (XAL) se incubó en concentraciones crecientes de Cu²⁺ (0.02, 0.2, 1 y 2 mM) durante 36 h, en condiciones controladas de cámara de crecimiento. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas de Cu (1 y 2 mM) afectan significativamente el fotosistema II, al reducir el rendimiento fotoquímico (Fv/Fm) en comparación con el testigo. Después de 12 h de exposición, la permeabilidad de la membrana (fuga de electrolitos) de ambas especies aumentó significativamente al incrementar la concentración de Cu en la solución nutritiva. A las 36 h, el contenido de compuestos fenólicos totales de *Azolla* no se vio afectado significativamente en las diferentes concentraciones de Cu, excepto en la dosis más baja (0.02 mM), en la cual aumentó. El análisis de fluorescencia de la clorofila puede ser un indicador de los cambios fisiológicos que tienen lugar en los helechos de *Azolla* durante las primeras etapas de exposición ante contaminación con Cu.

Palabras clave: Actividad fotosintética, *Azolla*, electrolitos, fotosistema II, sulfato de cobre.

Abstract

The toxic effects of copper on the photosynthetic activity and the membrane stability of *Azolla filiculoides* were evaluated by means of measuring the chlorophyll fluorescence, electrolyte leak. The collect of *Azolla filiculoides* (XAL) were incubated under increased concentrations of Cu²⁺ (0.02, 0.2, 1 and 2 mM) for 36 h, under plant growth chamber conditions. Results showed that high concentrations of Cu (1 and 2 mM) significantly affected the photosystem II by reducing the photochemical yield (Fv/Fm) when compared to the control. After 12 h, the membrane permeability (electrolyte leak) in *Azolla* significantly enhanced as the Cu concentration increased

in the nutrient solution. The chlorophyll fluorescence may be used as an indicator for physiological changes of *Azolla* ferns at early stages of growth under Cu contamination.

Key words: *Azolla*, copper sulphate, electrolytes, photosynthetic activity, photosystem II.

Introducción

Durante mucho tiempo las aguas residuales no tratadas provenientes de la extracción minera, refinamiento de productos mineros y efluentes industriales son desechadas a la corriente de los ríos provocando la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. El contenido de metales se suele evaluar comúnmente en las efluentes industriales debido a su persistencia (Johnston *et al.*, 2009). El cobre (Cu^{2+}) es un micronutriente esencial para las plantas que se puede encontrar en concentraciones de hasta $35,900 \text{ mg kg}^{-1}$ en los ecosistemas acuáticos (Chen *et al.*, 2007; Rauf *et al.*, 2009). El Cu se ha convertido en un contaminante debido al incremento de su uso como plaguicida en la agricultura (Ahmad *et al.*, 2008). El límite permisible a 2 mg Cu L^{-1} en el agua potable ayuda a evitar problemas y también previene el sabor del cobre (Pankit y Bhawe, 2002). Sin embargo, las concentraciones que se aproximan a 1 mg Cu L^{-1} pueden ser tóxicas para peces, en consecuencia, el Cu tiende a ser un peligro ambiental, y más aún para la salud humana (Brooks, 1988). Estudios previos han demostrado la existencia de contaminación por Cu de cuerpos de agua en México, ejemplo de ello es el Río Haydy en el Valle de Mexicali, localizado al noreste de Baja California, al sur del Valle Imperial en California. El Río Hardy recibe residuos con concentraciones elevadas de metales pesados de la planta de energía geotérmica de Cerro Prieto, ubicado en el centro del valle agrícola, aproximadamente 30 km al sur de la ciudad de Mexicali (Villanueva y Botello, 1998; Shumilin *et al.*, 2000).

Algunas plantas han mostrado tener la capacidad de acumular metales pesados y otros contaminantes al desarrollarse en aguas contaminadas, y pueden ser utilizadas en los procesos de fitorremediación (Mkandawire *et al.*, 2004). Sin embargo, la elección de especies de plantas para la eliminación de los iones metálicos del agua contaminada depende de su tasa de crecimiento, de su tolerancia a los metales pesados, de la cantidad de biomasa producida y de la concentración de los metales en el ambiente (Garvisu *et al.*, 2002). *Azolla* es un helecho ampliamente distribuido en todo el mundo que crece en aguas dulces y aguas residuales (Carrapico, 2006). Se ha reportado que este helecho acuático tiene la capacidad de destoxificar ambientes acuáticos contaminados con metales pesados y metaloides (Khosravi *et al.*, 2005; Rai *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de que se sabe que algunos metales se acumulan en las frondas de algunas especies de *Azolla*, la tolerancia y las respuestas fisiológicas en especies nativas de México no han sido estudiadas. Por lo anterior, se tuvo como objetivo evaluar el efecto tóxico del cobre sobre el fotosistema II, la permeabilidad de la membrana celular, y los compuestos fenólicos totales como posibles indicadores del estrés del cobre en *Azolla filiculoides*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico y condiciones experimentales

Frondas frescas (1 g) de la colecta de *Azolla filiculoides* (XAL) se colocaron en recipientes de plástico con 150 mL de solución nutritiva de Yoshida (Yoshida *et al.*, 1971). El pH inicial de la solución nutritiva fue de 5.5 y la conductividad eléctrica de 876 $\mu\text{S m}^{-1}$. Se aplicó una serie de concentraciones de CuSO_4 en la solución nutritiva (0.02, 0.2, 1 y 2 mM), y se utilizó solución nutritiva sin contaminar como testigo; cada concentración tuvo tres repeticiones. El experimento se mantuvo durante 36 h en condiciones controladas de cámara de crecimiento (26°C, fotoperiodo de 12 h, y 80% humedad relativa; Lab-Line Biotronette, Mark IV, modelo 849-6 US).

Estimación de la permeabilidad de la membrana (fuga de electrolitos)

La estimación de la estabilidad de la membrana cuantificada a través de la fuga de electrolitos se determinó con un conductímetro TESTER CE/TDS/pH HI98311 USA), como lo describe González-Mendoza *et al.* (2009). La conductividad eléctrica inicial (CE_1) se midió en la solución nutritiva de *Azolla*. A continuación, la conductividad eléctrica (CE_n) se midió a las 12, 24 y 36 h, respectivamente. Finalmente, se midió la conductividad eléctrica final (CE_F) después de enfriar (25°C) y colocar las muestras en autoclave a 121°C durante 20 min para liberar todos los electrolitos. La fuga de electrolitos (E_T) se calculó con la ecuación: $E_T = [(\text{CE}_n - \text{CE}_1)/\text{CE}_F] \times 100$.

Fluorescencia de clorofila

La fluorescencia de la clorofila se midió en frondas de *Azolla in-vivo* con el equipo portátil "Plant Efficiency Analyser" (PEA) de Hansatech Instruments Ltd., UK. El área de la fronda fue iluminada con un pico de emisión de 650 nm de longitud de onda por los 6 LEDs (diodos emisores de luz roja) montados en el soporte cilíndrico del sensor del PEA, de unos 4 mm de diámetro. Las frondas seleccionadas al azar fueron sometidas a un período de 5 min de adaptación a la oscuridad para inducir la oxidación completa de los centros de reacción. La fluorescencia de clorofila se midió a las 0, 12, 24 y 36 h de exposición al cobre. La eficiencia máxima fotoquímica potencial del fotosistema II tras adaptación a la oscuridad (F_v/F_m) se calculó según el método de Strasser *et al.* (1995) y Küpper *et al.* (2002).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los datos fueron analizados como factorial mediante un ANOVA y una prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para las variables fuga de electrolitos y fluorescencia de clorofila mediante el paquete estadístico Statistical Package versión 5.5 (Statsoft, USA). Los valores de cada variable de cada tratamiento se expresan como promedios \pm desviación estándar.

RESULTADOS

Permeabilidad de la membrana de *Azolla*

Las concentraciones de Cu^{2+} tuvieron un efecto negativo en la permeabilidad de la membrana de las frondas de *Azolla* al incrementar la fuga de electrólitos (Figura 1). Después de 12 h de exposición, *Azolla filiculoides* (XAL) no presentó diferencias significativas en la fuga de electrólitos. A las 24 h de la exposición a Cu^{2+} la colecta de *Azolla* incrementó significativamente la fuga de electrólitos en la concentración de 2 mM, en comparación al testigo. A las 36 h de exposición a Cu^{2+} , la fuga de electrólitos se incrementó significativamente (Figura 1).

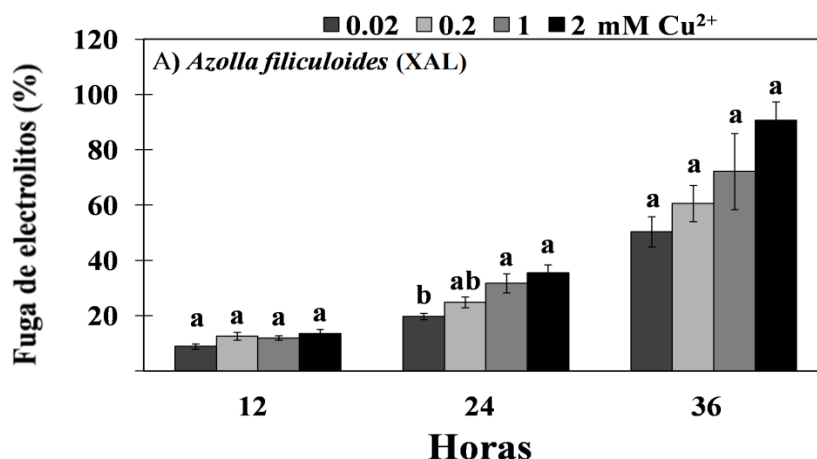


Figura 1. Porcentaje de fuga de electrólitos medido en frondas de *Azolla filiculoides* expuesta a 0.02, 0.2, 1, 2 mM Cu^{2+} . Medias \pm error estándar, n=3. Letras diferentes sobre las barras a igual tiempo, indican que hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05$).

Fluorescencia de clorofila

La fluorescencia de la clorofila, medida a través de la eficiencia máxima del fotosistema II (F_v/F_m) después de la adaptación a la oscuridad, puede ser utilizada como un indicador de estrés de las plantas (Bjorkman y Demmig, 1987). Los resultados mostraron que la fluorescencia de la clorofila de *Azolla filiculoides* no fue afectada ante concentraciones inferiores a 0.2 mM Cu^{2+} . Sin embargo, después de 12 h de exposición ante dosis altas de Cu^{2+} (1 y 2 mM) se induce una reducción significativa (50-65%) en la fluorescencia de clorofila de *Azolla* en comparación con el testigo (Figura 2).

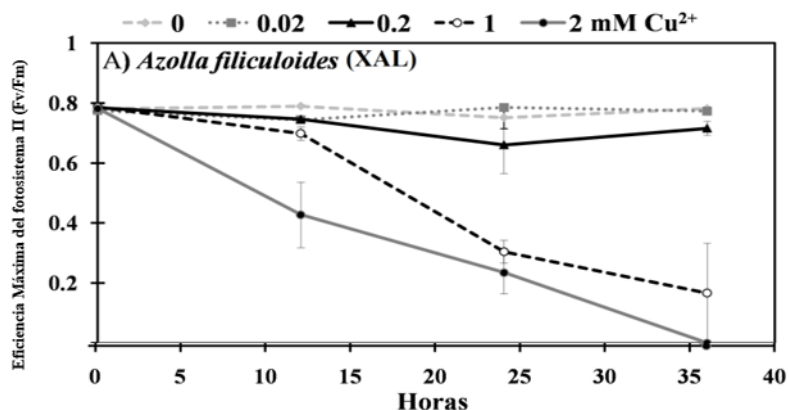


Figura 2. Respuesta del fotosistema II de tres colectas de frondas de *Azolla* expuestas a concentraciones crecientes de Cu^{2+} durante 36 h. Medias \pm error estándar. $n=3$.

Discusión

Los resultados en la fuga de electrolitos sugieren que el Cu^{2+} induce estrés celular y daño de la membrana de frondas de *Azolla* durante las primeras horas de la exposición al metal (Figura 1). Es posible que en una primera etapa el Cu^{2+} se adsorba a la pared celular, ya que los polisacáridos de ésta llevan cargas negativas, las cuales atraen a los iones positivos (Sancenon, 2003); lo que induce la activación de las reacciones de defensa primaria, entre las que se encuentra la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). Este término se utiliza para describir los productos de la reducción secuencial del oxígeno molecular: radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radical hidroxilo (OH); los cuales son citotóxicos, mutagénicos y pueden modificar y dañar biomoléculas (ADN, lípidos y proteínas; Rodríguez *et al.*, 2005). En una segunda etapa, con el incremento de los iones Cu^{2+} y la producción de ROS hay una importante producción de etileno, aumenta la interacción del Cu^{2+} con el S y N de los grupos de proteínas transmembranales que provoca una alteración de los canales iónicos de la célula, lo que promueve un mayor flujo de iones, desintegración de la membrana y fuga de electrolitos (Rodríguez *et al.*, 2005; Bačkor *et al.*, 2007). Además, en respuesta a niveles tóxicos de Cu, la célula sintetiza metalotioneínas, que son proteínas con grupos tiol ricos en cisteína, que pueden quelar y acumular el Cu en la vacuola, permitiendo de esta manera desintoxicar a las células (Cobbett y Goldsbrough, 2002). Resultados similares fueron reportados por González-Mendoza *et al.* (2009) y Tamas *et al.* (2006) donde la salida de electrolitos se incrementó por la generación de ROS por exposición a Cd y Cu en *Avicennia germinans* y *Hordeum vulgare*.

La *Azolla* registró valores máximos de eficiencia de la fluorescencia de clorofila (Fv/Fm) por encima de 0.7, en las primeras horas de exposición al Cu^{2+} , dentro de lo esperable en plantas sanas (Butler y Kitajima, 1975). Sin embargo, se registró reducción en la fluorescencia de la clorofila con el tiempo de exposición e incremento en concentración del Cu^{2+} (Figura 2). La disminución en la fluorescencia de clorofila es un indicador de una disminución de la eficiencia de los centros de reacción de la plastocianina, para catalizar la transferencia de los electrones entre

el fotosistema II (citocromo b₆f) y el fotosistema I, implicando un posible daño en el aparato fotosintético para utilizar toda la energía captada por los pigmentos antena (Tyystjärvi, 2008; Padua *et al.*, 2010), como se ha apuntado para otras especies vegetales (Küpper *et al.*, 2002; Letelier *et al.*, 2005, 2010). Resultados similares fueron encontrados en *Scenedesmus quadricauda*, donde el rendimiento relativo de la relación fluorescencia de la clorofila y su dinámica (Fv/Fm) mostró una rápida inactivación del fotosistema II inducida por el Cu⁺², atribuido al daño en la capacidad del aparato fotosintético para el transporte eficiente de electrones y la disipación térmica del exceso de energía absorbida, la cual es mediada por el ciclo de las xantofilas (Küpper *et al.*, 2002; Letelier *et al.*, 2010).

En resumen, las reducciones en fluorescencia de la clorofila y la pérdida de electrolitos en las plantas expuestas ante bajas y altas concentraciones de Cu⁺² indican claramente que este metal puede provocar alteraciones importantes en el aparato fotosintético del helecho *Azolla*, y por lo tanto constituyen indicadores fiables y rápidos del estado fisiológico del helecho en presencia de este metal.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que uno de los efectos negativos del cobre basado en la afectación de la fluorescencia de la clorofila, está relacionado con una rápida inactivación del fotosistema II y con el daño de la permeabilidad de la membrana. Además, la fluorescencia de la clorofila puede ser utilizada como indicador fisiológico para comprender en parte, el modo principal de acción de metales pesados sobre el aparato fotosintético del helecho *Azolla*.

Referencias

1. Ahmad, M.S.A., M., Hussain, S., Ijaz, A.K, Alvi, "Photosynthetic performance of two mung bean (*Vigna radiata* (L.) wilczek) cultivars under lead and copper stress", en *Journal Agricultural Biological*, vol. 10, 167-172, 2008.
2. Bačkor, M, P., M., Váczi, J., Barták, A., Budová, A. Dzubaj, "Uptake, photosynthetic characteristics and membrane lipid peroxidation levels in the lichen photobiont *Trebouxia erici* exposed to copper and cadmium", en *Bryologist*, vol. 110, 100-107, 2007.
3. Bjorkman, O., B., Demmig, "Photon yield of O-2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77-K among vascular plants of diverse origins", en *Planta*, vol. 170, 489-504, 1987.
4. Brooks, R.R., "Phytochemistry of hyperaccumulators", en Brooks R.R., (ed), *Plants that hyperaccumulate heavy metals—their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining*, New York (NY): CAB International, pp. 15-54, 1998.
5. Butler, W.L., M., Kitajima, "Fluorescence quenching in photosystem II of chloroplasts", en *Biochimica et Biophysica Acta*, vol. 376, 116-125, 1975.
6. Carrapico, F., "Is the *Azolla-Anabena* symbiosis a co-evolution case ?", en *General Botany: Traditions and Perspectives*, A. Sitnykov, Materials of the International Conference, Published by the Kazan University, Russia, vol. 1, 193-195, 2006.
7. Chen, C.W., C.M., Kao, C.F., Chen, C.D., Dong, "Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan", en *Chemosphere*, vol.66, 1431-1440, 2007.

8. Cobbett, C., P., Goldsbrough, "Phytochelatin and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis", en *Annual Review Plant Biology*, 53, 159-182, 2002.
9. González-Mendoza, D., A., Quiroz-Moreno, R.E., Medrano, O., Grimaldo-Juárez, O., Zapata-Pérez, "Cell viability and leakage of electrolytes in *Avicennia germinans* exposed to heavy metals", en *Z Naturforsch C.*, vol. 64, 391-394, 2009.
10. Gravisu, C., J., Hernández-Allica, O., Barrutia, I., Alkorta, J.M., Becerril, "Phytoremediation: a technology using green plants to remove contaminants from polluted areas", en *Review of Environment Health*, vol. 17, 75-90, 2002.
11. Johnston, E., D., Roberts, "Contaminants reduce the richness and evenness of marine communities: A review and meta-analysis", en *Environmental Pollution*, vol. 157, 1745-1752, 2009.
12. Khosravi, M., R., Rakhshae, G.M., Taghi, "Pre-treatment processes of *Azolla filiculoides* to remove Pb (II), Cd(II), Ni(II) and Zn(II) from aqueous solution in the batch and fixed-bed reactors", en *Journal of Harardous Materials B*, vol. 127, 228-237, 2005.
13. Küpper, H., I., Šetlík, M., Spiller, F.C., Küpper, O., Prášil, "Heavy metal-induced inhibition of photosynthesis: targets of in vivo heavy metal chlorophyll formation", en *Journal Phycology*, vol. 38, 429-441, 2002.
14. Küpper, H., I., Šetlík, M., Spiller, F.C., Küpper, O., Prášil, "Heavy metal-induced inhibition of photosynthesis: targets of in vivo heavy metal chlorophyll formation", en *Journal Phycology*, vol. 38, 429-441, 2002.
15. Letelier M., L., Sánchez-Jofré, J., Peredo-Silva, P., Cortés-Troncoso, E. Aracena-Parks, "Mechanisms underlying iron and copper ions toxicity in biological systems: Pro-oxidant activity and protein-binding effects", en *Chemico-Biological Interactions*, vol. 188, 220-227, 2010.
16. Letelier M.E., A.M., Lepe, M., Faúndez, J., Salazar, R., Marín, P., Aracena, H., Speisky, "Possible mechanisms underlying copper-induced damage in biological membranes leading to cellular toxicity", en *Chemico-Biological Interactions*, vol. 15, 71-82, 2005.
17. Mkandawire, M., B. Taubert, E.G.Dudel, "Capacity of *Lemna gibba* L. (duckweed) for uranium and arsenic phytoremediation in mine tailing water", en *International Journal of Phytoremediation*, vol. 6, 347-362, 2004.
18. Pádua, M., A.M., Cavaco, S., Aubert, R., Bligny, A., Casimiro, "Effects of copper on the photosynthesis of intact chloroplasts: interaction with manganese", en *Physiology Plant*, vol. 138, 301-11, 2010.
19. Pankit, A.N., S.A., Bhave, "Cooper metabolic defects and liver disease: Environmental aspects", en *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, vol. 17, 3, 403-407, 2002.
20. Rai, P.K., B.D., Tripathi, "Comparative assessment of *Azolla pinnata* and *Vallisneria spiralis* in Hg removal from G.B. Pant Sagar of Singrauli Industrial region, India", en *Environment Minit Assess*, vol. 148, 75-84, 2009.
21. Rauf, A., M., Javed, M., Ubaidullah, S., Abdullah, "Assessment of heavy metals in sediments of the river Ravi, Pakistan", en *International Journal of Agricultural Biological*, vol. 11, 197-200, 2009.
22. Rodríguez, M.P., J., Plascencia, R.M., Gavilanes, "Relación entre la actividad de la NADPH oxidasa compuestos esfingoideos y respuesta a patógenos en células vegetales", en *Memorias del XIV Congreso de bioenergética y biomembranas*, vol. 1, 1-9, 2005.
23. Sancenon, V., S., Puig, H., Mira, D.J. Thiele, L. Penarrubia, "Identification of a copper transporter family in *Arabidopsis thaliana*", en *Plant Molecular Biology*, vol. 51, 577-587, 2003.
24. Shumilin, E.N., G., Rodríguez-Figueroa, O.B., Morton, E.B., Lounejeva, E., Hernández, G.D.M., Rodríguez, "Anomalous trace elements composition of coastal sediments near

- the copper mining district of Santa Rosalía, Peninsula of Baja California, México”, en *Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 65, 261-268, 2000.
25. Strasser, B.J., R.J., Strasser, “Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP-test” en Mathis, P. (Ed.), *Photosynthesis: from Light to Biosphere*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 977-980, 1995.
 26. Tamas, L., S., Budikova, M., Simonovicova, J., Huttova, B., Siroka, I., Mistrik, “Rapid and simple method for Al-toxicity analysis in emerging barley roots during germination”, en *Biologia Plantarum*, vol. 50, 87-93, 2006.
 27. Tyystjärvi, E., Photoinhibition of Photosystem II and photodamage of the oxygen evolving manganese cluster *Coord*”, en *Chemical Reviews*, vol. 252, 361-376, 2008.
 28. Villanueva, S.F., A.V., Botello, “Metal pollution in coastal areas of Mexico”, en *Reviews of Environmental Contamination & Toxicology*, vol. 157, 53-94, 1998.
 29. Yoshida, S., D., Forno, J., Cock, K., Gomez, “Laboratory manual for physiological studies of rice”, en *Manila Philippines: International Rice Research Institute*, Third edition, 1971.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Efecto del proceso de nixtamalización sobre la AFB1 y textura

L. Méndez Carpio¹, T.R. Loyo Casao¹, G. Luna Solano¹, J.M Tejero Andrade², R. Cerecero Enriquez^{1*},
¹DEPI - Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852, Orizaba, Veracruz, México
cereceros@yahoo.com

²Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calzada Miguel Ángel de Quevedo 2799, C.P. 91808, Veracruz, México.

Área de participación: Ingeniería Química (Arial 9)

Resumen

El maíz es susceptible a infección por hongos durante la cosecha, transporte, almacenamiento y elaboración de subproductos. México reporta un elevado consumo de este cereal y productos derivados (Reyes *et al.* 2002). Diversas estrategias se han reportado para combatir las aflatoxinas en alimentos, desde la inactivación microbiológica, degradación estructural y reducción de la biodisponibilidad de aflatoxinas.

Los resultados de la nixtamalización tradicional y de los tratamientos con 0.5, 1, 2 % Ca(OH)₂ a 80 y 90°C por 90 min cocción y 12 h en solución de salmuera al 1% , empacado al vacío a 6° C, consistieron en evaluar las propiedades fisicoquímicas (a_w, humedad, dureza), e inocuidad por cromatografía de placa fina. El grano del tratamiento tradicional arrojó que se necesita una fuerza 29,950 N para penetrar el grano, en muestras comerciales es 9.88 a 19.88N y, los tratamientos 1, 4, 5, se aproximan al valor del método tradicional. Todas las muestras fueron negativas para AFB1.

Palabras clave: nixtamalización, aflatoxinas, dureza, cromatografía de placa fina

Abstract

Corn is susceptible to fungal infection during harvesting, transportation, storage and processing of products. Mexico reported a high consumption of this grain and derived products (Reyes *et al.* 2002). Various strategies have been reported to combat aflatoxins in foods, from microbial inactivation, structural degradation and reduced bioavailability of aflatoxins.

Results nixtamalización traditional treatments with 0.5, 1, 2% Ca (OH) 2 to 80 and 90oC for 90 min cooking and 12 hours in brine solution 1% vacpack to 6 ° C, consisted of evaluate the physicochemical properties (aw, moisture, hardness), and safety thin plate chromatography. The grain traditional treatment found that it takes 29,950 N forces to penetrate the grain in commercial samples is 9.88 to 19.88N and treatments 1, 4, 5, approximate the value of the traditional method. All samples were negative for AFB1.

Key words: nixtamalización, aflatoxins, hardness, thin plate chromatography

Introducción

Actualmente, el consumidor demanda alimentos con tiempo de cocimiento o preparación tan corto como sea posible. Por otro lado, se han desarrollado continuos estudios en el diseño y condiciones de empaque con el fin de mantener los alimentos frescos durante más tiempo y a su vez resulten atractivas. Pero un punto poco trabajado en México, es el caso de la inocuidad del maíz nixtamalizado. Por lo que en la mayoría de los casos solo se retira de los anaqueles de refrigeración, y se utiliza en la alimentación animal o se desecha en el relleno

sanitario. Lo que representa un riesgo para la población, desde el punto de vista ambiental y sanitario, dado que este alimento puede ser susceptible de presentar crecimiento de toxinas, siendo la más tóxica y común la AFB1. Por lo que su monitoreo y control permitirá asegurar la inocuidad del alimento, tal es, el caso de todos los granos y cereales. La nixtamalización tradicional que consiste en adicionar cal y agua en una relación (3:1) agua-grano a temperaturas de 80-100 ° C durante 3 a 4 h, después se deja en remojo por 12h y se somete al grano a un lavado obteniendo el nixtamal y desechando el nejayote o agua residual. Una vez obtenido el nixtamal se someterá a diferentes tratamientos dependiendo de su aplicación final, en la elaboración de algún alimento tradicional o artesanal.

El maíz *Cacahuacintle* comúnmente utilizado en la elaboración del Pozole, se caracteriza por ser grande, de color blanco, textura harinosa siendo de interés mantener una estructura completa del grano y, su consumo es en casi todo México. Es común encontrarlo nixtamalizado y distribuido en tiendas de autoservicio, empacado en bolsas de polietileno, elaborado por pequeñas industrias y que por regla general debe mantenerse en refrigeración. En este trabajo se propone evaluar las condiciones de nixtamalización 0.5, 1, 2 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 80 y 90°C durante 90 min cocción y 12 h de remojo en solución de salmuera al 1% , empacado al vacío y almacenado a temperatura de refrigeración, esto con la finalidad de garantizar la inocuidad y calidad del grano como alimento de consumo humano. Por lo que se realizó una valoración de las muestras tratadas versus dos muestras comerciales en cuanto a la inocuidad y propiedades fisicoquímicas (actividad de agua, contenido de humedad, dureza).

Metodología

En el presente trabajo, la primera actividad consistió en evaluar las condiciones de la nixtamalización (temperatura y concentración de hidróxido de calcio), una segunda, fue el empacado y almacenamiento en salmuera, la tercera consistió en la determinación de la AFB1 o análisis de inocuidad y, en la cuarta actividad se evalúan los parámetros de textura (actividad de agua, porcentaje de humedad y dureza) en el grano.

Nixtamalización del maíz

Se tomaron muestras de 200 g de maíz *Cacahuacintle* obtenido de un proveedor local, el primer tratamiento fue de la forma tradicional y los restantes a 0.5, 1, 2 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 80 y 90°C durante 90 min cocción y 12 h de remojo en solución de salmuera al 1% , empacado al vacío y almacenado a temperatura de refrigeración. La fig.1 muestra las condiciones de la nixtamalización realizada en condiciones de temperatura controlada en un baño térmico.

Almacenamiento

Se preparó una solución de NaCl al 0.10 %, y se realizó lavado del nixtamal con la solución, el cual, es empaquetado en bolsas de polietileno de baja densidad y selladas a vacío (fig. 2), y por último, almacenado a una temperatura $\leq 6^\circ\text{C}$.



Fig. 1 Proceso de nixtamalización del maíz *Cacahuacintle*



Fig. 2 Proceso de almacenamiento en salmuera del maíz nixtamalizado

Método de análisis para detección de micotoxinas, *AFB1*

Se pesan 50 g. de la muestra, triturar en un mortero y colocar en un matraz esmerilado. Adicionando 50 ml de una mezcla de metanol-agua (60:40), 1 g. de NaCl y 20 ml de hexano, se coloca en un agitador mecánico durante 30 min., esta secuencia se describe en la fig.3



Fig. 3 Condiciones de la extracción

Se filtra la solución anterior por papel Whatman N° 4 y se coloca en una ampolla de decantación, se adicionan 25 ml de tolueno, se agita cuidadosamente y se espera a que se separan las fases (figura 4) la fase, se toma la porción superior y se repite el proceso; se filtra por papel filtro con Na_2SO_2 anhidrido. El extracto se lleva a liofilización.



Fig. 4 Condiciones de la separación de fases

Se procede al análisis del extracto solo por fluorescencia. Para lo cual es importante recordar que la aflatoxina B1 (AFB1) es producida por todas las cepas aflatoxinas – positivas, y es la más potente de todas. La AFM1 es un producto hidroxilado de la AFB1 que aparece en la leche, orina y heces, como producto metabólico. Las aflatoxinas AFL, AFLH, AFQ₁, y AFP₁ son todas ellas derivadas de la AFB1. La AFB2 es la forma 2-3 dehidro de la AFB1, y la AFG2 es la forma 2-3-dihidro de la AFG1. La toxicidad de las seis aflatoxinas más potentes disminuye en el orden siguiente: B₁>M₁>G₁>B₂>M₂ ≠ G₂. Cuando se observan a la luz ultravioleta (UV), seis de las toxinas emiten fluorescencia según se indica:

B₁ y B₂ – azul
G₁ – verde
G₂ – verde-azul
M₁ – azul-violeta
M₂ – violeta.

Cromatografía de capa fina (CCF)

Los cristales son disueltos en 100 µl de tolueno-acetonitrilo (98:2), se agita vigorosamente para disolver adecuadamente y con jeringa de 10 µl. Sembrar en placa de sílica gel (como fase estacionaria). La fase móvil es a partir de una mezcla de cloroformo-acetona (9:1) sin equilibrar; el revelado se realizó bajo luz ultravioleta de onda larga. En la placa cromatografica se siembran 3,5; 5,0; 6,5 µl del extracto problema, así como del estándar de aflatoxina. La mancha de 6,5 se realiza por duplicado, para que a una de ellas del estándar se aplique el extracto problema. Los valores de RF del estándar de AFB1 y los del problema deben ser idénticos,

de igual forma que su color fluorescente. Si la intensidad de la mancha problema es intermedia entre dos manchas patrones, se deberá interpolar entre las mismas

Determinación de humedad, actividad de agua y dureza

La humedad se realizó bajo la NOM-116-SSA1-1994, en tanto que la actividad de agua se utilizó el equipo AquaLab. Consistió en tomar un gramo aproximado de cada tratamiento, se trituro para que las partículas quedaran de un tamaño 1 mm., realizado esto se coloca la muestra en una caja porta muestras y se introduce en el equipo (ambos marca AQUA LAB) para realizar la lectura (fig.5).



Fig. 5 Determinación de actividad de agua

La determinación de la dureza en el grano se realizó mediante una prueba de tensión-deformación en una maquina Com-Ten con una celda de carga 20 lb y un diámetro de punzón de 4.09 mm. El punzón se desplaza a una velocidad de 5%, utilizando un mecanismo de tensión-calibrador-controlador que indica el esfuerzo ejercido en la muestra, cada determinación se realizó por triplicado. La máquina funciona normalmente aplicando un valor constante de la tensión sobre la muestra (fig.6).

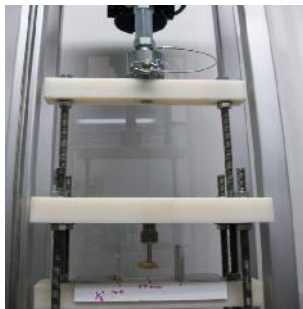


Fig 6 Maquina ComTen

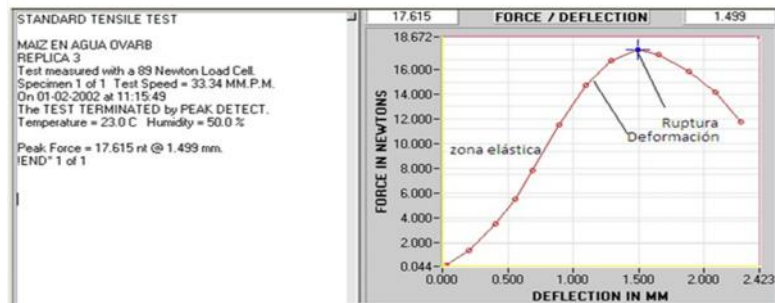


Fig. 7 Curva de tensión- deformación

La figura 7 describe la prueba de tensión-deformación donde el área seccionada transversalmente disminuye levemente bajo tensión (la contracción de Poisson). Más allá de la gama elástica, muchos materiales muestran un punto de producción distinto, cuando la fuerza ejercida disminuye realmente en esta etapa. Éste es el inicio de la deformación permanente (flujo plástico). Con más extensión, la fuerza comienza generalmente a levantarse otra vez; el punto de realzamiento se llama el punto de producción más bajo, a diferencia del primer punto de producción (del alto); los materiales (dúctiles) suaves no se rompen generalmente en esta etapa sino consiguen más largos y diluente, ejerciendo una fuerza que disminuye.

Resultados y discusión

Resultados del análisis para detección de micotoxinas (AFB1) en el nixtamal

Los resultados obtenidos por UV detectaron aflatoxinas de manera muy débil y, dado que es una técnica altamente dependiente del experimentador, y de las condiciones como es la longitud de onda de la lámpara. Se observó, en el revelado, que las aflatoxinas aparecen con fluorescencia azul al UV (365nm). Rociando con H₂SO₄ 30% la fluorescencia se torna amarilla. Límite de detección 0,5 ng. Rf afla. ~ 20. Y se ensayó la técnica de cromatografía de placa fina (técnica analítica), siendo negativo para todos los ensayos realizados y, dado que presento diferente RF al Estándar de AFB1. Siendo que la AFB1 es la más toxica y más frecuente en maíz, y al no cuantificar su presencia por la técnica citada se permite garantizar la inocuidad del grano.

Resultados de la determinación de humedad, actividad de agua y dureza en el nixtamal

Los resultados de estas determinaciones se presentan en la tabla 1, y son discutidos en los siguientes apartados. Del análisis de actividad de agua se observa un valor similar al tratamiento tradicional para los tratamientos 2 y 3. En tanto que todos los demás tratamientos se alcanzan valores mayores a 0.995. Lo que permite inferir que las condiciones de la nixtamalización, así como, la selección del grano fueron las adecuadas dado el fenómeno de difusión al seno del grano, esto es, en base a la concentración de calcio y agua del proceso así como la madurez e integridad del grano.

El contenido de humedad promedio del tratamiento tradicional corresponde a ± 40 %, siendo los tratamientos 2 y 4 los valores más próximos con 34.68 y 47.46 % de humedad, respectivamente. Lo que se traduce en un incremento en el tamaño del grano mayor al 50% del grano sin tratar, lo que generalmente se busca en el maíz *Cacahuacintle* para elaboración del pozole.

Tabla 1 Resultados del análisis fisicoquímico del maíz <i>Cacahuacintle</i>			
Tratamiento	a _w	Humedad en base seca (%)	Fuerza (N)
Maíz seco	0.701	9.31	--
Nixtamal Tradicional	0.990	40.84	29.9500
1	0.995	51.19	28.000
2	0.990	34.68	36.6543
3	0.991	49.89	40.0783
4	0.996	47.46	28.7600
5	0.996	55.87	26.4390
6	0.997	51.98	33.688
Ovarb (benzoato de sodio)	0.998	53.90	19.880
Michoacano (vacío)	0.997	55.96	9.0230

El análisis de textura arroja que para penetrar el grano obtenido por el tratamiento tradicional se necesita una fuerza $\pm 29,950$ N, y que se necesita una fuerza menor para los tratamientos 1,4,5 ≥ 28.76 N, y que una fuerza $\geq 33,688$ N es necesaria en los tratamientos 2,3,6. En tanto que las muestras comerciales Ovarb y Michoacano la fuerza necesaria para penetrar el grano es 19,88 y 9,023 respectivamente. No se recomienda una fuerza menor al tratamiento tradicional dado que no se garantiza en un momento la integridad del grano, siendo altamente susceptible a ruptura.

Trabajo a futuro

La técnica de detección CCF usada es selectiva para esta aflatoxina, $AFB_1 \leq 20$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ maíz. Sin embargo, el uso de métodos más precisos como HPLC podría validar la concentración y tipo de toxina.

Conclusiones

La manera más efectiva de evitar los problemas ocasionados por las aflatoxinas es impedir que el hongo crezca en el sustrato. En el caso de granos almacenados a granel, se puede aplicar (1) Mantener la humedad del grano por debajo de los requerimientos de agua del hongo; esto es fácil en ciertos productos y en particular en regiones secas; sin embargo, no lo es en las regiones cálidas y húmedas, cuando además no se cuenta con la tecnología adecuada, particularmente la del secado; (2) Conservar los granos a temperaturas inferiores a 10 $^{\circ}\text{C}$, con el riesgo de que se desarrollen hongos, lo cual resulta costoso; (3) La resistencia genética de variedades que reduzcan o impidan la invasión de los granos por el hongo productor de aflatoxinas sería un método ideal; sin embargo, todavía no se han desarrollado variedades con esas características; y (4) Evitar la germinación de esporas de los hongos, así como el desarrollo del micelio en el sustrato susceptible de ser contaminado con estas micotoxinas, mediante el uso de inhibidores químicos

En el caso del Nixtamal, el uso de altas temperaturas y el vacío en el almacenamiento permitieron garantizar inocuidad de las muestras (Tapia, 2009). Sin embargo los resultados obtenidos parecieran no ser suficientes por lo que se deberá garantizar el sellado para que conserve el vacío. Las técnicas propuestas (1) detección de luz ultravioleta es adecuada tanto para muestras almacenadas a granel como las tratadas o nixtamalizadas. Puede utilizarse lámparas fluorescentes, debido a que las aflatoxinas B y G emiten luz ultravioleta de onda larga excitándose a 225-365 nm y, emitiendo a 425- 450 nm, con lo cual pueden ser observadas debido a que producen luz azul o verde. La lámpara utilizada alcanza una λ de 365nm, por lo que contar con un espectro más amplio permitirá validar la emisión detectada. La técnica de detección CCF usada es selectiva para esta aflatoxina, $AFB_1 \leq 20$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ maíz.

Dado lo anterior, se tiene que cada prueba fue favorable para distintos los tratamientos, por lo que se realizó un análisis de varianza para comparar las variables (alcalinidad y temperatura), determinando que el mejor tratamiento es el 4 con las siguientes condiciones 0.5 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 90° , 90 min de cocción y 12h de remojo en salmuera, empacado al vacío y conservado en refrigeración.

Agradecimientos

Los integrantes de este trabajo agradecen el apoyo económico otorgado a la DGEST (Proyecto 4348.11); Se agradece el apoyo de carácter científico al Dr. José M. Tejero Andrade, Profesor de la UNIDA en el Instituto Tecnológico de Veracruz.

Referencias

1. Armijo, J. and Calderón, J. **(2009)** Esquema de acciones para evitar, controlar y desinfectar productos de hongos y aflatoxinas. Rev. Per. Quím. Ing. Quim. Vol. 12 No. 2 pages 15-24
2. Bressani R. **(1990)**. Food Rev. Int. 6:225
3. Charan, R., & Prasad, S. **(1996)** Moisture Diffusion during hydration of maize. J. Food Sci. Technology. 33(5):384 – 388.
4. Cerecero-Enríquez R., Tapia-Gonzalez, S., Ameca-Tamez R., Rocha-Aragón J.S., Tejero-Andrade J.M. Determinación de los perfiles de temperatura en la nixtamalización del maíz Cacahuacintle. VIII Coloquio Nacional de Investigación en Ingeniería Química.
5. Chung, D.S., Park, S. W., Hoover, W. J., & Watson, C.A **(1972)** Sorption Kinetics of Water Vapor by yellow Dent Corn II. Analysis of Kinetic Data for Damaged Corn. Cereal Chem., 49:598.
6. Colección FAO: Alimentación y nutrición, **(1993)** El maíz en alimentación humana. (25) Roma, Italia.; (ISBN: 92-5-303013-5).Cap. 1
7. E. Trail, N. Mahantl, J. Linz. **(1995)** Microbiology 141. 755
8. Fernandez – Muñoz, J. L., Rogriguez M. E., Pless R. C., Martínez – Flores H. E., Leal M., Martinez J. L. & Bolaños L. **(2002)**. Changes in nixtamalized corn Flour Independence of postcooking steeping time. Cereal Chem 79:162 – 166.
9. Frazier, W.C and Westhoff D.C. **(2003)** Microbiología de los Alimentos. 4ª edición Capitulo 25 Envenenamiento, infecciones e intoxicaciones de origen alimentario, de etiología no bacteriana
10. Gobantes. I. y Gomez, R. Envasado de alimentos. **(2001)** Aspectos técnicos del envasado al vacío y bajo atmosfera protectora. Alimentacion, equipos y tecnología. 1(20) 75- 84.
11. Laria, J; Meza, E and Peña, J.L. **(2007)** Journal of Food Engineering (78) 288 – 295.
12. Reyes V. WP., Landeros R. P., Ramirez A. A., Carbajal M.M. **(2002)** Efecto del proceso de nixtamalización sobre los niveles de fumonisinas y la producción de hidrolizados de masa y tortillas. Scientia-Cuba 4(2) 173-182.
13. Tapia-González S., Ameca-Tamez R., Luna-Solano G., Rocha-Aragón J.S., Tejero-Andrade JM and Cerecero-Enriquez R. **(2009)** Heat and mass transfer during the nixtamalization process of Cacahuacintle maize. Food Engineering Division: Advances in food process 202-30, IFT
14. Tapia-González S., Cerecero-Enríquez R., Tejero-Andrade J.M., Luna-Solano G. **(2011)** Physicochemical characterization of *Cacahuacintle* maize nixtamalized. Food Engineering Division: Advances in food process 289-57, IFT.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Estudio de compatibilidad de polímeros POM, PPA y PPS expuestos a combustibles a altas temperaturas

M. Gómez Mares^{1*}, M. E. Martínez Ortega¹, G. Arroyo Ortega¹, C. Marquez Marquez¹

¹Departamento de Ingeniería de Materiales, Delphi Automotive Systems S.A. de C.V. Av. Hermanos Escobar 5756, FOVISSSTE Chamizal, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua

*mercedes.gomez.mares@delphi.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El desarrollo de nuevos combustibles y materiales aplicados en la industria automotriz se encuentra en una constante evolución. Esto hace indispensable que los materiales y combustibles utilizados sean compatibles y no se vean afectados en sus propiedades al estar en contacto. Entre estos materiales se encuentran los plásticos. En este trabajo se pretende realizar un estudio con tres diferentes tipos de familias de polímeros: POM, PPS y PPA que son expuestos a diversos combustibles: Biodiesel, Diesel y Gasolina. Los experimentos son realizados a altas temperaturas, exponiendo los polímeros al combustible por periodos de hasta 1008 horas.

Los resultados encontrados hasta el momento muestran que las propiedades mecánicas de los polímeros se ven afectadas por la exposición a combustibles a alta temperatura: se presenta una disminución en la resistencia de tensión a la fluencia y a la ruptura, así como una ligera variación en peso, volumen y color.

Palabras clave: Polímeros, combustible, módulo de tensión, propiedades mecánicas.

Abstract

The development of new fuels and materials applied to automotive industry is in constant evolution, making essential that both fuels and materials were compatible. It is desirable that their properties do not change due to the mutual contact. Among these materials are plastics. This work deals with three different polymer families: POM, PPS and PPA which are exposed to several fuels: Biodiesel, Diesel and Gasoline. Experiments are being carried out at high temperatures exposing the polymers to fuel for periods until 1008 hours.

The results achieved up to now show that the polymer mechanical properties are affected due to the high temperature fuel exposure: Tensile stress at yield and at break are diminished and weight, volume and color change slightly.

Introducción

Las tecnologías aplicadas en la Industria automotriz se encuentran en continuo desarrollo. Uno de los campos de mayor progreso es el de los materiales y sus diversas aplicaciones. El uso de materiales plásticos se ha incrementado en los últimos años permitiendo la reducción del consumo de acero y la creación de vehículos más ligeros [Maxwell, 1994]. Por otro lado, el avance de los combustibles también ha prosperado considerablemente. Las características de los combustibles están cambiando constantemente debido a la aparición de nuevas regulaciones de tipo ambiental [Mann, 1999]. Ejemplo de ello es la desaparición del metil tert-butil éter (MTBE) de las gasolinas para evitar la contaminación de los mantos freáticos [Stephenson, 2002; Office OUST, 1998; Frisman, 2003; Hadzima, 2006] y la introducción de materiales más agresivos tales como los alcoholes: metanol en Europa y etanol en los Estados Unidos [Mann, 1999]. Con respecto al diesel, el uso del Biodiesel ha ganado terreno en los últimos años.

La combinación en aplicaciones prácticas de ambas tecnologías resulta lógica y hace necesario el estudio de la compatibilidad de los materiales que estarán en contacto con combustible. Un claro ejemplo de esto es el material utilizado en las bombas de inyección de combustible, que suele ser un polímero.

Son diversos los estudios que se han realizado con respecto a este tema. Veloso-Maciel y col., [2013] realiza un breve resumen de dichos trabajos:

Haseeb y col., [2010] estudiaron la compatibilidad de cinco elastómeros con diesel y biodiesel de palma, encontrando que para algunos materiales, tales como el EPDM (Monómero de etileno propileno dieno) y el CR (Policloropreno) la tensión de rotura (*tensile strenght*) y la dureza se redujeron considerablemente, mientras que para otros materiales como el caucho de nitrilo (NBR), el Politetrafluoroetileno (PTEE) y el caucho silicónico (SR) no se observaron cambios considerables.

Abu-Isa, [1983] determinó que algunos elastómeros seleccionados aplicados en la industria automotriz se ven más afectados por la mezcla etanol/gasolina que por los mismos combustibles puros. A mayor el contenido de aromáticos en la gasolina mayor el hinchamiento y deterioro de las propiedades de tensión. Los efectos de la mezcla etanol-gasolina fueron menos severos que los de la mezcla metanol-gasolina.

Más recientemente Veloso-Maciel y col, [2013] realizaron un estudio sobre la mezcla de caucho NBR/PVC (acrilonitrilo butadieno / policloruro de vinilo) expuesto a etanol y gasolina. Las conclusiones fueron que hubo hinchamiento. Además el peso de las muestras aumentó después de la inmersión en gasolina y fue aún mayor cuando la gasolina contenía ciclohexano. Cuando la inmersión se realizó en metanol no hubo hinchamiento y las muestras presentaron pérdida de peso. Con respecto a las propiedades mecánicas, en todas las muestras la elongación a la rotura disminuyó mientras que el módulo elástico se incrementó. Todas las muestras sufrieron de endurecimiento después de la inmersión.

En este trabajo se realiza un estudio de la compatibilidad de polímeros tipo PPA, PPS y POM con diferentes combustibles que existen o existirán en el mercado global (gasolina, biodiesel, diesel y sus mezclas).

El objetivo entonces es determinar la compatibilidad de polímeros de tres diferentes familias (POM, PPA, PPS) con diversos combustibles representativos del mercado global en condiciones severas (alta temperatura), mediante la evaluación de algunas de las propiedades mecánicas.

Metodología

Materiales

Las familias de polímeros elegidas para el estudio son: POM (polioximetileno, poliacetal, poliformaldehído), PPS (Sulfuro de polifenileno) y PPA (poliftalamida) [ISO 1043-1:2001] por considerarse como las más representativas para esta aplicación. De cada familia se eligieron varias muestras. En este trabajo se presentan los resultados para: 2 materiales POM (POM 1 con carga de carbón y 2 con carga de fibra de vidrio), 2 materiales PPA (PPA 1 con carga de fibra de vidrio, PPA 2 sin carga) y 1 material PPS con carga de vidrio reforzado.

Tabla 1. Combustibles elegidos para las pruebas, preparación basada en SAE J1681

Nombre	Composición
C(M15) _A	Mezcla en volumen de 85% ASTM Combustible C y 15% Metanol agresivo
C(M30) _A	Mezcla en volumen de 70% ASTM Combustible C y 30% Metanol agresivo
C(E85) _A	Mezcla en volumen de 15% ASTM Combustible C y 85% Etanol agresivo
D2	Diesel 2
B(SME30) _A	Mezcla en volumen de 20% SME agresivo en referencia al combustible Diesel.
B(SME30)	Mezcla en volumen de 30% SME in en referencia al combustible Diesel.

Con lo que respecta a los combustibles se han seleccionado aquellos considerados como representativos del mercado global y sugeridos por la SAE J1681. Se han incluido mezclas de combustibles con metanol, etanol,

diesel y biodiesel, considerándose además casos extremos en los que se han añadido paquetes agresivos como se especifica en la norma antes mencionada (Tabla 1).

En este trabajo sólo se presentan los resultados de algunas de las combinaciones combustible-polímero, pues varias pruebas aún están en proceso de desarrollo o se han programado para realizarse en un futuro.

Procedimiento y equipo utilizado

En primer lugar se seleccionan las muestras de polímero, las cuales deben ser barras con la forma de pesa o “dumbbell” como se especifica en ASTM D638 [2003] o ISO 527-2 que deben estar acondicionadas de acuerdo con la ASTM D-618 procedimiento A. Se utilizan un total de cinco muestras por cada material. Se miden sus dimensiones, se pesan y se toman fotografías con el fin de observar los cambios físicos que ocurran debido al contacto con el combustible.

El polímero en cuestión se coloca suspendido en un contenedor y se sumerge en el combustible elegido, preparado de acuerdo con SAE J1681, por un periodo de 1008 horas, mientras que cinco piezas adicionales se dejan sin sumergir para ser utilizadas como control o testigo. Los contenedores se sellan y se colocan dentro de hornos a 80°C si el combustible utilizado es gasolina y a 120°C si es diesel o biodiesel (Figura 1). Después se realiza un muestreo como se detalla a continuación: para gasolinas: 72, 168, 360, 504 y 1008 horas; para diesel y biodiesel: 168, 360, 504 y 1008 horas. Con las muestras obtenidas se realizan pruebas de tensión de acuerdo con la ISO 527, utilizando una máquina Instron 5581. Si los cambios son grandes se toman fotografías utilizando un estereoscopio Nikon MFC-101A y se evalúan los cambios de peso [ISO 175, ASTM D471] y la estabilidad dimensional [ISO 175, ASTM D471].

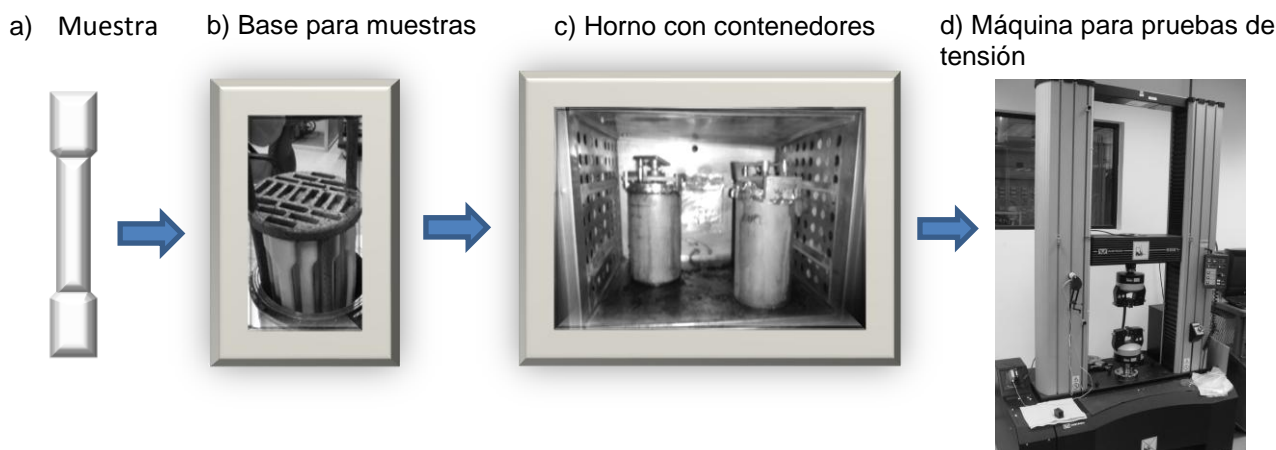


Figura 1. Procedimiento experimental.

Resultados y discusión

A continuación se presentan algunos de los resultados más representativos obtenidos en el estudio. Los resultados completos se darán a conocer en trabajos posteriores, una vez terminada la fase de experimentación.

Cambios en peso y dimensiones

Los resultados mostrados en esta sección corresponden a las pruebas realizadas con las tres familias de polímeros antes mencionadas con el biodiesel BSME30A. Los resultados correspondientes a los otros combustibles no están disponibles aún.

En algunos materiales se presentó una ligera decoloración. Un claro ejemplo se muestra en la Figura 2 donde se observa que la muestra, en este caso de PPA 2, se tornó de un amarillo más oscuro que el original después

de la inmersión en BSME30A a alta temperatura durante 1008 horas. La misma situación se presentó con el material PPA 1 y PPS, inmersos también en BSME30A, que no se muestra por motivos de espacio.

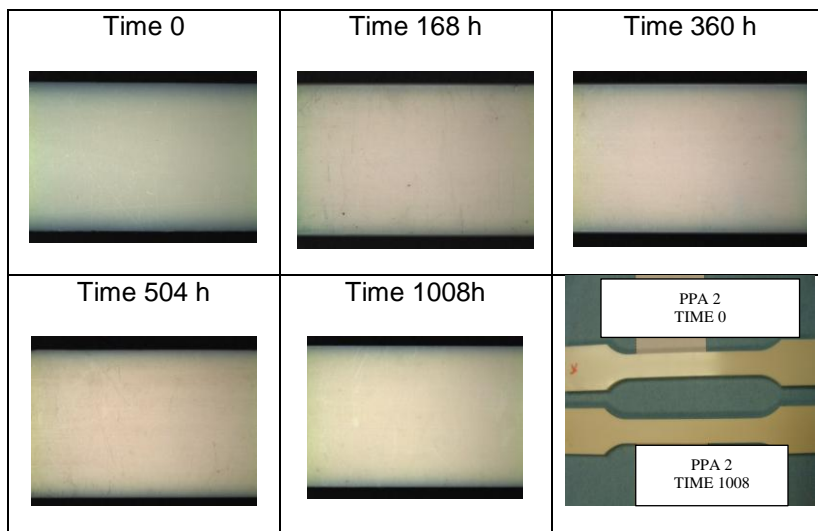


Figura 2. Efectos en la apariencia física de la inmersión de PPA en BSME30A a una temperatura de 120°C.

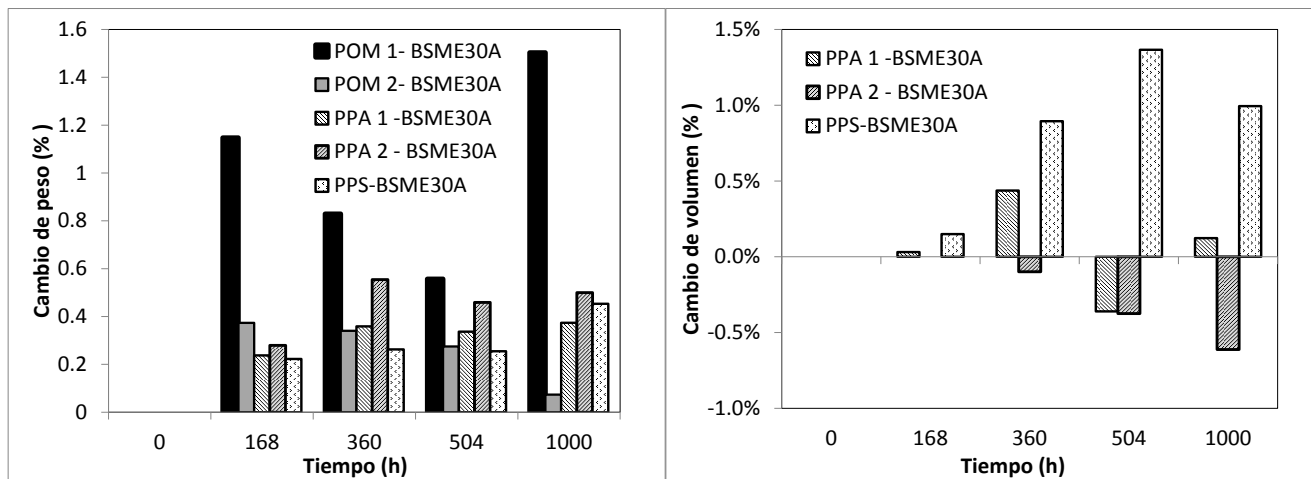


Figura 3. Variación del peso y las dimensiones de PPA, POM y PPS debido a la exposición a BSME30A a una temperatura de 120°C.

La variación en el peso de los diversos materiales (POM, PPA y PPS) con respecto a su peso original fue menor al 1.6% en todos los casos, presentándose los mayores cambios en el POM 1 (Figura 3, izquierda).

Con respecto al cambio de dimensiones, se obtuvo el volumen de las muestras en los diferentes tiempos mencionados en la sección anterior y se compararon con el volumen original de las muestras antes de ser sumergidas en el combustible. Los resultados muestran cambios ya sea de aumento o disminución de volumen menores al 1.5% (Figura 3 derecha).

Efectos en las propiedades mecánicas de los polímeros

En esta sección se presentan dos grupos diferentes de resultados: el primero corresponde a la comparación del comportamiento de las tres familias de polímeros estudiadas en un sólo combustible, BSME30A; el segundo grupo se refiere al estudio del comportamiento de un sólo polímero (POM) en diferentes combustibles: BSME30A, CM15A y Diesel 2.

En la figura 4 puede observarse la variación de la resistencia de tensión a la fluencia y de la resistencia de tensión a la rotura como porcentaje de cambio para POM, PPA y PPS. Como puede ser notado, los polímeros de la familia POM son los que se ven más seriamente afectados por el combustible, presentando una disminución de entre el 27 y el 53% de dichas propiedades, mientras que las diferencias para el PPA y el PPS son menores al 8%. Cabe señalar que el material PPA 2 mantuvo dichas propiedades casi constantes. En general se puede observar que los cambios principales en la resistencia de tensión a la fluencia y a la rotura ocurren durante las primeras 200 horas de exposición al combustible, siendo mínimos los cambios que ocurren después de dicho periodo.

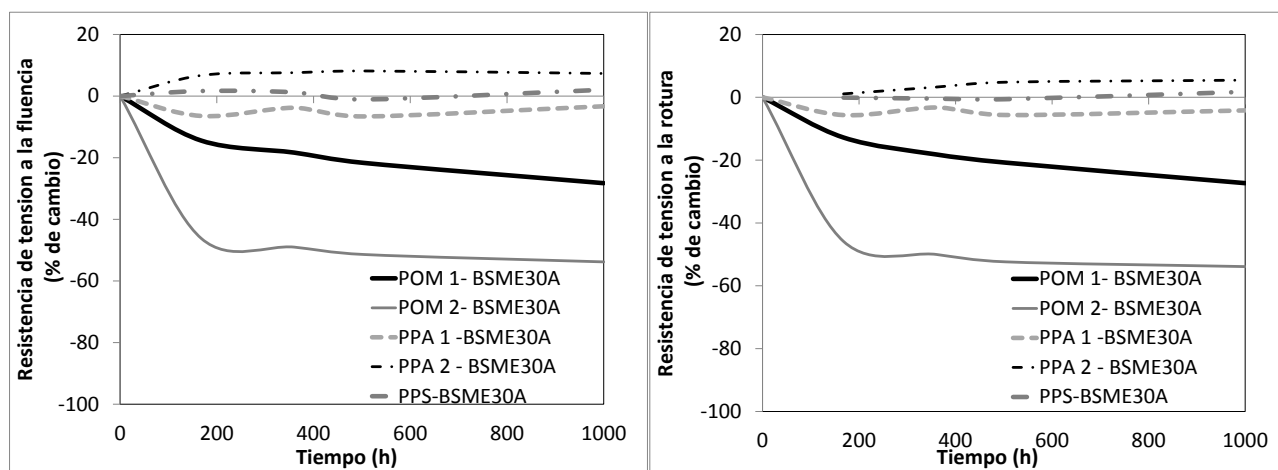


Figura 4. Resistencia de tensión a la fluencia y Resistencia de tensión a la Rotura de PPA, POM y PPS debido a la exposición a BSME30A a una temperatura de 120°C.

En la Figura 5 se presentan los resultados correspondientes a las pruebas realizadas con POM en BSME30A, CM15A y Diesel 2. Como se puede observar, en los tres casos, la resistencia de tensión a la fluencia y la resistencia de tensión a la rotura disminuye de forma más veloz durante las primeras 200 horas de exposición. Pasado ese lapso de tiempo la disminución continua pero de forma menos marcada, a excepción del POM en CM15 A que presenta un cambio grande de la resistencia de tensión a la fluencia en el periodo final de exposición (a partir de 600 h).

El módulo de Young también decrece rápidamente durante las primeras 200 h, sufriendo después una disminución más pequeña. La excepción es de nuevo el POM en CM15A, que sigue disminuyendo rápidamente hasta aproximadamente las 500 h, para después permanecer casi constante.

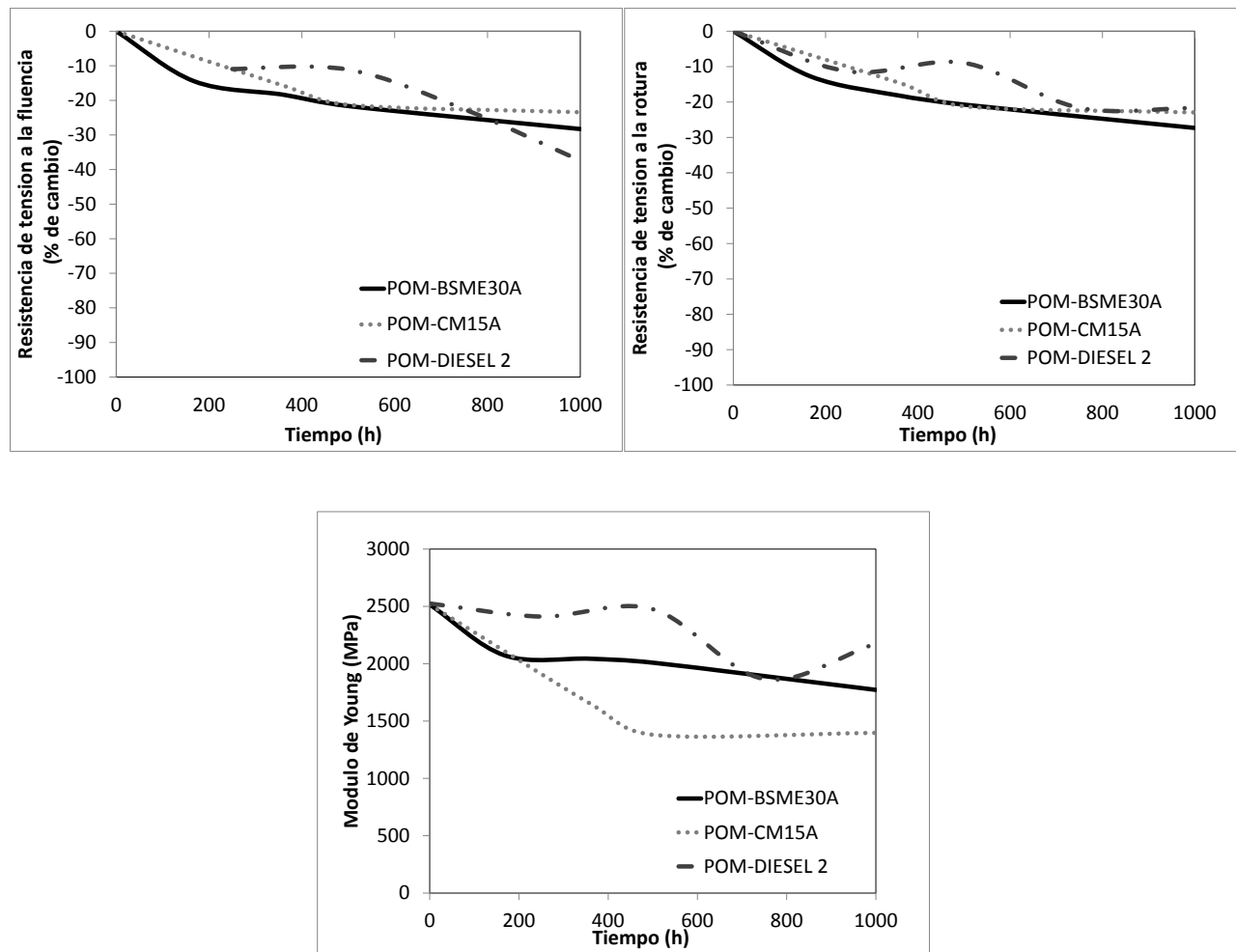


Figura 5. Variación de la Resistencia de tensión a la fluencia, de la resistencia de tensión a la Rotura para POM en diferentes combustibles: BSME30A, CM15A Y DIESEL 2.

Trabajo a futuro

Como parte de este estudio el trabajo futuro consiste en continuar con la experimentación de los polímeros de las familias POM, PPA y PPS con todos los combustibles mencionados en la Tabla 1 para conocer las compatibilidades entre los diversos materiales.

Conclusiones

La apariencia de los polímeros se vió afectada por la inmersión a alta temperatura de las muestras en combustible, sufriendo una decoloración. Además se observó un ligero cambio de peso y volumen, no mayor al 1.5% para las tres familias de plásticos.

De las tres familias de polímeros analizadas en este estudio se pudo observar que las muestras pertenecientes a la familia POM fueron las más afectadas por la exposición al BSME30A, ya que disminuyeron entre el 27 y el 53% la resistencia de tensión a la fluencia y a la rotura.

Al comparar el comportamiento de un mismo material (POM) en tres diferentes combustibles, se observó que las propiedades de resistencia de tensión a la fluencia y a la rotura disminuyen de manera similar en los tres combustibles, presentando la mayor variación durante las primeras 200 horas de exposición. En el caso del BSME30A fue en el que se observó la mayor disminución (alrededor del 18%) durante las primeras horas.

El módulo de Young presentó una disminución marcada durante las primeras 200 h de exposición para después variar ligeramente con excepción del experimento en CM15A, donde la variación fue marcada hasta las 500 horas para después mantenerse casi constante.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACyT que otorgó apoyo para la realización de este proyecto mediante el convenio FORDECYT-Doctores no. 174509.

También se agradece la colaboración de la Doctora Laura T. Morales Gámez, pues sin su trabajo este artículo no hubiera sido posible.

Referencias

1. Abu-Isa, I.A. (1983). Elastomer-gasoline blends interactions I. Effects of ethanol/ gasoline mixtures on elastomers. *Rubber Chem. and Tech.* **(56)** 135-168.
2. ASTM D471-12a Standard Test Method for Rubber Property—Effect of Liquids
3. ASTM D618 - 08 Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing.
4. ASTM D638 - 10 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
5. Frisman, P. (2003). MTBE and groundwater contamination; Connecticut, USA,
6. Hadzima, E. (2006). MTBE Presence in Groundwater . Current Legal and Policy Implications for Prevention and Cleanup;
7. Haseeb, A.S.M.A.; Masjuki H.H.; Siang, C.T.; Fazal, M.A. (2010). Compatibility of elastomers in palm biodiesel. *Renewable Energy* **(35)** 2356-2361.
8. ISO 1043-1:2001. (2001). Plastics -- Symbols and abbreviated terms. Part 1:Basic polymers and their special characteristics. Third Edition. Switzerland.
9. ISO 175 (2010) Plastics -- Methods of test for the determination of the effects of immersion in liquid chemicals
10. ISO 527-1 (2012).. Plastics – Determination of tensile properties – Part 1: General Principles. Second Edition. Switzerland.
11. ISO 527-2,2 (2012). Plastics Determination of tensile properties. Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics. Second Edition. Switzerland.
12. Mann, D. (1999). Automotive Plastics & Composites - Worldwide Markets & Trends to 2007; Elsevier Advanced Technology.
13. Maxwell, J. (1994). Plastics in the automotive industry. New York: Woodhead Publishing LTD.
14. Office O.U.S.T. (1998). MTBE Fact Sheet#2 Remediation of MTBE Contaminated Soil And Groundwater.
15. SAE J1681 (2000). Surface Vehicle Recommended Practice. (R) Gasoline, Alcohol, and Diesel Fuel Surrogates for Materials Testing. SAE International. The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space.USA.
16. Stephenson, J. (2002). MTBE Contamination From Underground Storage Tanks
17. Veloso-Maciel, A.; Caetano-Machado, J.; Duarte-Pasa, V. (2013). The effect of temperatura on the properties of NBR/PVC blend exposed to etanol fuel and different gasolines. *Fuel* **(113)** 679-689.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO ÁCIDO DE BAGAZO DE SORGO DULCE EMPLEANDO UN DISEÑO DE EXPERIMENTOS

P. Viveros Reyes^{1*}, L. López Zamora¹, G. Partida Sedas², M. G. Aguilar Uscanga²

¹Departamento de Ingeniería Química Plantas Piloto, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 852. Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Ver, México

²Departamento de Ingeniería Química y Bioingeniería, Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México

*pao_246@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El presente trabajo propone al bagazo de sorgo dulce como una fuente alternativa productora de azúcares fermentables, para ello, se llevó a cabo la hidrólisis vía ácida del material lignocelulósico, planteándose un diseño experimental Box-Bhenken, considerándose como variables independientes la concentración de H₂SO₄ (1, 1.5 y 2% v/v), tiempo de pretratamiento (20, 30 y 40 min) y relación líquido-sólido (RLS) (4, 5 y 6 mL/g) y como variable de respuesta la concentración de xilosa (g/L), alcanzándose un máximo de conversión de 39.58 g/L mediante las variables: concentración de H₂SO₄ al 1.5%, tiempo de 40 minutos y relación líquido-sólido de 4:1. Estadísticamente se determinó que los valores más adecuados son RLS = 4:1, tiempo = 36 min y concentración de H₂SO₄ al 1.375%, los cuales al considerarse en el modelo de ajuste propuesto, refleja una conversión de 38.7036 g/L de xilosa.

Palabras clave: hidrólisis ácida, material lignocelulósico, bagazo de sorgo dulce, xilosa.

Abstract

This work proposes the sweet sorghum bagasse as an alternative source of fermentable sugars, for that, was carried out the acid hydrolysis of the lignocellulosic material using an experimental Box-Bhenken design, considering as variables: H₂SO₄ concentration of (1, 1.5 and 2% v/v), pretreatment time (20, 30 and 40 min), liquid-solid ratio (LSR = 4, 5 and 6 mL/g) and xylose concentration (g/L), as response variable, reaching a maximum conversion of 39.58 g/L using variables: H₂SO₄ concentration of 1.5%, time = 40 minutes and liquid-solid ratio = 4:1. Statistically were determined the most suitable values of RLS = 4:1, time = 36 min and H₂SO₄ concentration of 1.375%, which, when considered in the proposed adjustment model reflects conversion 38.7036 g/L xylose.

Keywords: acid hydrolysis, lignocellulosic material, sweet sorghum bagasse, xylose.

Introducción

La demanda de etanol para su utilización como combustible ha aumentado en los últimos años. Según el Informe del Estado Global de los Renovables [REN21, 2010], la producción de bioetanol en el mundo para el 2009 ha sustituido cerca del 4% de la producción mundial de gasolinas. La incertidumbre relacionada con la disponibilidad de fuentes de petróleo a largo plazo, la fluctuación en los precios del mismo así como los problemas de contaminación, ha inclinado la balanza hacia el uso de etanol como aditivo de la gasolina.

Los materiales lignocelulósicos se perfilan como una fuente alternativa que no presenta el problema de los materiales amiláceos y están disponibles en grandes cantidades. Su composición es básicamente lignina, celulosa y hemicelulosa [Mateos, 2006]. La celulosa y hemicelulosa se pueden degradar en azúcares fermentables mediante el uso de enzimas y la aplicación de un pretratamiento previo para exponer las fibras de celulosa a la acción de las enzimas.

De todos los materiales lignocelulósicos, el sorgo dulce presenta características ventajosas, ya que posee una amplia adaptabilidad, rápido crecimiento, alta acumulación de azúcar; además de presentar cierta tolerancia a la sequía, inundaciones, salinidad del suelo y toxicidad por acidez [Reddy y col., 2007]. El sorgo dulce es una interesante planta cosechada anualmente, la cual puede ser cultivada en zonas extensas de climas tropicales y templados con el potencial para producir más etanol por hectárea que el maíz [Wu y col., 2010]. Además, tiene un alto rendimiento de biomasa verde y diferentes partes de esta planta, como el

bagazo, puede ser hidrolizado a azúcar fermentable antes de seguir su bioconversión a etanol. Al igual que en toda la biomasa lignocelulósica, los principales componentes del bagazo de sorgo dulce son: celulosa, hemicelulosa y lignina [Wu y col., 2010]; [Balint y col., 2009].

La lignina y la hemicelulosa actúan como una barrera de protección de la celulosa. Para hidrolizar la celulosa y posteriormente realizar la fermentación de los azúcares, es necesario pretratar el material lignocelulósico, en este caso el sorgo dulce, para modificar su estructura, eliminando la lignina y hemicelulosa para que la celulosa quede expuesta para la etapa de hidrólisis. El pretratamiento con peróxido de hidrógeno (agente oxidante) aumenta la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática al eliminar cerca del 50% de la lignina y la mayoría de la hemicelulosa, las cuales son solubilizadas liberando la glucosa durante la sacarificación [Azzam, 1989].

La hidrólisis de la parte de celulosa se puede llevar a cabo por ácido diluido, ácido concentrado o enzimáticamente, mientras que el segundo se puede realizar bajo condiciones suaves con alto rendimiento de la glucosa [Taherzadeh y Karimi, 2007]. En el presente trabajo se propone la hidrólisis vía ácida del bagazo de sorgo dulce variando la concentración del ácido, el tiempo de contacto y la relación líquido-sólido, con el objetivo de obtener los parámetros óptimos que conlleven a la obtención del mejor rendimiento de xilosa permitiendo la obtención de azúcares capaces de ser fermentados para la obtención de bioetanol.

Metodología

Materiales

Como materia prima lignocelulósica se utilizó una mezcla de las siguientes variedades de sorgo dulce: P3T3A, P4T4A, P5T5A, P10T10A, P19T19A, P22T22A, P26T26A, donde P = Parcela, T = Variedad de sorgo y A = Siembra alta densidad., de la región de Cotaxtla, Veracruz ya que fueron las muestras con el más alto contenido lignocelulósico, también se emplearon soluciones diluidas de H₂SO₄ marca Fermont grado reactivo analítico.

Caracterización del bagazo de sorgo dulce

Para la etapa inicial de la caracterización, se realizó un análisis de humedad, cenizas y la cuantificación de la fibra presente (celulosa, hemicelulosa y lignina). En la Tabla 1, se muestran las pruebas, con los métodos a aplicar.

Tabla 1. Parámetros para la caracterización del bagazo de sorgo dulce

Prueba	Método
Hemicelulosa	Fibra detergente neutro y ácido (ANKOM)
Celulosa y lignina	Fibra detergente ácido-lignina (ANKOM)
Humedad	AOCS Ab 2-49
Cenizas	AOCS Ba 5 ^a -49

Prehidrólisis ácida

Se planteó un diseño experimental Box-Bhenken (Tabla 2) considerándose como variables independientes a tres niveles: concentración de ácido H₂SO₄ (1, 1.5 y 2% v/v), tiempo de pretratamiento (20, 30 y 40 min) y la relación líquido-sólido (RLS) de 4, 5 y 6 mL/g, teniéndose como variable de respuesta a la concentración de xilosa (g/L)., siendo cuantificada mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC modelo Waters 2414 con detector de índice de refracción). Posteriormente se realizó un análisis estadístico mediante el software de optimización NCSS para determinar las condiciones que maximizaran la producción de xilosa a partir del diseño de experimentos planteado.

El pretratamiento ácido del bagazo crudo se llevó a cabo en una autoclave (marca AESA, modelo CV-250) a una presión de 1.2 atmosferas con tiempo de calentamiento de la resistencia de 68 min y posterior tiempo de enfriamiento de 80 min, lo cual es importante considerar debido a que la exposición prolongada del hidrolizado ácido podría derivar en la degradación de los azúcares por efecto de las altas temperaturas. El hidrolizado ácido se filtró para cuantificar mediante cromatografía líquida de alta resolución los azúcares: xilosa, glucosa y arabinosa, así como los inhibidores: ácido acético, furfural y 5 hidroximetilfurfural derivados de la descomposición de pentosas y hexosas. Finalmente el bagazo de sorgo dulce prehidrolizado se sometió a secado por radiación solar para eliminar totalmente el contenido de humedad.

Tabla 2. Diseño Box-Bhenken propuesto para llevar acabo el pretratamiento ácido del bagazo de sorgo dulce con valores codificados y reales

Experimento	Variables Codificadas			Variables Naturales		
	H ₂ SO ₄ (% V/V)	Tiempo (min)	RLS (mL/g)	H ₂ SO ₄ (% V/V)	Tiempo (min)	RLS (mL/g)
1	-1	-1	0	1	20	5:1
2	1	-1	0	2	20	5:1
3	-1	1	0	1	40	5:1
4	1	1	0	2	40	5:1
5	-1	0	-1	1	30	4:1
6	1	0	-1	2	30	4:1
7	-1	0	1	1	30	6:1
8	1	0	1	2	30	6:1
9	0	-1	-1	1.5	20	4:1
10	0	1	-1	1.5	40	4:1
11	0	-1	1	1.5	20	6:1
12	0	1	1	1.5	40	6:1
13	0	0	0	1.5	30	5:1
14	0	0	0	1.5	30	5:1
15	0	0	0	1.5	30	5:1

Resultados y discusión

Caracterización del bagazo de sorgo dulce

La caracterización lignocelulósica se realizó a las diferentes variedades de sorgo dulce, que se obtuvieron de Cotaxtla, Ver., En la Tabla 3, se presentan los resultados obtenidos de las mejores variedades en base al contenido lignocelulósico (hemicelulosa, celulosa y lignina), dicho análisis fue realizado en el campo experimental "La Posta", perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el kilómetro 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro Veracruz.

Tabla 3. Concentrado de datos de sorgo dulce para las pruebas de hidrólisis

SORGO (Variedad/Híbrido)	TALLO (Kg)	HEMICELULOSA (%)	CELULOSA (%)	LIGNINA (%)
P3T3A	2.33	25.49	39.61	5.63
P4T4A	2.40	24.30	31.87	4.37
P5T5A	2.00	23.20	31.49	3.91
P10T10A	1.12	29.22	35.86	4.94
P19T19A	2.25	25.39	36.36	5.13
P22T22A	1.60	29.68	40.41	6.08
P26T26A	1.40	30.03	38.43	6.58
PROMEDIO	1.87	26.76	36.29	5.23

La determinación de fibra lignocelulósica en el sorgo dulce sirve como referencia, para conocer la eficiencia teórica de hemicelulosa a xilosa y celulosa a glucosa y comparar posteriormente el grado de conversión

obtenido experimentalmente y determinar el rendimiento de los procesos establecidos. Se puede observar que existe una cantidad mayor de hemicelulosa (26.76%) y menor de lignina (5.23%), lo que conlleva a rendimientos altos de cantidad de xilosa presente en el hidrolizado. La diferencia en la composición de material lignocelulósico puede ser debido a factores en las cuales fue sembrado y cosechado el sorgo dulce, tales como humedad, calidad del suelo, el clima entre otros.

Es importante mencionar que previo a la etapa de prehidrólisis ácida, las 7 variedades del bagazo de sorgo dulce fueron totalmente mezcladas con la finalidad de promediar los contenidos lignocelulósicos de las mismas, ya que sus valores de hemicelulosa, celulosa y lignina se encuentran muy próximos entre sí. Sobre esta mezcla se realizó el contenido de humedad y cenizas, los cuales permiten conocer los valores del peso neto del sorgo libre de humedad y el peso total de orgánicos lignocelulósicos presentes en la muestra, respectivamente.

De la mezcla de las variedades de sorgo dulce pulverizado, se obtuvo un porcentaje de humedad del 9.234%, el cual aunque ligeramente menor al 10%, se decidió someter a secado el material para remover la mayor cantidad de agua contenida, y garantizar su conservación y poca influencia en los procesos subsiguientes. La materia lignocelulósica representó un 68.28 %, y el contenido de cenizas es del orden de 5.16 % por lo que de manera indirecta se tienen 26.56 % de materia que pudiera estar representada por ceras y azúcares residuales, entre otros.

Prehidrólisis ácida

El objetivo principal del pretratamiento ácido es solubilizar la fracción hemicelulosa de la biomasa y hacer la celulosa más accesible a las enzimas, para obtener la xilosa presente en esta fracción, ya que la xilosa es un azúcar que puede ser convertida a xilitol, que hace atractivo el fraccionamiento y aprovechamiento de los componentes lignocelulósicos. Los resultados obtenidos en este estudio se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados obtenidos a partir del Diseño Box-Bhenken considerando la relación entre la concentración de H₂SO₄, tiempo y RLS

Experimento	Variables Codificadas			Variable de Respuesta
	H ₂ SO ₄ (% V/V)	Tiempo (min)	RLS (mL/g)	Xilosa (g/L)
1	-1	-1	0	22.79
2	1	-1	0	29.27
3	-1	1	0	32.71
4	1	1	0	32.29
5	-1	0	-1	32.77
6	1	0	-1	38.65
7	-1	0	1	25.53
8	1	0	1	26.59
9	0	-1	-1	36.95
10	0	1	-1	39.58
11	0	-1	1	25.32
12	0	1	1	27.88
13	0	0	0	29.39
14	0	0	0	31.39
15	0	0	0	33.74

Se puede observar que las conversiones de xilosa oscilaron en un rango de 22.79 a 39.58 g/L, siendo las pruebas 6 y 10 con las que se obtuvo la mayor conversión.

Análisis de regresión en función de la concentración de H₂SO₄, tiempo y RLS

Empleando el software estadístico NCSS, se realizó un análisis de regresión, con el fin de determinar el polinomio que representa de mejor manera el comportamiento del proceso.

Para ello se considera en variables naturales a la concentración de H₂SO₄ (CA), tiempo (T) y relación líquido-sólido (RLS), y como variable de respuesta a la Xilosa (g/L).

El modelo presentado en la Ec. 1, presenta un ajuste del 96.68%, lo que garantiza la reproducibilidad del proceso.

$$\text{Xilosa (g/L)} = 31.50667 + 1.735 * CA + 3.235 * T - 5.32875 * RLS - 1.894583 * CA^2 - 0.3470833 * T^2 + 1.272917 * RLS^2 - 1.725 * CA * T - 1.205 * CA * RLS - 0.0175 * T * RLS - 0.22 * CA * T^2 + 1.217776E-15 * CA * RLS^2 - 1.9375 * T * RLS^2 \quad (1)$$

La Figura 2 muestra la gráfica de residuos para el modelo obtenido.

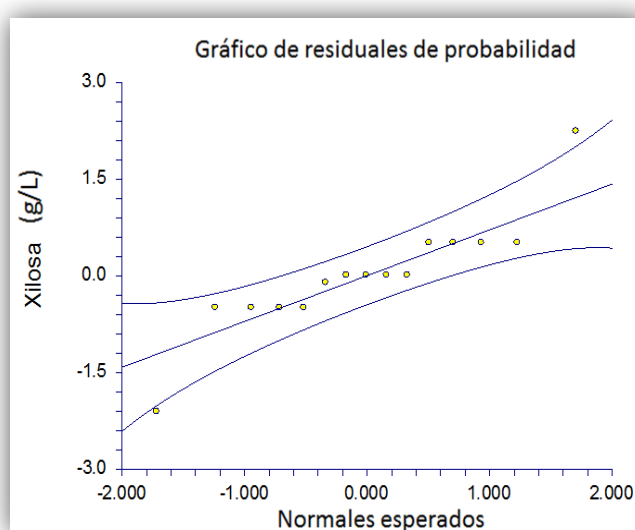


Figura 2. Gráfica de residuos modelo 2(12)

En la Figura 2, se puede observar que la mayoría de los residuos se encuentran dentro de la normalidad y distribuidos uniformemente, sin embargo existen dos datos inusitados, que se encuentran fuera de la normalidad, debido probablemente a errores de tipo experimental o de tipo humano (al realizar las diversas lecturas), así también ligeras variaciones en el tiempo podrían conllevar a la obtención de estos valores fuera de la tendencia representada por la línea recta del modelo.

La Figura 3 muestra las gráficas de contornos con las distintas combinaciones de los efectos. Se puede observar que la región óptima se encuentra considerando a la relación líquido-sólido (RLS) en un rango de -1 – 1 lo que equivale a valores naturales 4:1 – 6:1 con un valor intermedio de (5:1), el tiempo de 0 – 0.6 que es igual a 30 – 36 (33 min) y la concentración de ácido H₂SO₄ de -1 – 0.5 con 1 – 1.75 (1.375%).

Por lo tanto se proponen los nuevos rangos de operación considerando los valores reales de la relación líquido-sólido (RLS) = 4:1, tiempo = 36 min y la concentración de ácido H₂SO₄ = 1.375%, que al ser sustituidos en la Ecuación (1), arrojan un valor teórico de conversión a Xilosa de 38.7036 g/L, mismo que habrá de corroborarse experimentalmente.

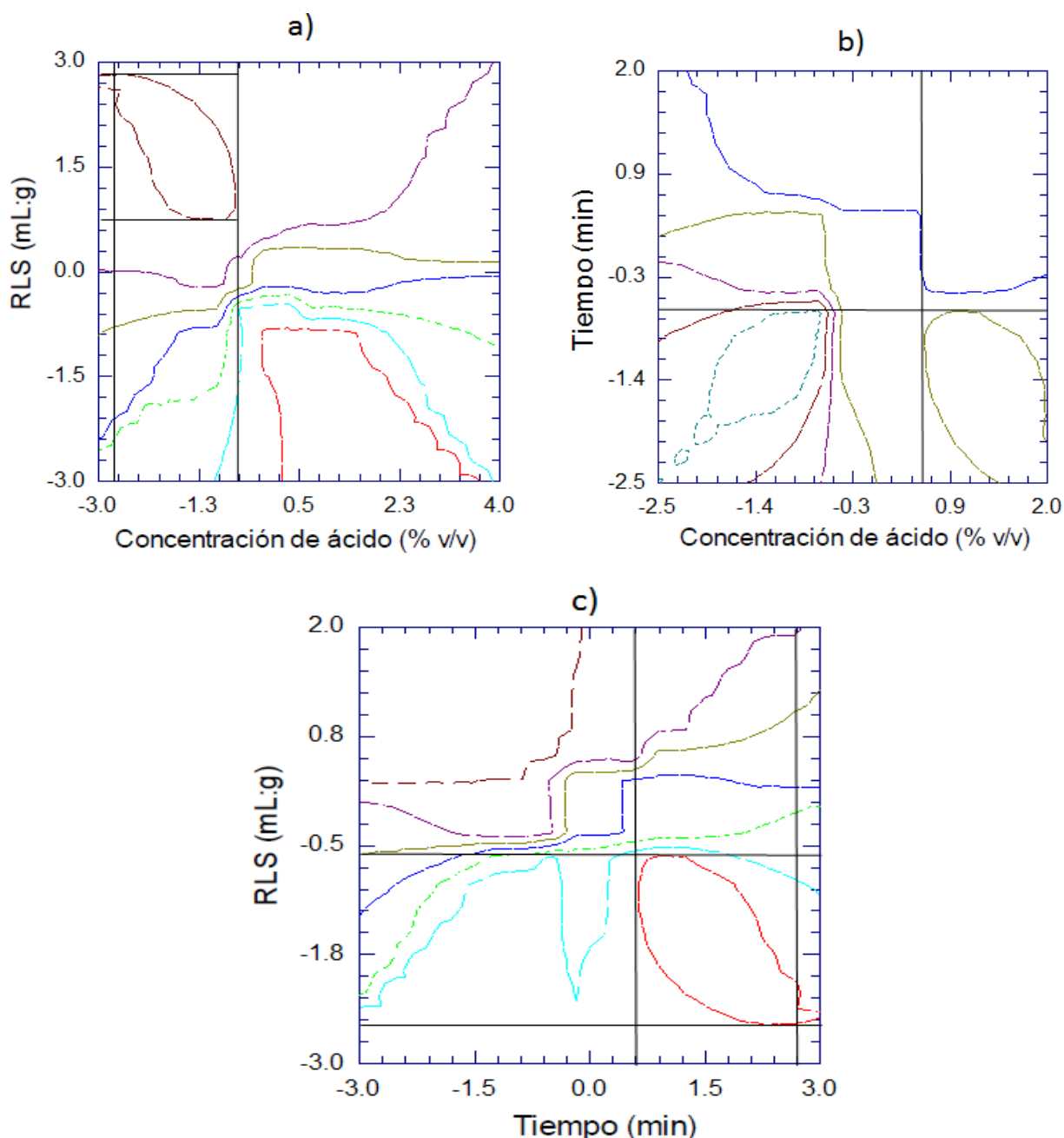


Figura 3. Gráfica de contornos del contenido de Xilosa en la prehidrólisis ácida del efecto de: (a) Concentración ácido (% v/v) vs RLS (mL:g), (b) Concentración de ácido (% v/v) vs Tiempo (min) y (c) Tiempo (min) vs RLS (mL:g)

Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que el pretratamiento aplicado con ácido diluido conllevó a la hidrólisis de una cantidad significativa de la fracción hemicelulósica de la biomasa, obteniendo altos rendimientos de azúcares solubles provenientes de la hemicelulosa, principalmente xilosa. Se puede observar que la variable de respuesta xilosa, alcanzó un máximo de conversión con una concentración de H_2SO_4 al 1.5%, tiempo de 40 min y relación líquido-sólido de 4:1, lográndose un máximo de conversión de 39.58 g/L. De acuerdo a las gráficas de contornos se establecieron los rangos donde se localizaron las regiones con valores óptimos y posteriormente fueron sustituidas las variables de $RLS = 4:1$, tiempo = 36 min y concentración de H_2SO_4 al 1.375%, en el modelo obtenido mediante regresión cuadrático, obteniendo un óptimo de conversión de 38.7036 g/L de xilosa.

Agradecimientos

Se agradece a CONACYT por el apoyo otorgado para la realización de éste proyecto.

Bibliografía

- Azzam A. M. (1989). Pretreatment of cane bagasse with alkaline hydrogen peroxide for enzymatic hydrolysis of cellulose and ethanol fermentation. J. Environ. Sci. Health. 24: 421–433.
- Balint, S., Sipos, B., Réczey, J., Kádár, Z., Dienes, D. y Réczey K. (2009). Sweet Sorghum as Feedstock for Ethanol Production: Enzymatic Hydrolysis of Steam-Pretreated Bagasse, Applied Biochemistry and Biotechnology 153, pp. 151-162.
- Mateos, Isabel. (2006). Aprovechamiento De Residuos Agrarios <http://www.eeci.net>. biobase - <http://www.ciemat.es/eng/proyectos/pderbiocombus> (2007.08.13).
- Reddy, B. V., Reddy, S., Kumar, A. y Ramaiah, B. (2007). Variation in the quality parameters of sweet sorghum across different dates of sowing. Journal of SAT Agricultural Research 5(1): 13
- REN21. (2010). Renewables Global Status Report.
- Taherzadeh, M. J., and Karimi, K. (2007). Enzyme-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review, Bioresources 2, pp. 707-738.
- Taherzadeh, M. J., and Karimi, K. (2007). Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review, Bioresources 2, pp. 472-499.
- Wu, X. R., Staggenborg, S., Propheter, J. L., Rooney, W. L., Yu, J. M. y Wang, D. H. (2010). Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation, Industrial Crops and Products 31, pp. 164-170.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Extracción y caracterización de colágeno a partir de la piel de conejo

M. A. Martínez Ortiz, R. González Tenorio, H.M. Palma Rodríguez, A. Vargas Torres, G. Aguirre-Álvarez*,

Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km. 1, Rancho Universitario. C.P. 43600. Tulancingo, Hidalgo. México.

*aguirre@uaeh.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se desarrolló el protocolo de extracción de colágeno en piel de conejo mediante la solubilización ácida (SA) y la hidrólisis enzimática (HE), usando ácido acético y pepsina respectivamente. Los parámetros evaluados fueron el rendimiento de colágeno, viscosidad y contenido de colágeno. Los resultados mostraron que el protocolo de extracción de colágeno a partir de pieles de conejo fue satisfactorio logrando mayores rendimientos mediante la HE con un 71% y 9% para SA. La viscosidad fue mayor en las muestras de HE y se encontró que la temperatura de desnaturalización fue de 36°C. El mayor contenido de colágeno se encontró en las muestras de HE. Se concluye que la extracción de colágeno mediante HE puede ser un método eficiente en las pieles de conejo.

Palabras clave: extracción, colágeno, piel, conejo.

Abstract

A protocol for collagen extraction in rabbit skin there was developed through acid solubilization (SA) and enzymatic hydrolysis (HE) by using acetic acid and pepsin respectively. The parameters evaluated were the collagen yield, viscosity and collagen content. The results showed that the protocol of collagen extraction from rabbit skin was good enough obtaining higher collagen yield in HE samples with 71% and 9% for SA. The higher collagen content was found in HE samples. There was concluded that collagen extraction with HE could be an efficient method in rabbit skins.

Keywords: extraction, collagen, skin, rabbit.

Introducción

En la actualidad el colágeno es un producto altamente demandado, usado en la industria cosmética y farmacéutica principalmente debido a sus propiedades moleculares.

La estructura de este compuesto se ve afectada por los procesos que son empleados para su extracción, como es la temperatura, las concentraciones de los materiales a utilizar o el efecto mecánico sobre la muestra.

El colágeno puede ser extraído de diferentes fuentes, como los huesos, tendones y pieles de los animales. En México existe una problemática entre los cunicultores en el sentido de que no aprovechan el subproducto que es la piel. Una alternativa de utilizar la piel para otorgarle un valor agregado podría consistir en la transformación de estas en biopolímeros de uso comercial como el colágeno.

El colágeno es una molécula proteica que forma fibras, la cual es secretada por células del tejido conjuntivo como los fibroblastos. Es el componente más abundante de la piel y de los huesos, cubriendo hasta un 30% de la masa total de proteínas en los mamíferos (Ahmad & Benjakul, 2010; Delvin, 2004; Huang, Shiau, Chen, & Huang, 2011; Jongjareonrak, Benjakul, Visessanguan, Nagai, & Tanaka, 2005; Yan, Li, Zhao, & Qin, 2012).

El término colágeno engloba una gran familia de proteínas relacionadas, las cuales comparten características comunes, pero a su vez también presentan grandes diferencias que cumplen variadas funciones en diferentes tejidos (Ottani, Martini, Franchi, Ruggeri, & Raspanti, 2002).

En los mamíferos, el colágeno se encuentra en los huesos, dientes, cartílagos, vasos sanguíneos, entre otros, también se encuentra en la piel de pescado, así como la musculatura de los vertebrados (Ahmad & Benjakul, 2010; Chen, McKittrick, & Meyers, 2012; Nalinanon, Benjakul, Kishimura, & Osako, 2011).

Del colágeno hasta la fecha se han identificado al menos 27 tipos, cada uno difiere considerablemente en su secuencia de aminoácidos, estructura y función (Li et al., 2013; Liu, Liang, Regenstein, & Zhou, 2012).

El colágeno es un polímero de dos cadenas α -1 y una cadena α -2. Se compone de un tercio de glicina (Gly), no contiene triptófano o cisteína y es muy bajo en tirosina e histidina (Huang et al., 2011; Kittiphattanabawon, Benjakul, Visessanguan, Nagai, & Tanaka, 2005; Muyonga, Cole, & Duodu, 2004; Schrieber & Gareis, 2007).

La estructura del colágeno es compleja, está conformada en estructuras cuaternarias poco comunes en las proteínas, en esta estructura también se encuentran ultraestructuras macroscópicas ordenadas (Chien, 1975; Fathima, Madhan, Rao, Nair, & Ramasami, 2004).

Las características moleculares del colágeno son la constante repetición de glicina (Gly) y en posición X-Y son, en mayor probabilidad prolina o hidroxiprolina, además de ser la única estructura de triple hélice constituida por tres cadenas de polipéptidos (Brinckmann, Notbohm, & Müller, 2005; Nalinanon et al., 2011).

Su estructura es única entre las estructuras de las proteínas, debido a que requiere una repetición en secuencia muy específica, la Gly debe ser obligatoria en cada tercera posición y se ajustan fácilmente los aminoácidos prolina e hidroxiprolina en las otras dos posiciones (Arnab & Manju, 2005; Nalinanon et al., 2011).

Las principales fuentes de colágeno son de origen animal, tales como la piel de ganado bovino o porcino y sus huesos. Sin embargo, los brotes de encefalopatía esponjiforme bovina y la fiebre aftosa, han preocupado a los usuarios de colágeno derivado de subproductos de animales como el bovino. Además, el colágeno obtenido a partir de la piel o huesos de los porcinos no se puede utilizar como un componente de algunos alimentos, debido a objeciones estéticas y religiosas (Jongjareonrak et al., 2005; Nalinanon, Benjakul, Visessanguan, & Kishimura, 2007).

El colágeno también está presente en tejidos mineralizados, tales como los dientes o los huesos. El papel del colágeno en estos es otorgar un grado de flexibilidad a los tejidos duros y proporcionar resistencia a la fractura. Otros tejidos en los que el colágeno juega un papel clave son en el cartílago, la piel, los vasos sanguíneos e incluso los músculos (Abou Neel et al., 2012).

Por lo general la determinación de los aminoácidos del colágeno es superior a 1000 residuos por cadena simple. Esta proteína forma una serie de agregados, incluyendo una variedad de fibrillas, microfibrillas y membranas. Su composición está dominada por el aminoácido Gly (aproximadamente 1/3 de todos los residuos) y por hidroxilación posterior a la traducción de los residuos de prolina y lisina (Chien, 1975; Huang et al., 2011; Nalinanon et al., 2011; Ottani et al., 2002; Yan Zhang et al., 2007).

La característica principal que define al colágeno es la secuencia de aminoácidos que ocurren con frecuencia de Gly-Pro-Gly o X-X-Hyp (Gly = glicina, Pro = prolina, Hyp = hidroxiprolina, X = otros aminoácidos) (Chen et al., 2012; Nalinanon et al., 2011; Wang, Yang, Du, Yang, & Liu, 2008).

Los aminoácidos aportan estabilidad térmica a los colágenos, que es una de las características más importantes que determinan su uso potencial. Tanto la prolina y la hidroxiprolina imponen restricciones a los cambios en la estructura secundaria de la cadena polipeptídica y ayudan a mantener la estructura de triple hélice (Liu et al., 2012).

Se considera colágeno reconstituido al colágeno fibrilar obtenido a partir de la dilución de este en soluciones ácidas (de ácido acético o ácido fórmico) precipitado y filtrado.

En 1948 se dio a conocer la preparación de un llamado procolágeno, obtenido por extracción de pieles con soluciones reguladoras de citrato en un pH de 3 a 4. El extracto es una solución viscosa. En diálisis frente a agua del grifo se obtienen fibrillas que son químicamente similares al colágeno nativo (Gustavson, 1956).

El ácido láctico y ácido acético son disolventes eficaces para la extracción de colágeno de las aves. El hinchamiento es un factor importante de la extracción de colágeno, ya que puede debilitar la capacidad de unión entre la estructura molecular en el interior del colágeno y aumentar la posibilidad de la ruptura de la unión no covalente de la proteína (Cheng, Hsu, Chang, Lin, & Sakata, 2009).

La hidrólisis enzimática es un método útil para mejorar y desarrollar alternativas interesantes para diversificar el uso de las proteínas (Palma, 2006).

El fraccionamiento de las proteínas en unidades más simples (peptonas, polipéptidos, y aminoácidos) es un proceso vital para la utilización de proteínas en las funciones alimenticias. Las enzimas que se ocupan principalmente en la hidrólisis del colágeno son la pepsina y la tripsina, que actúan sobre las proteínas catiónicas y aniónicas, respectivamente, con una actividad óptima en el intervalo de pH 1 a 2 para la pepsina y de 7 a 9 para la tripsina (Gustavson, 1956).

Uno de los métodos para aumentar el rendimiento de la extracción de colágeno es aplicar el tratamiento enzimático al tejido conectivo con enzimas proteolíticas no específicas para el colágeno tales como: pepsina, tripsina, pancreatina, papaína. Estas enzimas eliminan sólo los extremos no helicoidales (telopéptidos) del colágeno (Liu et al., 2012; Matmaroh, Benjakul, Prodpran, Encarnacion, & Kishimura, 2011; Nalinanon et al., 2011; Skierka & Sadowska, 2007; Żelechowska, Sadowska, & Turk, 2010; Yuhao Zhang, Olsen, Grossi, & Otte, 2013).

Metodología

Materiales

Se utilizó piel de conejo (40-50% de humedad). Ácido acético grado reactivo de Mayer (99% de pureza). Cloruro de sodio grado reactivo de Mayer (99.7% de pureza). Enzima gástrica porcina (Pepsina). Membrana para diálisis de corte 6-8000 Da. Pentaóxido de fósforo grado reactivo (98.5% de pureza). Tensoactivo, desengrasante y bactericida, de uso común. Soluciones de: ácido clorhídrico al 50% (v/v), sulfato de cobre 0.05 M, hidróxido de sodio 1.25 M, peróxido de hidrógeno al 6%, ácido sulfúrico 0.9 M y 4-dimetilaminobenzaldehído al 5%.

Acondicionamiento de la piel para la extracción de colágeno

La piel fue rehidratada hasta un 70% de humedad. Una vez rehidratada se procedió a descarnar y rasurar manualmente. La piel fue lavada completamente para eliminar los componentes no deseados.

Extracción ácida y enzimática de colágeno

50 g de la piel en trozos fueron pesados y en relación peso volumen fue suspendida la piel en 10 volúmenes de una solución de ácido acético 0.5 M (500mL). La muestra se mantuvo en agitación en un agitador orbital a una velocidad de 140 rpm, manteniendo la muestra durante 24 horas a temperatura ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}$). Posteriormente, el extracto fue recuperado por decantación. Se realizaron tres extracciones con las mismas condiciones obteniendo una solución blanquecina espesa. La parte insoluble de los trozos de piel fueron re-suspendidos en una nueva solución de ácido acético 0.5 M con una concentración de 1g por litro de pepsina. La nueva solución fue colocada en el agitador orbital a la misma velocidad que la extracción ácida durante 48 horas. Al terminar la extracción, el extracto fue filtrado y almacenado en refrigeración a 4°C .

Precipitación de colágeno, re-suspensión de colágeno y diálisis

Para recuperar y concentrar el colágeno fue precipitado con una solución de cloruro de sodio con una concentración de 2.6 M para ambas extracciones (ácida y enzimática). Una vez precipitada la proteína fue centrifugada a 6000 rpm durante 15min. La muestra centrifugada fue re-suspendida en 5 volúmenes de una solución de ácido acético 0.5M. La solución re-suspendida fue dializada contra agua destilada, utilizando una membrana para diálisis de corte 6-8000 Da., durante 48 h.

Deshidratación de colágeno

La muestra dializada fué deshidratada utilizando un túnel de secado de bandejas con un flujo de aire de $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$, a temperatura ambiente. Posteriormente el colágeno fue almacenado en un recipiente herméticamente cerrado conteniendo pentaóxido de fósforo (P_2O_5), para obtener una humedad relativa de 0%. Este proceso se llevó a cabo durante 14 días.

Determinación rendimiento

La materia seca del total de las muestras se uso como base para obtener la cantidad representativa para cada extracción ácida y la extracción enzimática.

Viscosidad de la solución de colágeno

Las extracciones ácidas y enzimáticas se utilizaron las muestras sin dializar determinando la viscosidad y su comportamiento con respecto a la temperatura. 7 mL de las muestras extraídas fueron colocados en la base del peltier del reómetro modelo TA instrument AR200 con una geometría de cilindros concéntricos de acero inoxidable. El equipo fue calibrado para realizar un barrido de temperatura de 10°C a 50°C con una velocidad de calentamiento de 5°C por minuto para detectar la temperatura de desnaturalización de la proteína. La viscosidad fue calculada de los datos obtenidos del equipo.

Determinación del contenido de colágeno

0.05g de la muestra seca y acondicionada fue sometida a una hidrólisis en presencia de 3 mL de ácido clorhídrico al 50% durante 16 horas a una temperatura de 100°C.

Una vez hidrolizada en su totalidad se preparó la muestra diluyendo completamente está en un matraz aforado de 25 mL con agua destilada. De la muestra diluida se tomó una alícuota de 2 ml y se aforó en 100 mL de agua destilada. Para determinar el contenido de hidroxiprolina y a su vez de colágeno, se tomó una alícuota de 2 mL de la solución anterior y se procedió a la determinación de hidroxiprolina por espectrofotometría.

Resultados

Rendimiento de la extracción.

La extracción de colágeno a partir de pieles de conejo se realizó por medio de tres extracciones en medio ácido y una extracción por medio enzimático. En la figura 1 se presentan los rendimientos obtenidos con los diferentes tipos de extracción. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en la extracción enzimática en comparación a las extracciones ácidas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las extracciones ácidas las cuales reportaron valores cercanos a 9% cada una. Con la extracción enzimática el rendimiento fue cercano al 71%. Esto significa que la mayor cantidad de colágeno que contiene la piel de conejo existe en forma insoluble. De acuerdo a la literatura consultada, los mejores disolventes para colágeno son el ácido acético seguido del ácido láctico (Skierka & Sadowska, 2007). La cantidad de enlaces entrecruzados en la piel de mamíferos puede dificultar la extracción de la proteína, debido a lo anterior se obtienen bajos rendimientos en extracciones ácidas, datos similares fueron reportados al comparar la extracción acida y enzimática en la piel de algunos peces (Huang et al., 2011; Matmaroh et al., 2011; Singh, Benjakul, Maqsood, & Kishimura, 2011). Sin embargo existen algunas especies de peces como el cobia (*Rachycentron canadum*) en donde el rendimiento más alto de extracción se presentó en la extracción ácida (Zeng et al., 2012). En este mismo sentido el uso de enzimas como la pepsina incrementan el rendimiento en la extracción de colágeno proveniente de pieles (Liu et al., 2012; Matmaroh et al., 2011; Nalinanon et al., 2007; Skierka & Sadowska, 2007; Yan Zhang et al., 2007). Así mismo, existen otros pre-tratamientos que afectan el rendimiento tales como: movimiento, pH, temperatura y tiempo.

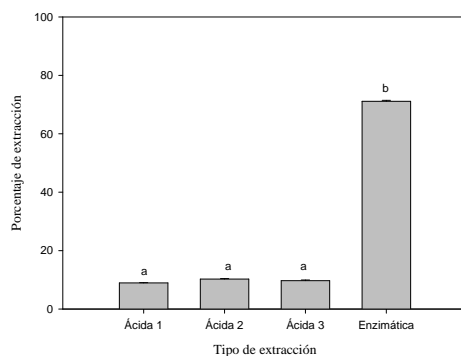


Figura 1 Rendimiento de colágeno en las diferentes extracciones realizadas. Las leyendas de Ácida 1,2 y 3 corresponden a las tres diferentes extracciones que se realizaron a la misma muestra con ácido acético.

Viscosidad del colágeno.

Las propiedades térmicas del colágeno son de importancia en virtud de que estas moléculas son sensibles a temperaturas arriba de 40°C ocasionando su desnaturalización. En este sentido es de importancia los resultados de la figura 2 en donde se muestra el barrido de temperatura en un rango de 10°C a 50°C en muestras de colágeno. Se observó que la viscosidad disminuyó considerablemente en un intervalo de temperatura de 32.7°C a 38.3°C. Este cambio repentino en la viscosidad fue ocasionado por la desnaturalización del colágeno, inclusive se pudo observar que después de 38°C no hubo variaciones en este parámetro. Trabajos previos realizados con el colágeno de otras especies como es la de los peces muestran características similares aunque con una temperatura de desnaturalización menor entre 25°C y 32°C (Huang et al., 2011; Nalinanon et al., 2007; Safandowska & Pietrucha, 2013; Yan et al., 2008; Yan Zhang et al., 2007).

Tomando la temperatura media de desnaturalización en las muestras evaluadas se observa que esta se sitúa alrededor de los 36°C. Esto sugiere que la muestra sufrió un proceso de degradación donde la estructura de forma colágena no existe más. La estabilidad térmica del colágeno se atribuye a las redes por puentes de hidrógeno, mediados por moléculas de agua, los cuales conectan el grupo hidroxilo de la hidroxiprolina a un grupo carboxilo de otra cadena. Por lo tanto, las diferencias en el contenido de hidroxiprolina podría estar directamente relacionado con las temperaturas de desnaturalización de los colágenos de diferentes especies, un valor más alto contribuye a una estabilidad térmica superior y mejores propiedades reológicas (Nalinanon et al., 2007; Safandowska & Pietrucha, 2013; Selvakumar et al., 2012). Esta podría ser la razón por la cual Zeng y colaboradores (2012) encontraron que el colágeno proveniente de la piel de pez cobia resultó con una temperatura de desnaturalización de 34°C aproximadamente. Lo anterior sugiere que los aminoácidos prolina e hidroxiprolina tiene una correlación directa con la estabilidad térmica de esta proteína debido a los enlaces por puente de hidrógeno. Es bien sabido que estos aminoácidos imponen una restricción en la conformación de la cadena de polipéptido y ayuda a fortalecer la triple hélice, propiciando una desnaturalización a menor temperatura en comparación con el colágeno de mamíferos tales como el conejo.

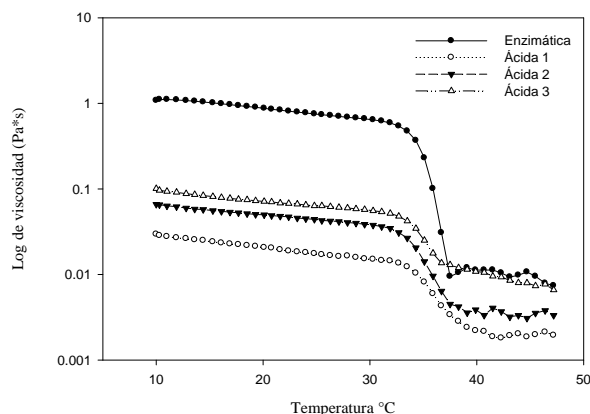


Figura 2 Viscosidad del colágeno en función de la temperatura. Las leyendas de acida 1, 2 y 3 corresponden a las tres diferentes extracciones que se realizaron a la misma muestra con ácido acético.

Contenido de colágeno.

El parámetro de contenido de colágeno extraído de las pieles de conejo, fue una de las determinaciones más contundentes en el presente proyecto en virtud de que fue necesario dar evidencia de que el material que se obtuvo fue colágeno. El colágeno es muy singular entre las proteínas de origen animal en virtud de que es la única que contiene grandes cantidades de hidroxiprolina además de glicina y prolina (Ramachandran, 1967; Veis, 1964). La presencia de este aminoácido da evidencia de que se está trabajando con una muestra colágena. Los resultados en la determinación de la hidroxiprolina fueron procesados para calcular la cantidad de colágeno obtenido de cada extracción y que se ilustran en la figura 3. Se observó que la extracción en medio enzimático presentó el mayor valor de colágeno comparado con las extracciones de tipo ácido. En comparación de las diferentes extracciones ácidas, la primera extracción fue la que presentó una mayor cantidad de colágeno y este fue disminuyendo con forme se realizaban la segunda y tercera extracción.

Si consideramos que las extracciones de tipo ácido corresponden a la cantidad de colágeno soluble, se puede inferir que la mayor cantidad de colágeno presente en las pieles de conejo es de tipo insoluble. Esto significa que este material insoluble se va produciendo en el animal mientras madura o envejece.

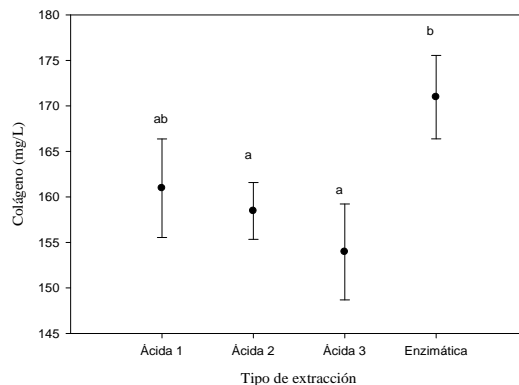


Figura 3 Contenido de colágeno en las diferentes extracciones. Las leyendas de Ácida 1, 2 y 3 corresponden a las tres diferentes extracciones que se realizaron a la misma muestra con ácido acético.

Conclusiones

El desarrollo del protocolo de extracción de colágeno a partir de pieles de conejo fue satisfactorio logrando mayores rendimientos mediante la actividad enzimática con el colágeno insoluble. Derivado de estos resultados se concluye que las pieles de conejo pueden ser una fuente alternativa para la obtención de colágeno tipo I, otorgando así un valor agregado a este subproducto agroindustrial.

Referencias

1. Abou Neel, E. A., Bozec, L., Knowles, J. C., Syed, O., Mudera, V., Day, R., & Hyun, J. K. (2012). Collagen — Emerging collagen based therapies hit the patient. *Advanced Drug Delivery Reviews*(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2012.08.010>
2. Ahmad, M., & Benjakul, S. (2010). Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*). *Food Chemistry*, *120*(3), 817-824. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.019>
3. Arnab, B., & Manju, B. (2005). Collagen Structure: The Madras Triple Helix and the Current Scenario. *Molecular Biophysics Unit*.
4. Brinckmann, J., Notbohm, H., & Müller, P. K. (2005). *Collagen Primer in Structure, Processing and Assembly*. The Netherlands: Springer Berlin Heidelberg New York.
5. Chen, P.-Y., McKittrick, J., & Meyers, M. A. (2012). Biological materials: Functional adaptations and bioinspired designs. *Progress in Materials Science*, *57*(8), 1492-1704. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmatsci.2012.03.001>
6. Cheng, F.-Y., Hsu, F.-W., Chang, H.-S., Lin, L.-C., & Sakata, R. (2009). Effect of different acids on the extraction of pepsin-solubilised collagen containing melanin from silky fowl feet. *Food Chemistry*, *113*(2), 563-567. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.043>
7. Chien, J. C. W. (1975). *Solid-State Characterization of the Structure and Property of Collagen*. Massachusetts.
8. Delvin, T. M. (2004). *Bioquímica* (4 edición ed.). Barcelona: Glicsman Martin.
9. Fathima, N. N., Madhan, B., Rao, J. R., Nair, B. U., & Ramasami, T. (2004). Interaction of aldehydes with collagen: effect on thermal, enzymatic and conformational stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, *34*(4), 241-247. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.05.004>
10. Gustavson, H. (1956). *The Chemistry and Reactivity of Collagen*. New York: ACADEMIC PRESS INC.
11. Huang, Y.-R., Shiau, C.-Y., Chen, H.-H., & Huang, B.-C. (2011). Isolation and characterization of acid and pepsin-solubilized collagens from the skin of balloon fish (*Diodon holocanthus*). *Food Hydrocolloids*, *25*(6), 1507-1513. doi: [10.1016/j.foodhyd.2011.02.011](http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.011)
12. Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Nagai, T., & Tanaka, M. (2005). Isolation and characterisation of acid and pepsin-solubilised collagens from the skin of Brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). *Food Chemistry*, *93*(3), 475-484. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.026>

13. Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., Nagai, T., & Tanaka, M. (2005). Characterisation of acid-soluble collagen from skin and bone of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Chemistry*, 89(3), 363-372. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.042>
14. Li, Z.-R., Wang, B., Chi, C.-f., Zhang, Q.-H., Gong, Y.-d., Tang, J.-J., Ding, G.-f. (2013). Isolation and characterization of acid soluble collagens and pepsin soluble collagens from the skin and bone of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*). *Food Hydrocolloids*, 31(1), 103-113. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.001>
15. Liu, D., Liang, L., Regenstein, J. M., & Zhou, P. (2012). Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Food Chemistry*, 133(4), 1441-1448. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.032>
16. Matmaroh, K., Benjakul, S., Prodpran, T., Encarnacion, A. B., & Kishimura, H. (2011). Characteristics of acid soluble collagen and pepsin soluble collagen from scale of spotted golden goatfish (*Parupeneus heptacanthus*). *Food Chemistry*, 129(3), 1179-1186. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05>
17. Muyonga, J. H., Cole, C. G. B., & Duodu, K. G. (2004). Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, 85(1), 81-89. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.006>
18. Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H., & Osako, K. (2011). Type I collagen from the skin of ornate threadfin bream (*Nemipterus hexodon*): Characteristics and effect of pepsin hydrolysis. *Food Chemistry*, 125(2), 500-507. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.040>
19. Nalinanon, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Kishimura, H. (2007). Use of pepsin for collagen extraction from the skin of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Chemistry*, 104(2), 593-601. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.035>
20. Ottani, V., Martini, D., Franchi, M., Ruggeri, A., & Raspanti, M. (2002). Hierarchical structures in fibrillar collagens. *Micron*, 33(7-8), 587-596. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0968-4328\(02\)00033-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0968-4328(02)00033-1)
21. Palma, R. H. M. (2006). *Funcionalidad de la fracción soluble de hidrolizados de proteína de soya obtenidos con subtilisina (alcalasa de novo)*. (Tesis de licenciatura), Instituto tecnológico de Zacatepec, Zacatepec, Morelos.
22. Parenteau-Bareil, R., Gauvin, R., Cliche, S., Gariépy, C., Germain, L., & Berthod, F. (2011). Comparative study of bovine, porcine and avian collagens for the production of a tissue engineered dermis. *Acta Biomaterialia*, 7(10), 3757-3765. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2011.06.020>
23. Ramachandran, G. (1967). *Treatise on Collagen* (Vol. 1). London and New York: ACADEMIC PRESS.
24. Safandowska, M., & Pietrucha, K. (2013). Effect of fish collagen modification on its thermal and rheological properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 53(0), 32-37. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.10.026>
25. Schrieber, R., & Gareis, H. (2007). *Gelatine Handbook Theory and Industrial Practice*. Germany.
26. Selvakumar, P., Ling, T. C., Covington, A. D., & Lyddiatt, A. (2012). Enzymatic hydrolysis of bovine hide and recovery of collagen hydrolysate in aqueous two-phase systems. *Separation and Purification Technology*, 89(0), 282-287. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2012.01.046>
27. Singh, P., Benjakul, S., Maqsood, S., & Kishimura, H. (2011). Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Food Chemistry*, 124(1), 97-105. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.111>
28. Skierka, E., & Sadowska, M. (2007). The influence of different acids and pepsin on the extractability of collagen from the skin of Baltic cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry*, 105(3), 1302-1306. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.030>
29. Veis, A. (1964). *The macromolecular chemistry of gelatin* (Vol. 5). London: Academic Press Inc.
30. Wang, L., Yang, B., Du, X., Yang, Y., & Liu, J. (2008). Optimization of conditions for extraction of acid-soluble collagen from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) by response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(4), 604-607. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2008.03.001>
31. Yan, M., Li, B., Zhao, X., & Qin, S. (2012). Effect of concentration, pH and ionic strength on the kinetic self-assembly of acid-soluble collagen from walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) skin. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 199-204. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.014>
32. Yan, M., Li, B., Zhao, X., Ren, G., Zhuang, Y., Hou, H., Fan, Y. (2008). Characterization of acid-soluble collagen from the skin of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Food Chemistry*, 107(4), 1581-1586. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.027>
33. Żelechowska, E., Sadowska, M., & Turk, M. (2010). Isolation and some properties of collagen from the backbone of Baltic cod (*Gadus morhua*). *Food Hydrocolloids*, 24(4), 325-329. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.10.010>

34. Zeng, S., Yin, J., Yang, S., Zhang, C., Yang, P., & Wu, W. (2012). Structure and characteristics of acid and pepsin-solubilized collagens from the skin of cobia (*Rachycentron canadum*). *Food Chemistry*, 135(3), 1975-1984. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.086>
35. Zhang, Y., Liu, W., Li, G., Shi, B., Miao, Y., & Wu, X. (2007). Isolation and partial characterization of pepsin-soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food Chemistry*, 103(3), 906-912. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.053>
36. Zhang, Y., Olsen, K., Grossi, A., & Otte, J. (2013). Effect of Pretreatment on Enzymatic Hydrolysis of Bovine Collagen and formation of ACE-inhibitory Peptides. *Food Chemistry*(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.058>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.

Evaluación de la Depositación Atmosférica Seca en Ciudad del Carmen Campeche

C.G. Carballo Pat*, R.M. Cerón Bretón, J.G. Cerón Bretón, S.R. Bolón Tello, A. García Montero
Universidad Autónoma del Carmen. Facultad de Química. Calle 56 Num 4. Esq. Ave. Concordia. Col. Benito Juárez. C.P. 24180. Ciudad del Carmen, Campeche.

*ccarballo@pampano.unacar.mx

Área de participación: Ingeniería Química Ambiental

Resumen

El presente estudio muestra la determinación de Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} y NH_4^+ , así como SO_4^{2-} , Cl^- y NO_3^- para evaluar la composición química de la depositación atmosférica vía seca en ciudad del Carmen, Campeche durante el periodo de abril a Noviembre del 2012 obteniendo un total de 31 muestras. Los iones más abundantes fueron SO_4^{2-} y NO_3^- , contribuyendo en mayor proporción a la acidez el ión SO_4^{2-} . A pesar de que los niveles de SO_4^{2-} y NO_3^- fueron elevados, comparados con cargas críticas para ecosistemas sensibles y con valores hemisféricos de fondo reportados para áreas remotas tropicales, estos datos incluyen únicamente los flujos de depositación seca, debido al alcance del proyecto, lo cual nos da un subestimado de los flujos de depositación puesto que no se está considerando la aportación por depósito húmedo. A partir del análisis meteorológico, se identificó que los vientos prevaletentes fueron del sureste y suroeste.

Palabras clave: Depositación seca, cationes, aniones, Ciudad del Carmen

Abstract

The present study shows determination of Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} and NH_4^+ , well as SO_4^{2-} , Cl^- and NO_3^- to evaluate the chemical composition of atmospheric deposition dry in Carmen city, Campeche during a period of April to November 2012 obtaining a total of 31 samples. Were most abundant ions SO_4^{2-} and NO_3^- , contributing most to SO_4^{2-} ion acidity. Although levels of SO_4^{2-} and NO_3^- were elevated compared to critical loads for sensitive ecosystems and bottom hemispheric values reported for tropical remote areas, these data include only the flows of dry deposited, because of the scope of the project, which gives us an understated deposition flows since we are not considering the contribution by wet deposition. From meteorological analysis, it was identified that the prevailing winds were from the southeast and southwest.

Introducción

La composición actual de la atmósfera es debida a la actividad de la biosfera (fotosíntesis), controla el clima y el ambiente en el que vivimos y engloba dos de los tres elementos esenciales (nitrógeno y carbono); aparte del oxígeno. Se encuentra bien mezclada, debido a importantes ciclos biogeoquímicos [Martínez *et al.*, 2004]. Pero la mano del hombre también influye en la composición, con el aumento del dióxido de carbono o el metano, causando el efecto invernadero o el óxido de nitrógeno, causando la lluvia ácida. [Gallego *et al.*, 2012, Alonso *et al.*, 2005; Lindberg y Lovett, 1985].

El interés en estudiar la composición química de la Depositación atmosférica vía seca nace en virtud del deterioro de los ecosistemas terrestres y acuáticos en zonas contaminadas, y esto se debe a una combinación de los altos niveles de contaminación en el aire y en la precipitación pluvial [Nriagu y Pacyna, 1988]. Los procesos relacionados con la depositación seca son: sedimentación, acumulación y adsorción. Estos ocurren cuando diferentes partículas se asientan en una superficie, colisionan o se adhieren [Briz, 2004].

La depositación atmosférica se genera por la emisión de contaminantes por diferentes fuentes, ya sean móviles o fijas. Una vez que son emitidos los contaminantes a la atmósfera, estos se dispersan normalmente para unirse al conjunto de procesos que ocurren en la atmósfera y por los cuales se diluyen, transportan, remueven o transforman químicamente, hasta alcanzar una fuente receptora [Alonso *et al.*, 2005; Mora, 1994]

Metodología

Sitio y recolección de la muestra

Ciudad del Carmen es la cabecera del municipio de Carmen, Campeche; localizada al suroeste de la península de Yucatán. La ciudad destaca por ser un importante centro de operaciones de Petróleos Mexicanos, que mantiene en la Sonda de Campeche el área de explotación de hidrocarburos más importante de México. El punto de muestreo se ubicó en unos de los edificios de la Facultad de Química considerando la accesibilidad y la seguridad para el equipo recolector. Ubicada en las coordenadas geográficas 18.64° de latitud Norte y 91.83° de longitud Oeste (Figura 1).

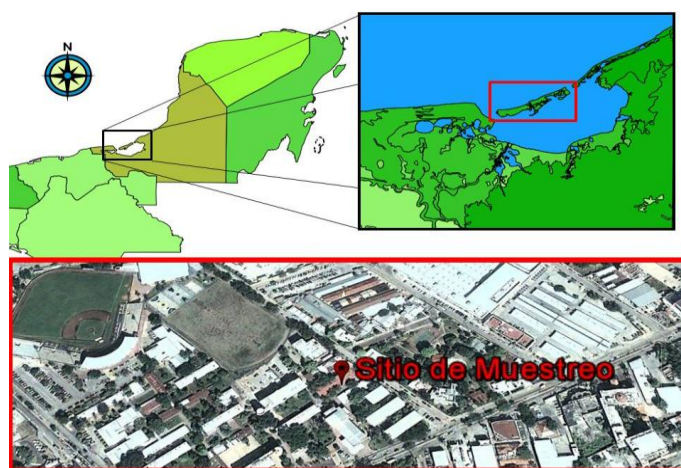


Fig.1 Ubicación geográfica del sitio de muestreo

Se realizó la recolección de la muestra utilizando membranas de teflón (47 mm de diámetro y tamaño de poro de 45 μm), como superficies surrogadas. Se colocaron dos membranas de teflón en la cubeta de depositación seca de un muestreador automático de precipitación húmeda/seca (Figura 2). Las membranas fueron expuestas durante una semana, obteniendo un total de treinta muestras en un periodo comprendido de Marzo a Noviembre de 2012.



Fig. 2 Colector de Deposición húmeda/seca

Análisis químicos

Las membranas fueron extraídas con 100 mL de agua desionizada tipo II durante 30 minutos en un baño ultrasónico. A las muestras extraídas se le determinó pH [Método 150.1 EPA], Conductividad [Método 120.1 EPA], concentraciones de Cationes Na^+ [Método 7770 EPA], K^+ [Método 7610 EPA], Ca^{2+} [Método 7140 EPA], Mg^{2+} [Método 7450 EPA] utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica directa y NH_4^+ por colorimetría [APHA-AWWA-WPCF, 1989], así como concentraciones de los aniones Cl^- [NMX-AA-073-SCFI-2001], SO_4^{2-} [NMX-AA-074-1981] y NO_3^- [NMX-AA-079-SCFI-2001]. Las muestras de depositación atmosférica Seca se analizaron en el laboratorio de Ciencias Ambiental de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Carmen.

Análisis meteorológico

Para determinar el posible origen y evaluar el transporte de los constituyentes de la depositación se elaboraron y analizaron trayectorias de las masas de aire para el sitio de estudio durante el periodo de muestreo usando el modelo híbrido Lagrangiano HYSPLIT de la NOAA. De igual manera para evaluar la influencia de fuentes locales y regionales se elaboraron rosas de viento para determinar el efecto de los parámetros meteorológicos de superficie sobre la composición química de la depositación atmosférica seca. Las rosas de los vientos se elaboraron con la información meteorológica monitoreada por una estación portátil la cual mide variables como Humedad, Dirección y velocidad del viento, Temperatura, precipitación, entre otras.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan las concentraciones iónicas promedio, máximas y mínimas, así como la desviación estándar de las muestras de depositación seca en el sitio de estudio, expresadas en $\mu\text{Eq/l}$. Se puede observar en la Figura 3 que la abundancia iónica se presentó en SO_4^{2-} (37%) y NO_3^- (39%) sugiriendo que la aportación de fuentes móviles fue significativa. Los cationes más abundantes fueron Na^+ y Ca^{2+} , lo cual indica que la aportación provino del aerosol marino y de la corteza.

Tabla 1. Concentraciones iónicas expresadas en $\mu\text{Eq/l}$: Máxima, Promedio, Mínima y Desviación estándar

	SO_4^{2-}	NO_3^-	Na^+	Ca^{+2}	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Cl^-
Máxima	137.53	124.47	113.67	440.88	113.56	52.17	317.78	2.55
Promedio	86.88	52.82	39.61	43.84	42.37	15.40	46.16	1.39
Mínima	33.38	1.79	17.78	1.71	0.68	5.95	0.60	0.69
Des. Est.	30.96	36.73	23.94	91.02	29.06	12.99	76.70	0.51

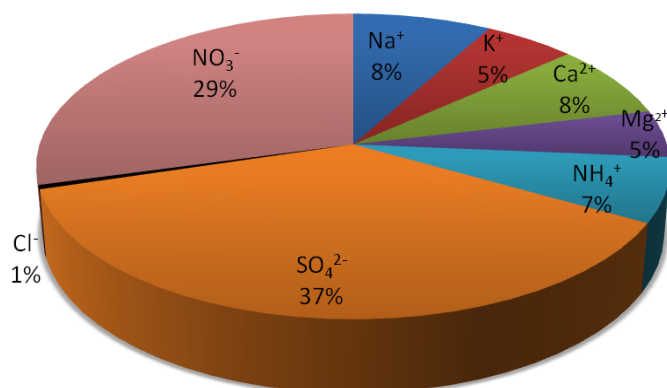


Fig.3 Abundancia Iónica

Los niveles de SO_4^{2-} encontrados, excedieron casi ocho veces los niveles hemisféricos de fondo reportados para sitios remotos ($10 \mu\text{Eq/l}$), lo cual indica que se tuvo la influencia de fuentes tanto locales como regionales. Por otro lado los niveles de NO_3^- exceden casi 18 veces los niveles hemisféricos de fondo ($2.8 \mu\text{Eq/l}$) reportados por Galloway et al., lo cual indica que se tuvo una clara influencia de fuentes locales que contribuyeron significativamente a los niveles de NO_3^- . Si bien los niveles de NO_3^- fueron más bajos que los de SO_4^{2-} , se asume que son originados por fuentes locales y también al arrastre de partículas marinas que viajan de manera natural. Puesto que en ciudad del Carmen no existen fuentes industriales que aportaran cantidades significativas de los gases precursores de estos iones, es probable que la mayor contribución haya sido aportada por fuentes vehiculares. Lo anterior considerando que el parque vehicular en la ciudad es alto.

De acuerdo al análisis de la información meteorológica se determinó la dirección de los vientos para analizar las posibles fuentes emisoras de contaminantes que pudieron contribuir al depósito atmosférico. En la Figura 4 se describe la distribución de frecuencia de la dirección de los vientos en el sitio de muestreo, se puede observar que la dirección dominante del viento durante el periodo de muestreo fue del sureste y suroeste.

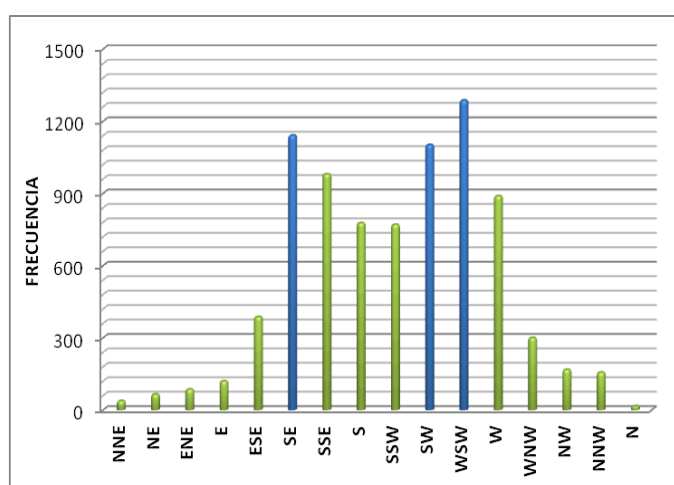


Fig. 4 Histograma de frecuencias de dirección del viento para el sitio de muestreo

Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas, mayores a 0.5. Encontrando que hubo una fuerte correlación entre Ca^{2+} - Mg^{2+} ($R^2=0.97$), Na^+ - Ca^{2+} ($R^2=0.81$), Na^+ - Mg^{2+} ($R^2=0.78$) y K^+ - NO_3^- ($R^2=0.52$). Es evidente que Ca^{2+} , Na^+ y Mg^{2+} tuvieron una fuente en común, en este caso el aerosol marino. Por otro lado, se observa que el ion K^+ tuvo una interacción ácido-base muy importante en el proceso de neutralización.

Tabla 2. Matriz de correlaciones de Pearson

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+	SO_4^{2-}	CL^-	NO_3^-
Na^+	1							
K^+	0.13	1						
Ca^{2+}	0.81	-0.39	1					
Mg^{2+}	0.78	-0.38	0.97	1				
NH_4^+	-0.09	0.30	-0.44	-0.47	1			
SO_4^{2-}	0.20	0.37	-0.08	0.03	-0.09	1		
CL^-	-0.26	-0.07	-0.24	-0.18	0.01	-0.09	1	
NO_3^-	-0.08	0.52	-0.37	-0.34	0.31	0.31	0.20	1

Para el caso del depósito de N en el sitio de estudio ($3.296 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), los niveles de depositación están por debajo de la carga crítica de $5 \text{ Kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ reportada para ecosistemas sensibles; sin embargo, tomando en cuenta los valores hemisféricos de fondo reportados para áreas remotas tropicales de $1 \text{ a } 3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ puede observarse que en el sitio los valores están por encima de dicho umbral. Por lo tanto, puede considerarse que a pesar de actualmente el depósito de N no representa un problema, deben tomarse las medidas adecuadas para evitar que se sobrepasen las cargas críticas; sin embargo, es necesario considerar que este estudio sólo reporta depositación seca, y las cargas críticas reportadas corresponden al depósito total (depositación húmeda + depositación seca) por lo que los flujos reportados en este estudio están siendo sub-estimados puesto que falta la aportación correspondiente a la depositación húmeda.

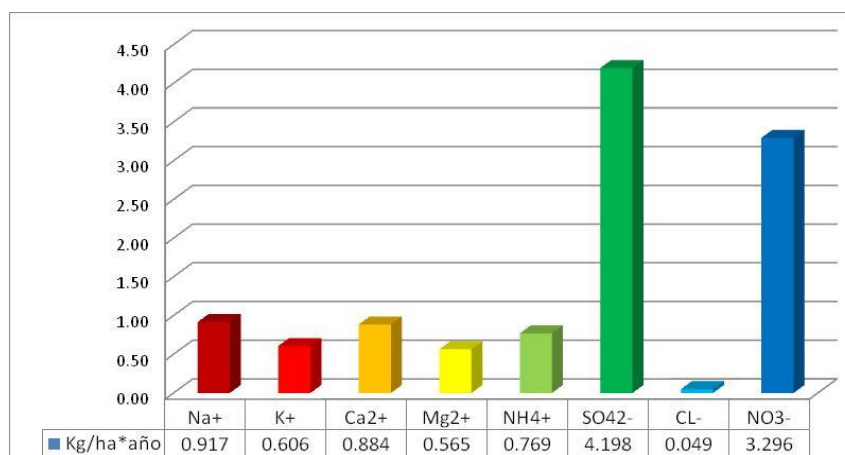


Fig. 5 Flujos de depositación atmosférica

Por otro lado, en el caso del depósito de S ($4.198 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), en el sitio se sobrepasa ligeramente el valor correspondiente a la carga crítica reportada para ecosistemas sensibles de $3 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; adicionalmente, el valor hemisférico de fondo de $0.5 \text{ Kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ reportado para áreas remotas tropicales fue excedido por casi 7 veces, lo cual implica que en el sitio se tiene un problema con el depósito de S, considerando que no se estimó la aportación del depósito húmedo y por lo tanto el depósito total está siendo sub-estimado.

Conclusiones

Los niveles de Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} y NO_3^- en la depositación seca, resultaron ser los más elevados. El Na^+ probablemente influenciado por el aerosol marino, el Ca^{2+} por las partículas del suelo calizo y el K^+ probablemente tenga un origen mixto, es decir de partículas del suelo y el aerosol marino. En el caso del ion NO_3^- excede ligeramente los niveles de fondo reportados para sitios remotos, mientras que el ion SO_4^{2-} excede por casi 7 veces los niveles de fondo reportados para sitios remotos. El ión SO_4^{2-} contribuyó claramente en mayor proporción a la acidez que el ión NO_3^- . Los flujos de depositación seca mostraron una gran variabilidad, siendo más altos para los iones SO_4^{2-} , NO_3^- , Na^+ y Ca^{2+} . Así mismo, los flujos de Cl^- y K^+ fueron bajos, considerando que se trata de un sitio costero, es indicativo que fuentes locales como regionales contribuyen de manera significativa a la depositación de componentes traza.

Los métodos de análisis meteorológicos descritos en este proyecto son herramientas útiles para comprender las fuentes, las vías de transporte y el comportamiento químico de la depositación ácida. En ciudad del Carmen, Campeche, el análisis de trayectorias reveló que el aire normalmente llega desde el sureste y suroeste, es decir del continente y no del Golfo. Los vientos del Norte son comunes en algunas temporadas debido a factores meteorológicos a gran escala y estos son los precursores de la brisa marina. Por lo anterior se recomienda continuar con el uso de las herramientas meteorológicas para una mejor aproximación en la determinación de fuentes, transporte y comportamiento químico de la depositación atmosférica.

Referencias

1. Gallego, A.; González, I.; Sánchez, B.; Fernández, P.; Garcinuño R.M.; BravO, J.C.; Pradana, J.A.; García, A. and Durand, J.S. (2012). Contaminación atmosférica. UNED, Madrid.
2. Julián Briz Escribano (2004). Naturación Urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejoras Medioambiental. Segunda edición.
3. Martínez E.; Díaz de Mera Morales Y. (2004). Contaminación atmosférica. Volumen 45 de Colección Ciencia y técnica / Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Editor Univ. de Castilla La Mancha, ISBN 84-8427-324-5 pp. 39.
4. Alonso, R., Bytnerowicz, A., Boarman, W.I., 2005. Atmospheric dry deposition in the vicinity of the Salton Sea, California-I: Air Pollution and deposition in a desert environment. *Atmospheric Environmen* 39, 4671-4679.
5. Mora, P. V. (1994) Verificación del modelo de pronósticos de dispersión de contaminantes atmosféricos para el Valle de México. IPN / IMP México.
6. Lindberg, S.E; Lovett, G.M; Richter, D.D; and Johnson, D.W. (1985) Atmospheric deposition and canopy interactions of major ions in a forest. *Science* 231, 141-145.
7. Nriagu, J.O.; Pacyna, J.M. (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air water and soils by trace metals, *Nature*. 333: 134-139.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Caracterización morfológica, térmica y mecánica de biopelículas elaboradas a partir de almidón de chayotextle

M. B. Cotonieto Morales¹, H. M. Palma Rodríguez¹, F. J. García Suarez², G. Aguirre Alvarez¹, A. Vargas Torres^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Instituto de Ciencias Agropecuarias Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo, Estado de Hidalgo, C.P. 43600, México

²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos – I.P.N.

*apolovt@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se elaboraron películas a partir de almidón del tubérculo del chayote “chayotextle” (ACH), mezclado con polivinil-alcohol (PVOH) y celulosa (C) o nanofibras de celulosa (NC). Las concentraciones de PVOH fueron de 5%, 1.0% y 1.5% y las concentraciones de C o NC de 0.8% y 1.2%, respectivamente. Las propiedades mecánicas fueron estudiadas (% de elongación, módulo de Young y esfuerzo máximo a la ruptura), observando un incremento en el módulo de Young y en el esfuerzo máximo a la ruptura con el aumento en la concentración de PVOH, C y NC. Los estudios de microscopía electrónica mostraron que las películas que contenían PVOH y NC presentaron una estructura más homogénea y mejor distribución de la NC en la matriz polimérica. Los estudios de calorimetría mostraron que las mezclas presentaron una mayor estabilidad térmica ya que a mayores concentraciones tanto de C como de NC la temperatura pico de fusión (T_{fp}) incrementó.

Palabras clave: Almidón chayotextle, celulosa, nanopartículas de celulosa, biopelículas

Abstract

Films of chayote tuber starch (ACH) were prepared by mixing with polivinil-alcohol (PVOH) and cellulose (C) or nanofibers of cellulose (NC). The concentrations of PVOH were 5%, 1.0% with C or NC at 1.5% and 0.8% respectively. The mechanical properties such as % elongation, Young modulus and stress at break were evaluated. An increment in both Young modulus and stress at break was observed when concentrations of PVOH, C y NC were increased. Electronic microscopy results showed that films with PVOH and NC appeared with more homogeneous structure and even distribution of the NC on the polymeric network. Differential Scanning Calorimetry results reported that the higher the concentrations of C and NC, the higher the melting temperature peak.

Introducción

Los materiales poliméricos se producen desde hace más de un siglo, estos materiales son ampliamente demandados ya que son livianos, resistentes a las corrosiones y son fácilmente procesables. La importancia comercial de estos polímeros (plásticos) se deriva de sus múltiples aplicaciones en diferentes industrias, entre ellas se encuentran la industria alimenticia, farmacéutica, automovilística, textil, informática [Kumar y col., 2002]. Los plásticos son derivados del petróleo y dependen en su totalidad de este recurso fósil no renovable. Del total del petróleo extraído en el mundo, alrededor de un 5% se destina a la industria del plástico [León, 2011]. La demanda actual de plásticos a nivel mundial es de millones de toneladas por año. En México, en el año 2005 se estimó que el consumo anual por habitante fue de 49 kilogramos, de los cuales más de un millón de toneladas por año se convirtieron en desechos sólidos [Segura y col., 2007]. Por el alto consumo de los plásticos y los problemas que estos generan, actualmente ha crecido el interés tanto en el ambiente comercial como el científico por generar polímeros biodegradables o encontrar fuentes nuevas de extracción para su uso en empaques o películas biodegradables. Una de las principales fuentes renovables es el almidón, el uso de este polímero natural tiene una amplia utilización, además de estar disponible todo el año y ser económicamente accesible. Sin embargo, en los últimos años se han buscado nuevas fuentes de obtención de almidón; una de ellas es el almidón proveniente del tubérculo del chayote (chayotextle), el cual podría conferir nuevas propiedades a los empaques biodegradables utilizados en la industria alimentaria. Los empaques elaborados solamente de almidón presentan carencias mecánicas [Mali y col., 2002], por lo que uso de otros polímeros naturales o alifáticos son utilizados para mejorar dichas propiedades. Por lo anterior el objetivo de este estudio fue utilizar almidón de chayotextle y adicionar celulosa (C) o nanofibras de celulosa (NC) y polivinil alcohol

(PVOH) para elaborar biopelículas y evaluar el efecto sobre las propiedades mecánicas, térmicas y estructurales.

Metodología

Materiales

Para la obtención el almidón se utilizó el tubérculo del chayote o chayotextle (*Sechium edule Sw.*), el cual fue adquirido en la región de Tulancingo de Bravo en el Estado de Hidalgo. La celulosa de algodón (tamaño de partícula de 20 μm y el polivinil alcohol fueron adquiridos en Sigma(Sigma-Aldrich, Irlanda).

Aislamiento del almidón

El almidón se obtuvo utilizando la metodología propuesta por Flores-Gorosquera y col. [2004]. Se trabajó con una cantidad de 10 kg de chayotextle el cual fue lavado, cortado con dimensiones aproximadas de 2cm x 2cm y posteriormente se realizó una molienda en una licuadora tipo industrial durante 4 minutos a velocidad máxima, en lotes de 3.6 Kg de fruto con 6 litros de agua destilada. La solución resultante se sometió a un tamizado empleando mallas (Lab. Test Sieve) No. 40 (425 μm), No. 100 (250 μm), No. 200(75 μm) y No. 325 (45 μm) en cada malla el residuo fue lavado con agua destilada hasta que el líquido de salida no presentara rastros de almidón. Se dejó reposar la mezcla, se eliminó el sobrenadante y los sólidos fueron secados en un horno de convección (SHEL LAB, modelo 11380FX) a 40 °C durante 24 h. El almidón seco fue molido (Molino Micro MillSciencewareGrinding Mills modelo H37252) durante 1 minuto y se pasó a través de una malla No. 100 (250 μm), el polvo obtenido fue almacenado libre de humedad hasta su uso posterior.

Obtención de nanofibras de celulosa

Las nanofibras de celulosa se obtuvieron de acuerdo al método reportado por Moran y col. [2008].

Preparación de las biopelículas en mezcla con polivinil alcohol (PVOH), celulosa (C) o nanofibras de celulosa (NC)

Se formó una dispersión mezclando 4 gramos de almidón de chayotextle, 1.6 gramos de glicerol, 110 ml de agua y diferentes concentraciones de celulosa o nanofibras de celulosa y tres concentraciones de polivinil alcohol de acuerdo a la formulación del Cuadro 1. Previamente se mezclaron 70 ml de agua destilada con la concentración correspondiente de polivinil alcohol la cual se agitó a 250 rpm a una temperatura de 70 °C; mientras que la mezcla de celulosa o nanofibras de celulosa se homogenizó con un homogenizador (Tissue@TearorSystem modelo 985370-395) a 11,000 rpm durante 5 minutos a una temperatura ambiente, y posteriormente se agitaron a 125 rpm hasta alcanzar una temperatura de 90 °C, y manteniéndose en agitación por 10 minutos. La solución obtenida posteriormente se centrifugó a 1000 rpm durante 2 minutos a 25 °C para eliminar las burbujas de aire, posteriormente se utilizó el método de vertido en caja y se colocaron en un horno de convección (SHEL LAB modelo 1380FX) para su secado durante 24 horas a una temperatura de 45°C, concluido el tiempo estas se desprendieron de los moldes y se colocaron en un desecador con una humedad relativa de 57% HR a una temperatura de 25°C.

Propiedades mecánicas de las películas

Se realizaron de acuerdo con el estándar ASTM-882-95a en un Texturómetro Ta-HDi (Stable Micro System, Texture Analyser) usando una celda de carga de 50kg, una separación entre las pinzas de 5 cm y una velocidad de deformación de 24 mm/min.

Morfología de las películas

Para determinar la morfología de biopelículas se utilizó el método reportado por Teixeira y col. [2009].

Calorimetría diferencial de barrido (CDB)

Los estudios térmicos se realizaron por las técnicas propuestas por Teixeira y col. [2009].

Cuadro 1. Composición de las películas de almidón de chayotextle/polivinil alcohol (PVOH)/ celulosa (C)/nanofibras de celulosa (NC)/ glicerol (% p/p).

	Almidón	PVOH	C	NC	Glicerol	
Almidón	4				1.6	
PVOH	4	1.5			1.6	
0.5PVOH +	0.8C	4	0.5	0.8	1.6	
	1.2C	4	0.5	1.2	1.6	
	0.8NC	4	0.5		0.8	1.6
	1.2NC	4	0.5		1.2	1.6
1.0 PVOH +	0.8C	4	1.0	0.8	1.6	
	1.2C	4	1.0	1.2	1.6	
	0.8NC	4	1.0		0.8	1.6
	1.2NC	4	1.0		1.2	1.6
1.5 PVOH +	0.8C	4	1.5	0.8	1.6	
	1.2C	4	1.5	1.2	1.6	
	0.8NC	4	1.5		0.8	1.6
	1.2NC	4	1.5		1.2	1.6

Resultados y discusión

Propiedades mecánicas de las películas

Los resultados de esfuerzo máximo a la fractura, elongación al rompimiento y módulo de Young, se presentan en el Cuadro 2 en donde se puede observar el efecto de la concentración de PVOH en las mezclas de películas con C o NC. Al comparar la película de almidón (control) con las películas adicionadas con C o NC, se observó una diferencia significativa en las tres propiedades mecánicas estudiadas. Cuando se analizó la comparación entre las diferentes concentraciones de PVOH (0.5, 1.0 y 1.5%) se observó que conforme se aumentaba la concentración de este, provocaba un incremento en el módulo de Young, esfuerzo máximo a la fractura y elongación, en ambos tipos de película, adicionadas con C o NC.

Existen estudios que mencionan que este tipo de mezclas y el incremento de PVOH genera rigidez molecular, lo que se traduce en una mayor pendiente de la zona elástica disminuyendo la capacidad de elongación e incrementando la resistencia a la deformación [Gallanty y col., 1997]. Otros reportes mencionan que el PVOH y la amilosa logran un entrecruzamiento de sus moléculas lineales, utilizando los grupos hidroxilo ubicados a los lados de las cadenas para formar puentes de hidrógeno, así como la formación aleatoria de grupos alcoxi entre los grupos hidroxilo del polivinil alcohol y las unidades monoméricas de la amilosa lo que confiere buenas propiedades de resistencia [Arroyos, 2008; León 2011; Tang y Alavi, 2011].

En este mismo sentido se estudió el efecto de la concentración de C contra NC a la misma concentración de PVOH; dicho comportamiento puede ser observado en la tabla 2. Las películas que contenían C a la misma concentración (0.8 %y 1.2%) presentaron valores mayores en el módulo de Young que las películas que contenían NC para las 3 concentraciones de PVOH aquí estudiadas. Para el esfuerzo máximo a la fractura en los resultados obtenidos mostraron ligera reducción en las películas que contenían NC. Sin embargo en el % de elongación las películas que contenían NC fueron hasta un 35 % en promedio más elongables. El incremento en el módulo de Young pudo ser debido al tamaño de C, el cual es mayor (20 μm) que NC (aprox. 10 nm) dando un efecto de agarre mecánico é impartiendo una mayor dureza a la película (Thakore y col. 2001). El comportamiento de mayor elongación en las películas que contenían CN, puede ser debido a lo reportado por Thakore y col. (2001), quienes mencionan que el tamaño de la partícula juega un papel muy importante en las propiedades mecánicas, ya que a menor tamaño una mejor distribución en la matriz polimérica, como se puede observar en los estudios de microscopía electrónica de barrido (ver imágenes).

Al terminar esta prueba se eligieron las películas que presentaban mejores propiedades mecánicas debido a la adición del PVOH; por lo que se eligieron las películas con un contenido de 1.5 PVOH para realizar las pruebas restantes.

Cuadro 2. Efecto del polivinil alcohol (PVOH) en las propiedades mecánicas de las películas de almidón de chayotextle en mezcla con celulosa (C)/nanofibras de celulosa (NC)/ glicerol (% p/p).

Concentración	Muestra	Módulo de Young (MPa)	Esfuerzo máximo a la fractura (MPa)	Elongación (%)
	Almidón (control)	14.35 ± 1.337 ^a	2.78 ± 0.065 ^a	79.76 ± 2.56 ^c
0.8% C	0.5 PVOH	81.41 ± 9.42 ^b	5.76 ± 0.891 ^b	28.07 ± 5.309 ^a
	1.0 PVOH	94.51 ± 5.02 ^c	5.99 ± 0.356 ^b	29.61 ± 1.507 ^a
	1.5 PVOH	90.11 ± 5.84 ^{b,c}	7.27 ± 0.347 ^c	42.25 ± 4.189 ^b
1.2 % C	0.5 PVOH	61.53 ± 6.66 ^b	5.08 ± 0.21 ^b	24.37 ± 1.95 ^a
	1.0 PVOH	92.64 ± 8.16 ^c	6.70 ± 0.16 ^c	36.53 ± 2.70 ^b
	1.5 PVOH	198.93 ± 19.22 ^d	11.98 ± 0.06 ^d	29.00 ± 3.05 ^a
0.8% NC	0.5 PVOH	16.22 ± 2.02 ^a	5.43 ± 0.48 ^b	35.48 ± 5.27 ^a
	1.0 PVOH	71.38 ± 11.04 ^b	6.55 ± 0.72 ^{b,c}	32.80 ± 3.24 ^a
	1.5 PVOH	82.38 ± 4.3 ^b	6.77 ± 0.44 ^c	49.47 ± 5.84 ^b
1.2 % NC	0.5 PVOH	48.47 ± 7.53 ^b	3.09 ± 0.18 ^b	54.96 ± 6.79 ^a
	1.0 PVOH	43.39 ± 2.66 ^b	4.96 ± 0.29 ^c	86.48 ± 5.04 ^b
	1.5 PVOH	66.21 ± 3.71 ^c	8.13 ± 0.365 ^d	82.24 ± 11.47 ^b

Media de 8 réplicas ± desviación estándar. Valores en la misma columna y con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Caracterización morfológica de las películas

Fueron estudiadas las películas control de almidón de chayotextle (Fig. 1A) y de PVOH (Fig. 1B), con el fin de comparar el efecto al mezclar estos dos polímeros y adicionarles C y CN como agentes de refuerzos. Las micrografías mostraron que las películas elaboradas a base de almidón presentaron una estructura interna más rugosa comparada con la del PVOH. Las películas que ya contenían la mezcla de estos dos polímeros mas la C (Fig. 1C y 1D) mostraron una estructura interna más rugosa y con pequeñas cavidades que fueron ocasionadas por la adición de la C. por otro lado, las películas que contenían NC, mostraron también el mismo patrón que las películas adicionadas con C, pero la estructura que presentaron fue mas homogénea, lo que pudo repercutir en las propiedades mecánicas. En ambos tipos de películas fue observada una superficie menos homogénea a medida que se incrementaba la concentración de C o CN en la matriz.

Fue también observado que al mezclar el PVOH con el almidón para la elaboración de la película esta presentó una estructura menos rugosa que la de puro almidón, esto puede ser debido a la adición de PVOH impide la formación de fracturas en la superficie, indicando una alta compatibilidad entre el almidón y el PVOH. El almidón y el PVOH, son sustancias polares con grupos hidroxilo (-OH) en su estructura química, estos grupos altamente polares tienden a formar enlaces de hidrógeno inter e intramoleculares, los cuales mejoran la integridad de las películas (Mao y col., 2000).

Parámetros térmicos de las películas

Las propiedades térmicas de las películas almidón/PVOH/C o NC se presentan en el Cuadro 3 y en la Figura 2 se presenta el termograma de la película almidón/1.5 PVOH/1.2NC. Para la película de almidón (control) se observa un pico de transición cristalina a 157 °C y para el PVOH a 133 °C. En las películas adicionadas con C se observó un incremento en la temperatura pico de fusión en comparación con las adicionadas con NC. De igual manera, la concentración de C o influyó en la temperatura de fusión ya que a mayor concentración en la matriz polimérica de la película almidón/PVOH la temperatura incrementó. Varios autores atribuyen este pico endotérmico a la superposición de diferentes procesos, como la evaporación del agua, fusión y recristalización de los cristales [Patil y col., 2000; Langmaier y col., 2008]. Estudios realizados por Kaushik y col. [2010], explican que este comportamiento es debido a que se incrementa la concentración de C o NC lo que provoca un aumento en la cristalinidad de la película incrementando la temperatura pico de fusión.

Por otro lado, Chang y col., [2010], reportan este mismo comportamiento el cual es debido a un incremento en la estabilidad térmica impartida por la adición de celulosa nanopartículas.

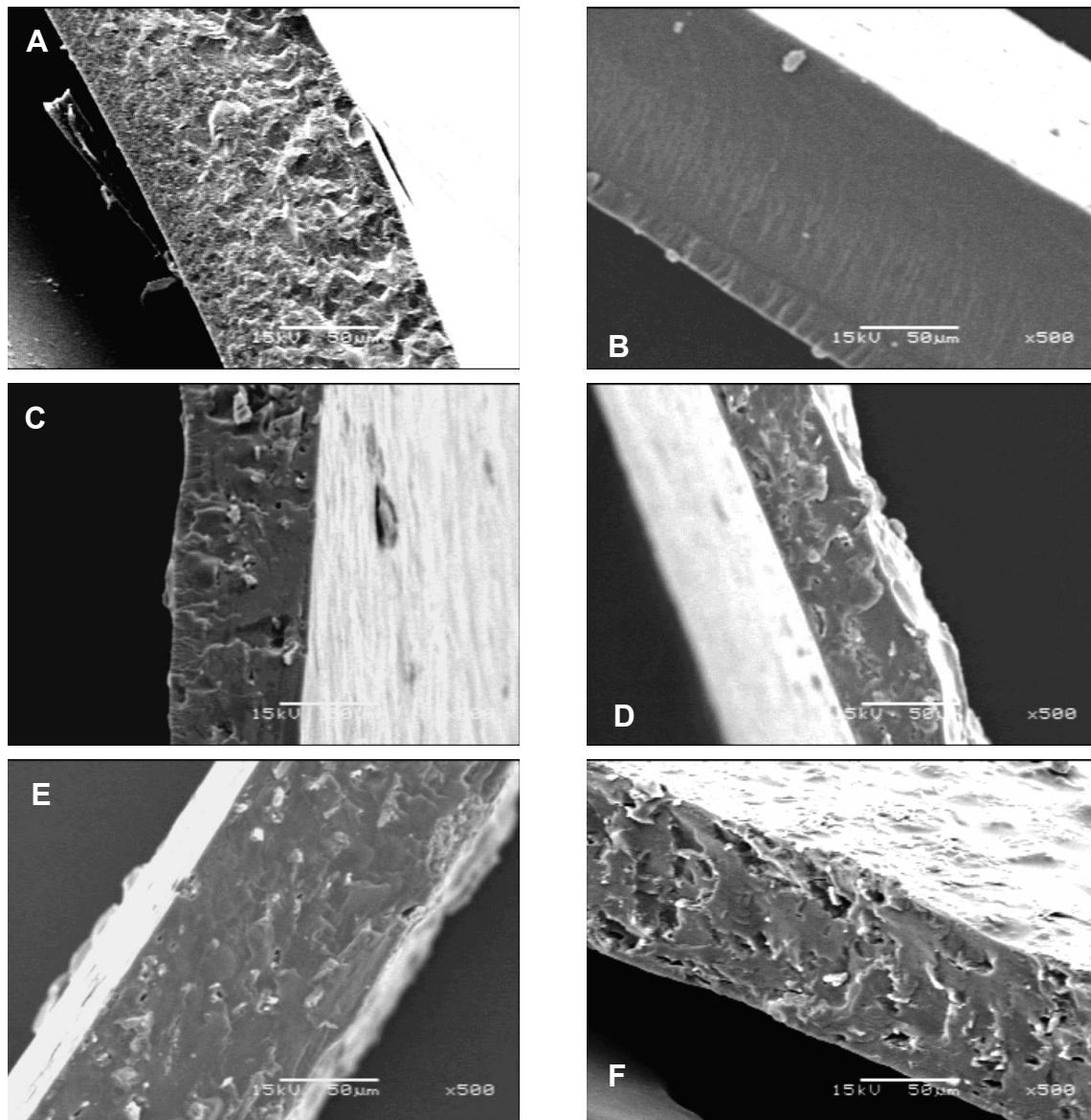


Figura 1. Micrografías de la sección transversal obtenidas por microscopía electrónica de barrido de las películas elaboradas con (A) almidón; (B) polivinil alcohol (PVOH); (C) 1.5 % PVOH/ almidón/0.8 % celulosa; (D) 1.5 % PVOH/ almidón/1.2 % celulosa; (E) 1.5 % PVOH/almidón/ 0.8% nanofibras de celulosa y (F) 1.5 % PVOH/ almidón/1.2 % nanofibras de celulosa

El comportamiento de la entalpía de fusión (ΔH) presenta un comportamiento inverso a la temperatura de fusión, ya que se observó una disminución en los valores con el incremento en la concentración de C o NC. Estudios realizados por Kaushik y col., [2010], reportan una disminución en la entalpía de fusión conforme incrementaban la concentración de nanofibras de celulosa en mezclas con almidón. Un comportamiento similar fue mostrado en este proyecto de investigación. Esta disminución del calor de fusión es atribuida al bajo contenido de celulosa o nanofibras de celulosa, generando una buena dispersión en la matriz polimérica del almidón. Por otro lado, Kaushik y col., [2010], reportan que un incremento en el contenido de nanofibras en una película genera una difícil adhesión interfacial entre las cadenas, provocando una disminución en la velocidad de cristalización en películas.

Cuadro 3. Efecto de la concentración de polivinil alcohol, celulosa o nanofibras de celulosa sobre la temperatura pico de fusión y la entalpia de fusión en películas a base de almidón de chayotextle.

Muestra	Tfp °C	ΔH (J/g)
1.5% PVOH	0.8 C	137.5
	1.2 C	174.78
	0.8 NC	133.36
	1.2 NC	153.42
Almidón	157.48	10.18
PVOH	133.64	1.25

Media de 3 réplicas ± desviación estándar.

C: celulosa

NC: nanofibras de celulosa

PVOH: polivinil alcohol

Tfp: Temperatura pico de fusión

ΔH: Entalpia de fusión

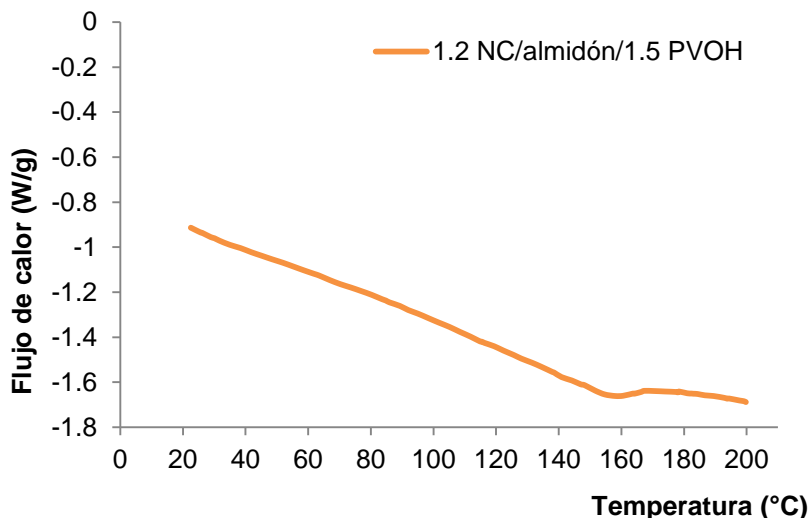


Figura 2. Termograma obtenido por calorimetría diferencial de barrido de película de almidón de chayotextle, efecto de la nanofibras de celulosa (NC) y polivinil alcohol (PVOH).

Trabajo a futuro

La elaboración de estas películas tienen amplia utilización en la industria alimentaria, uno de los objetivos de este proyecto es que sean utilizadas como bolsas de empaques de algunas frutas u hortalizas y medir los cambios de estas para ver el efecto que tiene el empaque biodegradable sobre el producto empacado.

Conclusiones

- Las películas elaboradas a partir de almidón del tubérculo de chayotextle adicionadas con polivinil alcohol, celulosa o nanofibras de celulosa mostraron una mejora en las propiedades evaluadas.
- Las películas que contenían nanofibras de celulosa presentaron una estructura interna más homogénea que las otras películas lo cual se debe a su tamaño nanométrico.
- Con la adición de PVOH se mejoraron las propiedades mecánicas en comparación con la película de almidón.
- Los estudios de calorimetría diferencial de barrido mostraron que a mayor concentración de celulosa o nanofibras de celulosa presentaron una mayor estabilidad térmica en las películas.

Agradecimientos

Agradecemos a CONACYT (Proyecto 167500), por el apoyo financiero recibido para la realización de este trabajo.

Referencias

1. Kumar, R.; Choudhary, V.; Mishra, S.; Varma, I. and Mattiason, B. (2002). Adhesives and plastics based on soy protein products. *Ind. Crop. Prod.* **(16)** 155-172.
2. León M. H. B. (2011). Caracterización térmica, morfológica y determinación de las propiedades de Resistencia a la tensión de mezclas de polivinil alcohol (PVOH) y almidón yuca. Tesis de maestría. Universidad nacional de Colombia. Colombia, Bogotá.
3. Segura, D.; Noguez, R. y Espín E-G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología.* **(14)** 361-372.
4. Mali, S.; Grossmann, M-V.; García, M-A.; Martino, M-N., and Zaritzky, N-E. (2002). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydr. Polym.* **(4)** 379–386.
5. Flores-Gorosquera E.; García-Suárez, F- J.; Flores-Huicochea, E.; Núñez-Santiago, M-C.; González-Soto, R- A. y Bello-Pérez, L- A. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Cient. Venez.* **(55)** 86- 90.
6. Morán, J-I.; Álvarez, V-A.; Cyras, V-P.; and Vázquez, A. (2008). Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose.* **(15)** 149–159.
7. Teixeira, E-M.; Pasquini, D.; Cúvelo, A. A-S.; Corradini, E.; Belgacem, N-M.; and Dufresne, A. (2009). Cassava bagasse cellulose nanofibrils reinforced thermoplastic cassava starch. *Carbohydr. Polym.* **(78)** 422-431.
8. Gallant, D-J.; Bouchet, B.; and Baldwin, P-M. (1997). Microscopy of starch: Evidence of a new level of granule organization. *Carbohydr. Polym.* **(32)** 177-191.
9. Arroyos, R-K. (2008). Biocompositos de almidón termoplásticos con microfibras de celulosa. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Altamira, Tamaulipas.
10. León, M. H-B. (2011). Caracterización térmica, morfológica y determinación de las propiedades de Resistencia a la tensión de mezclas de polivinil alcohol (PVOH) y almidón yuca. Tesis de maestría. Universidad nacional de Colombia. Colombia, Bogotá.
11. Tang, X.; and Alavi, S. (2011). Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. *Carbohydr. Polym.* **(85)** 7-16.
12. Thakore, I- M.; Desai, S.; Sarawade, B-D.; and Devi, S. (2001). Studies on biodegradability, morphology and thermomechanical properties of LDPE/modified starch blends. *Eur. Polym. J.* **(37)** 151–160.
13. Mao, L-J.; Imam, S.; Gordon, S.; Cinelli, P.; and Chiellini, E. (2000). Extruded cornstarch glycerol-polyvinyl alcohol blends: Mechanical properties, morphology and biodegradability. *J. Polym. Environ.* **(8)** 205-211
14. Patil, R-D.; Dalev, P-G.; Mark, J-E.; Vassileva, E.; and Fakirov, S-J. (2000). Biodegradation of chemically modified gelatin films in lake and river waters. *Appl. Polym. Sci.* **(76)** 29–37.
15. Langmaier, F.; Mladek, M.; Mokrejs, P.; and Kolomaznik, K. (2008). Biodegradable packing materials based on waste collagen hydrolysate cured with dialdehyde starch. *J Therm Anal Calorim.* **(93)** 547–52.
16. Kaushik, A.; Singh, M.; and Verma, G. (2010). Green nanocomposites based on thermoplastic starch and steam exploded cellulose nanofibrils from wheat Straw. *Carbohydr. Polym.* **(82)** 337-345.
17. Chang, P-R.; Jian, R.; Zheng, P.; Yu, J.; and Ma, X. (2010). Preparation and properties of glycerol plasticized-starch (GPS)/cellulose nanoparticle (CN) composites. *Carbohydr. Polym.* **(79)** 301–305.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Uso de Técnicas de Diseño Central Compuesto para Minimizar el Área de Intercambio de Calor de un Tubo y Coraza

J. M. Medina Flores^{1*}, M. Acosta Flores¹, B. Ruiz Camacho¹
R. Alvarado Almanza², J. A. Jiménez García²

¹Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte s/n
comunidad Juan Alonso, C.P. 38483, Cortázar, Gto., México

²Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte s/n
comunidad Juan Alonso, C.P. 38483, Cortázar, Gto., México

*jmedina@upgto.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se hace uso de un diseño de experimentos central compuesto para minimizar el área de transferencia de calor en el diseño térmico de un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza. Este trabajo está basado y es continuación de la evaluación efectuada por Medina y col., 2013, donde se considera en el proceso de optimización cinco factores, los cuales son: tipo de cabezal, arreglo de tubos, número de pasos, largo de los tubos y corte de baffle, cada uno con dos niveles de evaluación y obteniéndose una reducción del 26.33% en el área con respecto del diseño tomado de la literatura abierta. Los anteriores resultados permiten visualizar que tanto el tipo de cabezal como el arreglo de tubos no son estadísticamente significativos para el diseño del intercambiador mientras que los restantes afectan significativamente a la característica de calidad, es decir, al área de transferencia de calor. Basados en esos resultados, se efectúa un análisis de los efectos de largo de los tubos y corte de baffle, los cuales son los que presentan una mayor influencia. Esta metodología permitió obtener una reducción del 38.21% en el área con respecto del diseño tomado de la literatura abierta

Palabras clave: Intercambiadores de Calor, Diseño de Experimentos, Optimización, Simulación.

Abstract

This work makes use of a central composite design of experiments to minimize heat transfer area in the thermal design of a heat exchanger shell and tube type. This work is based on the evaluation developed by Medina et. al., 2013, where were considered five factors to be optimized, which are: head type, tube arrangements, tube-side passes, length of tubes and baffle cut, each one with two levels of analysis, getting an area reduction of 26.33%, based on the methodology applied to a problem of thermal design of a heat exchanger taken from the open literature, the results show that both the type of head as the tube arrangements are not statistically significant for the design of the heat exchanger while the rest of the factors have a significantly statistically effect on the quality characteristic, that is, on the heat transfer area. Based on these results, a statistical analysis, using a central composite design of experiments, was developed considering two main effects: length of tubes and baffle cut. A reduction in the heat transfer area of the 38.21% was got regarding the design taken from the open literature.

Introducción

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, uno frío y otro caliente. El tipo de intercambiador más común en la industria es el de tubo y coraza, este tipo de intercambiador consiste en un haz de tubos, por donde se hace pasar una corriente de intercambio, los cuales se introducen dentro de una coraza en cuyo interior se hace circular la otra corriente de intercambio de calor. Las partes esenciales de este tipo de intercambiador son: la coraza equipada con una entrada y una salida, dos cabezales y los baffles sujetos a la coraza para sostener el haz de tubos como se muestra en la Figura 1.

Debido a que es un dispositivo esencial en la industria de procesos, este tipo de intercambiador se encuentra en constante investigación para tratar de reducir el costo de su manufactura. Uno de los principales parámetros que afectan el costo es el área de transferencia de calor y a lo largo de la historia se han llevado a cabo esfuerzos

para tratar de minimizar esta variable satisfaciendo el requerimiento de intercambio de calor establecido por el proceso. En la literatura abierta, existen procedimientos basados en relaciones heurísticas y de conceptos termodinámicos que minimizan el área de transferencia de calor [Guo y col., 2009; Jegede y Polley, 1992; Polley y col., 1991; Sahin y col., 2010; Serna y Jiménez, 2004], así como procedimientos matemáticos basados en lenguajes de programación matemática como son: algoritmos genéticos, programación mixta entera no lineal, estrategias de evolución diferencial, “*Jumping Gene*”, “*Particle Swarn*”, análisis de sensibilidad global y algoritmo de búsqueda armónica, “*Constructal Theory*”, entre otros [Agarwal y Gupta, 2008; Babu y Munawar, 2007; Caputo y col., 2008; Costa y Queiroz, 2007; Fesanghary y col., 2009; Patel y Rao, 2010; Ponce-Ortega y col., 2009; Ravagnani, y Caballero, 2007; Sanaye y Hajabdollahi, 2010; Selbas y col., 2006; Vahdat y Amidpour, 2011].

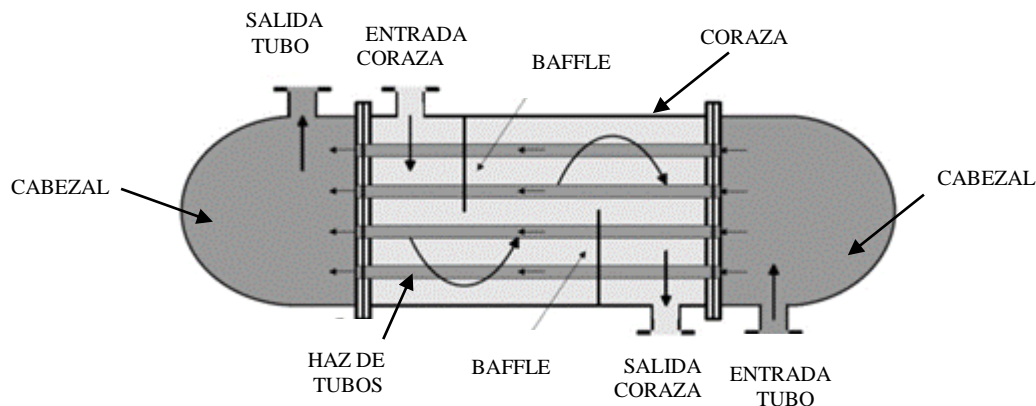


Figura 1. Intercambiador de Calor del Tipo Tubo y Coraza.

En este trabajo se hace uso de una herramienta estadística conocida como diseño de experimentos central compuesto de Box Wilson, el cual conduce a la optimización (minimizar) del área de transferencia de calor de un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza. Los diferentes experimentos se llevan a cabo utilizando un modelo de diseño termo-hidráulico basado en el método de Bell-Delaware, el cual se implementa en el Software “*Engineering Equation Solver*” (EES®). Se selecciona un caso de estudio de la literatura abierta como base para los diferentes dimensionamientos del intercambiador y se compara el resultado de la optimización obteniéndose un área de transferencia de calor menor a la del caso de estudio.

Metodología

Para llevar a cabo el diseño de experimentos central compuesto se consideraron, en una primera etapa, los resultados del trabajo desarrollado por Medina y col., (2013), donde se consideran cinco factores y dos niveles de experimentación, lo cuales son: Tipo de Cabezal, Arreglo de Tubos, Número de Pasos, Largo de los Tubos y Corte de Baffle, siendo la variable de respuesta el Área de Intercambio de Calor. Se utilizaron los arreglos ortogonales de Taguchi con el fin de observar la influencia de los factores sobre la variable de respuesta. En una segunda etapa, una vez identificados los factores principales de influencia con la metodología de Taguchi, se procede a trabajar con efectos cruzados o de interacción entre factores, los cuales pueden llegar a ser tan importantes como los principales. Los factores de interacción miden una de las posibles faltas de ajuste del modelo lineal. Se pretende definir comportamientos no lineales de tipo cuadrático a través del desarrollo de experimentos en el centro del diseño, los cuales permiten medir el grado de curvatura en la región experimental.

Para el caso de dos factores de influencia, la diferencia de la media de resultados en las esquinas con la media de los resultados en el centro, permite definir una estimación de la suma de los coeficientes de regresión cuadráticos. Detectada la influencia cuadrática, se procede al desarrollo de diseños centrales compuestos, los cuales fueron propuestos por Box y Wilson (1951) y que permiten estimar modelos cuadráticos a través del desarrollo de $2k$ experimentos adicionales sobre puntos axiales $(+\alpha, 0)$ y $(0, +\alpha)$ a lo largo de los ejes coordenados de los niveles codificados, en este trabajo se considera $\alpha = 2^{1/2}$. Para nuestro caso de 2 factores

resultan 9 experimentos: 4 en las esquinas: (-1, -1), (-1, +1), (+1, -1) y (+1, +1), 4 axiales: (- α , 0), (α , 0), (0, - α) y (0, α), y 1 central: (0, 0).

La codificación de factores se efectúa para eliminar efectos de escala y que eviten comparar los efectos de una manera directa no apropiada en los resultados esperados. La codificación se hace de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$X_k = (\epsilon_k - ((\epsilon_{k+} + \epsilon_{k-}) / 2)) / (\epsilon_{k+} - \epsilon_{k-}) / 2 \quad (1)$$

donde: X_k = variable codificada, ϵ_k = variable original o decodificada, ϵ_{k+} = valor superior de variable original o decodificada, ϵ_{k-} = valor inferior de variable original o decodificada.

El valor de la variable original o decodificada se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\epsilon_k = X_k ((\epsilon_{k+} - \epsilon_{k-}) / 2) + (\epsilon_{k+} + \epsilon_{k-}) / 2 \quad (2)$$

La Tabla 1 muestra los dos factores de mayor influencia y sus correspondientes niveles iniciales de experimentación [Mizutani y col., 2003], la Tabla 2 presenta la matriz de experimentación (nueve experimentos) con su respectivo valor de área correspondiente.

Tabla 1. Factores y sus correspondientes niveles iniciales de experimentación.

Factor	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Largo de los Tubos (ϵ_1)	Metros	1.83	4.88
Corte de Baffle (ϵ_2)	Porcentaje	25	45

Tabla 2. Matriz de experimentación inicial con dos factores.

Experimento	ϵ_1	ϵ_2	X1	X2	Área [m ²]
1	1.83	25	-1	-1	271.3
2	1.83	45	-1	+1	391.8
3	4.88	25	+1	-1	148.8
4	4.88	45	+1	+1	188.9
5	3.355	35	0	0	198.8
6	5.512	35	2 ^{1/2}	0	154.3
7	1.198	35	-2 ^{1/2}	0	489.1
8	3.355	49.14	0	2 ^{1/2}	262.6
9	3.355	20.86	0	2 ^{1/2}	173.0

Resultados y discusión

Utilizando el software MINITAB junto con los datos de la Tabla 2 se obtienen los coeficientes correspondientes al modelo cuadrático mostrado en la Tabla 4, la Tabla 3 presenta el análisis de Varianza (ANOVA) donde se aprecia el nivel de influencia de los diferentes términos asociados, principales, cruzados y cuadráticos, con la prueba F, el valor del estadístico p mayor a 0.05 [Montgomery y Runger, 1996], estos valores indican los factores que no tienen o tienen poca influencia significativa en la variable de respuesta desde un punto de vista estadístico; por lo tanto, definiendo los factores que pueden no ser considerados en el modelo predictivo del área de transferencia

del intercambiador de calor. La proporción de la variación total que se observa en el experimento atribuido a cada factor se encuentra en la última columna de la Tabla 3, el efecto lineal es el más significativo contribuyendo con un porcentaje aproximado del 82.29%, le sigue el efecto cuadrático con un porcentaje del 12.90% y por último el efecto de interacción con un porcentaje del 1.476%. La contribución del error es del 3.333%, el cual es mayor comparado con el efecto de interacción lo cual implica la posibilidad de omitir este último efecto sin pérdida significativa en la evaluación del valor óptimo en el área de transferencia. Sin embargo, en la Tabla 4 se observa una menor influencia del término cuadrático de corte de baffle, por lo que puede ser descartado en primera instancia.

Tabla 3. Análisis de Varianza de los diferentes términos del modelo del área de intercambio de calor.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Valor P	C (%)
Regresión	105832	5	21167	17.40	0.020	96.67
Lineal	90095	2	45047	37.04	0.008	82.29
Cuadrática	14122	2	7061	5.81	0.093	12.90
Interacción	1616	1	1616	1.33	0.333	1.476
Error	3649	3	1216	-	-	3.333
Total	109481	8	-	-	-	-

Tabla 4. Coeficientes estimados por regresión del modelo del área de intercambio de calor.

Término	Coefficiente	T	Val. P
Constante	198.80	5.700	0.011
X ₁	-99.86	-8.099	0.004
X ₂	35.91	2.913	0.062
X ₁ X ₁	56.56	2.766	0.070
X ₂ X ₂	4.61	0.226	0.836
X ₁ X ₂	-20.10	-1.153	0.333

En base a los coeficientes estimados por regresión (Tabla 4), el modelo a considerar en la evaluación del óptimo es:

$$Y = 198.80 - 99.86X_1 + 35.91X_2 - 20.10X_1X_2 + 56.56X_1^2 + 4.61X_2^2 \quad (3)$$

Desarrollando las derivadas parciales a partir de la Ecuación (3) e igualando a cero:

$$\partial Y / \partial X_1 = -99.86 - 20.10X_2 + 113.12X_1 = 0 \quad (4)$$

$$\partial Y / \partial X_2 = 35.91 - 20.10X_1 + 9.22X_2 = 0 \quad (5)$$

Resolviendo el sistema de Ecuaciones (4) y (5) para X₁ y X₂ se tiene:

$$\begin{array}{r} 113.12X_1 - 20.10X_2 = 99.86 \quad ; \quad 5.63X_1 - X_2 = 4.97 \\ -20.10X_1 + 9.22X_2 = -35.91 \quad ; \quad -2.18X_1 + X_2 = -3.89 \\ \hline 3.45X_1 = 1.08 \quad ; \quad X_1 = 0.313 \quad ; \quad X_2 = -3.21 \end{array}$$

Los anteriores resultados originan el siguiente valor de área mínima:

$$Y = 198.80 - 99.86(0.313) + 35.91(-3.21) - 20.10(0.313)(-3.21) + 56.56(0.313)^2 + 4.61(-3.21)^2 = 125.5 \text{ m}^2$$

Los valores decodificados correspondientes al área mínima son:

$$\varepsilon_1 = x_1 ((\varepsilon_{1+} - \varepsilon_{1-}) / 2) + (\varepsilon_{1+} + \varepsilon_{1-}) / 2 = 0.313 ((4.88 - 1.83) / 2) + (4.88 + 1.83) / 2 = 3.83 \text{ m}$$

$$\epsilon_2 = X_2 ((\epsilon_{2+} - \epsilon_{2-}) / 2) + (\epsilon_{2+} + \epsilon_{2-}) / 2 = -3.21 ((45 - 25) / 2) + (45 + 25) / 2 = -14.6 \%$$

El resultado del corte de baffle es negativo, lo cual no es posible en términos reales. Debido a lo anterior se sugiere efectuar otro análisis teniendo como punto central el valor mínimo obtenido en el anterior diseño y correspondiente al punto (+1, -1) (4.88, 25) con un área de 148,8 m². En base a este nuevo punto central se establece el siguiente diseño central compuesto (Tablas 5 y 6) tomando como variación un 10% de las variables arriba y abajo:

Tabla 5. Factores y sus correspondientes niveles de experimentación.

Factor	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Largo de los Tubos (ϵ_1)	Metros	4.436	5.368
Corte de Baffle (ϵ_2)	Porcentaje	22.5	27.5

Tabla 6. Matriz de experimentación con dos factores.

Experimento	ϵ_1	ϵ_2	X1	X2	Área [m ²]
1	4.436	22.5	-1	-1	152.6
2	4.436	27.5	-1	+1	158.2
3	5.368	22.5	+1	-1	141
4	5.368	27.5	+1	+1	145.7
5	4.88	25	0	0	148.8
6	5.57	25	2 ^{1/2}	0	141.1
7	4.19	25	-2 ^{1/2}	0	159.4
8	4.88	28.54	0	2 ^{1/2}	152.9
9	4.88	21.46	0	2 ^{1/2}	145.6

El análisis de varianza y la estimación de los coeficientes se presentan en las siguientes Tablas 7 y 8

Tabla 7. Análisis de Varianza de los diferentes términos del modelo del área de intercambio de calor.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Valor P	C (%)
Regresión	367138	5	73428	325.18	0.000	99.82
Lineal	365419	2	182709	809.14	0.000	99.35
Cuadrática	1517	2	758	3.36	0.172	0.41
Interacción	203	1	203	0.90	0.414	0.06
Error	677	3	226	-	-	0.18
Total	367816	8	-	-	-	-

Tabla 8. Coeficientes estimados por regresión del modelo del área de intercambio de calor.

Término	Coefficiente	T	Valor P
Constante	148.80	313.137	0.000
X ₁	-6.25	-37.186	0.000
X ₂	2.58	15.345	0.001
X ₁ X ₁	0.63	2.266	0.108
X ₂ X ₂	0.13	0.471	0.670
X ₁ X ₂	-0.23	-0.947	0.414

En base a los coeficientes estimados por regresión, el modelo a considerar en la evaluación del óptimo es:

$$Y = 148.80 - 6.25X_1 + 2.58X_2 - 0.23X_1X_2 + 0.63X_1^2 + 0.13X_2^2 \quad (6)$$

Desarrollando las derivadas parciales a partir de Ecuación (6) e igualando a cero:

$$\partial Y / \partial X_1 = -6.25 - 0.23X_2 + 1.26X_1 = 0 \quad (7)$$

$$\partial Y / \partial X_2 = 2.58 - 0.23X_1 + 0.26X_2 = 0 \quad (8)$$

Resolviendo el sistema de Ecuaciones (7) y (8) para X₁ y X₂ se tiene:

$$\begin{array}{r} 1.26X_1 - 0.23X_2 = 6.25 \quad ; \quad 5.48X_1 - X_2 = 27.17 \\ \hline -0.23X_1 + 0.26X_2 = -2.58 \quad ; \quad -0.88X_1 + X_2 = -9.92 \\ \hline 4.60X_1 = 17.25 \quad ; \quad X_1 = 3.75; \quad X_2 = -6.62 \end{array}$$

Los anteriores resultados originan el siguiente valor de área mínima:

$$Y = 148.80 - 6.25(3.75) + 2.58(-6.62) - 0.23(3.75)(-6.62) + 0.63(3.75)^2 + 0.13(-6.62)^2 = 128.5 \text{ m}^2$$

Los valores decodificados correspondientes al área mínima son:

$$\varepsilon_1 = X_1 ((\varepsilon_{1+} - \varepsilon_{1-}) / 2) + (\varepsilon_{1+} + \varepsilon_{1-}) / 2 = 3.75 ((5.368 - 4.436) / 2) + (5.368 + 4.436) / 2 = 6.65 \text{ m}$$

$$\varepsilon_2 = X_2 ((\varepsilon_{2+} - \varepsilon_{2-}) / 2) + (\varepsilon_{2+} + \varepsilon_{2-}) / 2 = -6.62 ((27.5 - 22.5) / 2) + (27.5 + 22.5) / 2 = 8.45 \%$$

Estos resultados permiten definir condiciones factibles y reales, lo cual se confirma con la evaluación del área correspondiente. Se realiza un experimento de confirmación con los valores de los niveles seleccionados para verificar que se tiene un mejor diseño que el original, el resultado del experimento es un área de 124.8 m². Se aprecia que existe una reducción en el área de intercambio de calor y por consecuencia en el costo de fabricación del intercambiador de calor de tubo y coraza.

Tabla 9. Resultados del experimento de confirmación para minimizar el área de transferencia de calor.

	Condiciones actuales del diseño del Intercambiador (Mizutani y col., 2003)	Resultado de la optimización utilizando arreglos ortogonales de Taguchi (corrida de confirmación con el modelo implementado en EES) (Medina y col., 2013)	Resultado de la optimización utilizando Diseño de Experimentos Central Compuesto (corrida de confirmación con el modelo implementado en EES)
Nivel	U1V1W1X2Z1	U1V2W2X2Z1	U1V2W2X2Z1
Área [m ²]	202	148.8	124.8
Costo del Intercambiador considerando únicamente el área de transferencia de calor $Costo\ Area = 123A^{0.59}$ [\$/año]	2826	2353	2121

Trabajo a futuro

La principal limitación se encuentra en el Número de Reynolds de lado de los tubos debido a que valores por debajo de 2300 el flujo se considera laminar y afecta significativamente al área de transferencia de calor. El trabajo puede ser extendido para considerar la caída de presión del lado de los tubos y la coraza debido a que es el otro parámetro que afecta fuertemente el costo de un intercambiador de calor.

Conclusiones

La combinación de herramientas estadísticas como son el diseño de experimentos central compuesto en conjunto con la modelación nos demuestra la posibilidad que se tiene de conducir una optimización antes de proceder a la fabricación de un dispositivo. En este trabajo se obtuvo una reducción en el área de transferencia de calor del orden del 38.21% en comparación con el diseño de Mizutani y col., (2003), lo cual implica una reducción en su costo de fabricación. Es importante tomar en cuenta que sólo se analizó el área de transferencia de calor y que debe considerarse evaluar el impacto que se tiene en la caída de presión tanto en los tubos como en la coraza, los cuales también afectan el costo del intercambiador.

Referencias

1. Agarwal, A., Gupta, A., K., *Jumping gene adaptations of NSGA-II and their use in the multi-objective optimal design of shell and tube heat exchangers* (2008), Chemical Engineering Research and Design, **(86)** 123-139.
2. Babu, B., V., Munawar, S., A., *Differential evolution strategies for optimal design of shell-and-tube heat exchangers* (2007), Chemical Engineering Science, **(62)** 3720-3739.
3. Caputo, A., C., Pelagagge, P., M., Salini, P., *Heat exchanger design base on economic optimization* (2008), Applied Thermal Engineering, **(28)** 1151-1159.
4. Costa, A., L., H., Queiroz, E., M., *Design optimization of Shell-and-tube heat exchangers* (2008), Applied Thermal Engineering, **(28)** 1798-1805.
5. Fesanghary, M., Damangir, E., Soleimani, I., *Design Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers using Global Sensitivity Analysis and Harmony Search Algorithm* (2009), Applied Thermal Engineering, **(29)** 1026-1031.
6. Guo, J., Cheng, L., Xu, M., *Optimization Design of Shell-and-Tube Heat Exchanger by Entropy Generation Minimization and Genetic Algorithm* (2009), Applied Thermal Engineering, **(29)** 2954-2960.
7. Jegede, F., O., and Polley, G., T., *Optimum Heat Exchanger Design* (1992), Trans IChemE, **(70)**, Part A 133-141.

8. Medina-Flores, J., M., Ruiz-Camacho, B., Jiménez-García, J., A., Pacheco-Ibarra, J., J., *Optimización del Área de Intercambio de Calor de un Intercambiador del Tipo Tubo y Coraza Utilizando Arreglos Ortogonales de Taguchi*, (2013), Congreso de Investigación Academia Journals, aceptado para su publicación.
9. Mizutani, F., T., Pessoa, F., L., P., Queiroz, E., M., Hauan, S., Grossmann, E., *Mathematical Programming Model for Heat-Exchanger Network Synthesis Including Detailed Heat Exchanger Designs. 1. Shell and Tube Heat Exchangers Design* (2003). Ind. Eng. Chem. Res., **(42)** 4009-4018.
10. Montgomery, D., C., Runger, G. C., *Probabilidad y Estadística* (1996), Primera Edición, McGraw-Hill.
11. Patel, V., K., Rao, R., V., *Design Optimization of Shell and Tube Heat Exchanger Using Particle Swarm Optimization Technique* (2010), Applied Thermal Engineering, **(30)** 1417-1425.
12. Polley, G., T., Panjeh Shahi, M., H., Picón Núñez, M., *Rapid Design Algorithms for Shell-and-Tube and Compact Heat Exchangers* (1991), Trans IChemE, **(69)** Part A 435-444.
13. Ponce-Ortega, J., M., Serna-Gonzalez, M., Jimenez-Gutierrez, A., *Use of Genetic Algorithms for the Optimal Design of Shell and Tube Heat Exchangers* (2009), Applied Thermal Engineering, **(29)** 203-209.
14. Ravagnani, M., A., S., Caballero, J., A., *A MINLP Model for the Rigorous Design of Shell and Tube Heat Exchangers using the TEMA Standards* (2007), Institution of Chemical Engineers, **(85)** 1423-1435.
15. Sahin, B., Ust, Y., Teke, I., Erdem, H., H., *Performance Analysis and Optimization of Heat Exchangers: A New Thermo-economic Approach* (2010), Applied Thermal Engineering, **(30)** 104-109.
16. Sanaye, S., Hajabdollahi, H., *Multi-Objective Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers* (2010), Applied Thermal Engineering, **(30)** 1937-1945.
17. Selbas, R., Kizilkan, Ö., Reppich, M., *A New Design Approach for Shell and Tube Heat Exchangers Using Genetic Algorithms from Economic Point of View* (2006), Chemical Engineering and Processing, **(45)** 268-275.
18. Serna, M., Jiménez, A., *An Efficient Method for the Design of Shell and Tube Heat Exchangers* (2004), Heat Transfer Engineering, **(25)** 5-16.
19. Vahdat, Azad, A., Amidpour, M., *Economic Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers Based on Constructal Theory* (2011), Energy, **(36)** 1087-1096.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Películas formuladas con gelatina, almidón y plastificante

L. J. Castañón-Bermúdez¹; J. Solorza-Feria¹, J. R. Rendón-Villalobos^{1*}, E. Flores-Huicochea¹,
J. Sánchez-Muñoz¹

¹ Instituto Politécnico Nacional- CEPROBI, Calle Ceprobi # 8, Col. San Isidro. CP 62731,
Yautepec, Morelos, México.

*rrendon@ipn.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Almidón nativo de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) se oxidó para elaborar películas adicionando tanto gelatina y plastificante (glicerol) con el fin de determinar el efecto del tipo de almidón y la concentración del almidón modificado sobre sus propiedades fisicoquímicas y térmicas. Las películas de almidón nativo presentaron menor porcentaje de solubilidad en comparación con las obtenidas con almidón oxidado. La permeabilidad en las películas, se vio mejorada conforme aumentó el nivel de la oxidación. En cuanto a las propiedades térmicas, se observó que el tipo de almidón y el nivel de oxidación utilizado para la formulación de las películas tienen un efecto en la temperatura de transición vítrea (T_g) ya que se observó un aumento conforme se vio aumentada la oxidación.

Palabras clave: almidón de plátano, oxidación, transición vítrea

Abstract

Plantain (*Musa paradisiaca* L.) native starch was oxidized to develop films adding plasticizer (glycerol) and gelatin in order to determine the effect of starch type and concentration of modified starch on the thermal and physicochemical properties. The native starch films showed lower solubility than those obtained with oxidized starch. The permeability in the films was improved as increase the level of oxidation. As for thermal properties, it was observed that the type of starch and the level of oxidation used for formulation of the films have an effect in the glass transition temperature (T_g) since an increase was observed as was increased oxidation.

Keywords: plantain starch, oxidized, glass transition.

Introducción

El ser humano como consumidor ha exigido cada vez más alimentos que sean fácilmente transportables, con mayor vida de anaquel y mejor calidad, entre otras. Esto ha fomentado el uso de empaques plásticos obtenidos a partir de sustancias orgánicas procedentes del petróleo, pero debido a su alta resistencia a la degradación, se han convertido en un problema para el medio ambiente. Debido a esto, ha crecido la investigación en el campo de recubrimientos biodegradables y películas comestibles, elaboradas a partir de proteínas, lípidos y polisacáridos que proporcionen adecuada resistencia mecánica y constituyan una barrera a la migración de gases y masa.

Entre la alta gama disponible de compuestos para elaborar películas biodegradables, la gelatina y el almidón son dos biopolímeros que se caracterizan por su alto potencial, ya que su producción es de bajo costo y a gran escala. La gelatina es obtenida por hidrólisis ácida o alcalina del colágeno. El colágeno es la proteína estructural principal de muchos tejidos conectivos como la piel, tendón y hueso. Una propiedad importante de la gelatina es la excelente barrera al oxígeno, dióxido de carbono y algunos aromas; sin embargo, sus propiedades mecánicas son aún limitadas. Por otro lado, el biopolímero del almidón abunda en los alimentos amiláceos (cereales, tubérculos) de los que se puede extraer fácilmente y es el componente biodegradable más económico.

En vista de que las películas elaboradas de un sólo componente presentan desventajas, se ha optado por el uso de mezclas entre dos o más componentes. Una forma de mejorar la deficiencia mecánica de la gelatina fue la adición de un polisacárido como el almidón, ya que películas hechas con carbohidratos presentan buenas propiedades mecánicas. Además, se buscó potencializar esas propiedades con una modificación química del almidón con hipoclorito de sodio, para mejorar el procesamiento ó ampliar su capacidad para formar películas.

La introducción de materiales hidrofóbicos y plastificantes a la matriz polimérica, que en interacción con los dos biopolímeros (gelatina-almidón), tuvo como fin otorgar mayor flexibilidad y elasticidad a la películas, generando materiales con mayor estabilidad, adecuada barrera a la transferencia de gases y propiedades mecánicas y térmicas mejoradas. Con todo lo anterior se plantea el objetivo de elaborar y caracterizar películas comestibles de almidón de plátano macho (*Musa paradisiaca* L), modificado por oxidación con hipoclorito de sodio, incorporado en una base de gelatina en combinación de un plastificante.

Metodología

Materiales

La materia prima que se utilizó en este trabajo fue el biopolímero almidón, proveniente de frutos de plátano macho en estado inmaduro y, la gelatina (Sigma®). Los reactivos usados en el laboratorio fueron: Hipoclorito de sodio (CAS: 7681-52-9); Agua destilada (CAS: 7732-18-5); Ácido sulfúrico (CAS: 7664-93-9); Ácido clorhídrico (CAS: 7647-01-0); clorhidrato de hidroxilamina (CAS: 5470-11-1); Hidróxido de sodio (CAS: 1310-73-2); Agua desionizada (CAS: 7732-18-5); Glicerol (CAS: 56-81-5).

Modificación química del almidón nativo por oxidación con hipoclorito de sodio

El almidón de plátano, fue sometido a una reacción de oxidación con hipoclorito de sodio (NaOCl) a diferentes concentraciones de cloro activo (1% y 2% p/p) empleando la técnica descrita por Wang y Wang [2003].

Se preparó una pasta de almidón al 35% de sólidos, adicionando agua destilada a 150 g de almidón para obtener un peso final de 375 g. La mezcla de almidón y agua se puso en agitación constante, aumentando la temperatura a 35°C y ajustando el pH a 9.5. Se adicionaron 100 mL de NaOCl al 1% de cloro activo (p/v) en un tiempo de 30 min (0.3 mL/min), manteniendo el pH de 9.5. Se dejó reaccionar por 50 min y se redujo el pH a la neutralidad con H₂SO₄ 1N. La mezcla se pasó a un matraz Erlenmeyer de 1L, adicionando agua destilada y se esperó la sedimentación del almidón, para iniciar el proceso de lavado. Una vez precipitado el almidón, se generó una fase acuosa pigmentada que fue desechada por decantación y se adicionó más agua destilada agitando con una espátula, dando tiempo para la sedimentación y eliminado nuevamente la fase acuosa, los lavados se realizaron hasta observar agua cristalina.

Los almidones oxidados se secaron en una estufa a 45°C durante 48 h; después del secado, fueron molidos en un molino mecánico y se tamizaron en malla N° 100 U.S. (0.15mm) para mantener homogéneo el tamaño de partícula.

Determinación de grupos carbonilo y carboxilo

El porcentaje de grupos carbonilo en el almidón oxidado se calculó siguiendo la metodología de Smith [1967] y para los grupos carboxilo se determinó siguiendo la metodología de Chattopadhyay y col. [1997].

Preparación de películas comestibles por el método de casting (Vaciado en placa)

Las películas se prepararon utilizando el método de Mali [2002]. Se preparó una concentración de almidón de plátano (nativo y oxidados) de 4% p/p en base seca, con una concentración de 1g, de glicerol, 1g de almidón y 2g de gelatina, se mezclaron directamente con agua destilada para hacer lotes con un peso total de 100 g.

Las soluciones formadoras de películas fueron transferidas a un vaso de precipitado, donde fueron calentadas y mantenidas a 85°C por 10 min, con agitación (125 rpm) mediante el equipo Agitador Magnético (Civeq® 85-2), las suspensiones gelatinizadas se vaciaron inmediatamente sobre cajas petri estériles de poliestireno (110 x 20 mm). Las suspensiones de solución generadora de película fueron secadas a 65°C en una estufa durante 5 h; pasado este tiempo, se desprendieron las películas de las cajas petri. Las cuales fueron almacenadas a 25 ± 2°C en un desecador, el cual contenía una humedad relativa del 57%, provista por una solución saturada de NaBr.

Determinación del porcentaje de solubilidad en las películas

Se determinó mediante la metodología reportada por Alanís-López [2009]. La cual señala realizar cortes de cada película con las dimensiones de 2 cm x 3 cm y almacenarlas en un desecador carente de humedad, provista por sílica gel durante 7 días. Transcurrido los días de almacenamiento, las muestras fueron pesadas y cada una se colocó en un vaso de precipitado de 100 mL y se agregaron 80 mL de agua desionizada. Las muestras se colocaron en una parrilla con agitación por 1 h a temperatura ambiente (25°C). Una vez pasando el

tiempo de agitación, se retiraron los cortes de películas y se secaron en una estufa a 60°C durante 2 h. El porcentaje de materia soluble (% solubilidad) fue calculado con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{(\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco})}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

Determinación de permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La permeabilidad al vapor de agua de las películas (PVA) se determinó empleando una modificación del método gravimétrico estándar de la ASTM E-96-80 [1989], conocido como el método de la “copa” o “celda de prueba”.

Las muestras circulares de las películas de grosor semejante, se equilibraron previamente en un desecador que proveía una humedad de 57%; posteriormente los cortes circulares se colocaron sobre la parte superior de la celda de prueba. En el interior de la celda se colocó una solución sobresaturada de KNO₃ para generar una humedad relativa constante de 92.5%, cada celda se colocó en un pequeño desecador, el que contenía una solución saturada de NaCl que generó una humedad relativa de 75%. Estas condiciones permitieron generar un gradiente de presión para que el vapor de agua difundiera a través de la película, ocasionando una pérdida de peso en la sal de mayor humedad relativa (interior) durante el tiempo de prueba.

Estos cambios de peso en las celdas se registraron cada hora, hasta el momento en que no se registró cambio en el peso. La ganancia de peso se determinó gravimétricamente cada hora. Después de la prueba de permeación se midió el espesor de la película y la PVA (g m⁻¹ s⁻¹ Pa⁻¹) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$PVA = \left[\frac{VTVA}{S(R1 - R2)} \right] d$$

Donde: VTVA = Velocidad de transmisión de vapor de agua; S = presión de vapor saturado del agua a la temperatura de prueba; R1 es la HR del desecador; R2 la HR de la celda de permeación y *d*, es el espesor de la película (mm).

Temperatura de transición vítrea (T_g)

Se utilizó un equipo marca TA Instruments Modelo 2010 (TA instruments™, New Castel, DE), el cual está controlado por una computadora para realizar el análisis de datos. El equipo se calibró con indio (con punto de fusión de 156.4°C y una entalpía de 6.8 cal/g). Se pesaron entre 5 y 10 mg de la muestra de indio puro en un porta muestra de aluminio anodizado utilizando una micro balanza (modelo AD2Z, Perkin-Elmer Corp™, St Louis, MO USA) con una precisión de ± 0.01 mg, en el equipo se aplicó una velocidad de calentamiento de 10°C/min.

Para la determinación de la temperatura de transición vítrea (T_g), la temperatura de fusión (T_f) y la entalpía de fusión (ΔH) de las películas, se requirió una calibración de la línea base con respecto al nitrógeno líquido, que se utilizó como medio de enfriamiento. Para esta prueba las películas fueron acondicionadas en un desecador prácticamente carente de humedad relativa (HR≈0%) durante 7 días a temperatura de 25 ± 2°C; se utilizaron cortes circulares de las películas de aproximadamente 3 mm de diámetro y con un peso de 2 a 4 mg la cual se colocó en charolas de aluminio anodizado, sellándola herméticamente con la prensa mecánica. Como referencia se utilizó una charola vacía del mismo material.

La muestra se sometió a un programa de calentamiento dos veces; la primera corrida se analizó de -150°C hasta 225°C y la segunda corrida fue en un intervalo de temperatura de -150°C hasta 290°C, ambas con una velocidad de calentamiento de 10°C/min. Se utilizó nitrógeno (50 mL/min) para generar una atmósfera inerte en la celda. La T_g, T_f y la ΔH se obtuvieron por medio de el software TA instruments 2010 versión 2.1.

Resultados y discusión

Determinación de grupos carbonilo y carboxilo

Los contenidos de grupos funcionales están indicados en la tabla 1; éstos presentaron ligeras diferencias y se vio un aumento con el nivel de oxidación, esto se ve favorecido al realizarse la modificación en condiciones alcalinas en comparación con oxidaciones en condiciones ácidas, como por el peróxido de hidrógeno, donde no se llegan a cuantificar los grupos carboxilos.

Tabla 1. Contenido de grupos carbonilo y carboxilo en los almidones oxidados al 1 y 2% de NaOCl¹.

Muestra	Carbonilos (%)	Carboxilos (%)
AOx1%	0.03± 0.05 ^a	0.04±0.04 ^a
AOx2%	0.04± 0.06 ^b	0.08±0.01 ^b

AOx1% = almidón oxidado con concentración de cloro activo de 1%; AOx2% = almidón oxidado con concentración de cloro activo de 2%. ¹media aritmética de tres repeticiones ± error estándar. Letras iguales dentro de la misma columna, no son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Porcentaje de solubilidad de las películas

El porcentaje de solubilidad se considera una de las propiedades más importantes en películas, los valores determinados en esta investigación se mantuvieron en un intervalo de 67.0 – 73.6% a una temperatura de 25°C (Figura 1).

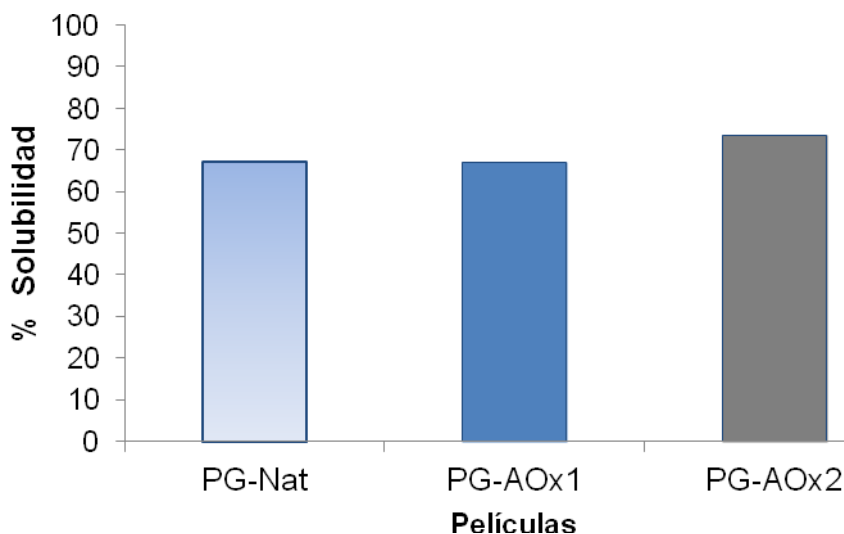


Figura 1. Porcentaje de solubilidad de las películas. PG-Nat = Película de gelatina, almidón nativo y plastificante; PG-AOx1 = Película de gelatina, almidón oxidado al 1 % y plastificante; PG-AOx2 = Película de gelatina, almidón oxidado al 2 % y plastificante.

Se puede apreciar como el porcentaje de solubilidad se incrementa de acuerdo con la concentración de cloro, ya que el contenido de grupos funcionales carbonilos-carboxilos aumentó, haciéndola más hidrofílica; sin embargo, los valores en sí son altos en comparación a los reportados por Alanís-López [2009], quien encontró un porcentaje de 32.77. El incremento registrado en esta investigación, también puede deberse a la red polimérica formada por la gelatina, siendo esta de carácter hidrofílico, la alta solubilidad en agua de las películas, es un valor importante para evaluar su degradación, debido a que a mayor solubilidad, los polímeros son más susceptibles a la degradación.

Determinación de permeabilidad al vapor de agua (PVA)

En la determinación de PVA en películas elaboradas con gelatina-almidón y glicerol con un tiempo de almacenamiento de 30 días después de su elaboración (Figura 2), se observó una disminución en la PVA con respecto a la película PG-Nat, durante el almacenamiento teniendo un valor de 11.59×10^{-11} ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$), y 10.49×10^{-11} , 9.52×10^{-11} ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$) en las películas PG-AOx1 y PG-AOx2, respectivamente.

Esto sugiere que la red formada por la gelatina-almidón-glicerol es semipermeable por lo cual la película es más estable y limita la velocidad de transferencia de vapor de agua, que se describe como buena barrera a la permeancia.

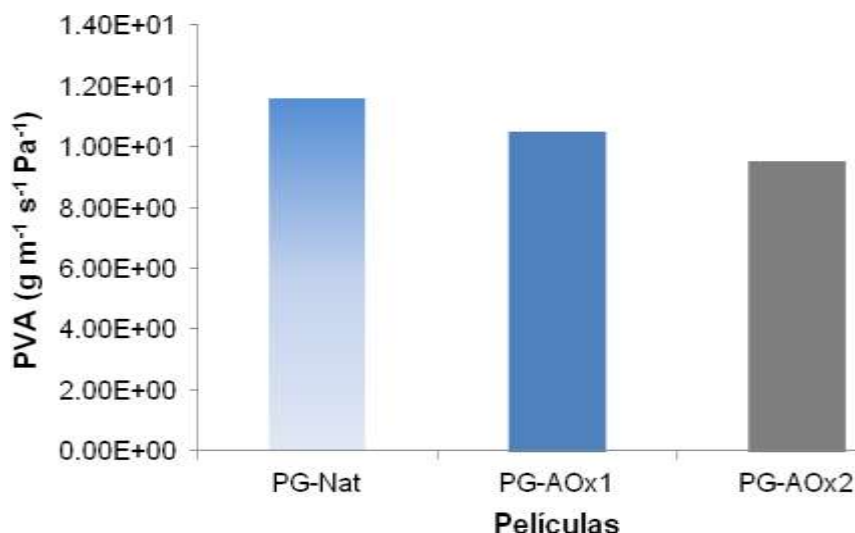


Figura 2. Comportamiento de la permeabilidad al vapor de agua en función del tiempo de almacenamiento (30 días), de las películas de gelatina-glicerol y almidón. PG-Nat = Película de gelatina, almidón nativo y plastificante; PG-AOx1 = Película de gelatina, almidón oxidado al 1 % y plastificante; PG-AOx2 = Película de gelatina, almidón oxidado al 2 % y plastificante.

Temperatura de transición vítrea (T_g)

En la tabla 2 se observan los parámetros térmicos de las películas, se observan las T_g correspondientes a la gelatina y al almidón; sin embargo, en este estudio no se logró detectar la T_g del glicerol.

Tabla 2. Parámetros de temperatura de transición vítrea de las películas de gelatina-almidón-glicerol.

Películas	T_g gelatina	T_g almidón
PG-Nat	52.290 ± 6.64 ^a	166.893 ± 4.15 ^a
PG-AOx1	41.147 ± 6.85 ^b	116.067 ± 11.94 ^b
PG-AOx2	19.860 ± 15.71 ^c	103.307 ± 12.28 ^c

PG-Nat = Película de gelatina, almidón nativo y plastificante; PG-AOx1 = Película de gelatina, almidón oxidado al 1 % y plastificante; PG-AOx2 = Película de gelatina, almidón oxidado al 2 % y plastificante. Media aritmética de tres repeticiones ± error estándar. Letras iguales dentro de la misma columna, no son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Algunos autores han señalado que en un sistema complejo como la gelatina-almidón-poliol, es difícil detectar la transición vítrea del sistema [Arvanitoyannis y col., 1997]. También se debe considerar la característica que confiere la unión de gelatina-almidón con el mismo glicerol, debido a que por la adición de un polioli, las T_g 's del sistema tienden a disminuir. Por lo mencionado pudiera suceder que el glicerol que usualmente presenta una T_g de -70 a -84°C [Lourdin y col., 1997], haya presentado una disminución acentuada en la señal al formar complejo con la gelatina y almidón no registrándose como una transición apreciable.

Trabajo a futuro

Con el objetivo de hacer una caracterización más completa de la estructura de las biopelículas, se realizarán estudios de rayos X, FTIR, ESEM así como estudios reológicos de las soluciones formadoras de las películas.

Conclusiones

Los almidones modificados, presentaron diferencias respecto al almidón nativo, esto se debió al tratamiento químico que presentaron, el cual produjo la disminución en el contenido de extracto etéreo, proteínas y amilosa

aparente. Así mismo, el contenido de humedad se vio aumentado conforme se incremento el nivel de oxidación. El método de vaciado en placa (Casting) fue efectivo en la elaboración de las películas de gelatina-glicerol y almidones nativos y oxidados. La permeabilidad para películas se vio mejorada conforme aumentó el nivel de la oxidación.

Impacto de la investigación

La caracterización de películas con carácter biodegradable permitirá poder proponer mezclas donde se incorporen biopolímeros para la producción de materiales que puedan ser eliminarlos de la naturaleza en periodos cortos en comparación con aquellos elaborados con compuestos sintéticos causantes del alto grado de contaminación por residuos sólidos.

Agradecimientos

Deseamos agradecer el apoyo financiero de los Proyectos SIP20100480 y SIP20113164 de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN), a la Comisión de Operación y Fomento de las Actividades Académicas del IPN (COFAA-IPN) así como al CONACYT a través del proyecto 60565-Z.

Referencias

1. Wang, Y-J. and Wang, L. (2003). Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*. **(207)** 208-217.
2. Smith, R. J. (1967). Production and use of hypochlorite oxidized starches. En: Whistler, R. L. and Paschall, E. F. (Ed.), *Starch chemistry and technology*. Academic Press, New York, p. 6119-623.
3. Chattopadhyay, S.; Singhal, R-S. and Kulkarni, P-R. (1997). Optimization of conditions of synthesis of oxidized starch from corn and amaranth for use in film-forming applications. *Carbohydrate Polymers*. **(34)** 203-212.
4. Mali, S. (2002). Producción, caracterización y aplicaciones de películas biodegradables a base de almidón de cará (*Dioscorea alata*). Tesis de Doctorado. Universidad Estatal de Londrina. Londrina Brasil.
5. Alanís- López, P.C. (2009). Elaboración y caracterización de películas comestibles del almidón modificado de plátano (*Musa Paradisiaca* L.) y dos plastificantes. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Acapulco. México.
6. ASTM, (1989). American Society for Testing and Materials. Standard methods of tests for water vapor transmission of materials in sheet form. Method E-96- 80.
7. Arvanitoyannis, I. S.; Psomiadou, E.; Nakayama, A.; Aiba, S. and Yamamoto, N. (1997). Edible films made from gelatin, soluble starch and polyols, part 3. *Food Chemistry*, **(60)** 593-604.
8. Lourdin, D.; Coignard, L.; Bizot, H. and Colonna, P. (1997). Influence of equilibrium relative humidity and plasticizer concentration on the water content and glass transition of starch materials. *Polymers*. **(21)** 5401-5406.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Encapsulación de jugo de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa) mediante nucleación espontánea

A. E. Zavala del Angel¹, N. Acosta Quijano², G. Luna Solano³, M. Jiménez Fernández^{1*}

¹ Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana. Dr. Rafael Sánchez Altamirano s/n Col. Industrial Animas, Xalapa Ver., México. *maribjimenez@uv.mx

² Diversificadora Agroindustrial y Comercializadora del Trópico, S.A. de C.V. (DYCTROSA), Xalapa Ver., México.

³ DEPI, Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La encapsulación por nucleación espontánea de jugo de maracuyá resulta ser una alternativa para evitar su degradación. El objetivo de este trabajo fue atrapar en una matriz de sacarosa diferentes proporciones de jugo de maracuyá y evaluar las características fisicoquímicas del polvo obtenido. Las propiedades que se evaluaron fueron la humedad, las propiedades de flujo y la degradación de los componentes activos. El polvo obtenido fue granular y fácilmente manejable. La retención de vitamina C varió con la cantidad de jugo incorporado. El contenido de humedad fue menor al 10 % y todas las formulaciones presentaron adecuadas propiedades de flujo. Los polvos obtenidos mostraron un alto nivel de agregación entre partículas. El proceso de nucleación espontánea resultó una buena alternativa para preservar los componentes del jugo de maracuyá con adecuada manipulación para futuras aplicaciones en la incorporación de productos alimenticios.

Palabras clave: maracuyá, encapsulación, polvos alimenticios.

Abstract

The spontaneous nucleation encapsulation passion fruit juice is an alternative to prevent degradation. The aim of this work was caught in a matrix of sucrose different ratios of passion fruit juice and evaluate the physicochemical characteristics of the obtained powder. The properties evaluated were moisture, the flow properties and the degradation of the active components. The resulting powder was granulated and easily manageable. Vitamin C retention varied with the amount of juice incorporated. Moisture content was less than 10% and all formulations showed adequate flow properties. The powders obtained showed a high level of aggregation between particles. The spontaneous nucleation process was a good alternative to preserve the components of passion fruit juice with proper handling for future applications in the incorporation of food.

Introducción

Maracuyá es un fruto originario de Brasil, cuya planta es cultivada principalmente en los países de la comunidad Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela), en Australia, Nueva Zelanda, Hawái, Sur África e Israel. El fruto es una baya redonda u ovalada con un promedio de 6 cm de diámetro y pesa entre 60 y 100 g. En la madurez es de color amarillo. Existen variedades con frutos de color morado a la madurez. Su pulpa es gelatinosa y tiene pequeñas semillas de color oscuro, es jugosa, ácida y aromática. La cáscara es rica en pectina. Las semillas tienen alto contenido de aceite con gran valor nutritivo y son fácilmente digeribles. El jugo del fruto puede alcanzar el 40% del peso de la fruta. Tiene color amarillo-oro por la presencia de carotenoides y un aroma característico producido por la mezcla de aceites volátiles. Se consume como fruta entera al natural y se preparan jugos, helados y sorbetes caseros. También se elaboran jugos concentrados y sin concentrar, néctares, jaleas, pulpas, mermeladas, gelatinas, helados, yogurts, postres, dulces y cócteles, entre otros. Los productos se pueden empacar al vacío y/o congelar. Se procesa fruta deshidratada y congelada. Sin embargo, generalmente se consume fresco por lo que gran cantidad de su producción es desaprovechada. Un método para incorporarlo en un producto seco y estable, es a través de la encapsulación. Dentro de la cual existen varios métodos, uno de los cuales es la cocrystalización [Flores, 2004].

La co-cristalización es un método de encapsulación caracterizado por utilizar la sacarosa como agente encapsulante. En la co-cristalización se utiliza la sacarosa en forma modificada, no como un cristal perfecto único sino en forma conglomerada, micronizada e irregular, de tal manera que se incrementa la cantidad de espacios y el área superficial para proveer así de un lecho de base porosa y poder incorporar el material no azucarado, dando lugar a la incorporación del sabor [Award, 1993; Beristain y col., 1994]. Durante la etapa de nucleación, puede suceder que los núcleos promuevan la formación de cristales o simples deformaciones policristalinas las que se conocen como conglomerados, o bien cuando los cristales al aumentar su tamaño se adhieren unos a otros. Ambas denominaciones pueden confundirse con facilidad pero son resultado de mecanismos totalmente diferentes: la aglomeración es causada por el agrupamiento individual de cristales, mientras que la conglomeración es el resultado de la nucleación policristalina y espontánea. Para llevar a cabo la co-cristalización es importante que el jarabe azucarado se encuentre en las condiciones de saturación necesarias para permanecer en la zona lábil, ya que es precisamente en esta zona en donde la nucleación espontánea y la velocidad de cristalización incontrolada hacen que se formen conglomerados de forma irregular, atrapando al producto no azucarado en el interior [Beristain y col., 1994].

La incorporación de un segundo material es importante por el papel que juega en el co-cristalizado debido a los cambios que son producidos en el producto final como:

- a) Inhibición de la cristalización prematura para ser controlada y reproducible.
- b) Cambios en las funciones del co-cristalizado [Beristain y col., 1994].

Los productos co-cristalizados presentan propiedades mejores que la del material a encapsular antes de la co-cristalización como son: solubilidad, homogeneidad, emulsificación, compresibilidad, dispersibilidad y control de la liberación de la dulzura [Award, 1993]. Otras de las ventajas que se pueden mencionar son: Permite el procesamiento de productos líquidos a fases sólidas (Vitaminas, ácidos grasos, etc.). Protección contra la luz, humedad, calor y oxidación. Disminuye la volatilidad y flamabilidad de los líquidos. Aísla y/o reduce la reactividad y toxicidad del material. Debido a la condición de cristal del material co-cristalizado, éste presenta ventajas sobre un producto sólido obtenido por cualquier método de secado convencional, el cual en su mayoría es de estado amorfo. La mayoría de los sólidos amorfos suelen formar puentes de hidrógeno volviéndose higroscópicos, afectando sus características por la adsorción de la humedad. Estudios realizados presentan que los productos co-cristalizados observan buenas características de estabilidad, debido a la retención del material incorporado en la matriz de sacarosa. No existe tendencia a separarse durante su manejo, empaque o almacenamiento. Por su consistencia granular que no tiende a apelmazarse puede ser utilizado en la industria farmacéutica y de confitería. La desventaja que se podría mencionar relacionada con el material encapsulado es que éste método se caracteriza por la utilización de sacarosa como material encapsulante, no se ha utilizado otro tipo de material lo que podría ser en un momento dado factor limitante en la utilización del método. La selección de la técnica dependerá del costo del método, del material a encapsular, del tamaño deseado para la microcápsula, propiedades físicas y químicas del núcleo, y del material encapsulante, así como la utilidad que se le dé al producto final y de su mecanismo de liberación.

Por todo ello el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto de las proporciones de jugo de maracuyá sobre las propiedades fisicoquímicas del polvo obtenido por el método de nucleación espontánea con sacarosa.

Metodología

Materiales

La pulpa de maracuyá fue proporcionado por la empresa DYTRO S.A. La pulpa fue descongelada a temperatura ambiente y el jugo fue filtrado para eliminar las semillas. Posteriormente el jugo fue filtrado a vacío y concentrado en un rotavapor a 40 °C con ayuda de una bomba de vacío.

Preparación del jarabe

Para la preparación del jarabe se preparó una solución de sacarosa a 60° Brix, la cual se calentó en una parrilla eléctrica al mismo tiempo que se agitó vigorosamente con una espátula, lo cual se hizo durante todo el proceso [Beristain y col., 1996].

Obtención del encapsulado

A medida que el jarabe perdió agua, se hizo más viscoso, obteniendo una solución sobresaturada dando paso a la nucleación espontánea, punto en el cual se adicionó el jugo concentrado a diferentes concentraciones y retirándose inmediatamente de la parrilla sin dejar de agitarlo. La adición del jugo concentrado de maracuyá ocasionó un descenso en la temperatura y la concentración; permitiendo que la mezcla cristalizara. Se prepararon cinco lotes de co-cristalizados diferentes que se muestran en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos elaborados de co-cristalizado.

Tratamientos	Extracto de jugo (g)	Azúcar refinada (g)
1	2	60
2	4	60
3	6	60
4	8	60
5	10	60

Se realizaron análisis iniciales para la selección de tres lotes de co-cristalizado con base a las propiedades fisicoquímicas como humedad, color, contenido de vitamina C, densidad a granel, densidad compacta, densidad de partícula, índice de Hausner y ángulo de reposo.

Determinación de vitamina C

La determinación de la vitamina C se realizó por la derivada de segundo orden [Pfundt y col., 2003]. Usando una curva de calibración con ácido ascórbico comercial y midiendo las absorbancias entre 250-350 nm. El mayor valor se obtuvo a una longitud de onda de 270 nm.

Rendimiento de las cápsulas

En la encapsulación el rendimiento de encapsulación se define como la razón de material encapsulado con respecto al adicionado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\% \text{ de vitamina C microencapsulado}}{\% \text{ de jugo de maracuyá}} \times 100 \quad (1)$$

Contenido de humedad

Se pesó 1 g del microencapsulado y se colocó en una estufa de vacío a 60 °C durante 24 horas, transcurrido el tiempo se volvió a pesar y por diferencia de peso se calculó la humedad.

Densidad a granel

En una probeta graduada de 10 mL se colocaron de 2-5 g de muestra. La densidad a granel se calculó dividiendo el peso de la muestra entre el volumen de la probeta [Beristain y col., 1994].

Densidad compactada

En una probeta graduada de 5 mL se dejó caer libremente el encapsulado hasta llegar a la marca señalada. Posteriormente se compactó la probeta a una distancia ± 3 cm sobre una superficie plana, hasta que el volumen del polvo permaneciera constante [Beristain y col., 1994].

Densidad de partícula

Se utilizó un picnómetro de 50 mL a peso constante. El picnómetro seco se llenó con tolueno y se marcó el límite señalado, después de lavar y secar correctamente el material (cápsulas) se introdujo y se llenó 1/3 de la capacidad del picnómetro y anotó el peso. Tener lista la bureta con tolueno y titular hasta el límite señalado anteriormente y se obtuvo el volumen dos [Beristain y col., 1994].

La densidad se calculó de la siguiente manera:

$$\delta_1 = \frac{W_m}{V_1 - V_2} \quad (2)$$

En donde: W_m es el peso de la muestra, V_1 es el volumen del picnómetro y V_2 es el volumen que ocupa el tolueno en el picnómetro con la muestra.

Compresibilidad

El porcentaje de compresibilidad se determinó usando la siguiente formula:

$$\% \text{ de compresibilidad} = \frac{d_c - d_a}{d_c} \quad (3)$$

En donde: d_c es la densidad compacta y d_a es la densidad a granel.

Ángulo de reposo

El ángulo de reposo se determinó dejando caer libremente 8 g del co-cristalizado a través de un embudo con el fin de formar una pila. La parte final del embudo se colocó a una altura de ± 5.2 cm sobre una superficie plana en la cual se grabaron una serie de círculos concéntricos cuyo centro se encuentra alineado con el centro del embudo, la prueba se realiza por duplicado, el ángulo de reposo se calcula de la siguiente manera:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{r} \right) \quad (4)$$

En donde: h es la altura de la pila de polvo y r es el radio de la base de la pila

Índice de Hausner

Se determinó con los datos obtenidos de la densidad compacta y la densidad a granel, a través de la siguiente formula:

$$IH = \frac{\text{densidad compactada}}{\text{densidad a granel}} \quad (5)$$

Solubilidad

Se midió el tiempo que tarda en solubilizarse el co-cristalizado colocando 5 g de cápsulas en 50 mL de agua destilada a 25 °C, con la ayuda de un agitador magnético en posición 5, se agitó hasta no observar partículas sólidas [Beristain y col., 1996].

Resultados y Discusión

La Tabla 2 Muestra que las propiedades iniciales del jugo lo proponen como un producto funciona debido a la concentración de vitamina C y carotenos que posee, además de que es atractivo para su consumo debido al color amarillo que posee. El mejor rendimiento fue directamente proporcional a la cantidad añadida de extracto de jugo de maracuyá, es decir, el lote 5 tuvo un rendimiento de 62.82%, mientras que en el lote 1 se obtuvo un 5.37%, este decremento pudo deberse a que la concentración de vitamina C disminuye por la elevada temperatura del jarabe sobresaturado de sacarosa (120 °C) a la que fue sometido el jugo.

Los valores muestran que no hubo diferencias significativas en el contenido de humedad de los polvos obtenido entre los diferentes tratamientos, esto posiblemente debido a que la encapsulación se realizó de manera manual hasta que la consistencia de todos los tratamientos fuera similar. El lote 5 mostró un contenido de humedad de 9.56 %, mientras que el lote 1 solo contiene un 8.33% de humedad.

Dentro del proceso se midió y observó que la temperatura idónea para que se llevara a cabo la nucleación y la encapsulación es a 120 °C. Siendo importante mencionar que la temperatura de co-cristalización está influenciada por la composición y propiedades del segundo ingrediente.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas iniciales de los tratamientos

Tratamiento	Rendimiento (%)	Humedad (%)	Solubilidad (seg)
1	5.37	8.33 ± 0.1025	492 ± 0.0353
2	10.90	7.63 ± 0.0845	468 ± 0.3818
3	17.25	6.50 ± 0.0767	446 ± 0.1697
4	37.50	8.34 ± 0.1018	438 ± 0.0494
5	62.82	9.56 ± 0.1646	434 ± 0.0565

Se muestran el promedio y la desviación estándar ($n=3$)

Con respecto a la densidad a granel y compacta se observaron diferencias menores entre los cinco tratamientos en su análisis inicial. Sin embargo los valores obtenidos son inferiores con respecto a los reportados para la sacarosa granular (0.80 g/cm^3) [Barbosa y col., 1987]. En los valores de densidad de partícula hay diferencias menores entre cada lote, aunque si podemos decir que el lote 1 tiene una densidad de partícula de 1.43 g/cm^3 mientras que el lote 5 tiene una densidad de partícula menor siendo esta de 1.25 g/cm^3 . En cuanto a la solubilidad se observó que si hay diferencias significativas entre cada lote, siendo más soluble el tratamiento 5 con un tiempo de solubilidad de 434 s., mientras que el lote 1 se solubilizó en 492 s., lo cual pudo deberse al método de co-cristalización y al contenido de jugo de cada tratamiento (Tabla 3).

Tabla 3. Propiedades de flujo iniciales de los tratamientos

	Densidad de partícula (g/cm^3)	Índice de Hausner	% de Compresibilidad	Ángulo de reposo ($^\circ$)	Densidad agranel (g/cm^3)	Densidad compactada (g/cm^3)
1	1.43 ± 0.70	1.29 ± 0.05	0.22 ± 0.13	11.47 ± 0.75	0.62 ± 0.15	0.72 ± 0.26
2	1.43 ± 0.24	1.42 ± 0.06	0.29 ± 0.23	16.45 ± 0.24	0.62 ± 0.18	0.71 ± 0.32
3	1.34 ± 0.51	1.53 ± 0.10	0.30 ± 0.09	17.68 ± 0.26	0.54 ± 0.22	0.66 ± 0.21
4	1.34 ± 0.46	1.37 ± 0.20	0.27 ± 0.14	16.71 ± 0.72	0.54 ± 0.42	0.66 ± 0.29
5	1.25 ± 0.61	1.42 ± 0.09	0.29 ± 0.20	17.56 ± 0.26	0.54 ± 0.39	0.68 ± 0.36

Se muestran el promedio y la desviación estándar ($n=3$)

En relación al porcentaje de compresibilidad se puede decir que no existen diferencias significativas entre cada lote analizado, aunque por los porcentajes de compresibilidad de todos los lotes analizados son clasificados como excelentes en cuanto a flujo y eficiencia, ya que caen dentro del intervalo 0–10% de acuerdo a la caracterización de los polvos de acuerdo a sus propiedades de flujo. Ligado a esta propiedad física se puede decir que, el ángulo de reposo refleja también que los lotes estudiados presentan un excelente flujo y eficiencia, ya que los resultados obtenidos de ángulo de reposo de todos los lotes no presentan diferencias importantes entre sí y caen dentro del intervalo 10-30°.

Trabajo a Futuro

Dentro del trabajo de investigación se contempla, tomar micrografías de las cápsulas obtenidas, evaluar la actividad antioxidante, y realizar una evaluación sensorial del producto desarrollado.

Conclusiones

El método de co-cristalización resultó ser una buena opción de conservación del jugo de maracuyá con base a los resultados obtenidos y como producto final se obtuvo un polvo granular de buena apariencia, fácil manejo y almacenamiento.

Los parámetros físicos como rendimiento, humedad, solubilidad densidad aparente, compactada y de partícula, índice de Hausner, porcentaje de compresibilidad, ángulo reposo y contenido de vitamina C, obtenidos de los análisis iniciales establecen que el producto co-cristalizado presentó características adecuadas para poder ser utilizado en la industria alimentaria.

Agradecimientos

Este trabajo está siendo realizado gracias al financiamiento del Proyecto No 199552, aprobado dentro de la convocatoria Innovapyme 2013.

Referencias

1. Awad, A. and Chen, A. (1993). A new generation of sucrose products made by co-crystallization. *Food Technol.* **(47)** 146–148.
2. Barbosa, G.V.; Malave J. and Peleg M. (1987). Density and compressibility of selected food powders mixtures. *J. Food Process Eng.*, **10**, 1-19.
3. Beristain, C. I., Mendosa, R. E., Garcia, H. S. and Vazquez, A., 1994. *Co-crystallization of Jamaica (Hibiscus sabdarifa L.) granules. Lebensm. Wiss. U.-Technol.*, **27**, 347–349.
4. Beristain C.I., Vazquez A.; Garcia H. and Vernon-Carter J. (1996). *Encapsulation of Orange Peel Oil by Co-crystallization. Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, **29**, 645–647.
5. Flores E. (2004). Desarrollo de una bebida funcional de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*). Tesis de Maestría en Ciencia de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. México.
6. Pfendt, L.B.; Vukasinović, V.L.; Blaagojević, N.Z. and Radojević, M.P. (2003). Second order derivative spectrophotometric method for determination of vitamin C content in fruits, vegetables and fruit juices. *Eur. Food Res. Technol.* 269-272.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

CONTROL CON GANANCIAS ADAPTATIVAS PARA LA REGULACION DE AGITACION EN UN CRISTALIZADOR BATCH A VACÍO

E. Bolaños-Reynoso^a, A. E. Luna-Pérez^a, K. B. Sánchez-Sánchez^a, G. Luna-Solano^a

^aDivisión de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Orizaba.

Av. Oriente 9 No. 852, Col. E. Zapata. C. P. 94320, Orizaba, Veracruz, MÉXICO.

Iq_aluna@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Un Controlador PI con ganancias adaptativas fue desarrollado para el control de la velocidad de agitación en un cristalizador batch a vacío. El diseño e implementación se realizó utilizando MATLAB y LabVIEW, donde se efectuó la validación de las ganancias adaptativas obtenidas en un trabajo previo Bolaños y col., [2013]. Se realizó una comparativa de rendimiento del controlador propuesto contra el controlador PI convencional que se ocupa en la planta piloto, empleando los parámetros IAE, ITAE, el tiempo de asentamiento (TA) y el uso del elemento finito de control (VT). Los resultados muestran que el controlador propuesto tiene mejor desempeño al controlador ocupado en la planta piloto reduciendo el tiempo de respuesta y la minimización en los parámetros de rendimiento.

Palabras clave: Control automático, simulación y cristalización,

Abstract

A PI controller with adaptive gain was developed to control the agitation rate in a vacuum batch crystallizer with vacuum. The design and implementation was done using LabVIEW, where was undertaken validation of adaptive gains obtained in a previous work, Bolaños *et. al* [2013]. We did a performance comparison of the proposed controller against the conventional PI controller which is used in the pilot plant, using the parameters IAE, ITAE, the settling time (TA) and the use of finite element control (UA). The results show that the proposed controller outperforms the controller employed in the pilot plant by reducing the response time and the minimization of the performance parameters.

Introducción

La velocidad de agitación es una de las variables manipulables dentro del proceso de cristalización la cual es muy importante para obtener una buena distribución de tamaño de cristal (DTC) y una masa de cristal formado (MCF) aceptable, ya que de acuerdo a lo reportado por Sánchez [2013] y Chianese y Kramer [2012], la agitación mueve las zonas de concentración haciendo mas anchas o mas pequeñas la distancia entre dichas zonas de saturación, debido a esto es necesario controlar de manera rápida y confiable la agitación para asegurar la trayectoria dentro de las corridas experimentales.

El control adaptativo es un control especial sobre sistemas no lineales, en donde las ganancias programables o ganancias adaptativas llevan a una adaptación de los parámetros del controlador, el cambio se realiza conforme a la limitación de los rangos de dichas ganancias, un sistema de control adaptativo puede estar integrado por dos lazos, un lazo normal de retroalimentación y otro que es el ajuste de los parámetros siendo capaz de compensar cambios en la ganancia del proceso, Kaufman [1997].

En este trabajo se emplea el control adaptativo para el diseño de un controlador, para la velocidad de agitación en un cristalizador batch a vacío de azúcar de caña, las ganancias K_D y K_I empleadas para el controlador adaptativo optimizadas reportadas por Bolaños y col., [2013] así mismo se realizó una optimización en base a la reducción del parámetro IAE el cual involucra el error

(Karasakal y col., [2013] y Skogestad [2003]) y la reducción del tiempo de asentamiento. Se realizó una comparativa contra un controlador PI convencional obteniéndose como resultado que el control adaptativo disminuye considerablemente los parámetros IAE e ITAE y el tiempo de asentamiento, por tal motivo, se llevó a cabo un análisis sobre el efecto de la variación de los valores de las ganancias, para mejorar la eficiencia y estabilidad del sistema.

Metodología

Materiales

Se cuenta con un cristizador batch operado a vacío (planta piloto) para la cristalización de azúcar de caña, el cual dispone de diversos dispositivos para el monitoreo y control de la planta piloto. En la Tabla 1 se presenta la descripción detallada de los dispositivos disponibles en el sistema de agitación y que fueron utilizados para la adquisición de los datos experimentales.

Tabla 1. Descripción del equipo empleado

Cant.	Descripción
1	Agitador para tanque cerrado modelo NSDB de 1/8 HP (0.125 HP) de potencia, transmisión directa de 1,750 rpm de 1 fase 60 ciclos, 110 VCA totalmente cerrado sin ventilación de acero inoxidable 316, con brida de 4" de diámetro en acero inoxidable con flecha agitadora de 26" de longitud y 1/2" de diámetro en acero inoxidable 316
1	Impulsor tipo propela marina de 3" de diámetro con tres hojas de acero inoxidable 316.
1	Impulsor tipo de paletas planas en acero inoxidable 316, de 3" de diámetro.
1	Tacómetro programable. Rango de 5 a 999,990 rpm.
1	Sensor óptico para distancias de 3 ft. Rango de 1 a 150 000 rpm.
1	Variador de velocidad con rango de 0 a 1,750 rpm con fusible integrado.
2	Tarjeta de adquisición de datos (NI PCI-6025E, NI PCI-6711). Convertidores analógico-digital y digital-analógico que permiten la entrada/salida de señales analógicas y digitales.
1	PC, Intel CORE 2 Quad Q8400. Sistema operativo XP, memoria RAM 3 GB disco duro de 700 GB.

El sistema de agitación funciona mediante la generación de un voltaje en la computadora central que haciendo uso la tarjeta NI PCI-6025E es enviado al variador de frecuencia, este se encarga de convertir la señal de voltaje recibida para modificar la frecuencia del suministro de energía eléctrica que se alimenta al motor DC con 110 Volts y un rango de frecuencia de 0-60 Hz.

Identificación del modelo del sistema

Se identificó el sistema de agitación (planta) mediante la aplicación de cambios escalón de 0.1 volts donde la variable manipulable es el voltaje aplicado al variador de frecuencia y la variable de salida o respuesta es la velocidad de agitación. Se empleó la función *tfest* de MATLAB para la identificación de un modelo de primer orden (Ecuación 1) con los parámetros K_p , τ_p y a . En total se identificaron 12 modelos que describen el comportamiento de la velocidad de agitación del motor DC en el intervalo de 80 – 500 rpm.

$$\frac{\text{Agitación}}{\text{voltaje}} = \frac{K_p}{\tau_p s + a} \quad (1)$$

Diseño y sintonización de controladores

Se seleccionaron controladores de tipo PI (Ecuación 2) debido a que entregaron buenos resultados en el proceso de cristalización en comparación a otras configuraciones (P, PID) a través de un análisis previo Sánchez [2012].

$$U(s) = K_p \left[1 + K_I \frac{1}{s} \right] \int e(s) \quad (2)$$

Se realizó una sintonización empleando la función *pidtune* de MATLAB con el objetivo de encontrar un rango factible de operación para K_D y K_I , para cada modelo de primer orden, 12 controladores PI en total. Estos controladores permitieron realizar una comparación contra los resultados obtenidos mediante el controlador adaptativo.

Para la optimización *off-line* se resolvió la Ecuación 3 en MATLAB empleando la función *fmincon*. El problema de optimización se enfoca a la reducción de la integral del error absoluto (IAE) y el uso del elemento final de control (voltaje).

Debido a que el problema de optimización se compone de dos partes distintas, es importante realizar una ponderación sobre el grado de aportación que tiene cada parte mediante la adición de las constantes α y β . De acuerdo a lo reportado por Sánchez [2013] los valores recomendados son 0.90 y 0.10, respectivamente.

$$\min_{w_i} \alpha \int_{t_0}^{t_f} |r(t) - y(t)| dt + \beta \sum_{i=1}^{t_{f-1}} |u(t_i) - u(t_{i-1})| \quad (3)$$

Evaluación de desempeño

Para la evaluación de rendimiento se emplearon las Ecuaciones 4, 5 y 6, las cuales cuantifican en error por medio de integración, VT representa la variación de la señal de control. También evaluó el sobreimpulso (OUS) y tiempo de asentamiento (TA).

$$IAE = \int_0^{t_f} |r(t) - y(t)| dt \quad (4) \qquad ITAE = \int_0^{t_f} t |r(t) - y(t)| dt \quad (5)$$

$$VT = \sum_{i=1}^{t_{f-1}} |u_{i+1} - u_i| \quad (6)$$

Resultados

Identificación del modelo del sistema

En la Figura 1 se presenta una gráfica comparativa entre los datos experimentales de velocidad de agitación y los modelos de primer orden obtenidos con MATLAB. Se puede observar que el ajuste de los modelos es adecuado para todos los casos al presentar 81.96 % como el ajuste menor. En la Tabla 2 se muestran los resultados para los parámetros de los modelos y el ajuste presentado por cada uno.

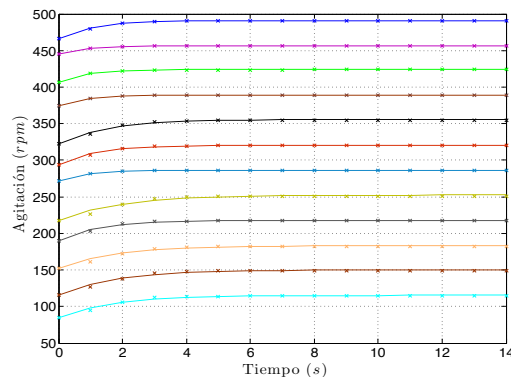


Figura 1. Modelos de primer orden.

Tabla 2. Modelos identificados.

Modelo	K_p	τ_p	a	Ajuste (%)
1	186.4525	1	0.6055	86.2769
2	192.7045	1	0.5620	87.4458
3	173.0851	1	0.5505	85.0981
4	233.5508	1	0.8314	91.6304
5	179.1413	1	0.5166	81.9654
6	187.9108	1	1.2654	99.0436
7	227.0655	1	0.8602	92.4973
8	211.1336	1	0.6461	90.4534
9	169.2023	1	1.1217	99.3465
10	207.7125	1	1.1639	96.2842
11	138.3048	1	1.2847	99.0475
12	217.0440	1	0.8845	93.3211

Como se puede observar en la Tabla 2 para los valores de K_p y a , el sistema presenta diferentes comportamientos a lo largo del rango de la velocidad de agitación, por lo que en caso de diseñar un controlador basándose en un sólo modelo de primer orden, este sufrirá una disminución en su efectividad al realizar el control en una región donde el sistema se comporta de forma distinta. Por tal motivo, en la evaluación de los controladores se emplean cada uno de estos parámetros de acuerdo al valor de la velocidad de agitación presente en el sistema.

Una vez obtenidas las ganancias adaptativas para el modelo global de la variable de agitación se procedió a realizar diferentes saltos escalón para determinar la estabilidad y el tiempo de respuesta para ambos controladores, para realizar la programación del controlador adaptativo fue necesario instalar el modulo de PID en LabVIEW en el panel de control del cristalizador, una vez instalado se tiene acceso a las herramientas de PID *autotuning* y *PID schedule*, esto con el fin de vincular las ganancias al proceso, por lo que se modificó la programación del diagrama de bloques como se muestra en la Figura 2 en donde se acoplaron los Vi's de autosintonización.

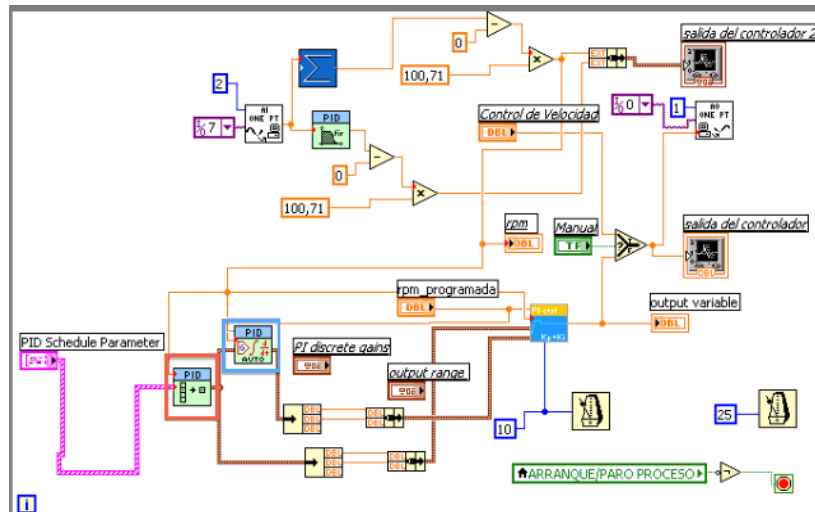


Figura 2 Diagrama de bloques con los Vi's de autosintonización

Una vez acoplados los Vi's se introducen las ganancias en el panel frontal (ver Figura 3) para establecer los límites para cada modelo local y se pueda autosintonizar.

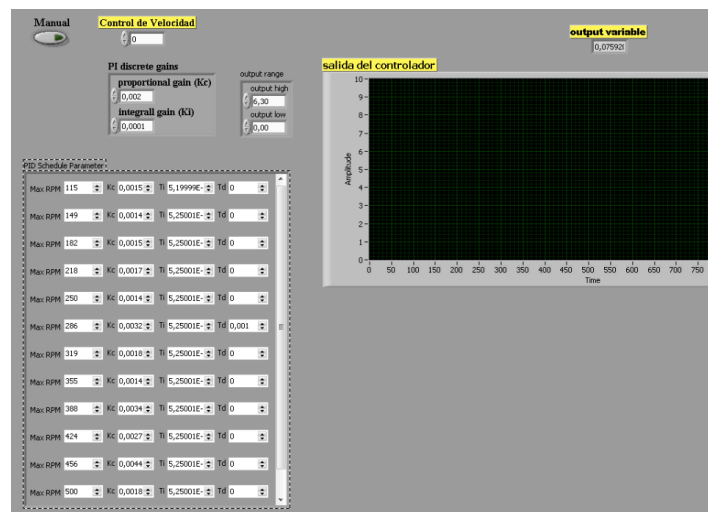


Figura 3 Ganancias adaptativas en el panel frontal

Una vez realizada la programación gráfica en LabVIEW se procedió a efectuar los escalones para observar la respuesta del controlador y del elemento final del control a diferentes puntos de ajuste. Para el primer escenario que fue de las ganancias constantes, se realizaron los cambios cada 30 segundos. Para revoluciones superiores a 480 rpm y menores a 150 rpm el controlador no puede llevar la agitación al punto de ajuste, los cambios escalón fueron de 0 a 500 rpm, de 500 a 400 rpm, de 400 a 200 rpm, de 200 a 450 rpm, de 450 rpm a 200, de 200 a 300 rpm, y de 300 a 100 rpm, teniendo como ganancias constantes la $K_D=0.0020$ y $K_I=0.00010$, se obtienen los datos experimentales guardados en un documento con extensión .xls que posteriormente se analizan en MATLAB para observar el comportamiento del elemento final de control; el voltaje aplicado por el variador de frecuencia, la ruta de agitación real y la programada, y el comportamiento de las ganancias. En la figura 4, se pudo observar que existen muchos sobre impulsos para alcanzar el punto de ajuste y en los puntos de 500 y 100 rpm no se estabiliza, tiende a oscilar y esto perjudica al proceso ya que no se controla de manera adecuada la agitación, Sánchez [2013] programa rutas de agitación las cuales no se pueden controlar con estas ganancias.

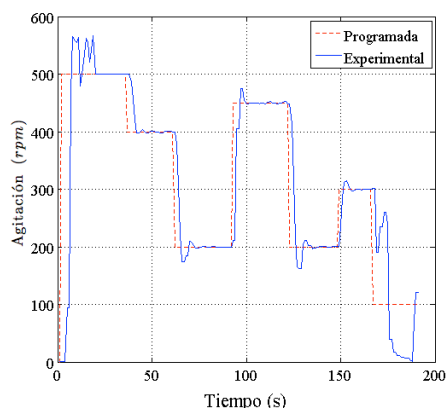


Figura 4 Ruta de agitación con ganancias constantes

En la Figura 5a) se observa que el elemento final de control (voltaje) tiene un uso muy inestable al llegar a las 100 rpm (min 175) por lo que no es conveniente tener esas revoluciones en una corrida experimental ya que se podría dañar el variador, en la Figura 5b) se observa las ganancias constantes para este caso de estudio.

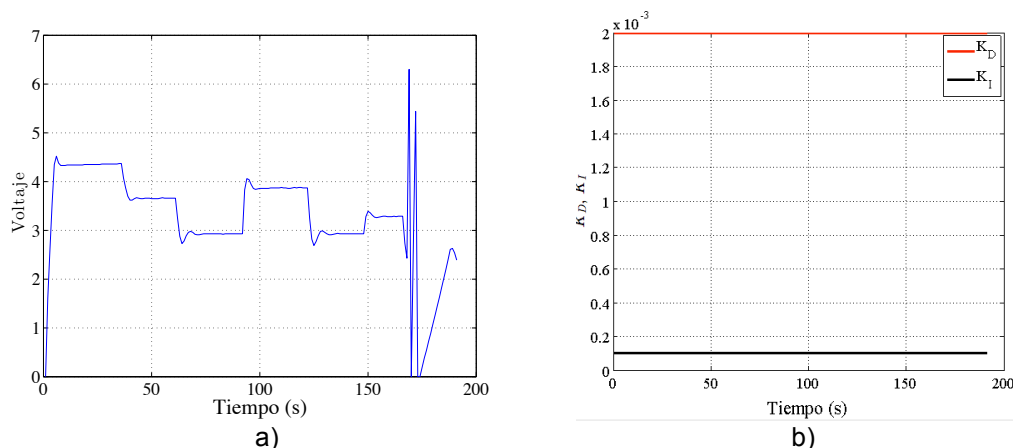


Figura 5 a) Uso del elemento final de control (variador) b) Ganancias constantes

Para el PI adaptativo se obtuvo una mejora considerable ya que en la ruta programable no se observan sobre impulsos y una respuesta rápida para el punto de ajuste, teniendo un buen desempeño en los dos puntos de ajuste 500 rpm y 100 rpm, que en el caso anterior no tuvieron un

ajuste adecuado, se realizaron los mismos cambios escalón que en el escenario anterior, en la Figura 6 se muestra la ruta programada y la real para el caso de las ganancias adaptativas.

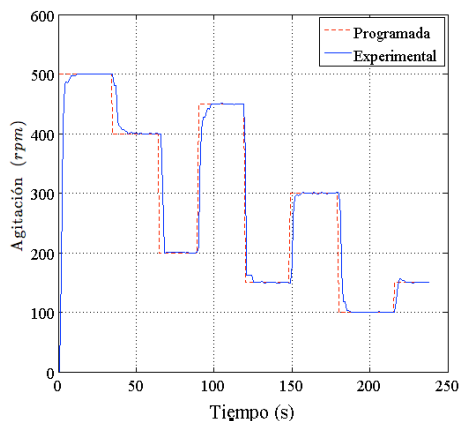


Figura 6 Ruta de agitación con ganancias adaptativas

El tiempo para llegar al punto de ajuste es de 4 segundos pero sin sobreimpulso en cada escalón, en el punto de 100 a 150 rpm se puede observar que existe un pequeño sobreimpulso pero se puede considerar mínimo ya que sólo es de 8 rpm. En la Figura 7a) se observa el uso del variador y es aceptable a través de toda la ruta teniendo un menor uso pese al cambio de las ganancias, y en la simulación se observa que el variador aumentaba su uso, en la figura 7b) se observa la ruta programada de las ganancias adaptativas a lo largo de la ruta.

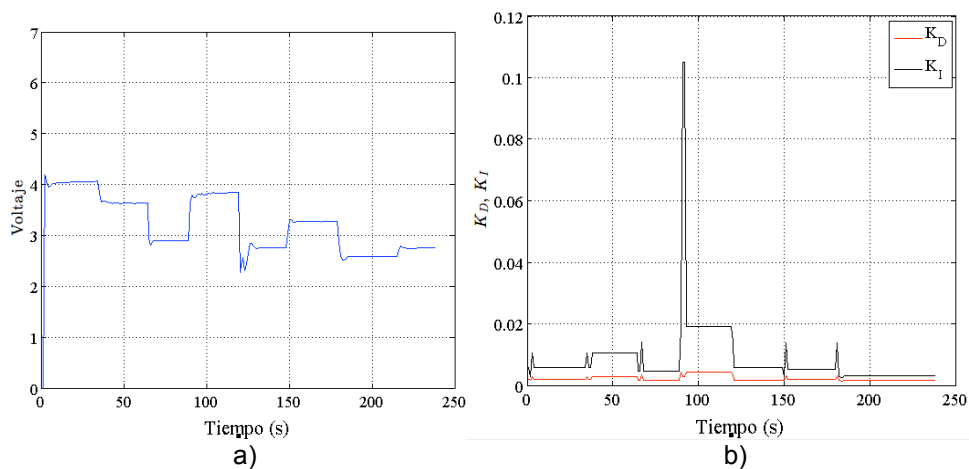


Figura 7 a) Uso del elemento final de control (voltaje) b) Ganancias adaptativas

Una vez obtenidos los gráficos y los datos experimentales se procede a realizar el análisis de rendimiento de forma cuantitativa, para esto se analizan IAE, ITAE, tiempo de asentamiento, sobre impulso y el uso del elemento final de control; en la Tabla 3 se muestra la comparación para ambos casos de estudio.

Tabla 3 Evaluación de rendimiento

Estrategia	IAE	ITAE	TA(s)	OUS(%)	VT
GC	8014.63	701521.26	132	20.23	35.40
GA	3266.55	287871.55	59	1.3	11.7699

El controlador que cuenta con una adaptación en sus ganancias presenta un mejor comportamiento ya que disminuye considerablemente el tiempo de asentamiento en un 55% y para el sobreimpulso acorta hasta en un 94% en comparación con el PI convencional. Esto se debe a que el mecanismo adaptativo incrementa los valores de los controladores que cuentan con una adaptación. Esto debido a que incrementa los valores de K_D y K_I o disminuyen según el procedimiento, para el caso de los parámetros de desempeño o rendimiento evaluados para cada estrategia de control en donde se puede observar que el controlador con ganancias adaptativas son superiores en todos estos parámetros.

Trabajo a futuro:

Estudiar el efecto combinado de perfiles de temperatura y agitación para el control de la DTC empleando parámetros cinéticos nominales y robustos así como zonas de saturación inciertas y calcular las zonas de saturación metaestable y lábil en función de temperatura y velocidad de agitación.

Conclusiones:

El uso de un sistema adaptativo para el control de la agitación en un cristizador batch a vacío permite contar con control robusto ante las perturbaciones presentes y los cambios en el punto de control y mejora el desempeño en comparación con el PI convencional ocupado en la planta piloto. La adaptación y comparación de los controladores demuestra que la simulación del trabajo previo da resultados satisfactorios y muy parecidos ya que entrega mejor tiempo de respuesta en el sistema.

Referencia:

1. Bolaños R. E., Sánchez S. K. B., Luna P. A. E., Ricardez S. L. A., Luna S. G., "Control difuso de agitación en un cristizador batch a vacío con ganancias adaptativas difusas"; XXXIV Memorias AMIDIQ: México 2013
2. Chianese A., Kramer H., "Industrial crystallization process monitoring and control", WILEY-VCH, 2012.
3. Karasakal O., Guzelkaya M., Eksin I., Yesil E., Kumbasar T., "Online tuning of Fuzzy PID controllers via rule weighing based on normalized acceleration", *Eng. Appl. Artif. Intelligent*, Vol. 26, p.184-197, 2013.
4. Kaufman H., Barkana I. (1997) Direct adaptive control algorithms theory and applications. Springer. Second edition
5. Sánchez S. K. B., "Desarrollo de estrategias de control lógico difuso acopladas a modelos de predicción estocástica en un cristizador batch a vacío", *Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Química*. Instituto Tecnológico de Orizaba. Mexico. 2013.
6. Sánchez C. I. C., "Implementación de estrategias de control de la sobresaturación en el proceso de cristalización a nivel planta piloto a partir de mieles industriales (licor concentrado y meladura)", *Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Química*. Instituto Tecnológico de Orizaba. México. 2012.
7. Skogestad S., "Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning", *J. Process Control*. Vol.13 p.291-209, 2003.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Silver Nanostructures Synthesis by Chemical Reduction: Influence of solvent and reducing agent on size and shape

Victor E. Torres Heredia^{a*}, Delia Hernández Romero^b, and José M. Calderón-Moreno^c

^aCentro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Calz. Ruiz Cortines 455, Boca del Río-Veracruz, México

^bFacultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prol. de Oriente 6, 1009, Orizaba-Veracruz, México

^cInstitute of Physical Chemistry, Romanian Academy, Spl. Independentei 202, Bucharest, Romania

*vthorres@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Abstract

Silver anisotropic nanoparticles with strong absorption in the visible range have been synthesized from chemical reduction route (CRR) of AgNO₃ with the addition SC, H₂O₂ and NaBH₄ as surface modifiers and PVP or PVA aqueous solution as stabilizer. The structural characterization and influence of the different agent in the size and shape of the obtained nanoprisms and particles carried out using scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), high-resolution TEM, electron diffraction (ED), and UV-Vis spectroscopy reveal that the anisotropic nanoparticles are flat and have a single-crystal face-centered-cubic structure.

Keywords: Silver nanoprisms, chemical synthesis, resonance plasmon band, spin-coating.

Resumen

Nanopartículas de plata anisotrópicas que presentan una fuerte banda de absorción en el rango visible del espectro ultravioleta-visible, han sido preparados mediante el método de reducción química (CRR) de la sal de plata (AgNO₃) en un medio acuoso, mediante la adición de SC, H₂O₂ y NaBH₄ como agentes modificadores de la superficie de la partícula y PVP o PVA como agentes estabilizadores. La caracterización morfológica, estructural y la influencia de los solventes sobre el tamaño y forma de las nanopartículas y –prismas se llevó a cabo usando técnicas de Microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión de electrones alta resolución (HRTEM), así como Espectroscopia UV-Vis, las cuales mostraron que las nanopartículas anisotrópicas fueron planas con una estructura cúbica centrada en las caras (fcc).

Introduction

The synthesis of metal nanoparticles has been investigated from decades, because of their unusual properties and potential applications in optical [1], electronic [2], catalytic [3], and biochemistry for chemical sensors materials [4], so as different methods have been developed for the preparation of metal nanoparticles, such as photolytic reduction [5], radiolytic reduction [6], the sonochemical method [7], solvent extraction reduction [8], microemulsion techniques [9], polyol process [10], alcohol reduction [11], and organic solvent reduction [12] with different size and shape of particles. However, the coalescence of the nanoparticles may to cause lose their characteristic properties. Thus, the most important key in the synthesis is to avoid the agglomeration of silver nanoparticles during the synthesis and after. Usually, organic ligands, polymers or surfactants are used as protecting agents, [13] for stabilization of the synthesized nanoparticles and to prevent them from aggregation and allow isolated nanoparticles produced. Due to the growth process of nanocrystallites controlled during synthesis using different stabilizers, it is possible to manipulate the shape and size of nanostructures. Such as polymers [14], block co-polymers [15], Langmuir–Blodgett (LB) films [16], DNA molecules [17], and co-polymer gel [18]. Besides, carbon nanotubes [19] and anodized alumina [20] have been used to produce nanosize silver. Therefore, most important key in these methods is to avoid the agglomeration of metal nanoparticles during and after synthesis.

As a soft technique, purely chemical methods have received considerable attention in recent years. This chemical method allows preparation of uniform and size controllable nanoparticles and has been used by many researchers to form silver anisotropic colloids of various shapes, such as prisms, triangles, disks, wires and rods [21, 22-26]. It is believed that the shape control of metal nanoparticles is determined by such factors as precursor concentration, molar ratio between surfactant and precursor, as well as the selective adsorption of surfactant to different crystal facets. For example, the selective adsorption may lead to different growth rates along different crystal axes and hence direct the growth of nanoparticles into various shapes [27]. Methods for converting silver nanospheres into triangular nanoprisms result in colloids with distinctive optical properties that directly relate to the nanoprisms shape of the particles [26a]. Silver nanoprisms with a

unimodal size distribution have been more recently synthesized through a thermal route that permits some control over nanoprisms-edge length [25e]. Callegari et al. [26b] demonstrated that the use of filters during illumination directly influences over the final geometry of the nanoprisms. However, a purely chemical route described previously produced stable silver nanoprisms dispersions in water at relatively low concentration and employing PVP as excellent protective agents, which can be separated and removed the final product by centrifugation [28]. As a result, it is cheaper to fabricate by this method silver nanoparticles with different shapes required in the targeted application.

In general, as above mentioned the shape, size and size distribution of silver nanoparticles can be controlled by adjusting the reaction conditions such as reducing agents, stabilizer and/or employing different synthetic methods. Therefore, it is necessary to review the preparation methods and elucidate the influences of reaction conditions on the nucleation and morphology of silver nanoparticles and its conversion to triangular nanoprisms. In this review, foremost among all synthetic methods, the chemical reduction is employed for production of stable nanoparticles in relatively short periods of time and different shapes silver nanoprisms can be easily prepared by controlling the reaction condition. We present the synthesis of silver nanoparticles colloidal solutions employing a low concentration of AgNO_3 and NaBH_4 as reducing agent for the formation of the spherical nanoparticles. Also, surface modifiers were employed to convert silver nanoparticles to nanoprisms with a unimodal size distribution and with a control over edge length. This report, provide a study the influence of the chemical agents on the shape-growth and optical properties of the silver anisotropic nanoparticles obtained using (scanning and transmission) electron microscopy techniques and UV-Vis spectroscopy. Finally, we assess of mechanism for the formation of Ag nanoprisms anisotropic colloids on the basis of optical measurements. Then, resultant silver colloidal solution was centrifuged and dissolved in PVA to prepare silver films by spin coating.

Experimental Methodology

Materials

Silver nitrate (AgNO_3 , Normapur Prolado), poly (vinylpyrrolidone) (PVP, 40,000 gr/mol, Calbiochem), polyvinyl alcohol (PVA, 80,000 gr/mol), Trisodium Citrate (SC, 294.1 gr/mol), hydrogen peroxide (H_2O_2 , 30%, 34.01 gr/mol) and sodium borohydride (NaBH_4 , 37.83 gr/mol) were used without further purification. The water used throughout this work was deionized water.

a) Preparation of silver nanoparticles using PVP (poly vinylpyrrolidone)

Samples different in aqueous solutions were prepared by chemical reduction route of AgNO_3 according to the procedure given in Table 1 and the schematic diagram in Figure 1. In a simple experiment, PVP (80 mg) and AgNO_3 (3.4 mg) were diluted and continually stirred at room temperature in 200 mL of deionized water in a glass beaker. Immediately, complete dissolution of silver nitrate, the resultant mixture was transferred into a 15 mL tinted glass bottle, followed by addition of SC, H_2O_2 and NaBH_4 , varying the concentrations of each one of the agents. The concentrations of PVP and AgNO_3 were maintained fixed.

Table 1. Concentrations for silver nanoparticles synthesis

Samples	PVP (mg)	AgNO_3 (mg)	SC (mg)	H_2O_2 (μL)	NaBH_4 (mg)	T($^\circ\text{C}$)
smpvp	80	3.4	10-100	0	0	
smpvp1	80	3.4	0	10-70	0	
smpvp2	80	3.4	60	10-70	0	
smpvp3	80	3.4	0	0	0.2-3.8	30,60,90
smpvp4	80	3.4	60	0	0.2-3.8	
Smpvp5	80	3.4	0	10, 70	0.2-3.8	
Smpvp6	80	3.4	60	10, 70	0.2-3.8	
Smpvp7	80	3.4	0	10-70	0.4	
Smpvp8	80	3.4	60	10-70	0.4	

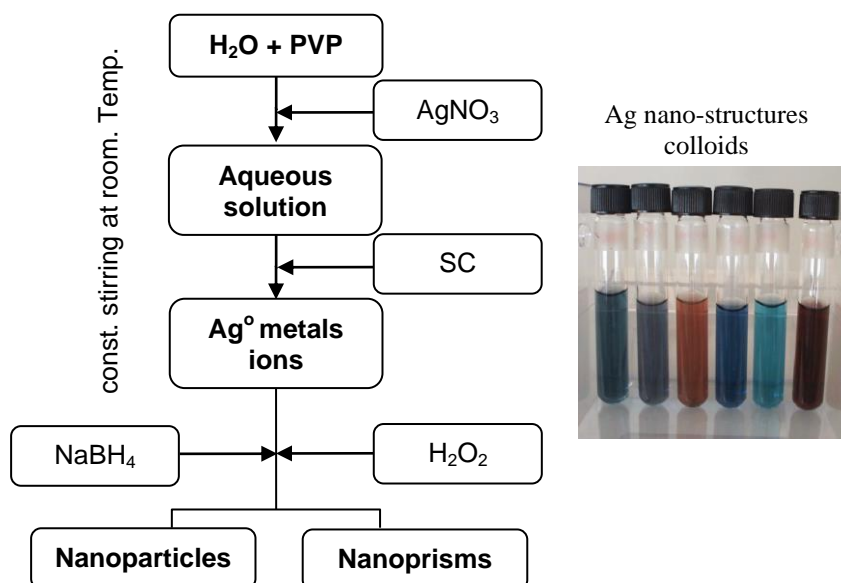


Figure 1. Scheme of silver nanostructures synthesis via chemical reduction route.

b) Preparation of silver dispersions in PVA (polyvinyl alcohol)

Silver solutions were prepared from an aqueous solution of silver salt (AgNO_3 , 0.42 mg, 25 mL), trisodium citrate (SC, 13.23 mg, 1.5 mL), polyvinyl alcohol (PVA, 42 mg, 1.5 mL), hydrogen peroxide (H_2O_2 , 20, 70 μL) and sodium borohydride (NaBH_4 , 0.4 mg) under continuous stirring. The Table 2 summarizes the different samples prepared at room temperature and 90°C.

Table 2. Preparation conditions for silver nanoparticles synthesis

Materials	Samples							
	S7	S8	S9	PVA1	PVA2	PVA3	PVA4	PVA5
H_2O^a	28	28	28	28	28	28	1.5	50
Polyvinyl alcohol ^b	42	42	42	42	42	80	60	2000
AgNO_3^b	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.8	0.42	0.84
Trisodium citrate ^b	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	26.5
H_2O_2^a	0.02	0.02	0.07	0.02	0.02	0.170	0.07	0.07
NaBH_4^b	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	1.4	0.4	0.4
T (°C)	25	25	25	90	90	90	90	90

^asolution added in mL, ^bprecursor added in mg.

Results and Discussion

Formation of silver nanoparticles mediated by poly (vinylpyrrolidone) y NaBH_4

Silver nanoparticles colloidal solutions were obtained through silver salt reduction in aqueous solution with a beginning of reaction slowly, almost since the beginning of the reaction. Poly (vinylpyrrolidone), trisodium citrate (SC), and sodium borohydride (NaBH_4) were mixed in a vessel glass under constant stirring and following the concentrations indicated in Table 1. The samples with only NaBH_4 as reducing agent are shown in the Figure 2. The solution turned yellow instantly when the NaBH_4 was added, indicating the presence of isolated colloidal silver nanoparticles, but change to dark yellow as the temperature increased. At 30°C, after 10 min reaction from the beginning of the heating ramp, quasi-spherical isolated silver particles formed with a mean diameter size of a few nanometers. Further heating up to 60°C determined a light orange tint, indicating the presence of small nanoclusters resulting from heating while that particle size increased with further temperature at 90°C. The samples characterized by UV-Vis spectroscopy showed a single peak around 400 nm which corresponding to silver spherical nanoparticles reported in literature, and the intensity The higher absorption intensity and width is consistent with thermally induced growth of the nanoparticles [10].

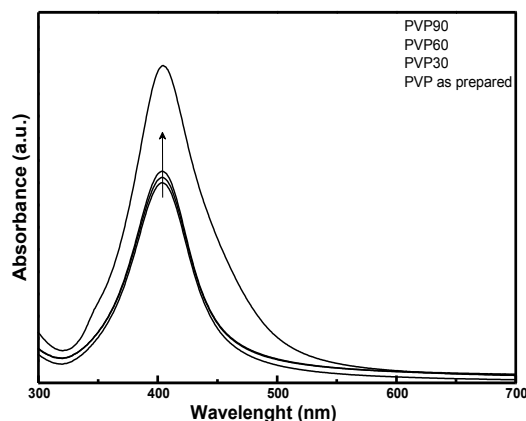


Figure 2. Changes in the absorption spectrum of silver nanoparticles colloidal solutions in PVP caused by temperature increases.

Influence of surface modifiers SC, H₂O₂, and NaBH₄ on formation of silver anisotropic nanoparticles

Absorption optical in the UV-vis region allows us to follow the evolution from clusters formation into synthesized silver spherical nanoparticles in the solution medium and its conversion to triangular nanoprisms. Because of collective excitation of the electrons in the conduction band near the nanoparticles surface. Formation of silver clusters was observed in the colorless solution, with agglomerates few ions of silver (Ag⁺) which do not grow because of the presence of poly-vinylpyrrolidone (PVP) and trisodium citrate (SC), which acts as protective layer or stabilizing, thus avoiding the volatility of the solution. Therefore, in the UV-vis spectra no silver peak was found, only an increase around 220 nm is observed, which is attributed to the stabilizing agent (Figure 3a). Thereafter, various samples with different concentrations of H₂O₂ were prepared without SC (trisodium citrate) and with SC respectively. The H₂O₂ does not have an effect on the silver ions when it is incorporated immediately after the AgNO₃ aqueous solution. Neither change was observed when the SC (trisodium citrate) was added before the H₂O₂, this can be observed in the graphs of Figure 3(b) and (c). The colloidal solution obtained was completely colorless, and the absorption spectrum showed a peak corresponding to clusters of silver, which shift slowly toward higher wavelengths as can be observed in the (b) and (c) spectra of the Figure 3.

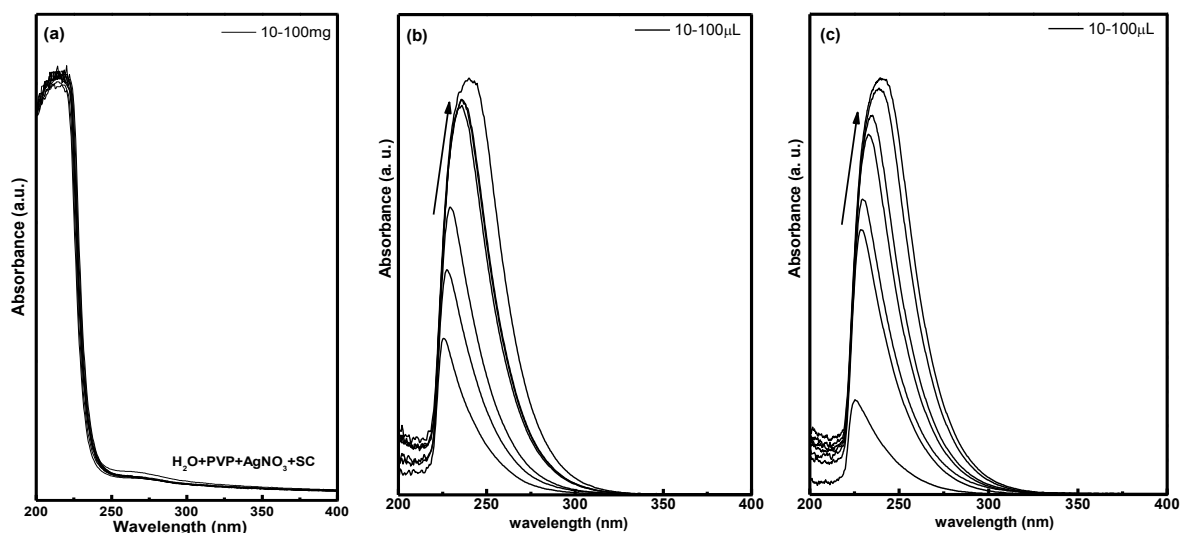


Figure 3. The UV-vis absorption spectrum of the solutions with (a) only SC. Adding H₂O₂ [10-70 μL], (b) without SC, and (c) with SC.

The series smpvp3 y smpvp4 without and with SC respectively, were prepared using several NaBH₄ concentrations and without heating according to the schematic diagram in Figure 1. The NaBH₄ reduced the silver to high concentrations (3.8 mg) when it was added immediately after the silver salt, adopting several colors when the NaBH₄ concentration was incremented, changing from yellow, orange and brown (see photo Figure 1). The absorption spectrum is shown in the Figure 4e, while with SC before the NaBH₄ stops the effect of the reducer for any concentration (Figure 4d), being observed a clear yellow color in the series smpvp4 for all NaBH₄ concentration, implying the presence of small nanoparticles.

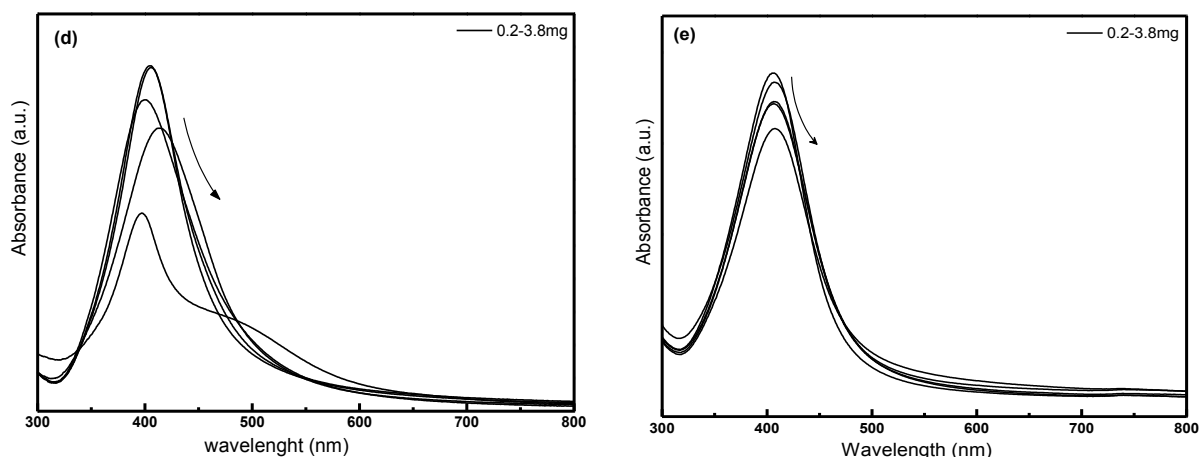


Figure 4. Evolution of the absorption spectrum of the silver colloids prepared varying NaBH₄ concentration [0.2-3.8mg], (d) without SC, and (e) with SC.

The concentration of NaBH₄ employed in this reaction had a dramatic effect on the degree of conversion of silver colloidal towards nanoparticles, nanocubes, triangular nanoprisms or truncated nanoprisms, when it is added at the start solution without SC as it can be observed in the absorption spectra (d) of the Figure 4, while with SC before the NaBH₄ stops the effect reducer, forming spherical nanoparticles of size controlled (Figure 4e). This interpretation of the UV–vis measurement agrees with the Transmission Electron Microscopy (TEM) measurements showing only silver spherical nanoparticles for solutions prepared en water using only NaBH₄ as reducing agent (Figure 8a, b).

The smpvp5 and smpvp6 samples were prepared from aqueous colloidal solution of silver ions (Ag⁺). The H₂O₂ concentration was fixed at 10 and 70 μL. Then different samples were prepared varying the NaBH₄ concentration (samples smpvp5) as shown in the Figure 5f. Subsequently, other samples (smpvp6) were prepared by adding 60 mg of trisodium citrate before peroxide and borohydride. We determinate that silver nanoprisms are formed using high concentrations of H₂O₂ and low concentrations of NaBH₄ containing trisodium citrate before peroxide and borohydride as shown in Figure 5g. The presence of three absorption bands in the UV–vis measurements of the colloidal nanoprisms (Figure 5g) clearly reflects their anisotropic shape. The formed nanoprisms become stable with time, and a wider variety of shapes were found for different concentration of sodium borohydride, as shown in the (Transmission Electron Microscopy, TEM) micrograph (Figure 8b). Therefore, the SC controls the surface modifier effect of H₂O₂ and NaBH₄ when are incorporate after the citrate, resulting in a controlled microstructure the silver triangular nanoprisms or truncated nanoprisms.

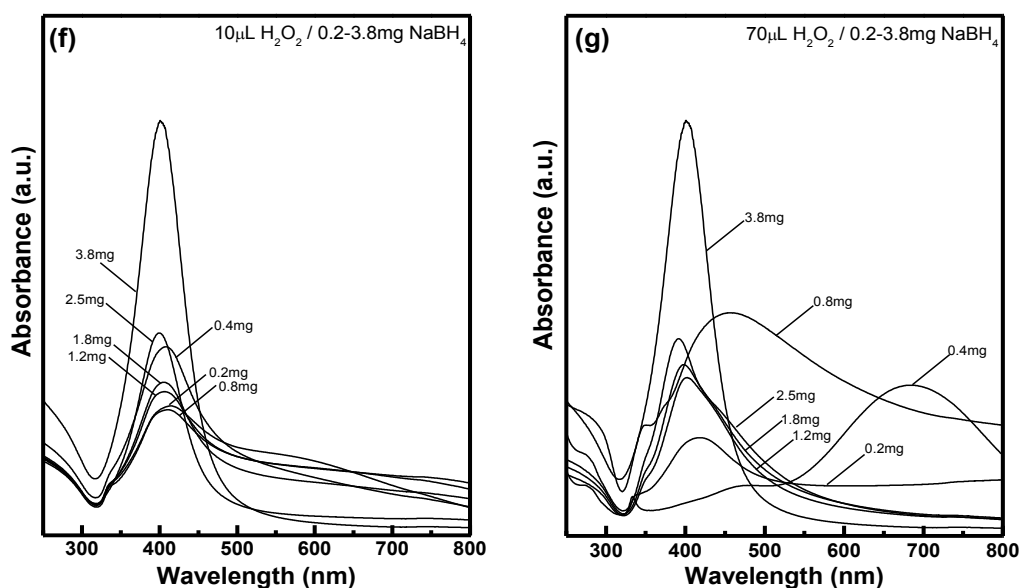


Figure 5. Evolution of the absorption bands in the formation of silver anisotropic nanoparticles. Reduction of silver colloids by NaBH₄ and H₂O₂ in (f) without SC, and (g) with SC.

The influence of H_2O_2 and NaBH_4 when were added immediately after the silver salt without the trisodium Citrate over the anisotropic transition of the silver particles into prisms was not observed in the absorption spectrum (Figure 6h). We observed that high concentrations of H_2O_2 yield anisotropic particles, with shape and size not controlled. The UV-vis spectra indicate that the average shape and size increases for different samples of reaction (smpvp7, smpvp8). Furthermore, for this range of H_2O_2 concentration (10 and $70\mu\text{L}$), the peak position of the Surface Plasmon Absorbance Bands (SPAB) shifts from 598 nm to 680 nm, thus confirming the dependence of the SPAB position on the average particle size, this can be observed clearer in the absorption spectrum (i) of the Figure 6 where the variation of H_2O_2 concentration produces a SPAB shift because of geometrical shape of the nanoprisms. The final product obtained is composed of silver triangular nanoprisms with a very narrow size distribution.

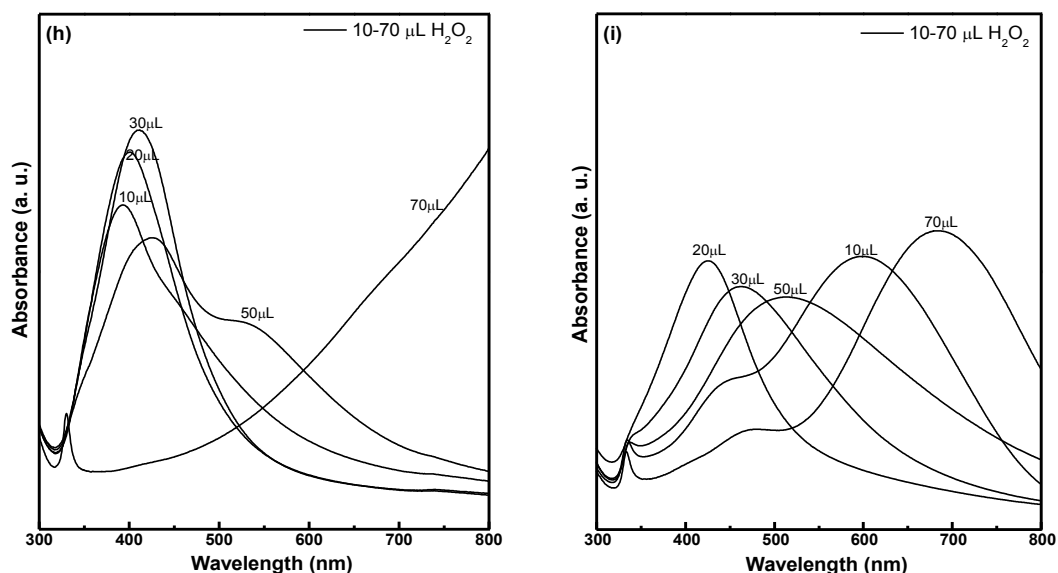


Figure 6. Shifting of absorption bands for solutions with formation of silver anisotropic nanoparticles (h) without SC, (i) with SC.

Instead of a single peak at 410 nm characteristic of spherical particles, three peaks appear at 682 nm, 480 nm and 333 nm and the peak characteristic for spherical nanoparticles at 410 nm is hardly distinguishable as a very weak shoulder on the 470 nm peak. The same three peaks have been described in previous experimental and theoretical works [26a] as characteristic of triangular nanoprisms and have been attributed to the in-plane dipole, in-plane quadrupole and out of plane quadrupole plasmon resonances. This interpretation of the UV-Vis measurement agrees with the Transmission Electron Microscopy (TEM) measurements showing only nanoprisms and few spherical nanoparticles (Figure 8b).

Formation of silver nanoprisms using polyvinyl alcohol (PVA)

Colloidal solutions of silver nanoprisms in polyvinyl alcohol (PVA) were prepared, using the same methodology that the employed previously. We used a ratio of PVA: AgNO_3 , 1:0.01 as summary in the Table 2. The difference with this polymer is its wide use for thin films coating. The Figure 7 shows the UV-vis spectrum of three samples representative.

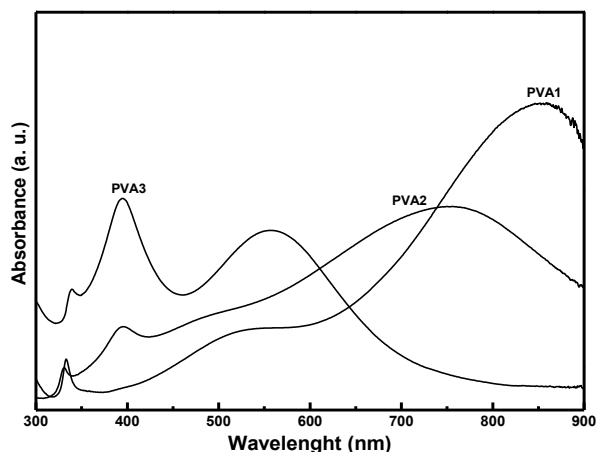


Figure 7. Shifting of surface plasmon absorption bands for three samples representative.

This results indicate that for the planar triangles one main peak should be observed at high wavelengths (710 nm), corresponding to the in-plane dipole resonance, and two peaks with much lower intensity at lower wavelengths, corresponding to the in-plane (470 nm) and out-of-plane (340 nm) quadrupole resonances, while the out-of-plane dipole resonance is only observed as a shoulder at 410 nm. While for truncated triangles, a blue shift of the in-plane dipole resonance to 650 nm should be noticeable. The Figure 7 shows also two peaks and a tail; one peak at $\lambda > 320$ nm and other peak $\lambda < 400$ nm, indicating the formation of silver spheroidal and tetrahedral nanoparticles respectively for the three representative samples.

On the other hand, the X-ray diffraction (XRD) and electron diffraction (ED) measurements indicate that the nanoparticles have good crystallinity. The electron diffraction pattern showed the 111, 200, and 220 reflections of metallic silver particles crystallized in the face centered cubic (fcc) structure with the characteristic peaks in accordance with the JCPDS file no. 4-0862. The mean crystalline particle size, determined using the Scherrer method on the main 111 diffraction peak of the X-ray diffraction pattern, is 5 ± 2 nm, in good agreement with the size of the isolated nanoparticles observed in Transmission Electron Microscopy (TEM) (Figure 8a), so as, absence of agglomerates after one month. The morphological study of the anisotropic transition of nanoparticles into nanoprisms by TEM clearly reveals that the presence of sodium citrate and hydrogen peroxide during the reduction of silver ions results in the growth of triangular silver crystallites (Figure 8b). Analysis of the TEM images yields average lateral dimensions of the silver triangular nanoprisms made by chemical reduction was of 110 ± 16.5 nm.

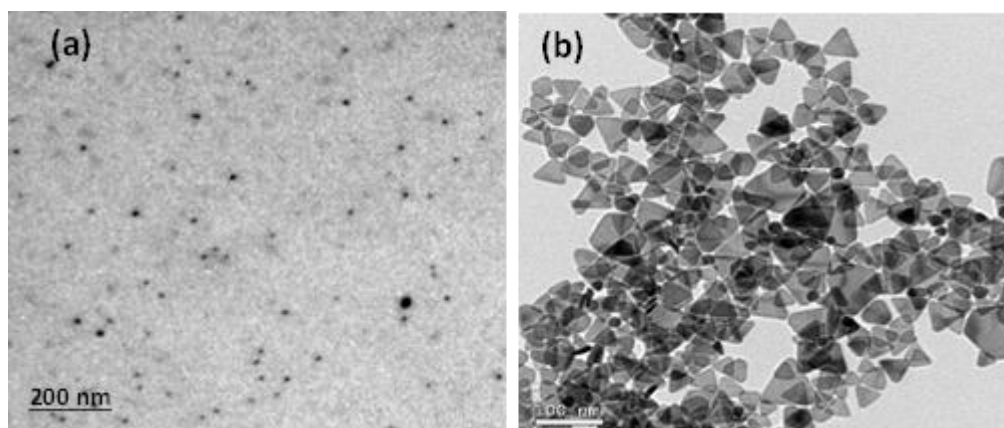


Figure 8. (a) Electron micrographs of silver nanoparticles and (b) triangular silver nanoprisms in sol produced by chemical reduction route of silver ions.

Our results confirm that trisodium citrate controls the geometric shape of spherical nanoparticles when it was added before sodium borohydride. While that when the initial solution of silver ions is mixed with sodium borohydride, only irregular and polydisperse particles were formed. Also, silver triangular nanoprisms and truncated nanoprisms were observed when the SC was added before hydrogen peroxide and sodium borohydride. Finally, formation of silver triangular nanoprisms with in-plane plasmon wavelengths modular was obtained (Figure 6i).

Future work

Silver nanoparticles are useful for optical applications due to their intense and narrow absorption peak in the near-UV and visible spectra, the position of which can be tuned by controlling the size and shape of the deposited nanoparticles. The obtained colloid will be used for the deposition on optical substrates of homogeneous monolayer coating of silver nanoprisms for optical applications.

Conclusions

The nanosized spheres (diameters below 20 nm) were obtained by chemical reduction of silver Ag^+ ions in aqueous solution using PVP as stabilizer. The PVP modulates particle growth and shape through absorption onto the particle surface and stabilize the silver spherical nanoparticles in the colloidal solution. Typical plasmon bands of the silver nanoparticles dominate the UV–Vis spectral features, showing only one plasmon band at ~ 410 nm for the solutions at room temperature, 30° , 60° , 90° showing a unimodal distribution of the particle size. In summary, stable Ag colloids of nanosized triangular prisms were prepared in water at room temperature in the presence of PVP. Non-spherical shapes are reflected in three different resonance frequencies at ~ 340 nm, 470 nm and 680 nm. The UV–vis spectral measurement and also the appearance to the eye of the solutions remained unchanged for months, revealing good stability.

References

- [1]. S. Nie, S.R. Emory. (1997). *Science* **(275)** 1102.
- [2]. Z. L. Wang, C.T. Chan, W.Y. Zhang, Z. Chen, N.B. Ming, P. Sheng. (2001). *Phys. Rev. B* **(64)** 113108.
- [3]. C. W. Chen, T. Serizawa, M. Akashi. (1999). *Chem. Mater.* **(11)** 1381.
- [4]. S. A. Kalele, S.S. Ashtaputre, N.Y. Hebalkar, S.W. Gosavi, D.N. Deobagkar, D.D. Deobagkar, S.K. Kulkarni. (2005). *Chem. Phys. Lett.* **(404)** 136.
- [5]. S. Remita, M. Mostafavi, and M. O. Delcourt, *Radiat.* (1996). *Phys. Chem.* **(47)** 275.
- [6]. J. H. Hodak, A. Henglein, M. Giersig, and G. V. Hartland. (2000). *J. Phys. Chem. B.* **(104)** 11708.
- [7]. Y. Mizukoshi, K.Okitsu, Y. Maeda, T. A. Yamamoto, R. Oshima, and Y. Nagata. (1997). *J. Phys. Chem. B* **(101)** 7033.
- [8]. M. Brust, M. Walker, D. Bethell, D. J. Schiffrin, and R. Whyman. (1994). *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 801.
- [9]. K. Osseo-Asare, and F. J. Arriagada. (1990). *Ceram. Trans.* **(12)** 3.
- [10]. Monica Popa, Trinitat Pradell, Daniel Crespo, José M. Calderón-Moreno. (2007). *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **(303)** 184.
- [11]. Huang, H. H., Ni, X. P., Loy, G. L., Chew, C. H., Tan, K. L., Loh, F. C., Deng, J. F., and Xu, G. Q. (1996). *Langmuir* **(12)** 909.
- [12]. G. Rodríguez-Gattorno, D. Díaz, L. Rendón, and G. O. Hernández-Segura. (2002). *J. Phys. Chem.* **(106)** 2482.
- [13]. Y. J. Han, J.M. Kim, G.D. Stucky. (2000). *Chem. Mater.* **(12)** 2068.
- [14]. R. Zehner, W. Lopes, T. Morkved, L. Sita. (1998). *Langmuir* **(14)** 242.
- [15]. E. Braun, U. Eichen, U. Sivan, G. Yoseph. (1998). *Nature* **(391)** 775.
- [16]. S. W. Chung, G. Markovich, J. Heath. (1998). *J. Phys. Chem. B* **(102)** 6685.
- [17]. K. Torigoe, K. Esumi. (1995). *Langmuir* **(11)** 4199.
- [18]. T. Trentler, S. Goel, K. Hickman, A. Viano. (1995). *Science* **(270)** 1995.
- [19]. J. Sloan, D.M. Wright, S. Bailey, G. Brown, A.P.E. York, K.S. Coleman, M.L.H. Green, D.M. Wright, J.L. Hutchison, H.-G.Woo, *Chem. Commun.* (1999) 699.
- [20]. D. Colbert, J. Zhang, S. McClure. (1994). *Science* **(266)** 1218.
- [21]. C. Lofton, W. Sigmund. (2005). *Adv. Funct. Mater.* **(15)** 1197.
- [22]. a) M. Maillard, S. Giorgio, M. P. Pileni. (2002). *Adv. Mater.* **(14)** 1084. b) C. Salzemann, J. Urban, I. Lisiecki, M. P. Pileni. (2005). *Adv. Funct. Mater.* **(15)** 1277.
- [23]. a) B. Nikoobakht, M. A. El-Sayed. (2003). *Chem. Mater.* **(15)** 1957. b) Y. Xia, P. D. Yang, Y. G. Sun, Y. Y. Wu, B. Mayers, B. Gates, Y. D. Yin, F. Kim, Y. Q. Yan. (2003). *Adv. Mater.* **(15)** 353. c) J. Pérez-Juste, L. M. Liz-Marzán, S. Carnie, D. Y. C. Chan, P. Mulvaney. (2004). *Adv. Funct. Mater.* **(14)** 571. d) N. R. Jana, L. Gearheart, C. J. Murphy. (2001). *Chem. Commun.* 617.
- [24]. a) N. Malikova, I. Pastoriza-Santos, M. Schierhorn, N. A. Kotov, L. M. Liz-Marzán. (2002). *Langmuir* **(18)** 3694. b) J. E. Millstone, S. Park, K. L. Shuford, L. Qin, G. C. Schatz, C. A. Mirkin. (2005). *J. Am. Chem. Soc.* **(127)** 5312. c) F. Kim, S. Connor, H. Song, T. Kuykendall, P. Yang. (2004). *Angew. Chem. Int. Ed.* **(43)** 3673. d) S. S. Shankar, A. Rai, B. Ankamwar, A. Singh, A. Ahmad, M. Sastry. (2004). *Nat. Mater.* **(3)** 482.
- [25]. a) I. Pastoriza-Santos, L. M. Liz-Marzán. (2002). *Nano Lett.* **(2)** 903. b) S. Chen, D. L. Carroll, *Nano Lett.* 2002, 2, 1003. c) S. Chen, D. L. Carroll. (2004). *J. Phys. Chem. B* **(108)** 5500. d) N. Okada, Y. Hamanaka, A. Nakamura, I. Pastoriza-Santos, L. M. Liz-Marzán. (2004). *J. Phys. Chem. B* **(108)** 8751. e) G. S. Métraux, C. A. Mirkin. (2005). *Adv. Mater.* **(17)** 412.
- [26]. a) R. C. Jin, Y. W. Cao, C. A. Mirkin, K. L. Kelly, G. C. Schatz, J. G. Zheng. (2001). *Science* **(294)** 1901. b) A. Callegari, D. Tonti, M. Chergui. (2003). *Nano Lett.* **(3)** 1565. c) R. Jin, C. Y. Cao, E. Hao, G. Métraux, G. C. Schatz, C. A. Mirkin. (2003). *Nature* **(425)** 487. d) M. Maillard, P. Huang, L. E. Brus. (2003). *Nano Lett.* **(3)** 1611. e) Y. Sun, B. Mayers, Y. Xia. (2003). *Nano Lett.* **(3)** 675. f) Y. Sun, Y. Xia. (2003). *Adv. Mater.* **(15)** 695.
- [27]. Z. L. Wang. (2000). *J. Phys. Chem. B* **(104)** 1153.
- [28]. V. Torres, M. Popa, D. Crespo, J. M. Calderón Moreno. (2007). *Microelectronic Engineering* **(84)** 1665.

Authorization and renouncing

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Propiedades termodinámicas y estructurales de proteínas mediante un potencial atractivo tipo Triángulo.

Ignacio Ibarra Cigales¹, Gerardo Odriozola², Pedro Orea², Mariana Bárcenas Castañeda¹

¹División de Ing. Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico s/n, Ecatepec, Estado de México, 55210, México.

²Programa de Ingeniería Molecular, Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, Cd. de México, 07730, México.

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se estudiaron las propiedades de coexistencia y estructurales de un fluido simple a través de un potencial de interacción atractivo del tipo triángulo para cinco diferentes alcances ($\lambda=1.15, 1.20, 1.25, 1.30$ y 1.40), utilizando la técnica de simulación Monte Carlo de Intercambio de Réplicas. Se obtuvieron los diagramas de coexistencia de fases líquida y vapor para amplios intervalos de temperaturas. Para bajas temperaturas se observó la cristalización de la fase líquida. Así mismo, se presentan cálculos del parámetro de orden Q_6 en la fase condensada, el cuál es un indicador global de orden cristalino. Por otra parte, se compararon los resultados del potencial de triángulo con datos experimentales de un sistema proteico, encontrando un buen acuerdo cuantitativo.

Palabras clave: *Potencial atractivo tipo triángulo, proteínas, equilibrio líquido-vapor, Monte Carlo*

Abstract

The coexistence and structural properties of a simple fluid were studied by means of a triangle interaction potential of variable range ($\lambda= 1.15, 1.20, 1.25, 1.30$ and 1.40). This was achieved by replica exchange Monte Carlo simulations. Liquid-vapor phase coexistence diagrams were obtained for wide temperature ranges. For low temperatures and certain systems it was found the crystallization of the liquid phase. In order to detect the formation of a crystal structure, an overall Q_6 parameter was defined at the condensed phase. On the other hand, the obtained results were compared to the experimental behavior of a protein system, finding a quantitative good agreement.

Introducción

Desde los inicios del desarrollo de la termodinámica clásica ha sido de gran interés el cálculo, predicción, y determinación de las propiedades de equilibrio líquido – vapor, tanto de fluidos simples como complejos. El desarrollo de la mecánica estadística y en particular las más recientes técnicas de simulación molecular han demostrado ser poderosas herramientas para el estudio de sistemas termodinámicos. En particular, las técnicas de Monte Carlo y Dinámica Molecular son las metodologías más utilizadas para estudiar las propiedades termodinámicas e interfaciales de fluidos modelo.

Cuando se implementan correctamente estas técnicas los datos obtenidos dependerán únicamente del modelo de potencial que se utilice, ya que estas no introducen artificios y simplificaciones matemáticas muy frecuentemente recurridos en los desarrollos teóricos [Frenkel (2001)]. Por esta razón existe una gran variedad de modelos de potencial que pretenden ajustarse a las características físico-químicas de ciertas moléculas. Entre los más simples se pueden mencionar el potencial de esfera dura, pozo cuadrado, hombro repulsivo, triángulo, entre otros [Barcenas y cols. (2011), Barcenas y cols. (2013)]. Uno de los modelos de potencial que ha logrado representar comportamientos complejos a pesar de su aproximación burda es el pozo cuadrado [Barcenas y cols. (2013), Betancourt-Cárdenas y cols. (2007), Valadez-Pérez y cols. (2012)]. Sin embargo, recientemente se ha comenzado a explorar más profundamente el modelo de tipo triángulo, ya que este potencial tiene algunas ventajas a pesar de su simpleza; contiene un núcleo duro de repulsión y una energía de interacción que disminuye a medida que la distancia intermolecular entre las partículas aumenta, tal cual ocurre

con sistemas reales y evita los problemas técnicos relacionados al truncamiento de los potenciales de largo alcance. A su vez, su forma algebraica permite su estudio mediante diferentes teorías [Betancourt-Cárdenas y cols. (2007), Rivera y cols. (2012)].

El potencial de interacción de pares conocido como triángulo no ha sido estudiado ampliamente en la literatura. No obstante en los últimos años se ha intensificado el uso de dicho modelo [Betancourt-Cárdenas y cols. (2007), Rivera y cols. (2012)]. Lo anterior, es gracias a una de sus principales ventajas, que es la pendiente de la cola, la cual se hace cero cuando la distancia intermolecular es mayor que el alcance, λ . Este hecho evita problemas técnicos cuando se implementa en simulaciones, ya que no hay necesidad de implementar correcciones de largo alcance debido al truncamiento [Frenkel (2001)]. Este contrasta con otros potenciales ampliamente estudiados como Yukawa, Sutherland, Lennard-Jones, entre otros. Además, comparado con el potencial de pozo cuadrado, el potencial de triángulo resulta una aproximación más cercana a modelos reales.

En este trabajo se utilizó la técnica de Monte Carlo de intercambio de réplicas (MCIR) para estudiar sistemas de un componente que interactúan a través de un potencial aditivo por pares tipo triángulo, considerando diferentes alcances del potencial ($\lambda=1.15, 1.20, 1.25, 1.30$ y 1.40) y para un amplio intervalo de temperatura. Se reportan curvas de coexistencia vapor – líquido y vapor – sólido, así como datos estructurales.

La mayoría de los estudios que utilizan el modelo de potencial de triángulo se han enfocado en calcular las propiedades estructurales y de coexistencia para largos alcances usando el método de Gibbs [Panagiotopoulos (1987)] y diferentes enfoques teóricos [Betancourt-Cárdenas y cols. (2007), Rivera y cols. (2012)]. En este trabajo se realizó un estudio sistemático del potencial de triángulo utilizando MCIR para corto alcance. Por otra parte, un objetivo del presente estudio es comparar los resultados de coexistencia líquido-vapor para este potencial con datos correspondientes a sistemas proteicos reportados en la literatura [Katsonis y cols. (2006)]. Es conocido que bajo ciertas condiciones el comportamiento termodinámico de algunas proteínas puede ser capturado mediante potenciales atractivos de corto alcance.

Duda (2009) utilizando un modelo de potencial de pozo cuadrado y usando la técnica de simulación de Monte Carlo, para alcances de $\lambda=1.1$ y $\lambda=1.05$ logra reproducir datos experimentales de la coexistencia líquido-vapor de la lisozima en términos de parámetros reducidos. Valadez-Pérez y cols. (2012) reportaron cálculos para los mismos parámetros, utilizando dos diferentes ensambles, NVT y Gibbs, encontrando un buen acuerdo con los resultados de Duda. En el mismo estudio, utilizando un modelo de potencial tipo Yukawa atractivo, presenta resultados de la coexistencia líquido – vapor en términos del segundo coeficiente virial para el mismo sistema experimental. En este caso, el potencial se ajusta en algunas regiones de la coexistencia presentando sesgos importantes cerca del punto crítico. En base a lo expuesto, encontramos la necesidad de comparar los datos experimentales con las predicciones termodinámicas de otros potenciales de interacción con la intención de reproducir, de forma más apegada, el comportamiento termodinámico líquido-vapor de algunos sistemas proteicos. Como veremos a continuación, el potencial tipo triángulo cumple con este propósito.

Metodología

Modelo. En el presente estudio se considera un sistema de N partículas esféricas de diámetro σ , que interactúan a través de un potencial de triángulo (ver figura 2), definido por la ecuación (1), donde $x=r/\sigma$ es la distancia reducida entre los centros de las partículas, ϵ es la energía y λ es el alcance del potencial.

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 1 \\ \epsilon \frac{(x-\lambda)}{(\lambda-1)}, & 1 \leq x \leq \lambda \\ 0, & x > \lambda \end{cases} \quad (1)$$

Se estudiaron cinco sistemas con diferente alcance e intervalos de temperatura (tal como se describe en la tabla 1, donde T_{\min}^* y T_{\max}^* son la temperatura mínima y máxima de estudio respectivamente, para cada sistema). Se fijó la energía de interacción, $\epsilon=1$, para todos los casos. Los resultados se presentan en unidades adimensionales, donde $T^*=k_B T/\epsilon$ para la temperatura y $\rho^*=\rho\sigma^3$ para la densidad.

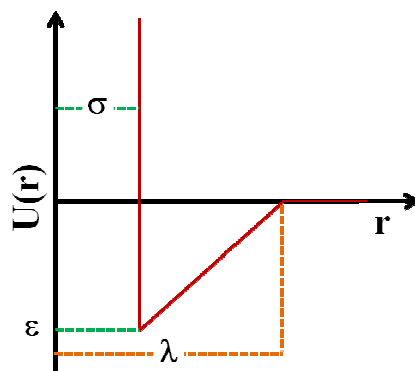


Figura 1.- Representación esquemática del potencial de interacción tipo triángulo. Se muestra la barrera repulsiva en $r=\sigma$ y la región atractiva para $\sigma < r < \lambda$.

Tabla1. Intervalos de temperatura para los sistemas estudiados. Las temperaturas intermedias siguen la siguiente expresión $T_i^* = T_{\max}^* [T_{\min} / T_{\max}]^{(i-1)/(M-1)}$.

λ	T_{\min}^*	T_{\max}^*
1.15σ	0.336	0.360
1.20σ	0.364	0.390
1.25σ	0.396	0.425
1.30σ	0.307	0.470
1.40σ	0.248	0.572

Detalles de la simulación. Se utilizó la técnica de simulación de Monte Carlo con intercambio de réplicas (MCIR) a un sistema compuesto por una gota densa (inicialmente generada al azar) en equilibrio con su vapor. El método MCIR consiste en simular M réplicas (copias) del sistema de forma paralela, cada una de ellas a condiciones termodinámicas distintas; al mismo tiempo, se llevan a cabo intercambios entre ellas. Estos intercambios hacen que una determinada réplica viaje a través de diferentes condiciones termodinámicas, lo cual permite superar posibles barreras de energía libre. El algoritmo realiza un muestreo del ensamble canónico expandido, que toma a la temperatura como variable de expansión, es decir,

$$Q_{ext} = \prod_{i=1}^M Q_{NVT_i} \quad (2)$$

donde Q_{NVT_i} es la función de partición del ensamble canónico del sistema a la temperatura T_i , M es el número de réplicas que iguala al número de diferentes temperaturas que definen el ensamble extendido.

Se emplearon M cajas de simulación rectangulares con dimensiones de $L_x = L_y = 10\sigma$ y $L_z = 3 \times L_x$, en las cuales se colocaron aleatoriamente 1200 partículas en el centro de la caja de simulación, rodeadas inicialmente por vacío. Se fijaron condiciones periódicas en las tres direcciones. Las partículas se mueven utilizando el algoritmo de Metropolis y se utilizaron listas de Verlet para reducir el tiempo de cálculo [Frenkel (2001)]. Se llevaron a cabo 10^7 pasos de MC durante los cuales las réplicas establecen un estado estacionario. Luego, las propiedades reportadas se calcularon promediando 4×10^7 configuraciones.

Resultados y discusión

Se obtuvieron los diagramas de coexistencia y propiedades estructurales para cinco sistemas en los intervalos de temperatura definidos en la tabla 1. Las densidades de las fases se obtienen directamente del promedio de las diferentes regiones de los perfiles de densidad (las regiones de alta y baja densidad), lo que permite obtener valores precisos, siempre que los perfiles desarrollen claramente el seno de las fases condensada y vapor. Para ello es necesario definir un sistema suficientemente grande y con volúmenes similares de cada fase (ver figura 2).

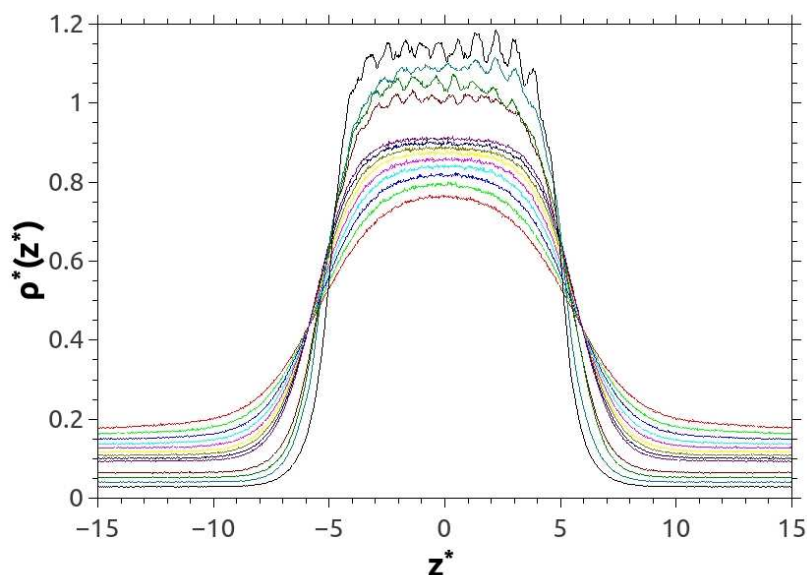


Figura 2. Perfiles de densidad, $\rho^*(z^*)$, de fluidos de triángulo para $\lambda=1.2$. Las temperaturas más bajas producen la formación de una fase sólida.

El panel A) de la figura 3 muestra los diagramas de coexistencia para tres de los cinco casos estudiados (los de más corto alcance). Los tres casos muestran las ramas del líquido y el vapor que se juntan al incrementar la temperatura y definir así el punto crítico. Este último, se obtiene a partir de la ley de diámetros rectilíneos con $\beta=0.325$ [Frenkel (2001)] (reportados en la tabla 2). Como se observa, la temperatura crítica, T_c^* , baja conforme se disminuye el alcance del potencial, λ . A su vez, la densidad crítica, ρ_c^* , incrementa ligeramente también al disminuir λ . A bajas temperaturas reducidas, $T_r = T/T_c$, los tres sistemas muestran un salto marcado en la densidad de la fase condensada, produciendo muy altas densidades. Este cambio también es acompañado por un decremento fuerte en la rama del vapor. Estos cambios son debidos a la cristalización de la fase líquida para formar un sólido (ver los casos (iii) y (iv) del panel B) de la figura 3). Esta cristalización también genera cambios en la densidad del vapor en equilibrio. A medida que la simulación transcurre, las primeras cajas dónde se forma el sólido se ubican automáticamente a las más bajas temperaturas, debido a su menor energía potencial. Así, una vez alcanzado el régimen estacionario donde no más cajas logran cristalizar, todas ellas se encuentran en la región de más baja temperatura. Por consiguiente, toda la región a menor temperatura corresponde al equilibrio sólido-vapor. Sin embargo, la región de coexistencia líquido-vapor cercana a la temperatura donde observamos la cristalización puede, eventualmente, cristalizar a tiempos de simulación mucho más largos. Esto implica que la coexistencia líquido-vapor es metaestable y la coexistencia sólido-vapor es estable.

En el caso (i) del panel B) de la figura 3 se muestra una configuración de la simulación para $T^*=0.421$, que corresponde a un punto cercano a la temperatura crítica. En la imagen se observa la distribución molecular y se distingue la presencia de las fases líquido (al centro) y vapor (a los costados). Los otros casos mostrados en el panel B) de la figura 3 corresponden a las temperaturas más bajas para cada alcance. En todos estos casos, el valor del parámetro de orden Q_6 es cercano a 0.44, lo que indica la formación de una estructura cristalina. Los planos cristalinos se pueden visualizar claramente en las figuras (ii), (iii) y (iv).

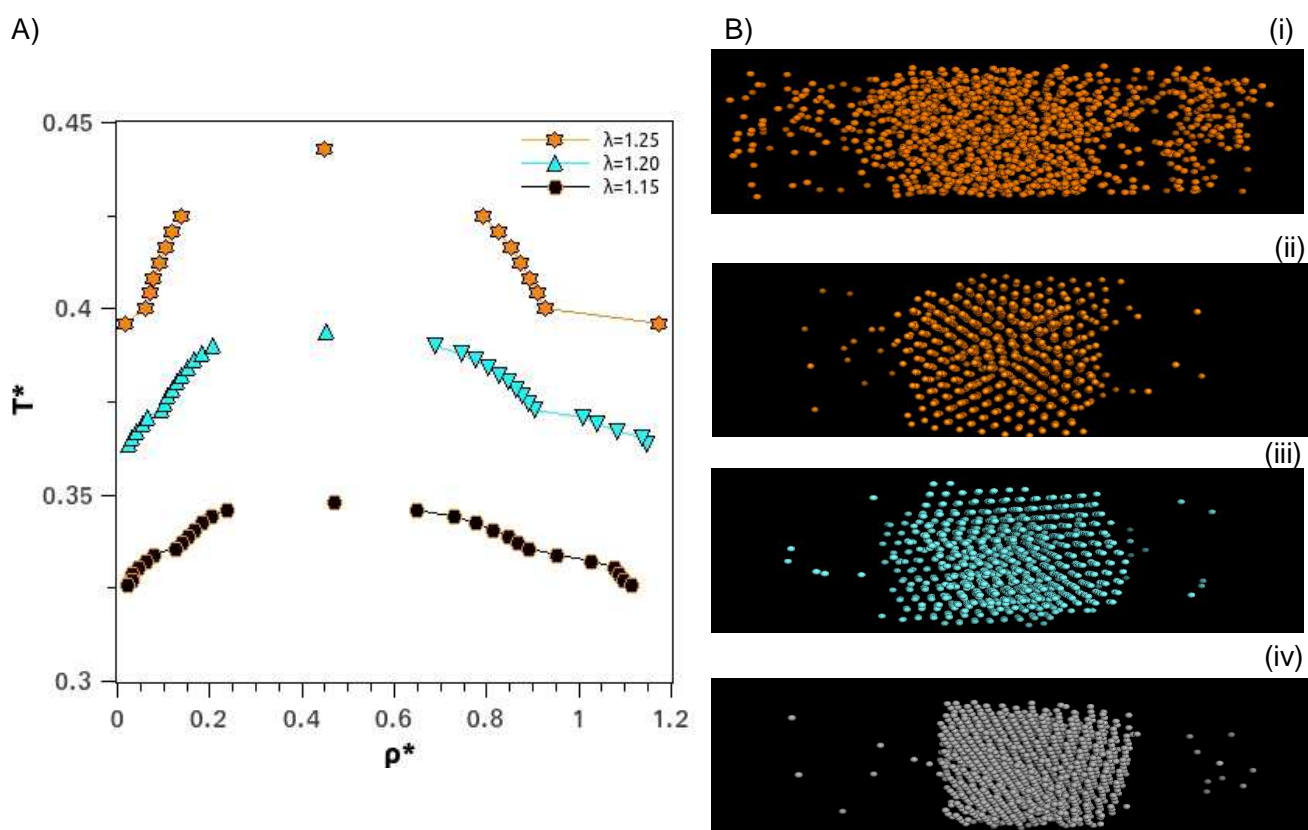


Figura 3. A) Curvas de coexistencia para fluidos atractivos que interactúan a través de la ecuación (1), con $\lambda=1.15, 1.20$ y 1.25 . B) Imágenes de las cajas de simulación para: (i) $\lambda=1.25, T^*=0.421$; (ii) $\lambda=1.25, T^*=0.396$; (iii) $\lambda=1.20, T^*=0.364$; y (iv) $\lambda=1.15, T^*=0.336$.

El panel A) de la figura 4 muestra las curvas de coexistencia para $\lambda=1.30$ y 1.40 . Estos casos corresponden entonces a los mayores alcances estudiados. Al igual que para los casos anteriores, vemos que se mantienen las mismas tendencias al incrementar λ . Esto es que el tamaño de la ventana líquido-vapor se incrementa, la temperatura del punto crítico aumenta, y la densidad disminuye, conforme el alcance se incrementa. También se observa, para el caso $\lambda=1.30$ un salto de densidad de la fase condensada que marca a las réplicas que han cristalizado (ver panel B) (i)). Para el caso $\lambda=1.40$ no se observa un marcado salto de densidad a pesar de que a las temperaturas más bajas se observa la formación de un cristal (ver panel B) (ii)). La cristalización también se comprueba con Q_6 , obteniendo valores mayores a 0.44.

Tabla 2. Puntos críticos para los diferentes sistemas estudiados.

λ	T_c^*	ρ_c^*
1.15σ	0.348	0.467
1.20σ	0.394	0.453
1.25σ	0.443	0.450
1.30σ	0.502	0.433
1.40σ	0.635	0.375

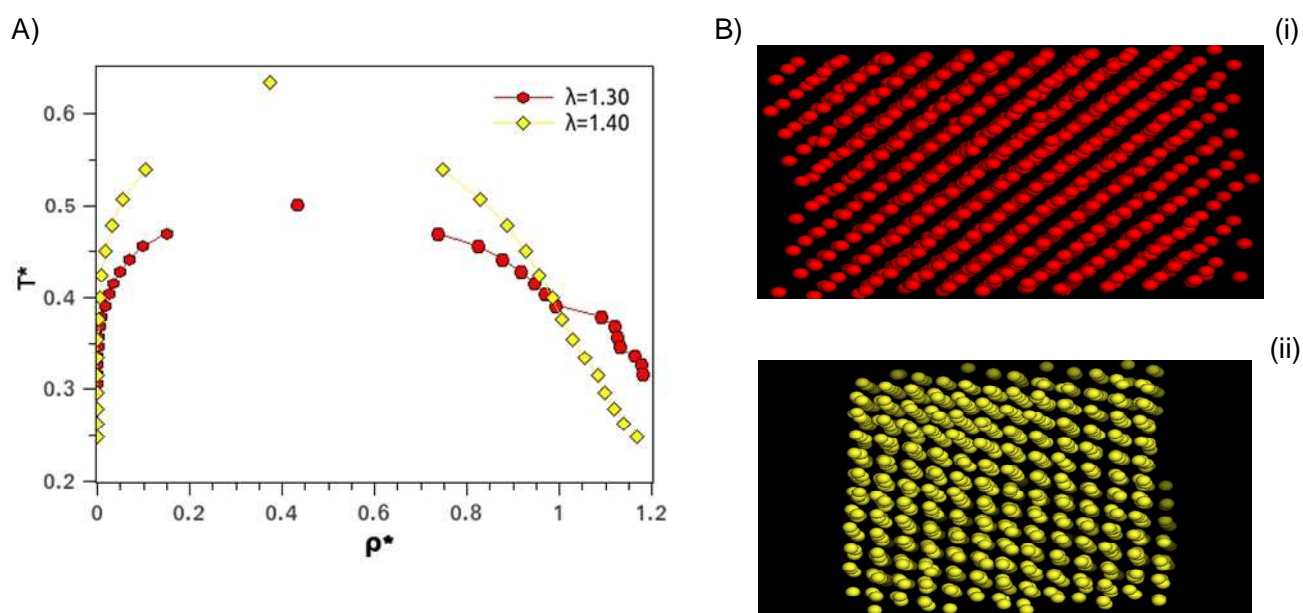


Figura 4. A) Curvas de coexistencia para fluidos atractivos que interactúan a través de la ecuación (1), con $\lambda=1.30$ y 1.40 B) Imágenes de las cajas de simulación para las temperaturas más bajas estudiadas para cada caso.

Finalmente se compararon los resultados de potencial de triángulo con datos experimentales correspondientes a la coexistencia de la lisozima (reportados por Katsonis y cols. (2006)). La comparación se muestra en unidades reducidas en la figura 5). La comparación se llevó a cabo con los potenciales de menor alcance ($\lambda=1.15$ y 1.20), ya que son estos los que mejor se ajustan. Esto no es de sorprender puesto que las interacciones proteicas son de corto alcance relativas a sus tamaños. Tal como se observa en la figura 5, para la región de temperatura cercana al crítico los dos alcés muestran un buen acuerdo con los datos experimentales. Sin embargo, el mejor ajuste corresponde al menor alcance, es decir, a $\lambda=1.15$. También observamos que estos datos logran un mejor acuerdo que los correspondientes al potencial de pozo cuadrado (no se muestra por claridad).

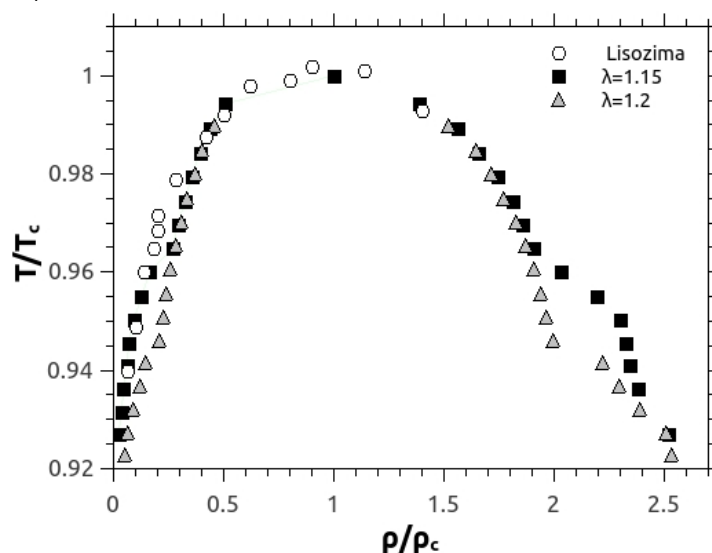


Figura 5. Curvas de coexistencia en términos de temperatura reducida y densidad reducida para el potencial de la ecuación (1) con $\lambda=1.15$, 1.20 , comparados con datos experimentales del sistema lisozima [Katsonis y cols. (2006)].

Trabajo a futuro

Es importante destacar que el uso de modelos simples para representar sistemas complejos se ha aplicado desde los comienzos del desarrollo de la mecánica estadística, para la predicción de propiedades termodinámicas con su posterior aplicación a procesos industriales. En un futuro inmediato, se requiere realizar el tratamiento de datos para la obtención de propiedades interfaciales y estructurales para todos los sistemas reportados en el presente trabajo y establecer su dependencia con la temperatura. Así mismo, actualmente, se están realizando cálculos utilizando la técnica de dinámica molecular, para obtener datos de coexistencia y tensión superficial. Dichos datos, serán comparados con los resultados de Monte Carlo de intercambio de réplicas, para validarlos. Se contempla a futuro el uso de un disolvente de forma explícita, ya que actualmente en los datos presentados el efecto del medio se considera a través de los parámetros del modelo de potencial. Se utilizará dinámica molecular para estudiar un sistemas de dos componentes (proteínas más un disolvente).

Conclusiones

Se obtuvieron propiedades termodinámicas para un potencial atractivo de tipo triángulo para cinco alcances de potencial: $\lambda=1.15\sigma$, 1.20σ , 1.25σ , 1.30σ y 1.40σ , utilizando la técnica de Monte Carlo de intercambio de réplicas. Se reportaron curvas de coexistencia en función del alcance del potencial. Dado que la cristalización se da a bajas temperaturas, en todos los casos se estableció un intervalo suficientemente amplio para poder observar la formación de un cristal a partir de la fase líquida. De acuerdo a nuestros resultados, a menor alcance del potencial más pequeña se hace la ventana de temperaturas donde se observa la coexistencia líquido-vapor. Esto es debido a que la coexistencia sólido-vapor corresponde al equilibrio termodinámico y la coexistencia líquido-vapor a un estado metaestable.

Por otro lado, se compararon los resultados con datos experimentales reportados en la literatura para el sistema lisozima en agua. Se demostró que el modelo de potencial de triángulo es capaz de reproducir cuantitativamente el diagrama de fases del sistema real, proporcionando una mejor predicción que los resultados reportados para el potencial de pozo cuadrado.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec por su apoyo en tiempo de cálculo para la realización de este proyecto.

Referencias

1. Barcenas M.; Odriozola G.; Orea P. (2011). Propiedades termodinámicas de fluidos hombro/pozo cuadrado. *R. Mex. Fis.* (57) 485.
2. Barcenas M.; Odriozola G.; Orea P. (2013). Structure and coexistence properties of shoulder-square well fluids. *J. Mol. Liq.* (185) 70.
3. Betancourt-Cárdenas F. F.; Galicia-Luna L. A.; Sandler S. I. (2007). Thermodynamic properties for the triangular-well fluid. *Molecular Physics* (105, Nos. 23–24) 2987–2998.
4. Duda Y. (2009). Square-well fluid modelling of protein liquid-vapor coexistence. *J. Chem. Phys.* (130) 116101.
5. Frenkel D.; Smit B. (2001). Understanding Molecular Simulation: From algorithms to applications. Academic press. 2ª edición. ISBN 978-0122673511.
6. Gogelein, C.; Wagner D.; Cardinaux F.; Nagele G.; Egekgaaaf S. (2012). Effect of glycerol and dimethyl sulfoxide on the phase behavior of lysozyme: Theory and experiments. *J. Chem. Phys.* (136) 015102.
7. Katsonis P.; Brandon S.; Vekilov P. G.[†] (2006). Corresponding-States Laws for Protein Solutions. *J. Phys. Chem. B.* 110 (35) 17638.
8. Panagiotopoulos A. Z. (1987). *Mol. Phys.* (61) 813.
9. Rivera L.D.; Robles M.; López de Haro M. (2012). Equation of state and liquid-vapour equilibrium in a triangle-well fluid. *Molecular Physics* (110, Nos. 11-12) 1317.
10. Valadez-Pérez N. E.; Benavides A. L.; Schöll-Paschinger E.; Castañeda-Priego R. (2012). Phase behavior of colloids and proteins in aqueous suspensions: Theory and computer simulations. *J. Chem. Phys.* (137) 084905.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Producción de Polihidroxitirato con *Bacillus sp* IBT42 en Hidrolizados de Bagazo de *Agave angustifolia* Haw

E. N. Vásquez Jauri^{1*}, L. López Zamora¹, L.A. Adaya García², D. Segura González²

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avda. Oriente 9 Núm. 852, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.

²Instituto de Biotecnología. Universidad Autónoma de México (IBT-UNAM), Av. Universidad 12001, Col. Chamilpa, C.P. 62250, Cuernavaca, Morelos.

*edith.jauri@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El uso de plásticos sintéticos en productos desechables y su mala disposición provoca problemas de contaminación principalmente en los océanos. Los residuos agroindustriales como el bagazo de agave, provocan también contaminación debido a su baja biodegradabilidad. Una alternativa para el aprovechamiento de estos residuos es producir plásticos biodegradables usando bagazo como sustrato. En este trabajo se estudió la producción de Polihidroxitirato (PHB), un poliéster biodegradable sintetizado por bacterias, usando dos hidrolizados de bagazo de agave *Angustifolia* Haw como fuente de carbono: hidrolizado ácido (HA) y enzimático (HE), se probaron tres concentraciones de Azúcares Reductores (AR): 7, 14 y 21 g/L, tres relaciones C:N 1:0.0809, 1:0.1618, 1:0.2428 y tres relaciones C:P 1:0.0725, 1:0.1451, 1:0.2176. Se obtuvieron 507.18 mgPHB/L en los medios de HE con 7 g/L de AR, y la relaciones C:N 1:0.1618 y C:P 1:0.0725, y en los medios de HA se obtuvieron 2312.98 mgPHB/L con 14 g/L de AR, y relaciones C:N 1:0.1618 y C:P: 1:0.1451.

Palabras clave: Bagazo de Agave, Hidrolizado ácido, Hidrolizado enzimático, Polihidroxitirato.

Abstract

Pollution problems mainly in the oceans are caused by the use of disposable synthetic plastics and their inadequate disposal, agroindustrial residues such as agave bagasse, also cause pollution due to its persistence in the environment. One alternative for the use of these residues is producing biodegradable plastics. In this work we studied the production of Polyhydroxybutyrate (PHB), a biodegradable polyester synthesized by bacteria, using two agave *Angustifolia* Haw bagasse hydrolysates as a carbon source: acid (HA) and enzymatic (HE). Different amounts of hydrolysates were used to obtain three concentrations of Reducing Sugars (RA): 7, 14 and 21 g/L, and three C:N and C:P ratios were tested: 1:0.0725, 1:0.1451, 1:0.2176 and 1:0.0809, 1:0.1618, 1:0.2428 respectively. 507.18 mgPHB/L were obtained in HE medium with 7 g/L RA and ratios: 1:0.1618 C: N and 1:0.0725 C:P, while in HA medium were obtained 2312.98 mgPHB/L with 14 g/L of RA, and 1:0.1618 C:N and 1:0.1451 C:P ratios respectively.

Introducción

En el año 2012 el 9.2 % los residuos sólidos urbanos municipales en México, correspondió a plásticos de origen sintético, de acuerdo a las estadísticas ambientales de la SEMARNAT; esto corresponde a aproximadamente 4.6 millones de toneladas. La preocupación que ésta producción masiva de residuos plásticos genera se debe a que cerca del 50 % del plástico que se produce se usa una sola vez y es desechado y, a causa de su mala disposición gran parte de ellos termina en el mar. La presencia de plásticos en los mares es variable, existen reportes de cantidades que van de 3 a 5 Kg/Km², con registros de hasta 30 Kg/Km² [Segura y col., 2008].

La problemática generada por el uso indiscriminado de plásticos sintéticos y su persistencia en el ambiente, ha estimulado la investigación para el desarrollo de nuevos materiales y métodos de producción, que

permitan generar plásticos degradables que presenten las mismas propiedades que los sintéticos, pero con un periodo de degradación corto. Los plásticos degradables, pueden ser producidos por microorganismos mediante reacciones enzimáticas. Estos materiales son susceptibles de degradación por sistemas biológicos, que obtienen energía y nutrientes de ellos. Uno de los grupos principales de plásticos biodegradables que han sido estudiados como sustitutos de los plásticos sintéticos es el de los Polihidroxicanoatos (PHA's), siendo el Polihidroxibutirato (PHB), el primer compuesto bien caracterizado de dicho grupo, [Purushothaman y col., 2001].

Además de los desechos plásticos, se generan grandes cantidades de residuos de materiales lignocelulósicos en todo el mundo, creando un problema de contaminación ambiental. La agroindustria del mezcal, de acuerdo al informe anual publicado por el Consejo Mexicano Regulador de la calidad del Mezcal, en 2012, generó 7 600 ton de bagazo de agave *Angustifolia* Haw, de los cuales el 95 % corresponde al estado de Oaxaca. En más del 90 % de los casos el bagazo no recibe tratamiento alguno y, su destino es el confinamiento en lugares a cielo abierto; su acumulación produce malos olores y fermentación, propiciando la multiplicación de roedores y patógenos, además de ser un riesgo por tratarse de un material flamable. Por lo anterior su disposición genera un problema para la agroindustria del mezcal, haciendo necesario investigar alternativas para su disposición y/o aprovechamiento.

Una de las desventajas que presenta la producción de biopolímeros como sustitutos de los plásticos convencionales, es el alto costo de producción, ya que cerca del 40 % de dichos costos corresponde a la materia prima, de la cual, la fuente de carbono que requieren los microorganismos para su crecimiento, y la síntesis del polímero es la que mayor costo representa. Es por ello que, el uso de residuos de procesos agroindustriales, tales como el bagazo de agave, para obtener fuentes de carbono de fácil asimilación por los microorganismos, es una alternativa que ayudaría a reducir los costos de producción.

La producción de PHB está determinada por factores como el tipo de microorganismo que se utilice, la fuente de carbono, la disponibilidad de oxígeno, el pH y nutrientes como el fósforo y el nitrógeno. La selección de microorganismos para la producción de PHA debe estar basada en varios factores, incluyendo la habilidad del microorganismo para utilizar fuentes de carbono baratas, velocidad de crecimiento, velocidad de síntesis del polímero y la máxima acumulación en la célula.

De acuerdo a las condiciones de cultivo, existen 2 grupos de bacterias que son utilizadas para la producción de PHA's o PHB. El primer grupo está formado por aquellas que para producir el polímero requieren una limitación de nutrientes esenciales, como el nitrógeno, fósforo, magnesio o azufre, en presencia de un exceso de la fuente de carbono. El segundo grupo no requiere la limitación de nutrientes y pueden acumular el polímero durante su crecimiento.

Algunas fuentes de nitrógeno complejas tales como licor de maíz, extracto de levadura o peptona de pescado, son empleadas en los cultivos con el objetivo de incrementar el crecimiento celular y, por consiguiente la producción de PHA's.

En relación a la problemática expuesta anteriormente, esta investigación plantea la utilización del bagazo de *A. angustifolia* para la producción de un plástico biodegradable (PHB), empleando hidrolizados de bagazo de esta planta como fuente de carbono. La utilización de dicho residuo pretende mostrar una alternativa de solución a la problemática que la disposición del bagazo de *A. angustifolia* genera al ambiente y, a la agroindustria del mezcal.

Metodología

Para determinar la estrategia adecuada para la producción de PHA's utilizando una bacteria específica y un sustrato específico, es necesario estudiar el efecto de las variables que afectan el proceso. En el presente estudio se seleccionaron Nitrógeno y Fósforo como nutrientes a evaluar, de manera simultánea, se evaluó el efecto de la concentración de los azúcares presentes en los hidrolizados de *A. angustifolia*. La cepa bacteriana utilizada para la producción de PHB fue *Bacillus sp* IBT42, aislada en el Instituto de Biotecnología de la UNAM, que es una bacteria capaz de crecer y utilizar eficientemente las fuentes de carbono presentes en el hidrolizado de bagazo de caña, y es capaz de crecer en presencia de algunos inhibidores de

crecimiento generados por la hidrólisis ácida del bagazo de caña. La producción de PHB se realizó con los azúcares producidos mediante la prehidrólisis ácida e hidrólisis enzimática del bagazo de *A. angustifolia*.

Materiales

El bagazo de *A. angustifolia* fue obtenido de la fábrica del Sr. Joel Santiago, ubicada en Santiago Matatlán, Tlaxolula, Oaxaca. Las sustancias utilizadas en el proceso fueron grado analítico a excepción del hidróxido de sodio y el peróxido de hidrógeno.

Producción de hidrolizados

La producción de los hidrolizados ácido y enzimático, se realizó de acuerdo a la metodología descrita en Vásquez y col., 2013. Una vez producidos, éstos fueron tratados con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en cantidades necesarias para alcanzar un pH 7, posteriormente se esterilizaron en autoclave (15 min a 121 °C) y se mantuvieron en refrigeración hasta su utilización para la preparación de los medios de cultivo.

Activación de la cepa IBT42, preparación del medio de cultivo y preinóculo

La cepa IBT42 se activó a partir de su liofilizado sembrando en cajas Petri con medio LB (preparado con 10 g de Bacto Tristona, 5 g de extracto de levadura y 10 g de cloruro de sodio en 1 L de agua destilada, esterilizado a 121 °C por 15 min) y, un tiempo de incubación de 16 h. Los medios de cultivo se prepararon por triplicado en matraces de 250 mL, con un volumen final de 50 mL de hidrolizado a una concentración de 3 g/L de azúcares reductores (AR) y con relaciones C/N y C/P de 1:0.162 y 1:0.1451 respectivamente. Una vez preparado el medio se ajustó a pH 7 con una solución estéril de NaOH 10 M. El preinóculo se preparó de la misma forma antes descrita. Éste se inoculó con una asada de las bacterias cultivadas en caja Petri y se incubó durante 18 h a 30 °C con una agitación de 200 rpm. Posteriormente, los matraces se inocularon con un volumen de preinóculo equivalente al 2.5 % del volumen total del medio.

Determinación del tiempo de cultivo

Para establecer el tiempo de duración del cultivo en la producción de PHB se realizó un estudio previo utilizando el hidrolizado ácido (HA) y el hidrolizado enzimático (HE), a una concentración de 3 g/L y las mismas relaciones de C/N y C/P, utilizadas para el preinóculo. Se tomaron muestras a las 8, 16, 24, 32 y 48 h de cultivo.

Pruebas en hidrolizados ácido y enzimático

Una vez determinado el tiempo en el cual se produjo la mayor cantidad de PHB, se realizó la experimentación a partir de un diseño Box Benhken, considerando como variables independientes: (1) concentraciones de AR (7, 14 y 21 g/L), (2) la relaciones C:N (1:0.0725, 1:0.1451, 1:0.2176) y (3) la relación C:P (1:0.0809, 1:0.1618 y 1:0.2428), siendo la variable de respuesta la producción de PHB por mililitro de medio de cultivo.

Los medios para la producción de PHB se prepararon adicionando como única fuente de carbono el hidrolizado, ya sea enzimático o ácido. Los nutrientes se proporcionaron con soluciones de extracto de levadura y una mezcla de K_2HPO_4 y KH_2PO_4 para alcanzar la relaciones C:N y C:P estudiadas. El resto de nutrientes elementales se proporcionaron con soluciones de MgCl_2 y FeSO_4 , en la cantidad necesaria para alcanzar una concentración final en el medio de 0.16 g/L y 0.005 g/L respectivamente. Una vez preparados los 15 medios de cultivo, los matraces se incubaron a 30 °C, con una agitación de 200 rpm durante 24 h con el HA y 32 h con el HE.

Extracción y cuantificación del PHB

Para extraer el polímero se tomaron muestras de 1 a 5 mL del cultivo. Se separó la biomasa del medio de cultivo mediante centrifugación y cada paquete celular se trató con 1 mL de NaClO comercial (Cloralex) diluido al 30%, manteniéndose a 30°C por 1 h. El polímero se recuperó por centrifugación desechando el sobrenadante. Posteriormente se lavó con agua, después con etanol absoluto y finalmente con acetona, centrifugando a 13,000 rpm por 20 min, desechando el líquido en cada ocasión. Para la cuantificación del PHB, el polímero resultante del proceso de extracción se disolvió en 1 mL de H_2SO_4 concentrado, calentándolo a 95°C por 10 min. Finalmente, se cuantificó la absorbancia de las muestras a $\lambda=235$ nm en una celda de cuarzo, para estimar la concentración de ácido crotónico [Law y Slepceky, 1961].

Cuantificación del crecimiento bacteriano

La determinación de la biomasa se realizó estimando el contenido en proteína de las células obtenidas por centrifugación de las muestras de los cultivos. La proteína se cuantificó por el método de Lowry y *col.*, (1951), citado por Adaya, 2010. Se utilizó una curva patrón de proteína de albúmina bovina.

Resultados y discusión

Determinación del tiempo de cultivo

Los resultados de la cinética para determinar el tiempo de duración de los cultivos utilizando los dos hidrolizados diferentes se muestran en la Figura 1.

En la Figura 1(a) se observa que la mayor producción de PHB equivalente a 154.7 mg/L se alcanza a las 32 h de cultivo en medio preparado a base de HE, mientras que en los medios preparados a base de HA (Figura 1(b)), la mayor producción de PHB (155.4 mg/L), se alcanza a las 24 h de cultivo. Por lo anterior en los medios a base de HE el tiempo de incubación utilizado fue de 32 horas, mientras que para los medios a base de HA el tiempo de incubación fue de 24 horas.

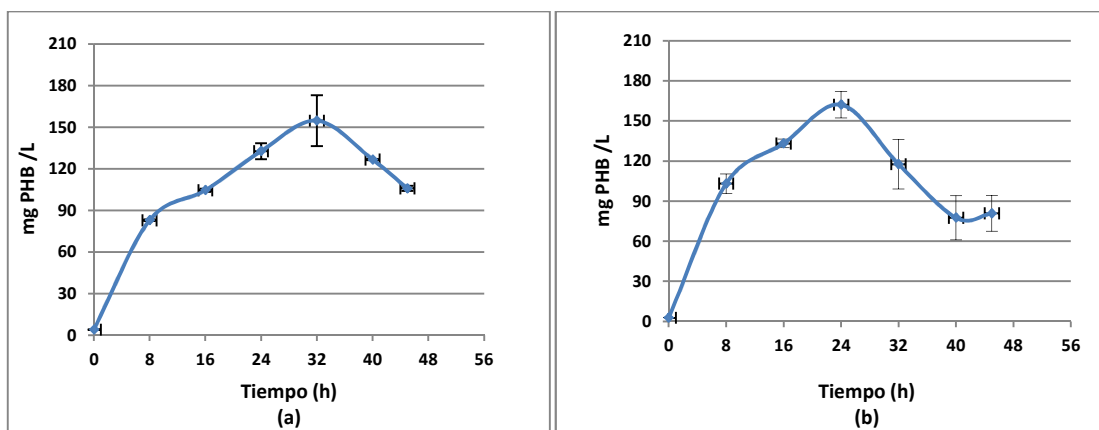


Figura 1. Producción de PHB con la cepa IBT42 en hidrolizado (a) enzimático y (b) ácido

Los resultados de crecimiento en los dos hidrolizados se muestran en la Figura 2.

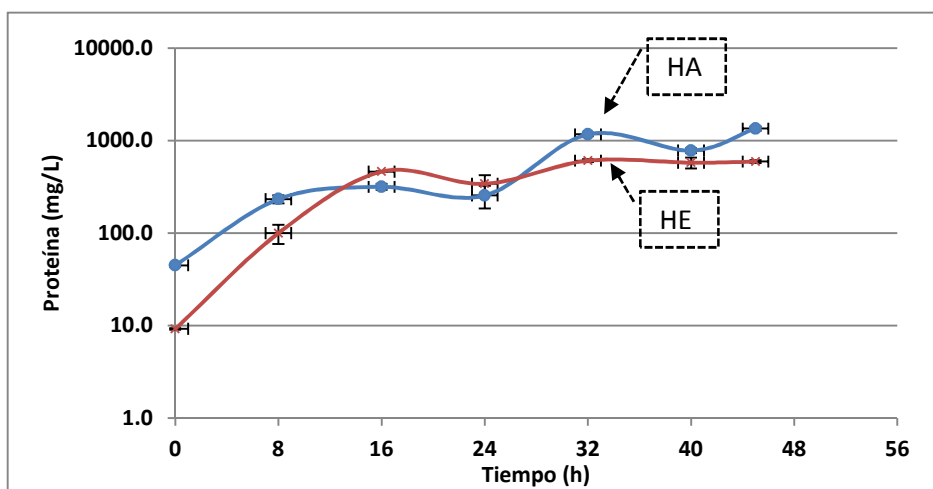


Figura 2. Cuantificación de la producción de proteína en los cultivos preparados a base de hidrolizados ácido y enzimático

El mayor crecimiento no coincide en tiempo con la mayor producción de PHB en ninguno de los casos estudiados, lo cual indica que la mayor acumulación de PHB no está asociada con la mayor producción de biomasa. Esto resulta lógico, ya que el PHB se produce cuando la bacteria se somete a condiciones de estrés, por lo cual el carbono que consume lo utiliza para producir reservas en forma de PHB y deja de reproducirse.

Producción de PHB en el hidrolizado ácido y en el hidrolizado enzimático

La producción de PHB con los hidrolizados ácido y enzimático se muestra en la Figura 3, se observa que en los medios preparados a base de HE, el experimento 7 (nivel bajo de AR, medio y bajo de la relación C:N y C:P, respectivamente) alcanzó la mayor producción de PHB (507.18 mg/L), mientras que en los medios a base de HA, el experimento 12 (niveles medios de AR, C:N Y C:P), alcanzó la mayor producción (2312.98 mg/L).

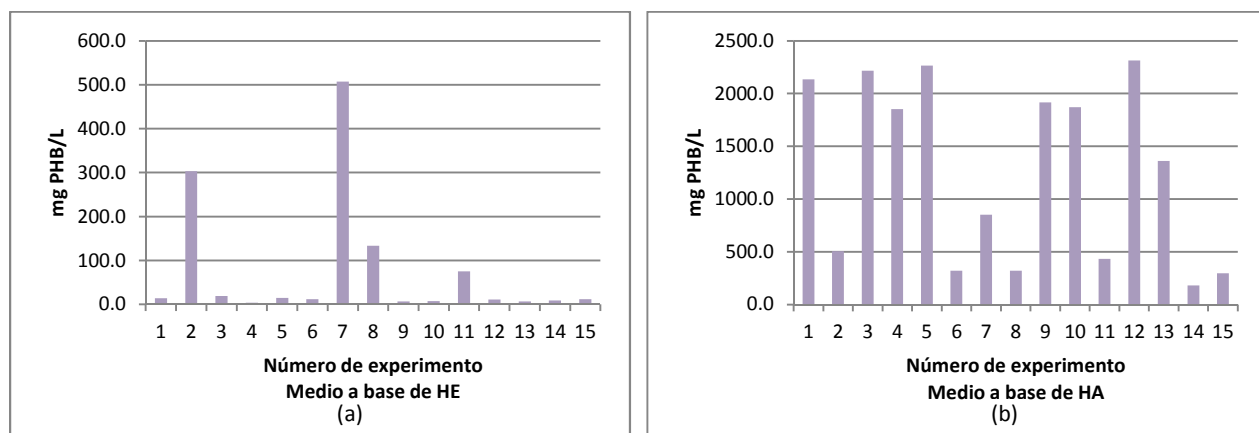


Figura 3. Producción de PHB en los hidrolizados 32 h de cultivo para el medio a base de HE (a) y 24 h para el medio a base de HA (b)

Los parámetros cuantificados permitieron calcular la producción específica, la cual se expresa como microgramos de PHB producido por microgramos de proteína y, establece una relación entre la biomasa producida y su capacidad de acumulación de PHB. En la Figura 4 se observa que la mayor producción específica en los medios preparados con HE, se alcanzó en el experimento 8 (nivel bajo de AR y C:N y nivel medio C:P); mientras que, en los medios preparados con HA, la mayor producción se alcanzó en el experimento 12 (niveles medios de la fuente de carbono, de la relación C:N y C:P), observándose en éste una coincidencia entre la mayor productividad específica, es decir, la existencia de pocas bacterias pero con gran capacidad de acumulación de PHB y una alta producción.

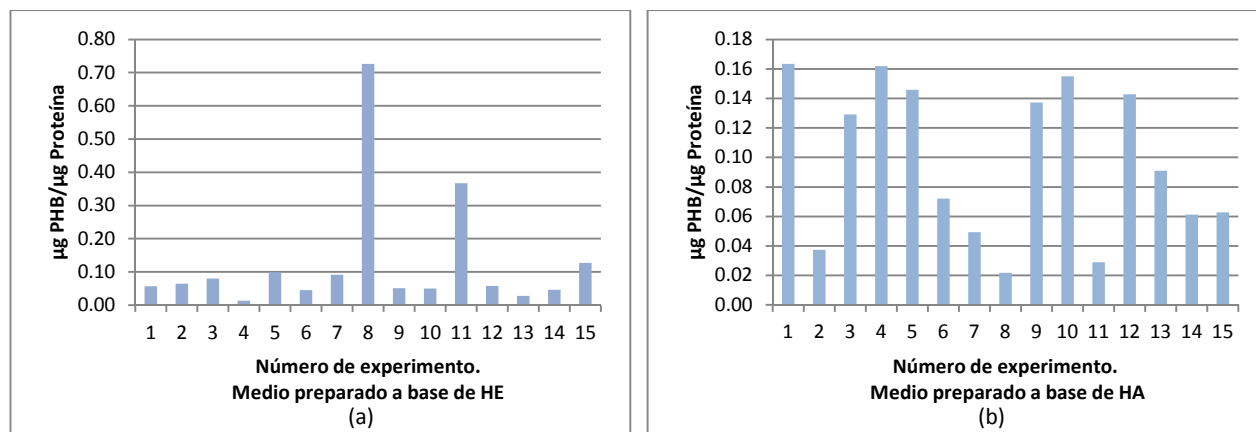


Figura 4. Producción específica en los hidrolizados ácido (a) y enzimático (b)

Para estimar el rendimiento de la conversión de la fuente de carbono en PHB se determinó la concentración de AR al finalizar el proceso. Los resultados se muestran en la Tabla 1. Se observa que los mayores consumos de AR coinciden con las mayores producciones de PHB mostrados en las Figuras 3 y 4, en el caso de los medios de HE el consumo de AR en el experimento 7, que es el máximo alcanzado, representa tan solo el 55.7 % del carbono disponible, mientras que en el HA, el experimento 12 que corresponde a la mayor producción alcanzada, consumió el 82.8 % del carbono disponible, los mayores rendimientos se obtuvieron en los niveles bajo y medio de la fuente de carbono, esto podría atribuirse a la presencia en los hidrolizados de algún subproducto que inhibe el crecimiento de *Bacillus sp* IBT42.

Tabla 1. Diseño Box Behnken para evaluar la producción de PHB y el consumo de AR

No. Experimento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ART	0	-1	0	0	0	1	-1	-1	1	0	-1	0	0	1	1	
C/N	1	1	0	-1	0	1	0	-1	0	-1	0	0	1	0	-1	
C/P	-1	0	0	1	0	0	-1	0	-1	-1	1	0	1	1	0	
HE	mgPHB/L	13.8	302.2	19.1	4.1	14.9	11.6	507.2	133.1	6.9	7.4	75.5	11.0	6.9	8.8	11.9
	% ART Consumido	35.3	39.0	25.0	29.6	22.8	24.6	55.7	28.0	9.9	25.0	40.6	25.0	31.9	22.9	9.9
HA	mgPHB/L	2136.2	506.9	2218.1	1851.6	2265.0	321.8	850.9	321.8	1917.5	1869.6	432.0	2313.0	1360.2	181.6	295.2
	% ART Consumido	73.5	85.9	77.3	78.7	77.9	32.4	83.7	81.5	53.7	73.8	78.8	82.8	75.7	36.7	28.4

Para identificar que variables incrementan la producción de PHB, y analizar hacia dónde hay que mover los rangos para poder encontrar un máximo, se construyeron gráficas de contornos con ayuda del software STATISTICA, observando que se forman contornos bien definidos en las interacciones únicamente en las producciones de PHB obtenidas con HA. Las gráficas se muestran en las Figuras 5 y 6.

En la Figura 5(a), se observa que los rangos de operación para maximizar la producción de PHB cuando se compara la concentración de AR contra la relación C:N son: 12.9-15.9 g/L y 1:0.125-1:0.186 respectivamente, mientras que al comparar la concentración de AR contra la relación C:P (Figura 5b), los rangos de trabajo son: 14.2 -15 g/L y 1: 0.116-1:0.142 respectivamente.

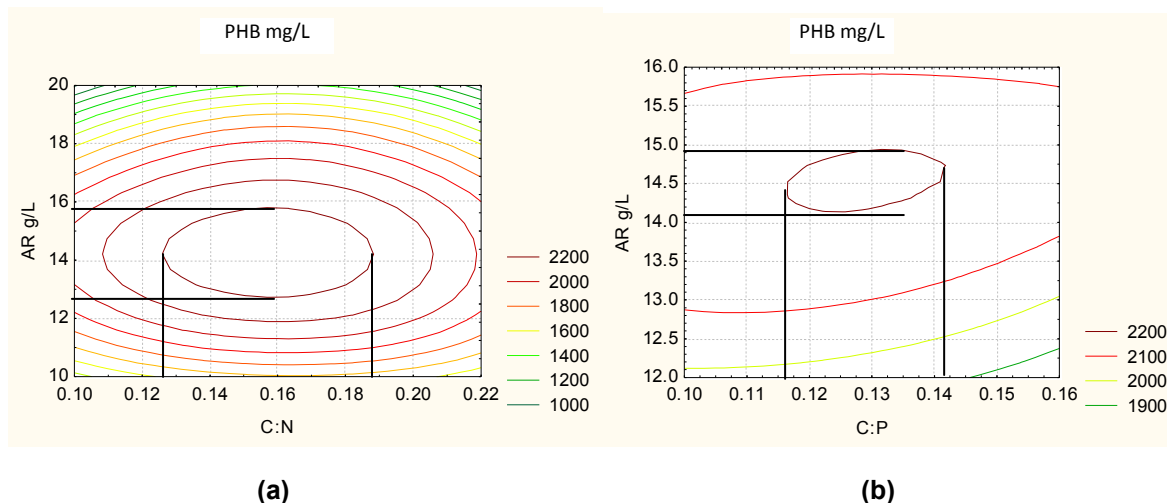


Figura 5. Gráficas de contornos en la producción de PHB: (a) AR vs relación C:N y (b) AR vs Relación C:P

Considerando únicamente las relaciones C:N y C:P probadas, la gráfica de contornos (Figura 6), muestra que los rangos de operación para optimizar la producción de PHB son los siguientes: 1:0.11-1:0.16 y 1:0.143-1:0.19 para las relaciones C:P y C:N respectivamente.

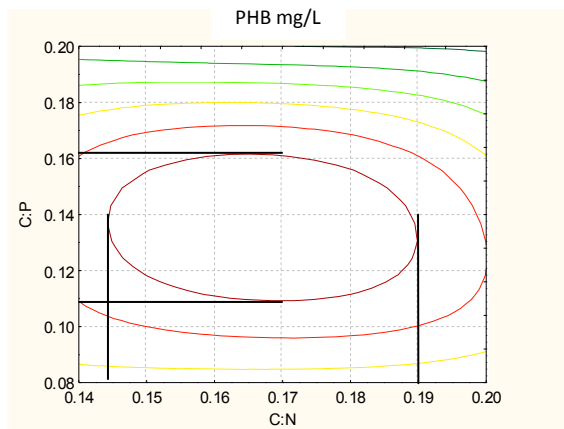


Figura 6. Gráfica de superficie de respuesta para la producción de PHB, relación C:N vs relación C:P

De manera general se observa que la mayor producción de PHB se obtiene a concentraciones bajas del HE y concentraciones medias de HA (7 y 14 g/L respectivamente), esto puede atribuirse a que en los hidrolizados, las sustancias que se forman como subproductos de alguno de los pretratamientos del bagazo de agave, se encuentran en concentraciones que inhiben el crecimiento de *Bacillus* sp IBT42, o bien, a que la bacteria se inhibe por sustrato, sin embargo, se ha reportado en otros estudios [Narayanan y Venkata, 2012 y Kanjanachumpol, 2013] que otras especies de *Bacillus* son capaces de crecer en concentraciones de hasta 60 g/L de AR, mientras que el nivel alto en la concentración de los medios preparados en este estudio fue de 21 g/L.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que el nutriente cuya limitación favorece la acumulación de PHB es el fósforo, esto ocurre cuando la cepa de *Bacillus* IBT42 crece en medios preparados a base de HE, lo cual coincide con lo reportado por Khanna y Srivastava., 2005, Jinling, y col., 2012 y Bora, 2012. Sin embargo, creciendo en HA no se observa una tendencia clara en el nutriente que limite la producción, ya que, en los niveles medios de ambos nutrientes se alcanza la mayor producción en los experimentos realizados.

La mayor producción de PHB obtenida en el diseño planteado fue de 507.18 mg/L y 2312.98 mg /L para los medios preparados a base de HE e HA respectivamente, dichos valores no representa los máximos alcanzables, ya que al graficar la superficie de respuesta, no se obtuvo el ascenso a la loma, lo que indicaría claramente los valores máximos. Sin embargo la producción alcanzada es 1.8 y 8.2 veces superior a la reportada por Adaya, 2010, para el medio preparado a base de HE y el medio preparado a base de HA, respectivamente.

Empleando los valores obtenidos mediante el análisis estadístico en el HA, el valor máximo alcanzable sería aproximadamente 2200 mgPHB /L, mientras que, experimentalmente, el mayor valor obtenido fue 2312.98 mgPHB /L, estos resultados y la inexistencia de contornos para el HE, señalan la necesidad de estudiar otras variables para poder optimizar la producción de PHB cuando el sustrato utilizado sea algún hidrolizado de bagazo de maguey.

Trabajo a Futuro

Se propone el monitoreo del pH durante el cultivo y determinar la relación que existe entre la concentración de AR y la disminución del pH en los medios de cultivo.

Referencias

1. Adaya, L. (2010). Aislamiento de bacterias capaces de producir Polihidroxicanoatos utilizando hidrolizados de bagazo de caña como sustrato. *Tesis de Licenciatura*. División de ciencias biológicas y de la salud. Universidad Autónoma Metropolitana.
2. Bora, L. (2012). Polyhydroxybutyrate Accumulation in *Bacillus megaterium* and Optimization of Process Parameters Using Response Surface Methodology. *J Poly Environ. Springer Science+Business Media. Published online*.
3. Jinling, C.; Ying, W.; Yupeng, Z.; Guanghua, P. and Guangce, W. (2012). Production of polyhydroxybutyrate by the marine photosynthetic bacterium *Rhodovulum sulfi dophilum* P5. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. **(30 (4))** 620-626.
4. Kanjanachumpol P.; Kulpreecha S.; Tolieng V. and Thongchul N. (2013). Enhancing polyhydroxybutyrate production from high cell density fed-batch fermentation of *Bacillus megaterium* BA-019. *Bioprocess Biosyst Eng*. Published on line. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. DOI 10.1007/s00449-013-0885-7.
5. Khanna, S. and Srivastava, A-K. (2005). Recent advances in microbial polyhydroxyalkanoates. *Process Biochemistry*. **(40)** 607–619.
6. Law J.H. and Slepecky R-A. (1961). Assay of poly- β -hydroxybutyric acid. *J Bacteriol*. **(82)** 33–36.
7. Narayanan A. and Venkata Ramana K. (2012). Polyhydroxybutyrate production in *Bacillus mycoides* DFC1 using response surface optimization for physico-chemical process parameters. *3 Biotech*. **(2)** 287–296.
8. Purushothaman, M.; Anderson, R-K-I.; Narayana, S. and Jarayaman, V-K. (2001). Industrial Bioproducts as cheaper medium components influencing the production of polyhydroxyalkanoates (PHA)-biodegradable plastics. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. **(24)** 131-136.
9. Segura, D.; Noguez, R. y Espín, G. (2008). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Una ventana al quehacer científico*, Instituto de Biotecnología de la UNAM, 25 aniversario. 361-372.
10. Vásquez E. and López L. (2013). Study of parameters to obtain glucose of agave bagasse using experimental design. *National Congress of Biotechnology and Bioengineering*. June 23th-28th. Cancún, México.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Influencia de la presencia de micronutrientes en el arranque y estabilización de un RLFI con sustrato estandarizado comercial

Alejandro Alvarado Lassman¹, Yarely de Jesús Aguilar Montor¹, Norma A. Vallejo Cantú¹, Juan Manuel Méndez Contreras¹.

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Colonia Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, C. P. 94320, México. lassman@prodigy.net.mx.

Área de participación: Ingeniería Química (Ambiental)

Resumen

En el presente trabajo se realizó un estudio acerca de la influencia de los micronutrientes en el desempeño de un reactor de lecho fluidizado inverso (RLFI), que fue adaptado para la degradación de materia orgánica presente en jugo de manzana comercial mediante digestión anaerobia. Durante el arranque del reactor, la alimentación solo constaba de jugo de manzana diluido en agua potable al cual se le ajustó el pH con bicarbonato de sodio, posteriormente al observar los resultados de degradación del reactor y su composición, se concluyó que el jugo de manzana no proporcionaba todos los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriológico, por lo que se procedió a agregar sales minerales y oligoelementos en el sustrato y de esta forma se alcanzó un aumento en la capacidad del remoción de materia orgánica y en la producción de biogás en el reactor.

Palabras clave: *Micronutrientes, remoción, RLFI.*

Abstract

In this paper a study about the influence of micronutrients in the performance of an inverse fluidized bed reactor (IFBR) was conducted. The reactor was adapted for the anaerobic degradation of organic matter present in commercial apple juice. During reactor startup, the substrate consisted only in the diluted apple juice adjusting the pH value to neutrality with sodium bicarbonate, then with the observed degradation results and the apple juice composition it was concluded that the apple juice doesn't provide all the nutrients required for bacterial growth, because of that it was decided to add mineral salts and trace elements to the juice, resulting in a better performance of the reactor as a result of the addition of and in this way achieved an increase in the organic matter removal capacity and in the biogas production of the reactor.

Introducción

Los microorganismos en fase de crecimiento realizan réplicas de sí mismos y requieren de los elementos que se encuentran en su composición química, por lo que, se les debe brindar los elementos nutritivos en una forma accesible desde el punto de vista metabólico, además, requieren energía metabólica para sintetizar macromoléculas y conservar los gradientes químicos esenciales a través de sus membranas. El crecimiento microbiano está influido por aspectos tanto físicos como nutricionales; los factores físicos incluyen: la concentración de iones hidrógeno (pH), la temperatura, la concentración de oxígeno, la humedad, la presión hidrostática, la presión osmótica y la radiación; y los factores nutricionales comprenden: la disponibilidad de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y otros minerales, y en algunos casos vitaminas (Junco y Rodríguez, 2001). Existe una amplia variedad de sustratos que pueden proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano, sin embargo, en este experimento se eligió como sustrato el jugo de manzana debido a su contenido energético y con el fin de desarrollar biopelículas uniformes.

En los reactores de tercera generación o de lecho fluidizado, el soporte sobre el que las bacterias se fijan está formado por un lecho de partículas granulares puesto en movimiento por una corriente de fluido. Las ventajas de los reactores de lecho fluidizado reposan en la movilidad de las partículas sólidas, ya que esto permite asegurar una buena mezcla en el reactor. Estos reactores alcanzan rendimientos de depuración superiores al 80% con tiempos de retención hidráulica muy cortos (inferiores a 12 horas), en comparación con otros procesos anaerobios (González-Brambila y López-I, 2008).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es demostrar la influencia de sales minerales y oligoelementos durante el arranque y estabilización de un RLFI a nivel laboratorio, diseñado para la degradación anaerobia de materia orgánica presente en jugo de manzana estandarizado (comercial).

Metodología

Materiales

Construcción del reactor

El reactor de lecho fluidizado inverso consta de una columna de acrílico de 5.0 y 4.4 cm de diámetros externo e interno, respectivamente, y 1.2 m de altura, con capacidad de 1.82 L, con un volumen útil de 1.67 L (Figura 1).

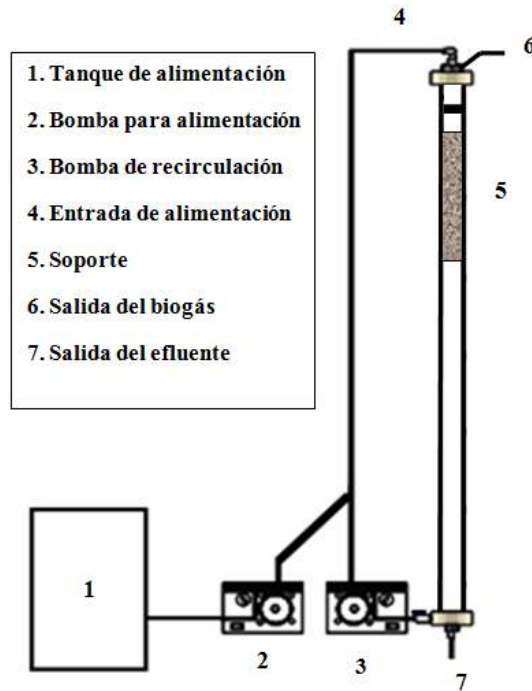


Figura 1. Esquema del RLFI.

Se utilizaron 2 bombas peristálticas (Masterflex) para la alimentación y recirculación del sustrato. En la parte superior, a 5 cm de la entrada de alimentación se colocó un difusor de 6 perforaciones laterales para una mejor distribución del flujo de alimentación. El material de soporte utilizado fue extendosphere, de diámetro promedio de 173.09 μm (Alvarado-Lassman y col., 2008).

Obtención del inóculo

El inóculo empleado para el arranque del reactor fue obtenido de un RLFI operado en la planta piloto de este instituto, de donde se extrajeron 350 ml de soporte colonizado, los cuales fueron vaciados dentro de la columna del reactor y posteriormente se agregó soporte sin colonizar, ocupando un 30% del total del volumen de la columna líquida.

Sustrato y alimentación del reactor

Con el fin de obtener una biopelícula homogénea y evitar la presencia de partículas sólidas que dañaran la misma, el reactor se alimentó con un sustrato estandarizado, en este caso jugo de manzana comercial, el cual, de acuerdo a datos bibliográficos (Lee y Wrolstad, 1998) tiene la siguiente composición:

Proteínas 0 g/mL

Grasas (lípidos) 0 g/L

Carbohidratos 0.115 g/mL

Azúcares 0.115 g/mL

Sodio 0.035 mg/mL

Fibra dietética menos de 0.005 g/mL

El volumen diario de alimentación fue de 2200 mL, mismo que se obtenía diluyendo la cantidad de jugo de manzana necesario para obtener la CVA deseada, así como bicarbonato de sodio para ajustar el pH (mismo que fue sustituido por la solución de nutrientes) todo esto en agua potable hasta alcanzar el volumen de 2200 mL. La alimentación fue de manera continua con un flujo de 1.53 ml/min y la recirculación fue de 36 ml/min. Se mantuvo un tiempo de retención de 24 h, bajo un rango de temperatura mesofílica.

Operación y evaluación operativa del reactor

Durante la operación de los reactores se monitorearon los parámetros mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros monitoreados durante la operación del Reactor de Biopelícula.

Determinación	Unidad	Método
DQO Soluble	g/L	5220 d (SM)*
ST	g/L	2540 b (SM)
STV	g/L	2540 e (SM)
pH	[--]	Potenciométrico
Volumen de biogás	L	Volumétrico
Composición de biogás	%	Cromatografía de gases

*SM= Estándar Methods (APHA, 1995)

El volumen de biogás se midió bajo el principio de desplazamiento de agua, la composición se determinó con un cromatógrafo de gases Buck 310 con detector de conductividad térmica y columna empacada All Tech CTR-I.

Adición de micronutrientes al sustrato

Debido a que el arranque del reactor no fue el esperado, se inició la adición de sales minerales y de oligoelementos en la alimentación, en las cantidades que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Nutrientes adicionados al sustrato.

Componente	Sustancia	Concentración mg/L
Sales minerales	Bicarbonato de Sodio	1200
	Fosfato monobásico de Potasio	1500
	Fosfato dibásico de Potasio	900
	Cloruro de Amonio	125
	Sulfato de Magnesio	30
Oligoelementos	Cloruro de Potasio	0.5
	Cloruro de Cobalto	0.1
	Cloruro Ferroso	0.5
	Cloruro de Calcio	0.5

Resultados y discusión

Alimentación del reactor

El reactor fue acondicionado para operar bajo condiciones anaerobias y efectuar el proceso de degradación anaerobia de materia orgánica presente en jugo de manzana comercial, al cual solo se le determinó el contenido de materia orgánica en términos de DQOs, dando como resultado un contenido de 110 g DQOs/L.

Broun y cols. (2008) mencionan que para que el tratamiento de aguas ricas en carbohidratos mediante digestión anaerobia, la relación ideal de DQO:N:P es 330:5:1, y de esta forma se asegura un buen desempeño del proceso de digestión.

Operación y evaluación operativa del reactor

El pH es uno de los factores físico importantes a considerar para el buen desempeño de un reactor, ya que, los microorganismos están adaptados a determinadas condiciones de pH, en este caso, las bacterias metanogénicas se desarrollan a un pH entre 6.8 y 7.3, por lo que el pH de alimentación debe ser ajustado para no crear un desequilibrio al ingresar al reactor. Durante los primeros 20 días de operación, el pH de entrada se ajustaba agregando una solución de bicarbonato de sodio en el sustrato a alimentar manteniéndose en 7.2 en promedio, sin embargo, a partir del día 21 ya no fue necesario agregar la solución de bicarbonato de sodio, ya que este compuesto es parte de la solución de nutrientes agregados, manteniéndose el pH alrededor de 7.1, como se muestra en la figura 2.

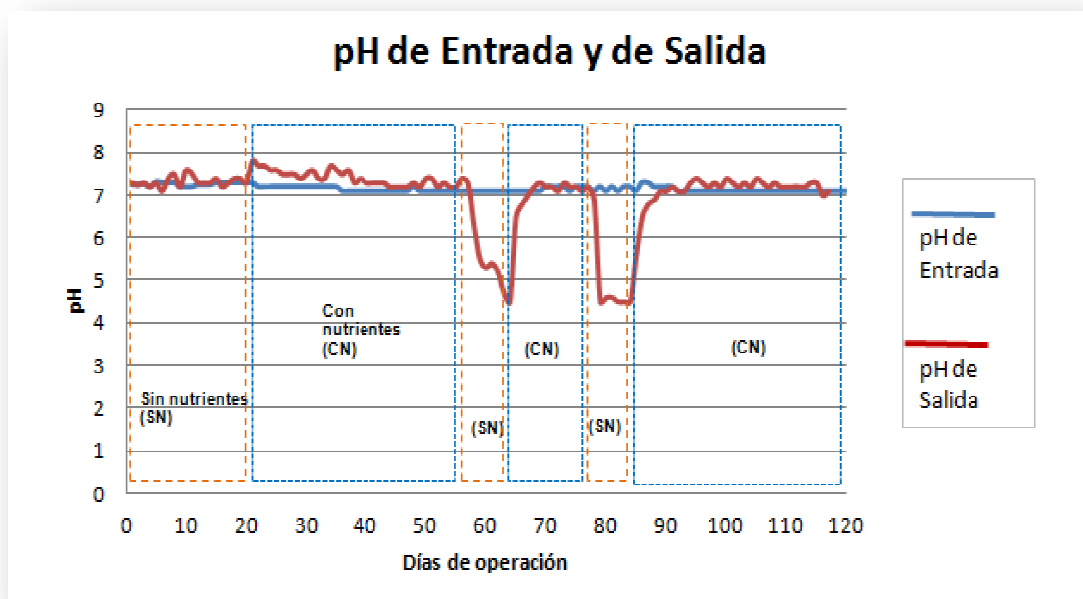


Figura 2. pH de entrada o alimentación y salida del RLF1

La concentración de materia orgánica a alimentar es otro parámetro muy importante el cual debe mantenerse estable para que los microorganismos anaerobios se desarrollen adecuadamente, de lo contrario estos se pueden inhibir si existe una sobresaturación o se pueden morir si no existe suficiente sustrato. En la etapa de arranque del reactor se empleó una CVA 1.2 gDQO/L de la cual se mantuvo estable durante los primeros 20 días (Figura 3), sin embargo, al observar que el porcentaje de remoción de materia orgánica no superaba el 33.0% en promedio (Figura 4) y de la cual únicamente se reportaban producciones de biogás de 183 ml en promedio

(Figura 5), además, considerando que los parámetros físicos tales como: el pH de entrada y de salida, la temperatura, y grado de fluidización se mantenían dentro del rango óptimo para la digestión anaerobia, a partir del día 21 se inició la alimentación agregando una solución de nutrientes, la cual consta de sales minerales y oligoelementos, en las cantidades mostradas en la tabla 2, esto con la finalidad de proporcionar las cantidades de N y P necesarios para que el proceso de digestión anaerobia sea eficiente.

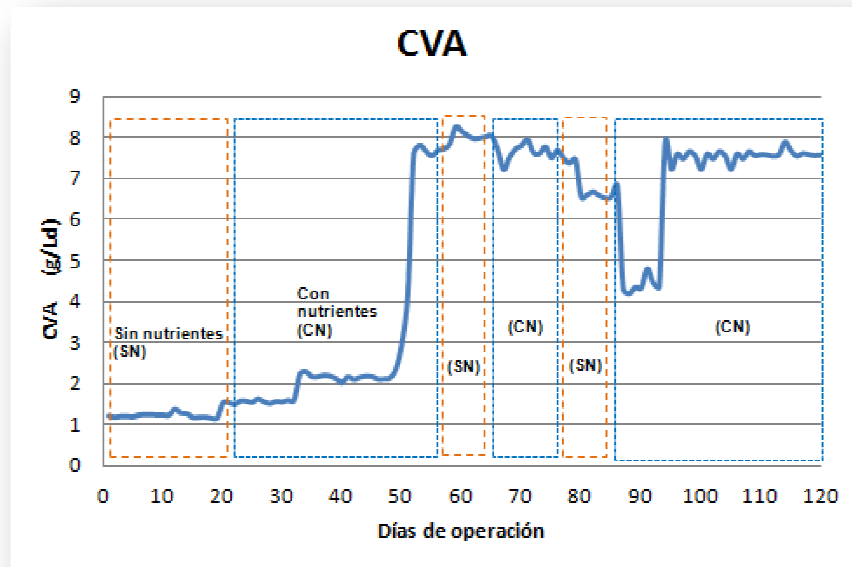


Figura 3. Carga Volumétrica Aplicada al RLF1

Del día 21 al día 32 se empleó una CVA de 1.6 gDQOs/L d, alcanzando remociones de DQOs de 47.8% y manteniendo un pH de salida de 7.2 (Figura 2) y 328 ml de biogás en promedio; del día 33 al 51 se realizó otro aumento de carga orgánica, aplicando una CVA de 2.3 gDQOs/L d con la que se obtuvieron remociones de 73.0 % de DQOs y producción de 1350 ml de biogás en promedio, por último, a partir del día 52 se realizó un tercer aumento de carga orgánica aplicando una CVA de 7.7 gDQOs/L d (Figura 3) misma que en los primeros 6 días alcanzó niveles de remoción de 88.0% con la adición de nutrientes y producción de 2200 ml de biogás, sin embargo, para evaluar la estabilidad del reactor se suspendió la adición de nutrientes del día 58 al 64, lo que provocó una caída en el pH de salida, llegando a valores de 4.5 (Figura 2), al acidificarse el reactor provocó que los niveles de remoción de materia orgánica disminuyeran hasta 36.6% de DQOs (Figura 4) y el volumen promedio de biogás fue de 1700 ml; del día 65 al día 77 se reanudó la alimentación con nutrientes, y manteniendo la misma CVA, se recuperó el pH de salida a valores de 7.1, la remoción aumentó a 77.2% de DQOs y producción de 3300 ml de biogás en promedio.

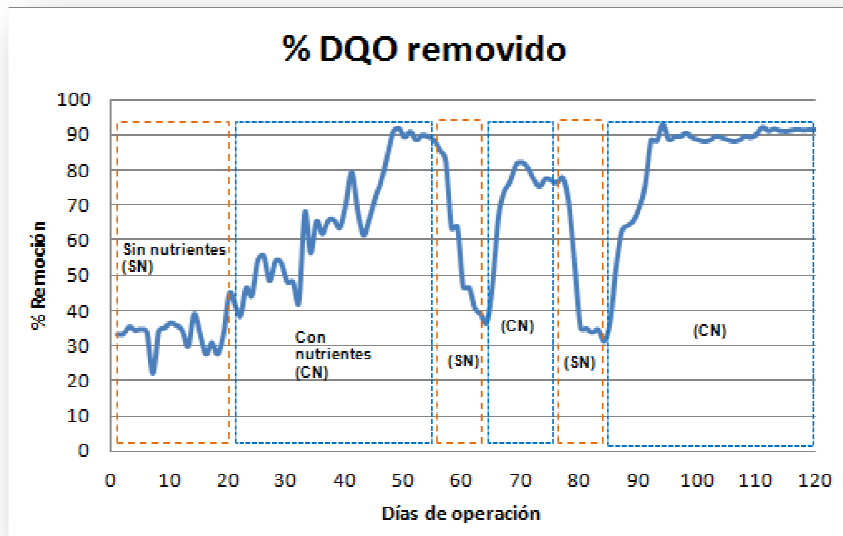


Figura 4. Remoción de materia orgánica (DQO)

Para realizar una segunda evaluación a la estabilidad del reactor, se realizó otra suspensión de nutrientes del día 78 al 85, sin embargo, el pH disminuyó hasta un valor de 4.5, lo que provocó que la remoción de materia orgánica bajara hasta 32.0 % con una producción de 650 ml de biogás, comprobando el efecto positivo de la presencia de nutrientes en el desempeño del reactor. Con el fin de estabilizar de nuevo el reactor, y no saturarlo con compuestos ácidos, se decidió disminuir la CVA a 6.5 gDQOs/L d a partir del día 80, sin embargo, el reactor no se recuperó, ya que el nivel de remoción de DQOs con esta carga y sin nutrientes, solo alcanzó el 35.0 %. Teniendo en cuenta la importancia de la presencia de nutrientes en el sustrato, a partir del día 86 se reanudó la alimentación con nutrientes, recuperando el pH de 7.1 a la salida del reactor, y del día 94 al 120 se aumentó la CVA a 7.5 gDQOs/L d alcanzando un valor promedio de remoción de DQOs de 90.3% y una producción de biogás de 4800 ml.

Con respecto al volumen de biogás producido, las cantidades son proporcionales a la cantidad de materia orgánica removida, tal como se muestra en la figura 5; cabe mencionar que el contenido promedio de metano presente en el biogás es del 68%.

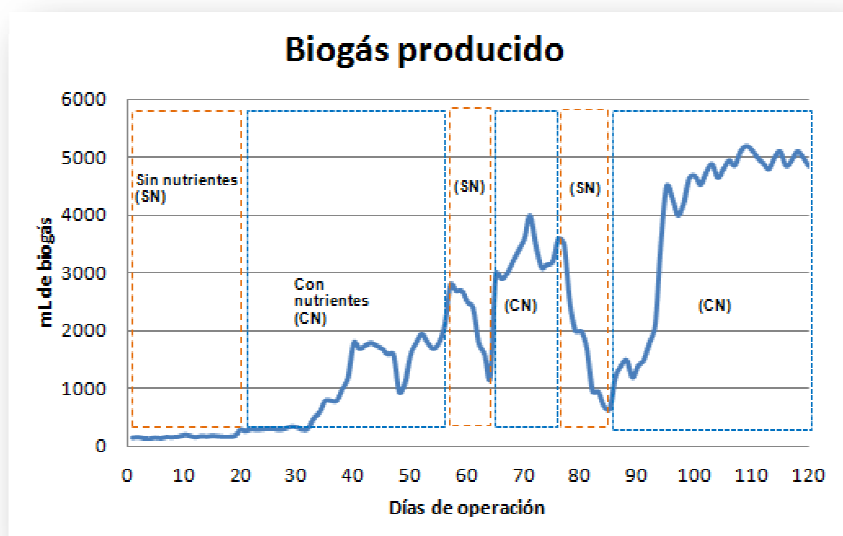


Figura 5. Biogás producido.

Trabajo a futuro

Se continuará con la adición de nutrientes en la alimentación del RLFI hasta alcanzar su estabilidad y posteriormente cambiar la alimentación por fracción soluble de residuos sólidos orgánicos municipales.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que los nutrientes juegan un papel muy importante en el desarrollo y reproducción de bacterias, ya que sin ellos, no alcanzan un nivel de madurez tal que les permita realizar sus funciones adecuadamente, lo que trae como consecuencia la desestabilización y bajo desempeño del reactor para la degradación de materia orgánica.

De la misma forma se concluye que el jugo de manzana estandarizado no proporciona todos los nutrientes necesarios para que las bacterias puedan desarrollarse y reproducirse de forma tal que puedan llevar a cabo sus funciones dentro de la digestión anaerobia, ya que, de acuerdo a la bibliografía citada, el jugo de manzana tiene un alto contenido en carbohidratos, sin embargo, el contenido de compuestos que proporcionen N y P es muy bajo, por lo que la relación ideal de DQO:N:P no alcanza la proporción 330:5:1 citada por Broun y cols. (2008).

Referencias

- Alvarado-Lassman, A.; Rustrían, E.; García-Alvarado, M. A.; Rodríguez-Jiménez, G. C.; Houbroun, E. (2008). Brewery Wastewater Treatment Using Anaerobic Inverse Fluidized Bed Reactors. *Bioresour. Technol.*, 99 (8) 3009–3015.
- APHA (American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation). (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed., Washington DC, USA.
- Broun A.T., Fernández B. M., Almeida D. Z. (2008). Consideraciones generales para el desarrollo de una estrategia de granulación en reactores UASB. *Tecnología Química*. XXVIII (1) 70-79.
- González-Brambila, M, López-I. F. (2008). Comportamiento de un reactor de biopelícula para tratamiento de agua residual a diferentes velocidades de flujo. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7 (3) 183-193.
- Junco Díaz, Raquel de los A, Rodríguez Pérez, Carlos M. (2001). Cultivo y crecimiento de los microorganismos. *Microbiología y parasitología médica*. Editorial de Ciencias Médicas. 46-54.
- Lee, H., Wrolstad, R. (1998). Apple juice composition: sugar, nonvolatile acid, and phenolic profiles. *J. Assoc Off Anal Chem.*, (71) 789-794.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Grasa para zapatos Bolíe, elaborada a partir del reciclado de caucho obtenido de neumáticos.

G. Contreras Santos*, M. R. Santamaría Cuellar**, A. Lagunas Benítez, J. Maldonado Vargas
Subdirección Académica, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán,
Calle Primavera S/N, Col. Santa María Nativitas, C.P. 56330, Chimalhuacán, Estado de México
Teléfonos: (01) (55) 5044 7020 y 5044 4131
*lenya_66@hotmail.com
**marosacu_25@hotmail.com
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Nuestro país ha sufrido grandes crisis económicas, sociales y culturales sin mencionar drásticos cambios climáticos que en algunos casos han afectado gravemente a nuestro país. Uno de los causantes son las “llantas de automóvil”; estos productos están elaborados con materiales que tardan para su desintegración varios años, y que son realmente dañinos para el ecosistema ya que no existe una manera eficiente de reutilizarlos. Por lo anterior se crea un producto que aproveche este desecho, elaborando así la grasa para zapatos con caucho de estos neumáticos que en conjunto con otras ceras se funde para crear esta misma; los beneficios de este producto son; que al aplicarle un poco de grasa al calzado forma una capa que repele el polvo, no mancha de manera permanente la ropa y no se necesita aplicar grandes cantidades para obtener buenos resultados; además de que no degrada el calzado y es ecológico.

Palabras claves: Neumáticos desechados, Grasa para zapatos, Grasa hecha con caucho, Medio ambiente.

Abstract

Our country has suffered major economical, social and cultural crises, without mentioning drastic climate changes that in some cases have severely affected our country. One of the causes of various environmental problems are the "car tires", these products are made with materials that take several years to disintegrate, in fact they are damaging the ecosystem because there is not an efficient way to reuse them. Derived from the aforementioned, is foremost to create a product that exploits this abundant waste, by creating fat for shoes made from rubber that in conjunction with other waxes are melted to create this innovating product. The benefits of this creation are: when the grease becomes applied to shoes, at the same time, this innovation does not permanently stain the garments and it is not a must to apply large amounts of it to succeed, furthermore, of being an environmental-friendly product that encourages recycling culture.

Keywords: discarded tires, grease Bolíe shoes, made with rubber grease, Environment.

Introducción

En la actualidad se ha detectado un problema ambiental que en muchas regiones de nuestro país y del mundo entero nos afecta a todos. El “exceso de llantas”, que por su composición son difíciles de destruir debido a su tiempo de degradación que excede un poco más de los cien años, la razón principal es “el caucho”.

Las llantas desechadas o en uso, generan una mala calidad del aire que afectan a las personas que se encuentran cerca, provocando enfermedades respiratorias y de la piel, debido a las emisiones de gases tóxicos en el aire. Al quemar las llantas se emite óxido de zinc que produce dolor de cabeza, náuseas, vomito, debilidad, fiebre y escalofríos; además las llantas abandonadas crean focos de infección que albergan microorganismos que provocan problemas crónicos de salud como: asma, alergias, picaduras por insectos, etc., principalmente en niños y adultos mayores. (Velasco, 2013)

De los 25 millones de llantas que se desechan anualmente en el país, 91% es abandonado, 5% es renovado, 2% se deposita en centros autorizados de acopio y 2% es reutilizado en hornos industriales. En Estados Unidos se recicla hasta el 40%. En tanto, la Dirección de Servicios Urbanos del Distrito Federal recoge a diario 3 mil llantas usadas que van a parar a tiraderos clandestinos. Sin considerar que existen más de dos mil millones de llantas en el estado de Sonora. (Campuzano, 2004)

El neumático está compuesto principalmente de tres productos: caucho (natural y sintético), un encordado de acero y fibra textil. A su vez, el caucho usado en la fabricación de neumáticos está compuesto por un grupo de polímeros (compuestos químicos de elevado peso molecular) entre los que se cuentan el polisopreno sintético, el polibutadieno y el más común es el estireno-butadieno, todos basados en hidrocarburos. (Val, 2011)

Se agregan al caucho otros materiales para mejorar sus propiedades, como son: suavizantes, que aumentan la facilidad del trabajo con el caucho; óxido de zinc y de magnesio, comúnmente denominados activadores para reducir el tiempo de vulcanización a minutos; antioxidantes para dar mayor vida al caucho sin que se degrade por la acción del oxígeno y el ozono; y finalmente negro de humo para dar color a la llanta.

El caucho es un hidrocarburo elástico, CIS -1,4-poliisopreno, polímero del isopreno o 2 metilbutadieno, C_5H_8 que surge como una emulsión lechosa (conocida como látex) en la savia de varias plantas, pero que también puede ser producido sintéticamente. (Zamorano, 2009)

Desde 1823 se utiliza el caucho como material para fabricar prendas de vestir, quizás sobre la base que este tipo de ropa se forma una "segunda piel". El caucho hipoalergénico puede producirse a partir de guayule. Así mismo, es una propuesta para el futuro como aislante en la industria motora.

Las pastas de caucho se producen a partir de formulaciones que incluyen una gran variedad de componentes orgánicos e inorgánicos que se mezclan para formar un compuesto con características y propiedades específicas, en una formulación se pueden utilizar entre 20 y 30 componentes, la variedad con la que se pueden cambiar sus propiedades al combinarlos es una de las características más notables de la tecnología del caucho.

Planteamiento del problema.

La contaminación es actualmente un problema que afecta no sólo a nuestro país sino al mundo, esto por la irracionalidad del hombre a través de su evolución histórica, creando y diseñando productos o servicios que le permiten hacer su vida más cómoda. Sin embargo algunas de las creaciones científicas y tecnológicas han provocado que el ecosistema se deteriore de una manera masiva y acelerada, ocasionando que diversas especies animales estén al borde de la extinción y otras estén en su total desaparición.

Uno de los causantes de varios problemas ambientales son las “llantas de automóvil”; estos productos están elaborados con materiales que tardan para su desintegración más de cien años, siendo a su vez dañinos para el ecosistema.

Esta contaminación por llantas desechadas, va en aumento llegando a un punto que son abandonadas en vías públicas, originando humedad y bacterias que provocan focos de infección. Así mismo la gente comete el grave error de quemarlas para extraer el alma de acero y así venderla, sin saber que es mejor comercializarlas a centros que se ocupan de separar sus componentes físicos.

Cada año son desechadas 25 millones de llantas en el País; 9 de cada 10 terminan abandonadas en tiraderos a cielo abierto o depósitos clandestinos, según información de la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas (ANDELLAC).¹

Objetivo.

Promover la creación e innovación de productos reutilizando los neumáticos desechados en generar otros productos que sean redituables y útiles al hombre como lo es la grasa para zapatos “Bolíe”.

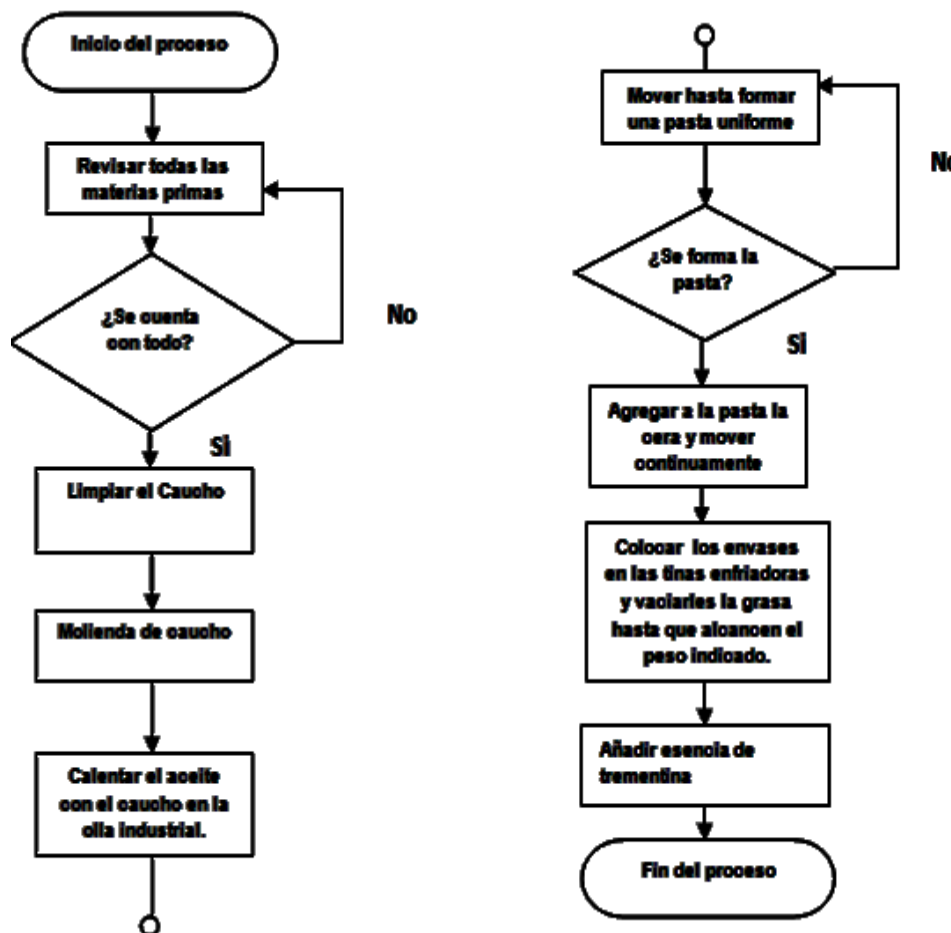
¹ Reporte publicado en el diario REFORMA el 09 de Abril del 2004
Orizaba, Veracruz

Materiales

Para la elaboración de la grasa de zapatos se utilizaron diferentes materiales: aceite almendrado de grado industrial, cera amarilla de grado industrial, caucho obtenido de neumáticos, esencia de trementina de grado industrial, empaques, olla de acero inoxidable, enfriadores.

Para evitar que el vapor generado por la grasa de zapatos se libere al medio ambiente, en la olla industrial se adaptó un filtro que consiste de una tubería de 3m de largo que contiene un fluido (agua) que captura las emisiones de partículas suspendidas que a su vez se utilizara para enfriar los empaques y cuyo uso final será sanitario.

Figura 1. Elaboración de la grasa para zapatos



Metodología.

Se establecerán tres fases para el desarrollo del proyecto.

Primera fase.

Como punto de partida se elaborara un plan de negocios en donde se describirán las bases para la primera etapa del proyecto; estableciendo la misión, visión, filosofía del proyecto y el desarrollo creativo del producto; también se hará la selección del mercado en donde se pretende lanzar el producto, y los medios de distribución. Se detallara el proceso de producción en su primera fase.

Se estimaran los gastos que conlleva toda la etapa operativa para crear un presupuesto que considere los costos de la materia prima y gastos. Teniendo en cuenta los gastos operativos y haciendo una reserva del total del financiamiento por un monto máximo del 5%.

De igual forma se establecerá la organización de la empresa.

Segunda fase.

Es la etapa pre-operativa, se determinaran las tendencias del consumidor para ir mejorando el producto, aplicando encuestas al mercado potencial.

Tercera fase.

RESICAUCH en la tercera fase de la etapa pre-operativa, buscara un financiamiento para la compra de maquinaria y materia prima.

Se realizaran análisis de los gases desprendidos durante el proceso para verificar que no sean dañinos para la salud y así comenzar con la introducción del producto al mercado.

Resultados y discusión

La grasa obtenida mediante el proceso seguido en el laboratorio cumple con las siguientes características y beneficios al medio ambiente:

- No tiene olor desagradable.
- No mancha la ropa de forma permanente.
- Innovador (está hecho a base de caucho).
- No se le adhiere fácilmente el polvo.
- Incentivará el rehusó y reciclaje de las llantas desechadas por lo que contribuye al cuidado del medio ambiente.
- Menos consumismo para la aplicación del boleado del calzado.
- Forma un impermeabilizante que no permite que la humedad penetre el calzado en tiempos de lluvia.
- No degrada o maltrata el calzado.

El proyecto grasa de zapatos al ser un producto novedoso no existe un análisis estándar para verificar parámetros de contaminación. Se buscará combinar algunas técnicas analíticas para esperar demostrar que no se genera algún contaminante.

Principalmente nos apoyaremos con las NOM para tener una referencia de los límites máximos permisibles de contaminantes si llegasen a existir.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-043-SEMARNAT-1993, establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. (Tabla 2)

Tabla 2. Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas

Flujo de gases m ³ /min	Zonas críticas mg/m ³	Resto del país mg/m ³
5	1,536	2,304
10	1,148	1,722
20	858	1,287
30	724	1,086
40	641	962
50	584	876
60	541	811
80	479	719
100	437	655
200	326	489
500	222	333
800	182	273
1,000	166	249
3,000	105	157
5,000	84	127
8,000	69	104
10,000	63	95
20,000	47	71
30,000	40	60
50,000	32	48

La interpolación y la extrapolación de los datos no contenidos en la tabla para zonas críticas, está dada por las ecuaciones siguientes:

Para zonas críticas:

$$E = \frac{3020}{C_{0.42}} \dots\dots\dots(1)$$

Para el resto del país:

$$E = \frac{4529.7}{C_{0.42}} \dots\dots\dots (2)$$

Evitaremos la generación de contaminación empleando la captación de gases utilizando un fluido o una campaña de gases.

Para la verificación de vida útil del producto se aplicará un diseño de experimentos, para determinar el tiempo de enranciamiento.

Trabajo a futuro

La experimentación que se hará posteriormente es analizar el producto obtenido y los gases liberados durante el proceso de fabricación para garantizar un producto útil. También se buscara más productos que se obtengan a partir del caucho de llantas recicladas.

Conclusiones

A lo largo de la realización del proyecto hemos detectado debilidades financieras y en el producto que se han ido mejorando tras reformulaciones o empleo de otros materiales; sin embargo esperamos que al tomar las medidas necesarias para evitar toda posible contaminación, nuestros análisis a realizar verifiquen realmente que el producto no es nocivo a la salud, permitiéndonos así introducirlo libremente al mercado.

Agradecimientos

Agradecimientos a COMECYT por la financiación para la realización de este proyecto.

Referencias

1. Feria-Velasco, A. y R. De Celis (2005), “El desarrollo sustentable y su contribución a las condiciones de salud de la población”, *Sustentabilidad*, 3: 7-18.
2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, LGEEPA, (2010), Diario Oficial de la Federación, México.
3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, LGPGIR, (2010). Diario Oficial de la Federación, México.
4. Campuzano, Adriana.(2004) Tiraderos de llantas, contaminación ambiental: Nueve de cada diez terminan llantas desechadas en México terminan abandonadas en tiraderos de basura a cielo abierto [on line], 1(1).disponible desde<<http://www.esmas.com/noticierostelevisa/noticieros/369083.html>> [acceso 31 de julio, 2012]
5. Val Escobedo, Contaminación (2011), El Medio Ambiente. Un Blog Verde, 2011, disponible desde <<http://www.dforceblog.com/2010/09/20/cuanto-contamina-la-quema-de-llantas-y-neumaticos/>>[acceso 23 marzo,2011]
6. Zamorano Rodrigo, Estudio de pre-factibilidad de instalar una planta de reciclaje de neumáticos, memoria para optar al título de ingeniero Civil Industrial, UNAM 2000. disponible desde<<http://www./trabajos13/neuma/neuma.shtml>> [acceso 22 julio,2009]

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Oxidación parcial de metanol sobre catalizadores Au/ZrO₂ promovidos por CeO₂

Edgar Hernández R.^{1*}, Jin An Wang¹, S. Patricia Ramírez Sebastian¹, Ramin Azargohar², Ajay K. Dalař.²

¹ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional, Av. Politécnico s/n, Col. Zacatenco, 07738 México D.F., México

²Catalysis and Chemical Reaction Engineering Laboratories, Department of Chemical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon - S7N 5A9, Canada

*hdz_ballz@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se estudió la oxidación parcial de metanol (OPM) sobre catalizadores Au/ZrO₂ y Au/ZrO₂ promovido con CeO₂. El efecto de la promoción de ZrO₂ con CeO₂ en la actividad catalítica, temperatura de reacción y pre-tratamiento térmico es discutido en este trabajo. Los resultados de TPR muestran que la reducibilidad de ZrO₂-CeO₂ es incrementada por la adición de CeO₂. La formación de una solución sólida CeO₂-ZrO₂ es identificada por DRX. Espectros de infrarrojo (FTIR) demuestran la adsorción de especies formiatos y carbonatos sobre la superficie de los catalizadores como producto de la adsorción de metanol durante la OPM. La promoción de ZrO₂ con CeO₂ mejoró el desempeño del catalizador en términos de conversión de metanol y selectividad hacia hidrógeno. La formación de subproductos no deseados como; formaldehído, ácido fórmico, metil formato y dimetil éter no fueron detectados durante la reacción de OPM.

Palabras clave: Oxidación parcial de metanol, Au/ZrO₂, Au/ZrO₂-CeO₂, producción de hidrógeno.

Abstract

Partial oxidation of methanol over Au/ZrO₂ and Au/ZrO₂-modified CeO₂ was studied. The effects of the promotion of CeO₂ into ZrO₂, the reaction temperature, thermic pre-treatment were discussed in this work. The results of TPR show that the reducibility of ZrO₂-CeO₂ was increased by CeO₂ addition. The formation of a solid solution of ZrO₂-CeO₂ was identified by XRD. Infrared spectra have showed the adsorption of formate and carbonate species onto catalysts surface as a product of methanol adsorption during partial oxidation of methanol. The promotion of ZrO₂ with CeO₂ improves the methanol conversion and hydrogen selectivity. Undesired by-products such as formic acid, formaldehyde, methyl-formate and dimethyl-ether were not detected during partial oxidation of methanol.

Keywords: Partial oxidation of methanol, Au/ZrO₂, Au/ZrO₂-CeO₂, hydrogen production.

Introducción

Metanol ha sido considerado como uno de las más prometedoras fuentes de hidrógeno debido a su alta relación H/C. Hidrógeno puede ser producido de hidrocarburos. Sin embargo, cuando se extrae de hidrocarburos, el dióxido de carbono (producto de reacción) debe ser separado, haciendo el proceso más costoso [Dincer, 2012]. La oxidación parcial de metanol (OPM) es uno de los métodos de producción de hidrógeno, el cual presenta varias ventajas; la reacción es exotérmica y usa aire como agente oxidante evitando una unidad de generación de vapor. Por lo tanto, es un método alternativo a la reformación oxidativa de metanol [Pérez y col., 2011], completa oxidación de metanol [Zhao y col. 2009], descomposición catalítica de metanol y electro-oxidación de metanol [Chen y col. 2010] para producir hidrógeno. CeO₂ ha sido utilizado para muchas reacciones debido a su alta capacidad de almacenamiento de oxígeno. La estructura, tamaño de cristalito y su superficie reactiva juegan un papel importante para la facilitación de oxígeno reactivo. Por ejemplo, Samms y col. (2002) demostraron que catalizadores Au/CeO₂ son altamente activos para la reacción de desplazamiento de agua y el CeO₂ actúa como repositorio para especies formiato. Mattheew y col. (2010) reportó que el CeO₂ como soporte es activo durante la oxidación preferencial del CO y la adición de Co mejora la conversión a 100%. En adición, ZrO₂ puede mejorar la dispersión en catalizadores Au/CeO₂ [Vindigni y col. 2012]. Además, Pojanavaraph y col. (2012) reportó la formación de una solución sólida de ZrO₂-CeO₂ adicionando iones Zr⁴⁺ en Ce⁴⁺, mejorando la actividad catalítica. Finalmente, Huang y col. (2011) concluyeron que catalizadores de oro son sensitivos a la variación de oxígeno, siendo la oxidación de CO la etapa determinante durante la reacción de OPM. En este trabajo, reportamos el estudio de catalizadores Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ durante la oxidación parcial de metanol. Los catalizadores fueron sintetizados por la técnica de depósito por precipitación utilizando una solución de urea como agente precipitante. Las propiedades texturales y reducibilidad de los catalizadores

fueron caracterizadas por difracción de rayos X (DRX) y análisis de reducción a temperatura programada (RTP). El efecto de CeO_2 y $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$, temperatura de reacción y pre-tratamiento térmico es discutido.

Metodología

Preparación de catalizadores

Los óxidos metálicos de Ce y Zr utilizados como soportes catalíticos fueron sintetizados por el método Sol-Gel. El pH de la solución hidrolizante se ajustó a 3.0 por adición de HNO_3 . Las relaciones molares fueron las siguientes; $\text{H}_2\text{O}/\text{isopropóxido} = 30$, alcohol/isopropóxido, = 65 y finalmente ácido/isopropóxido = 0.2. La relación molar Zr/Ce se fijó 1:1. Después de la etapa de gelación, el producto se secó por 12 h a $100\text{ }^\circ\text{C}$ y calcinado a $550\text{ }^\circ\text{C}$ por 4 h. Nano partículas de oro fueron depositadas de una solución ácida de HAuCl_4 sobre CeO_2 y $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$ vía depósito por precipitación. Agua desionizada se utilizó como solvente para preparar la solución de HAuCl_4 $4.2 \times 10^{-3}\text{ M}$ (correspondiente a 3 % en peso de Au). 3 g de soporte fueron agregados a una solución de urea 0.45 M bajo agitación durante 4 h. Finalmente, la solución se calentó bajo agitación hasta $80\text{ }^\circ\text{C}$ por 11 h. La solución resultante se filtró, lavo y centrifugo tres veces con agua desionizada para remover los iones Cl^- y NH_4^+ , posteriormente se secó a $60\text{ }^\circ\text{C}$ toda la noche.

Caracterización de catalizadores

Isotermas de adsorción-desorción de N_2 fueron obtenidos a $77\text{ }^\circ\text{K}$ usando un analizador de adsorción de gases automatizado, ASAP 2020 (Micromeritics, Instruments Inc., GA USA). Las muestras fueron degasificadas a $473\text{ }^\circ\text{K}$ por 2 h antes de las mediciones. Para todas las muestras, el área específica se determinó usando la ecuación BET. Análisis de infrarrojo fueron realizados en un equipo PerkinElmer modelo 100GX para caracterizar los grupos funcionales adsorbidos en la superficie del catalizador. Un difractómetro Brucker D8 con una fuente de radiación $\text{Cu K}\alpha$ (1.54056 \AA) se utilizó para realizar análisis de difracción de rayos X. Todas las muestras fueron colectadas en un rango de 20 a 70 en escala de 2θ . Se realizaron análisis de reducción a temperatura programada (RTP) usando un equipo Micromeritics 2920 AutoChem II. Para el análisis, 50 mg de catalizador se pre-trató a $100\text{ }^\circ\text{C}$ bajo atmosfera inerte por 1h bajo flujo de N_2 a una velocidad de 25 ml/min.

Sistema de reacción catalítica

Los catalizadores fueron evaluados a presión atmosférica usando 50 mg de catalizador. La relación molar $\text{CH}_3\text{OH}/\text{O}_2$ se fijó a 0.5 usando aire como proveedor de oxígeno. La corriente de gases fue alimentada al reactor con una velocidad espacial de $50,000\text{ h}^{-1}$. Típicamente, CH_3OH es inyectado con una bomba de jeringa, arrastrado a un pre-calentador a $100\text{ }^\circ\text{C}$. La velocidad de flujo total es de 75 ml/min. El reactor es empacado con un lecho de SiC. Los gases a la salida del reactor son conducidos a un condensador para condensar el metanol no reaccionado. Finalmente, los productos de reacción en fase líquida y gaseosa son analizados por cromatografía de gases. El producto líquido se analizó con un detector de ionización de flama (FID) para determinar el metanol no reaccionado, mientras que la corriente gaseosa se analizó con un detector de conductividad térmica (TCD) para determinar H_2 , CO_2 , CO , CH_4 , y O_2 no reaccionado. Se realizaron corridas de prueba usando SiC sin catalizador, las cuales no mostraron conversión alguna. La selectividad de los productos se determinó en base seca (excluyendo el agua como producto de reacción).

Resultados y discusión

Caracterización de catalizadores

La Figura 1 muestra las isotermas de adsorción-desorción de Au/CeO_2 y $\text{Au}/\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$, su correspondiente distribución de radio de poros es mostrada en la Figura 2. El isoterma para Au/CeO_2 y $\text{Au}/\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$ (Figura 1) corresponde a un tipo IV según la clasificación IUPAC [Sing y col., 1985]. Sin embargo Au/CeO_2 tiene una línea de desorción tipo H2 asociado con el proceso de condensación y evaporación en poros tipo "cuello de botella", mientras que para los catalizadores $\text{Au}/\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$ muestran una línea de desorción tipo H3, el cual no exhibe un límite de adsorción a altas presiones relativas. La distribución de radio de poros de $\text{Au}/\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$ (Figura 3) muestra una distribución monomodal con un valor máximo de 7 nm, el catalizador Au/CeO_2 tiene una distribución de radio de poros bimodal lo cual nos indica la existencia de microporos. Además, Au/CeO_2 mostró una mayor área específica ($89.2\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$) con un volumen de poro de $0.22\text{ cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ y tamaño de poro de 14 nm que el catalizador $\text{Au}/\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$ con área específica de $71.7\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$, volumen de poro de $0.10\text{ cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ y tamaño de poro de 6 nm, esto puede atribuirse al efecto de la adición de ZrO_2 , mejorando la dispersión [Vindigni y col., 2012], dejando menos superficie disponible de soporte catalítico.

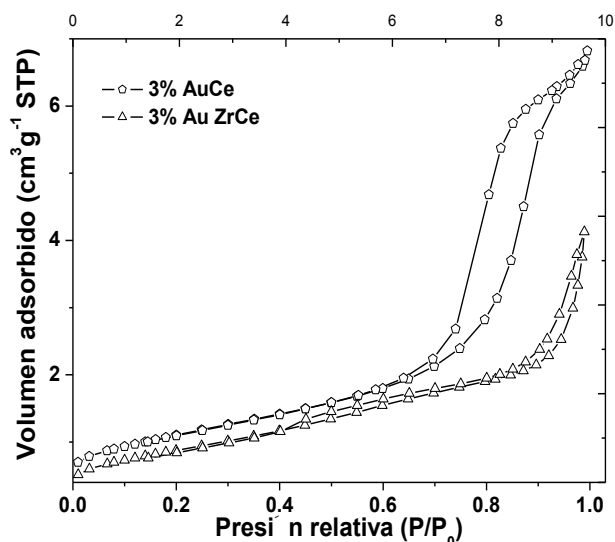


Figura 1. Isotherma de adsorción-desorción de N_2 de catalizadores Au/CeO_2 y Au/ZrO_2-CeO_2 .

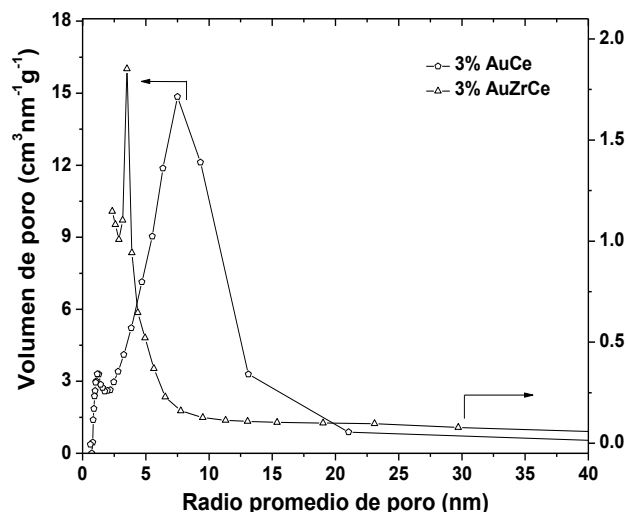


Figura 2. Distribución de radio de poros de catalizadores Au/CeO_2 y Au/ZrO_2-CeO_2 .

Reducción a temperatura programada

Los experimentos de RTP de los catalizadores de oro son mostrados en la Figura 3. En ambos catalizadores, se observó un pico máximo de temperatura a $105\text{ }^\circ\text{C}$; éste es atribuido a la reducción de oro catiónico a oro metálico. El área del pico de reducción a baja temperatura de Au/CeO_2 es mayor que Au/ZrO_2-CeO_2 , lo cual es asignado a una mayor cantidad de especies Au^{3+} , éstos resultados concuerdan con los observados por Fonseca y col. (2012). El pico de reducción a baja temperatura y anchura estrecha sugiere la existencia de pequeñas nanopartículas de oro. El consumo de H_2 detectado en el rango de 300 a $550\text{ }^\circ\text{C}$ en Au/ZrO_2-CeO_2 , indica la reducción de oxígenos superficiales [Wu y col., 2011], una mayor área bajo la curva en ese rango indica que hay más especies de oxígeno activo disponible sobre la superficie de ZrO_2-CeO_2 que sobre CeO_2 . El catalizador Au/ZrO_2-CeO_2 posee una mayor capacidad de reducibilidad que CeO_2 a bajas temperaturas, afectando positivamente la conversión de metanol y la selectividad hacia hidrógeno, en acuerdo con lo observado por Pojanavaraphan y col. (2012), donde la reducibilidad de CeO_2 fue modificada con Fe_2O_3 . El H_2 consumido de 600 a $700\text{ }^\circ\text{C}$ en Au/CeO_2 es relacionado con la reducción de oxígeno superficial [Li y col., 2010]. Antes de cada evaluación, los catalizadores fueron reducidos a $200\text{ }^\circ\text{C}$, se estudió la diferencia en las condiciones de pre-tratamiento térmico (atmosfera reductora y oxidante) sobre la reacción de OPM.

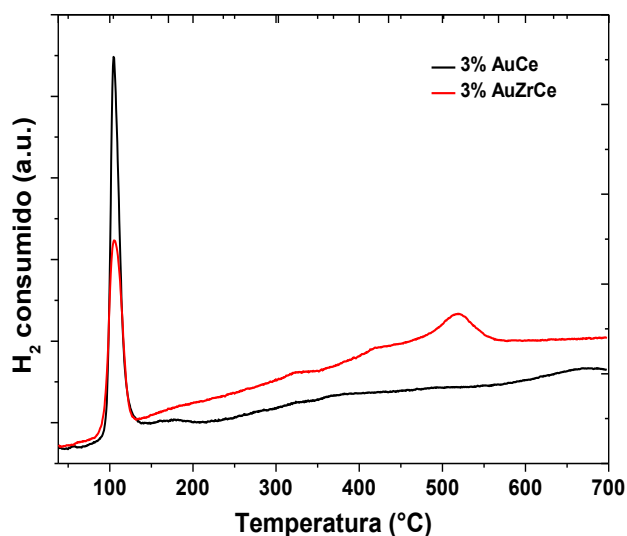


Figura 3. Perfiles de reducción a temperatura programada de catalizadores Au/CeO_2 y Au/ZrO_2-CeO_2 .

Difracción de rayos X

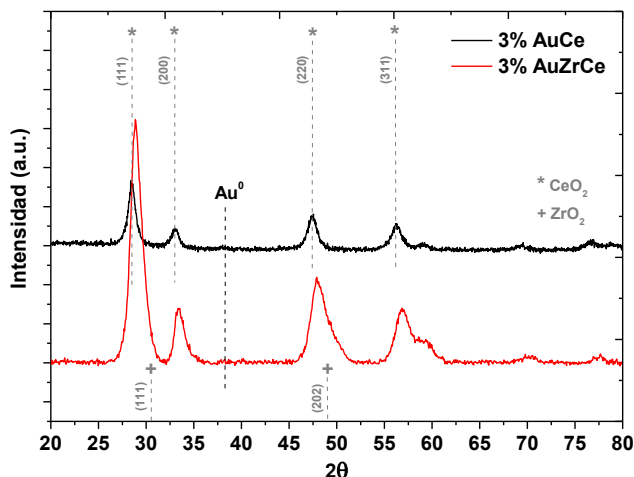


Figura 4. Patrones de difracción de rayos X de Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂. Carga de oro; 3% en peso.

Patrones de difracción de rayos X de Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ son mostrados en la Figura 4. Los patrones de ZrO₂ son marcados para comparación. Se identificó fluorita CeO₂ en fase cúbica por sus picos de difracción característicos a $2\theta = 28.5^\circ$ (JCPDS: 034-0394) [Zhang y col., 2009]. No se detectó el principal pico de difracción de Au (111) a $2\theta = 38.2^\circ$, lo cual sugiere una muy buena dispersión y tamaño nanométrico de partículas de Au. El tamaño de partícula promedio del principal pico de los soportes (111) se calculó utilizando la ecuación de Scherrer, para CeO₂ de 8.2 nm mientras que para ZrO₂-CeO₂ fue de 5.4 nm, esto, con la misma carga de oro (3% en peso de Au), lo cual indica que el ZrO₂ modificó el tamaño de partícula, estructura y propiedades texturales (corroborado con las isotermas de adsorción-desorción de N₂) del CeO₂. No se distinguieron picos de CeO₂ y ZrO₂ en ZrO₂-CeO₂, lo cual implica la formación de una solución sólida de ZrO₂-CeO₂, mejorando la capacidad de almacenamiento de oxígeno [Hosowaka y col., 2011]. En adición, Khaodee y col. (2009) observó que la adición de Zr³⁺ para formar la solución sólida de ZrO₂-CeO₂ es el factor clave para mejorar la selectividad.

Infrarrojo por transformada de Fourier

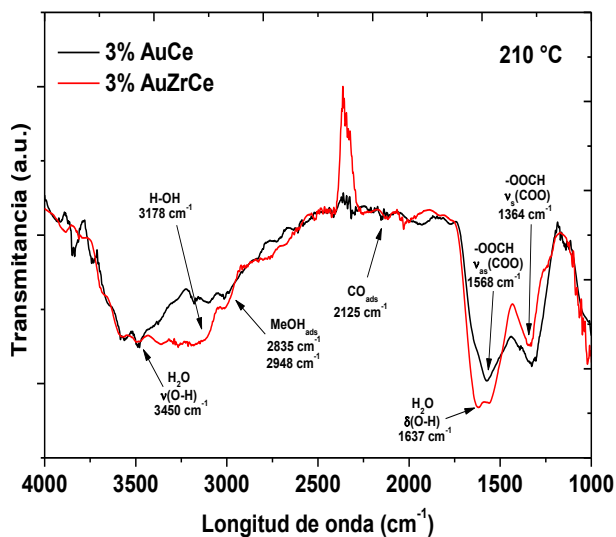


Figura 5. Espectros IR de Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ después de 3 h de reacción de OPM a 210 °C.

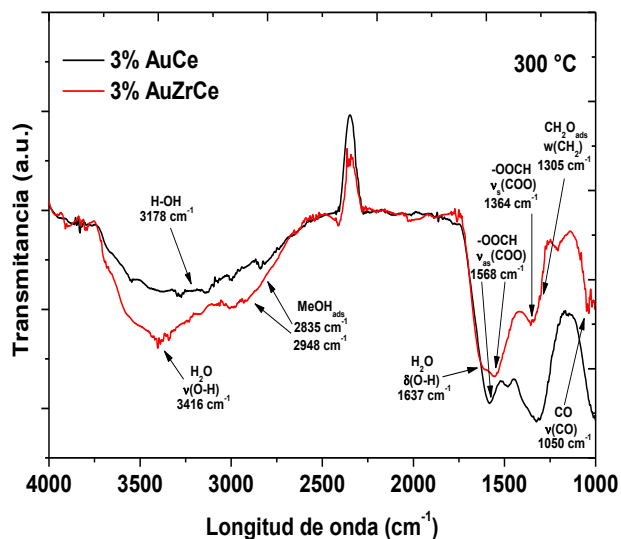


Figura 6. Espectros IR de Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ después de 3 h de reacción de OPM a 300 °C.

La figura 5 y 6 muestran los espectros IR de los catalizadores Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂, respectivamente. La región de 1200 a 1000 cm⁻¹ se utilizó para identificar especies adsorbidas debido a los modos de vibración, debido a que CH₃ no son directamente unidos a la superficie, son menos influenciados por la naturaleza de sitios de adsorción que u(CO) [Bocuzzi y col., 2003]. La banda de adsorción a 3450 cm⁻¹ es asignada a la vibración de estiramiento de O-H u(O-H) del H₂O adsorbido en la superficie [Liu y col. 2012]. Mientras que a 3178 cm⁻¹ se atribuye a los grupos hidroxilo. De acuerdo con la literatura [Borchert y col., 2008], la banda característica de la región de estiramiento de C-H a 2835 y 2948 cm⁻¹ es asignada a la adsorción molecular del metanol. Pequeñas cantidades de CO adsorbido en Ce³⁺ (2093 cm⁻¹) y Ce⁴⁺ (2142 cm⁻¹) fueron observadas por Leppelt y col. (2006). Por otra parte, algunas bandas características son mostradas de 1700 a 1200 cm⁻¹. La banda a 1637 cm⁻¹ es atribuida a los modos de deformación de δ(O-H) de H₂O adsorbida [Tsoncheva y col., 2009; Liu y col., 2012]. Las bandas a 1568 cm⁻¹ (ν_{as}(COO)) y 1364 cm⁻¹ (ν_s(COO)) fueron asociadas a especies formiatos, mientras que a 1050 cm⁻¹ fue asignada a grupos metoxi adsorbidos en CeO₂ o ZrO₂-CeO₂ [Zhang y col., 2013; Bazin y col., 2012; Letichevsky y col., 2005; Pojanavaraphan y col., 2012]. En general, encontramos agua adsorbida, metanol molecular adsorbido y especies carbonatos y formiatos. Por lo tanto, podemos asumir tentativamente la adsorción de metanol, transformación de especies metoxi a formiatos, descomposición de especies formiatos a CO adsorbido y finalmente, la oxidación de CO a CO₂. El mecanismo ha sido reportado por varios autores [Borchert y col., 2008; Bazin y col., 2012]. Algunos autores han reportado la banda de adsorción de CO a 2125 cm⁻¹ [Yang y col., 2001]. La ausencia de ésta banda (Figura 6) a 300 °C es tal vez porque el CO es rápidamente oxidado por nanopartículas de oro.

Actividad catalítica

La figura 7 muestra la actividad catalítica de Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ durante la oxidación parcial de metanol. Dos pre-tratamientos fueron evaluados (atmósfera reductiva y oxidativa). Una baja conversión de metanol es mostrada para catalizadores tratados en atmósfera oxidativa. Los catalizadores tratados en atmósfera reductiva mostraron mejor conversión de metanol. Además, la conversión de metanol incrementó con la temperatura de reacción. A 210 °C, Au/CeO₂ es 11% más activo que Au/ZrO₂-CeO₂. Sin embargo, la conversión de metanol sobre Au/ZrO₂-CeO₂ incrementó conforme incrementó la temperatura, esto podría atribuirse a la mayor disponibilidad de oxígeno superficial activo (de acuerdo con análisis de reducción a temperatura programada). Ésta observación fue también reportada por Chang y col. (2009, 2008). La conversión máxima observada sobre Au/ZrO₂-CeO₂ es de 69.6% a 270 °C, mientras que para Au/CeO₂ es de solo 61%. La conversión de oxígeno es mostrada en la Figura 8. Teóricamente, el oxígeno debe consumirse conforme la conversión de metanol incrementa. Sin embargo, el catalizador Au/ZrO₂-CeO₂ muestra casi el mismo consumo de oxígeno a altas conversiones de metanol, esto puede atribuirse al efecto positivo del oxígeno superficial de Au/ZrO₂-CeO₂.

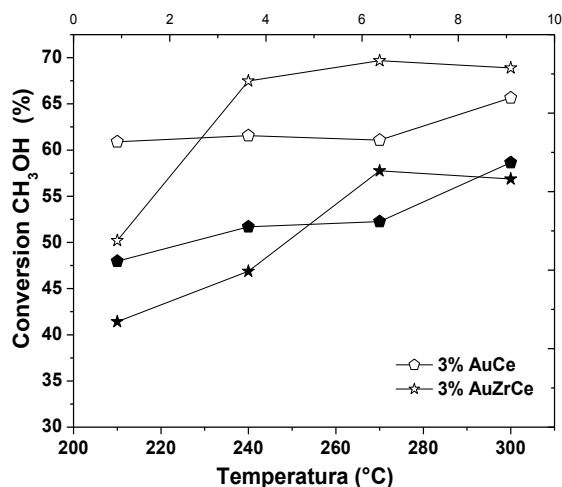


Figura 7. Oxidación parcial de metanol sobre catalizadores Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂. Iconos blancos; Pre-tratamiento reductivo, iconos negros; Pre-tratamiento oxidativo. O₂/CH₃OH = 0.5.

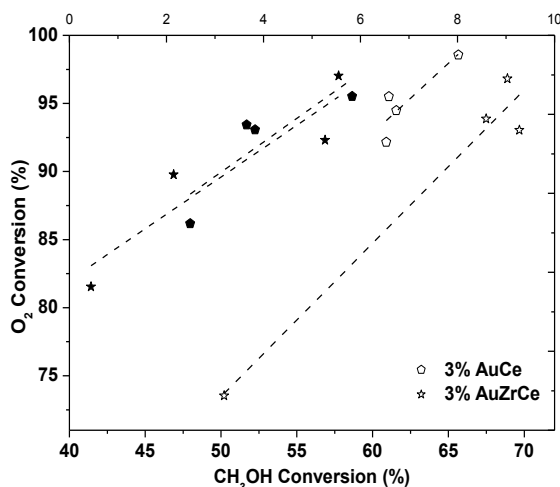


Figura 8. Conversión de oxígeno en función de conversión de metanol. Iconos blancos; Pre-tratamiento reductivo, iconos negros; Pre-tratamiento oxidativo. O₂/CH₃OH = 0.5.

La Figura 9 muestra la selectividad hacia CO₂ y CH₄ durante la reacción de OPM. Au/CeO₂ bajo tratamiento reductivo, la selectividad hacia dióxido de carbono decreció hasta 50% a 300 °C, lo cual indica que la reacción de desplazamiento de agua está ocurriendo (Ecuación 1). Además, la selectividad de CO₂ sobre Au/

ZrO₂-CeO₂ muestra un ligero incremento de 46% a 49% de 270 a 300 °C. Espectros infrarrojo muestran una banda a 1305 cm⁻¹, lo cual es asignado a w(CH₂) de formaldehído adsorbido en la superficie. Por lo tanto, esto puede atribuirse a la formación de CO₂ como resultante de la oxidación de formaldehído sobre la superficie metálica de oro [Li y col., 2008; Chen y col., 2013].

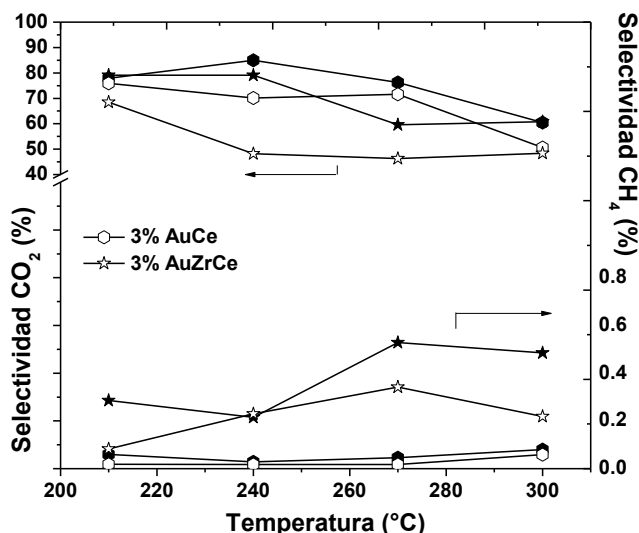


Figura 9. Selectividad hacia CO₂ y CH₄ sobre catalizadores Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ durante la reacción de OPM. Iconos blancos; Pre-tratamiento reductor, iconos negros; Pre-tratamiento oxidativo.

Para los catalizadores Au/CeO₂ pre-tratados térmicamente en atmósfera oxidativa, la selectividad hacia CO₂ y CH₄ fue mayor, mientras que Au/ZrO₂-CeO₂ mostró baja selectividad hacia CO₂. Además, la selectividad hacia CH₄ es incrementada mientras la de CO₂ es decrementada. Esto puede atribuirse a la reacción de metanación (Ecuaciones 2 y 3).



La descomposición de metanol produce CO. Sin embargo, en éste trabajo, no se detectó CO como producto de reacción. Debido a esto, asumimos que el CH₄ es producido a partir del CO₂. La selectividad hacia hidrógeno es mostrada en la Figura 10. La máxima selectividad a hidrógeno alcanzada es de 51.5% a 240 °C sobre catalizadores previamente reducidos. La banda de adsorción de infrarrojo a 3178 cm⁻¹ desaparece conforme aumenta la temperatura. Un incremento de las especies adsorbidas metoxi (1050 cm⁻¹) y decremento de la banda O-H (1637 y 3178 cm⁻¹) sobre Au/ZrO₂-CeO₂ se observó de 210 a 300 °C (Figuras 5 y 6). Esto, probablemente sugiere que las especies metoxi fueron reaccionadas con grupos O-H para formar grupos formiatos e hidrógeno a 300 °C, lo cual es un comportamiento opuesto a bajas temperaturas. Por lo tanto, la selectividad hacia hidrógeno se mejoró hasta a un 51.5% de 210 a 300 °C. En ambos casos, el soporte catalítico ZrO₂-CeO₂ mostró mejor selectividad hacia hidrógeno y conversión de metanol. Sobre Au/CeO₂, la selectividad hacia hidrógeno es incrementada hasta 49% a 300 °C. Esto puede indicar que la reformación de metano da a lugar a esta temperatura (Ecuación 4), y entonces, la selectividad hacia hidrógeno incrementó hasta 49%.



Algunos autores reportan que el oro catiónico es más activo y selectivo que la fase metálica [Wang y col., 2003; Concepción y col., 2006]. Sin embargo, nosotros encontramos mucho más activo y selectivo los catalizadores reducidos previamente. Además, no se detectó la formación de CO en los productos de reacción. Esto es debido a que se llevó a cabo su completa oxidación hacia CO₂; la misma observación es reportada por Wang y col. (2001). Pequeñas cantidades de Metano fueron producidas Sobre catalizadores de Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-

CeO₂ durante la reacción de OPM. Sólo se detectó CH₂OH adsorbido en la superficie. Sin embargo no se detectó la formación de otros sub-productos como; formaldehído, ácido fórmico, metil-formiato o dimetil-éter.

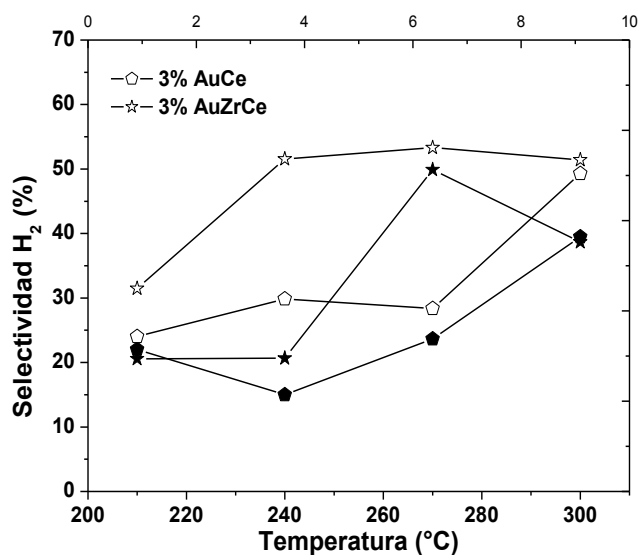


Figura 10. Selectividad hacia hidrógeno sobre Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂ durante la reacción de OPM. Iconos blancos; Pre-tratamiento reductor, iconos negros; Pre-tratamiento oxidativo. O₂/CH₃OH = 0.5.

Conclusiones

La oxidación parcial de metanol se investigó sobre catalizadores Au/CeO₂ y Au/ZrO₂-CeO₂. La formación de ésta solución sólida se demostró por difracción de rayos X. Espectros infrarrojos mostraron la formación de especies intermediarias formiatos y carbonatos durante la reacción de OPM, las cuales fueron finalmente transformadas en CO₂ e hidrógeno. Tanto el soporte catalítico como el tratamiento térmico juegan un papel importante en la actividad catalítica y selectividad. La adición de ZrO₂ mejoró el desempeño del catalizador en términos de conversión de metanol y selectividad hacia hidrógeno. El mismo comportamiento se observó sobre catalizadores previamente reducidos. No se detectaron sub-productos de reacción como formaldehído, ácido fórmico metil-formiato o dimetil-éter en los productos de reacción.

Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte económico al proyecto SIP-20130640 (IPN-México). Edgar Hernández agradece al gobierno canadiense por la beca otorgada dentro del programa "Emerging Leaders in the Americas Program".

Referencias

- 1 I. Dincer. (2012). Green methods for hydrogen production. *Int J Hydrogen Energy* (37) 1954 - 1971.
- 2 R. Pérez-Hernández, A. Gutiérrez-Martínez, J. Palacios, M. Vega-Hernández, V. Rodríguez-Lugo. (2011). Hydrogen production by oxidative steam reforming of methanol over Ni/CeO₂eZrO₂ catalysts. *Int J Hydrogen Energy* (36) 6601 - 6608.
- 3 H. Zhao, J. Yang, L. Li, H. Li, J. Wang, Y. Zhang. (2009). Effect of over-oxidation treatment of Pt-Co/polypyrrole-carbon nanotube catalysts on methanol oxidation. *Int J Hydrogen Energy* (34) 3908 - 3914.
- 4 Y. Chen, G. Zhang, J. Ma, Y. Zhou, Y. Tang, T. Lu. (2010). Electro-oxidation of methanol at the different carbon materials supported Pt nano-particles. *Int J Hydrogen Energy* (35) 10109 - 10117.
- 5 S.R. Samms, R.F. Savinell. (2002). Kinetics of methanol-steam reforming in an internal reforming fuel cell. *J Power Source* (112) 13 - 29.
- 6 M.P. Woods, P. Gawade, B. Tan, U. S. Ozkan. (2010). Preferential oxidation of carbon monoxide on Co/CeO₂ nanoparticles. *Appl Catal B: Environ* (97) 28 - 35.
- 7 B. Liu, C. Li, Y. Zhang, Y. Liu, W. Hu, Q. Wang. (2012). Investigation of catalytic mechanism of formaldehyde oxidation over three-dimensionally ordered macroporous Au/CeO₂ catalyst. *Appl Catalysis B: Environ* (111- 112) 467 - 475.

- 8 F. Vindigni, M. Manzoli, T. Tabakova, V. Idakiev, F. Boccuzzi, A. Chiorino. (2012). Gold catalysts for low temperature water-gas shift reaction: Effect of ZrO₂ addition to CeO₂ support. *Appl Catalysis B: Environ* (125) 507 – 515.
- 9 Y.J. Huang, K. L. Ng, H.-Y. Huang. (2011). The effect of gold on the copper-zinc oxides catalysts during the partial oxidation of methanol reaction. *Int J Hydrogen Energ* (36) 15203 – 15211.
- 10 K. S. W. Sing, D. H. Everett, R. A. W. Haul, L. Moscou, R. A. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemieniowska. (1985). Reporting Physisorption Data For Gas/Solid Systems With Special Reference To The Determination Of Surface Area And Porosity. *Pure & Appl Chem* (54) 603 – 619.
- 11 F. Vindigni, M. Manzoli, T. Tabakova, V. Idakiev, F. Boccuzzi, A. Chiorino. (2012). Gold catalysts for low temperature water-gas shift reaction: Effect of ZrO₂ addition to CeO₂ support. *Appl Catalysis B: Environ* (125) 507 – 515.
- 12 J. Fonseca, S. Royer, N. Bion, L. Pirault-Roy, M. Rangel, D. Duprez, F. Epron. (2012). Preferential CO oxidation over nanosized gold catalysts supported on ceria and amorphous ceria–alumina. *Appl Catalysis B: Environ* (128) 10 – 20.
- 13 H. Wu, L. Wang. (2011). Shape effect of microstructured CeO₂ with various morphologies on CO catalytic oxidation. *Catal Communications* (12) 1374 – 1379.
- 14 C. Pojanavaraphan, A. Luengnaruemitchai, E. Gulari. (2012). Effect of support composition and metal loading on Au catalyst activity in steam reforming of methanol. *Int J Hydrogen Energ* (37) 14072 – 14084.
- 15 K. Li, H. Wang, Y. Wei, D. Yan. (2010). Direct conversion of methane to synthesis gas using lattice oxygen of CeO₂–Fe₂O₃ complex oxides. *Chem Eng J* (156) 512 – 518.
- 16 J. Zhang, Y. Jin, C. Li, Y. Shen, L. Han, Z. Hu, X. Di, Z. Liu. (2009). Creation of three-dimensionally ordered macroporous Au/CeO₂ catalysts with controlled pore sizes and their enhanced catalytic performance for formaldehyde oxidation. *Appl Catalysis B: Environ* (91) 11 – 20.
- 17 S. Hosokawa, S. Imamura, S. Iwamoto, M. Inoue. (2011). Synthesis of CeO₂–ZrO₂ solid solution by glycothermal method and its oxygen release capacity. *J Eur Ceramic Soc* (31) 2463 – 2470.
- 18 W. Khaodee, N. Tangchupong, B. Jongsomjit, P. Praserttham, S. Assabumrungrat. (2009). A study on isosynthesis via CO hydrogenation over ZrO₂–CeO₂ mixed oxide catalysts. *Catal Communications* (10) 494 – 501.
- 19 F. Boccuzzi, A. Chiorino, M. Manzoli (2003). FTIR study of methanol decomposition on gold catalyst for fuel cells. *J Power Sources* (118) 304 – 310.
- 20 H. Borchert, B. Jürgens, T. Nowitzki, P. Behrend, Yu. Borchert, V. Zielasek, S. Giorgio, C.R. Henry, M. Bäumer. (2008). Decomposition of methanol by Pd, Co, and bimetallic Co–Pd catalysts: A combined study of well-defined systems under ambient and UHV conditions. *J Catal* (256) 24 – 36.
- 21 R. Leppelt, B. Schumacher, V. Plzak, M. Kinne, R.J. Behm. (2006). kinetics and mechanism of the low-temperature water-gas shift reaction on Au/CeO₂ catalysts in an idealized reaction atmosphere. *J Catal* (244) 137 – 152.
- 22 T. Tsoncheva, L. Ivanova, C. Minchev, M. Fröba. (2009). Cobalt-modified mesoporous MgO, ZrO₂, and CeO₂ oxides as catalysts for methanol decomposition. *J Colloid Int Sci* (333) 277 – 284.
- 23 L. Zhang, L. Pan, C. Ni, T. Sun, S. Zhao, S. Wanga, A. Wang, Y. Hu. (2013). CeO₂eZrO₂-promoted CuO/ZnO catalyst for methanol steam reforming. *Int J Hydrogen Energ* (38) 4397 – 4406.
- 24 P. Bazin, S. Thomas, O. Marie, M. Daturi. (2012). New insights into the methanol oxidation mechanism over Au/CeO₂ catalyst through complementary kinetic and FTIR operando SSITKA approaches. *Catal Today* (182) 3 – 11.
- 25 S. Letichevsky, C. A. Tellez, R. R. Avillez, M. Isabel, P. da Silvaa, M. A. Fraga, L. G. Appel. (2005). Obtaining CeO₂–ZrO₂ mixed oxides by coprecipitation: role of preparation conditions. *Appl Catalysis B: Environ* (58) 203 – 210.
- 26 C. Pojanavaraphan, A. Luengnaruemitchai, E. Gulari. (2012). Hydrogen production by oxidative steam reforming of methanol over Au/CeO₂ catalysts. *Chem Eng J* (192) 105 – 113.
- 27 C. Yang, J. Ren, Y. Sun. (2001). Synergistic promotion of CeO₂ and La₂O₃ in Pd/Al₂O₃ catalysts for methanol decomposition. *Catal Comunications* (2) 353 – 356.
- 28 F. W. Chang, T.C. Ou, L. S. Roselin, W.-S. Chen, S.C. Lai, H.M. Wu. (2009). Production of hydrogen by partial oxidation of methanol over bimetallic Au-Cu/TiO₂-Fe₂O₃ catalysts. *J Mol catal* (313) 55 – 64.
- 29 F.W. Chang, L. S. Roselin, T.C. Ou. (2008). Hydrogen production by partial oxidation of methanol over bimetallic Au-Ru/Fe₂O₃ catalysts. *Appl Catalysis A: Gen* (334) 147 – 155.
- 30 C. Li, Y. Shen, M. Jia, S. Sheng, M. O. Adebajo, H. Zhu. (2008). Catalytic combustion of formaldehyde on gold/iron-oxide catalysts. *Catal Communications* (9) 355 – 361.
- 31 B.B. Chen, C. Shi, M. Crocker, Y. Wang, A.M. Zhu. (2013). Catalytic removal of formaldehyde at room temperature over supported gold catalysts. *Appl Catalysis B: Environ* (132– 133) 245 – 255.
- 32 Z. Wang, W. Wang, G. Lu. (2003). Studies on the active species and on dispersion of Cu in Cu=SiO₂ and Cu=Zn=SiO₂ for hydrogen production via methanol partial oxidation. *Int J Hydrogen Energ* (28) 151 – 158.
- 33 P. Concepción, S. Carrettin, A. Corma. (2006). Stabilization of cationic gold species on Au/CeO₂ catalysts under working conditions. *Appl Catalysis A: General* (307) 42 – 45.
- 34 C.T. Wang, R. J. Willey. (2001). Mechanistic Aspects of Methanol Partial Oxidation over Supported Iron Oxide Aerogels. *J. Catal* (202) 211 – 219.

Efecto del tipo de almidón en la elaboración de empaques biodegradables por termo-prensado: caracterización parcial

A. Vargas Torres¹, J. J Berrios², G. M Glenn², F. Gutiérrez Meraz³, H. M. Palma Rodríguez¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Instituto de Ciencias Agropecuarias Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo, Estado de Hidalgo, CP 43600, México

²USDA-ARS-Western Regional Research Center, Albany, California

³Centro de Desarrollo de Productos Bióticos – I. P. N., Yauhtepec, Morelos, México

[*apolovt@hotmail.com](mailto:apolovt@hotmail.com)

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Almidón de maíz, papa, tapioca y chayotextle fueron utilizados para elaborar materiales tipo foami (MTF) mediante termoprensado los cuales fueron acondicionados a humedades relativas de 0, 50 y 75% y temperaturas de 4, 23, y 65 °C con el fin de evaluar el efecto de estas variables en sus propiedades mecánicas y estructurales. Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la fuente de obtención del almidón no juega un papel muy importante en las propiedades mecánicas analizadas en los MTF. Sin embargo, se observó que las condiciones de humedad relativa y temperatura a las que fueron sometidos los MTF mostraron una reducción en las propiedades mecánicas con el aumento de la temperatura y un ligero incremento al aumentar la humedad relativa. Los estudios de microscopía electrónica de barrido mostraron que los MTF elaborados de almidón de chayotextle presentaron una estructura interna más compacta (menor tamaño de celda).

Palabras clave: Almidón, biodegradación, termo-prensado

Abstract

Corn, potato, tapioca and chayotextle starch were used for to make foamy materials by thermo pressing technique. The prepared materials were conditioned at 0%, 50%, 75% and 4°C, 23°C, 65°C of relative humidity and temperature respectively with the aim to evaluate the effect of these parameters on their mechanical and structural properties. There was found that the origin of the starch does not play an important role on the mechanical properties. However, differences in both relative humidity and temperature affected their mechanical performance. Scanning electron microscopy studies showed that foamy materials prepared with chayotextle starch developed a more compact internal structure (reduced cell size).

Introducción

El uso de almidón, como material biodegradable para la elaboración de artículos desechables tales como platos, utensilios de cocina y bolsas para empaques de alimentos, es una alternativa ecológica al uso de plásticos no degradables a base de petróleo tales como el polietileno y el poliestireno [Swanson y col., 1993; Shogren y col., 1993]. Aunque este último puede ser reciclado, esto a menudo es un proceso difícil y costoso, debido a los costos de recolección y a la contaminación de los artículos plásticos con el alimento que contenían. Mientras que, el uso de plásticos a base de almidón totalmente biodegradables podrían ser usados como composta. Además, el almidón es un biopolímero ampliamente disponible y económicamente accesible, ya que tiene un costo de 3.25 a 7.8 pesos por Kg, comparado con el polietileno o poliestireno que rondan entre 10.4 a 19.5 pesos por Kg [Shogren y col., 1997]. Actualmente el almidón solo o con otros ingredientes, es utilizado para la elaboración de empaques para frituras o semillas secas. Dichos empaques son elaborados por termoprensado (foami) y tienen excelentes propiedades para ser utilizados como contenedores de alimentos, y tienen capturado entre el 20 y 25 % del mercado [Lawton y col., 1999]. Los materiales tipo foami (MTF) a base de almidón son generalmente elaborados por extrusión [Harper, 1981; Harper y Tribelhorn 1992]. Lo cual es logrado cuando el almidón es fundido por temperaturas elevadas y es expulsado del extrusor, el cambio de presión y temperatura provoca esa expansión del almidón formando un MTF irregular. El agua súper-calentada explota en forma de vapor y actúa como un agente expansivo para el almidón o materiales a base de almidón. Aun cuando estos MTF tienen excelentes propiedades, son difíciles de manipular para dar la forma a la cual se desea transformar, ya sea vaso, plato, tazas, etc. Por lo que otros

procesos son propuestos para la elaboración de los empaques tipo foami en donde el objeto que se desea obtener (plato o vaso), son formados y expandidos en el mismo paso durante el proceso de elaboración [Tiefender, 1993; Haas y col., 1994]. El proceso es muy parecido al cocinado de waffles, por el cual se pueden elaborar diferentes formas y materiales de diferentes espesores. En este proceso el almidón solo o con otros ingredientes y con exceso de agua, es puesto dentro de los moldes calientes, entre 145 y 225 °C. Durante el calentamiento de este, el vapor de agua es liberado y el almidón es inflado para obtener MTF y finalmente ser moldeado.

La relación entre la estructura, morfología, y la propiedades mecánicas de materiales elaborados a partir del proceso de termo-prensado dependen de la fuente de obtención del almidón, peso molecular y la temperatura de proceso. Por tal motivo el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fuente de obtención del almidón en la elaboración de empaques por termo-prensado y su caracterización mecánica, estructural y de biodegradación.

Metodología

Materiales

El tubérculo del chayote o chayotextle (*Sechium edule Sw.*), para obtener el almidón fue adquirido en la región de Tulancingo de Bravo en el Estado de Hidalgo. Los almidones de maíz, papa, y tapioca fueron donados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Albany Ca. Fibra (celulosa), el almidón pregelatinizado de papa, el carbonato de calcio (CaCO_3) y el estearato de magnesio (MgStr) fueron adquiridos en Sigma (Sigma-Aldrich, Irlanda).

Preparación de materiales tipo foami por termo-prensado a partir de almidón

Se cortaron cuadros de fibra de 2 x 2 cm hasta alcanzar un peso de 8.8 g y se adicionaron 30.2 g de CaCO_3 y 75 g de agua. La mezcla se mantuvo en agitación con un mixer ARROW 1750 durante 15 min, hasta lograr una masa homogénea. Posteriormente se adicionaron 37.6 g de agua y 7.6 g de almidón pregelatinizado de papa y se mezcló durante 15 min. Una vez obtenida una homogenización completa, se adicionaron 37.8 g de almidón. Durante el mezclado se adicionó lentamente el MgStr, hasta obtener una masa homogénea, todo el mezclado se realizó a velocidad de 4.5 en el mixer ARROW.

Una vez obtenida la masa homogénea, fueron tomados 30 g y colocados en el centro del termo-prensador (HEBENSTREIT), en donde permaneció por 1 min a 190 °C. Posteriormente fue desmoldado y almacenado para los posteriores estudios [Gleen, G-M y Orts, W-J, 2001].

Estudios mecánicos

Las muestras fueron acondicionadas a 3 diferentes humedades relativas (0, 50 y 75 %) y 3 temperaturas de almacenamiento (4, 23, y 65 °C) por 40 horas. Las pruebas mecánicas consistieron en ensayos de tensión para la determinación de la esfuerzo a la tensión (ST), el porcentaje de elongación al rompimiento (ER) y el módulo de Young (MY). Para determinar la resistencia de las películas a la tensión, las pruebas mecánicas se realizaron de acuerdo con el estándar ASTM D3039, usando un Instron 5500R Universal Testing Machine (Instron, Canton, MA) con una celda de carga de 1kN. El estudio fue realizado para cada temperatura y humedad relativa.

Morfología de las películas

Los MTF de almidón fueron cortados con una hoja de navaja (bisturí), usando un solo movimiento de corte para evitar el rompimiento (fracturas) de la muestra. Las micrografías fueron realizadas siguiendo el método propuesto por Gleen, G-M y Orts, W-J. [2001], en un microscopio electrónico de barrido (Hitachi S530, Tokyo, Japón).

Estudios de biodegradabilidad

Para estos estudios, los MTF fueron molidos hasta obtener un polvo de fina consistencia (tamaño de partícula 0.25 mm), usando un molino Wiley equipado con una malla de 1mm. Los almidones nativos (tapioca, maíz, papa y chayotextle) usados en el estudio, no fueron molidos. Aproximadamente 15 g de cada muestra se mezclaron con 20 g de composta bajo condiciones apropiadas en una cámara de reacción de 500 mL. Las

cámaras de reacción fueron conectadas a un circuito cerrado y computarizado Micro-Oxymay Respirometer System (Columbus Instruments, Columbus, OH) conectado con una interface de expansión y un condensador. Este sistema monitorea la concentración de gas contenida dentro de un espacio cerrado (cámara de reacción), en donde el material libera CO₂ producto de la degradación. El estudio se llevó a cabo a temperatura ambiente (25 °C ± 0.2 °C), por un período de 985 h (42 días). El respirómetro fue programado para medir la liberación de CO₂ (mg) de cada muestra cada 5 h, como un indicador de la biodegradación. La muestra control se analizó (composta sola) para medir la liberación de CO₂. El almidón pregelatinizado fue usado como control de los MTF. Las muestras fueron analizadas por triplicado.

Resultados y discusión

Propiedades mecánicas

El efecto de las diferentes humedades relativas (HR) y temperaturas (T) durante el almacenamiento sobre las propiedades mecánicas (Cuadro 1-6) fue estudiado en los MTF elaborados por termo-prensado. En los estudios de ST se observó que la HR tiene una influencia sobre éste, ya que a medida que se incrementaba la HR, se observó una ligera reducción en los valores de ST. Este patrón fue presentado por los 4 tipos de los MTF aquí estudiados. El comportamiento de reducción puede ser debido a que el incremento de agua en el ambiente al que fueron sometidas las películas termo-prensadas actúa como un antiplastificante lo que reduce el esfuerzo de las películas a la fractura. Chang y col., [2000], reportaron, en películas elaboradas de tapioca por casting, el efecto del incremento de la HR sobre las propiedades mecánicas, encontrando que con el incremento de HR después de una concentración límite las propiedades mecánicas disminuían debido al efecto antiplastificante por las altas concentraciones de humedad en las películas. En el MY de los MTF elaborados con los 4 tipos de almidón se observó el mismo comportamiento, un incremento de esta propiedad al aumentar de 0 a 50% la HR y una reducción del valor a 75% de HR. Dicho comportamiento puede ser debido a lo ya antes mencionado, el efecto antiplastificante que pueden causar altas concentraciones de humedad en el ambiente. Los estudios de ER concuerdan con lo reportado en el MY (rigidez de la película), ya que a mayor MY menor elongación. Estudios realizados por Glenn y Orts, [2001], reportan el mismo comportamiento, una reducción de los valores en las propiedades mecánicas conforme incrementan el contenido de humedad, ellos relacionan este comportamiento con una reducción en la densidad (g/cm³) lo que afecta las propiedades mecánicas.

El efecto de la temperatura sobre las propiedades mecánicas (ST, MY y ER) fue también estudiado en los MTF. Fue observado que las temperaturas a las que fueron sometidos (4, 23 y 65 °C) no afectaron el ST, ya que no se observó un cambio estadístico significativo ($\alpha=0.05$). Con respecto al MY (rigidez), los MTF almacenados a 4 °C y 65 °C presentaron una reducción en los valores de hasta un 20%, comparados con los almacenados a 23°C. Hay reportes que mencionan que temperaturas de 4.5 y 80 °C reducen la movilidad de las cadenas provocando una interacción entre las cadenas poliméricas, y se genera una reorganización de las cadenas poliméricas que componen la molécula de almidón, obteniéndose un material con mayor dureza [Ramkumar y col., 1997; Trevoy D-J, 1953].

Por otro lado, el análisis estadístico ($\alpha=0.05$) realizado para ver si la fuente de obtención del almidón juega un papel importante sobre las propiedades mecánicas aquí estudiadas (esfuerzo a la tensión, elongación al rompimiento y módulo elástico), demostró que la fuente de obtención del almidón no influye sobre dichas propiedades en los MTF obtenidos por termo-prensado (Tablas 1-6). Un comportamiento similar es reportado por Glenn y Orts, [2001] en almidones termo-prensados de trigo, maíz y papa, estos fueron realizados por una técnica diferente a la reportada en este estudio.

Cuadro 1. Efecto de la humedad relativa sobre el esfuerzo de tensión (MPa) en materiales tipo foami (termo-prensado)

% HR	Maíz	Papa	Tapioca	Chayotextle
0	0.816 ± .078 ^{a,1}	0.927 ± 0.151 ^{a,2}	0.825 ± 0.127 ^{a,1}	0.885 ± 0.127 ^{a,1,2}
50	0.721 ± .079 ^{b,1,2}	0.735 ± .080 ^{b,1,2}	0.81 ± .076 ^{a,2}	0.644 ± 0.112 ^{b,1}
75	0.552 ± .091 ^{c,1}	0.675 ± .084 ^{b,2}	0.57 ± .087 ^{b,1}	0.602 ± .069 ^{b,1}

Media de 15 réplicas ± error estándar. Letras minúsculas representan el efecto de la humedad relativa. Los números representan el efecto del tipo de almidón usado en los materiales tipo foami. Medias en las columnas que no tengan la misma letra son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$). Medias en las filas que no tengan el mismo número son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Cuadro 2. Efecto de la temperatura sobre el esfuerzo de tensión (MPa) en materiales tipo foami (termo-prensado)

T (°C)	Maíz	Papa	Tapioca	Chayotextle
4	0.733 ± 0.117 ^{a,1}	0.964 ± 0.153 ^{a,2,3}	1.018 ± 0.152 ^{a,3}	0.839 ± 0.115 ^{a,4}
23	0.721 ± 0.079 ^{a,1,2}	0.735 ± 0.080 ^{b,1,2}	0.81 ± 0.076 ^{b,2}	0.644 ± 0.112 ^{b,1}
65	0.695 ± 0.165 ^{a,1}	0.676 ± 0.152 ^{b,1}	0.626 ± 0.117 ^{c,1}	0.629 ± 0.081 ^{b,1}

Media de 15 réplicas ± error estándar. Letras minúsculas representan el efecto de la humedad relativa. Los números representan el efecto del tipo de almidón usado en los materiales tipo foami. Medias en las columnas que no tengan la misma letra son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$). Medias en las filas que no tengan el mismo número son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Cuadro 3. Efecto de la humedad relativa sobre la elongación al rompimiento (%) en materiales tipo foami (termo-prensado)

% HR	Maíz	Papa	Tapioca	Chayotextle
0	6.444 ± 0.863 ^{a,1}	4.550 ± 0.715 ^{a,2}	6.406 ± 1.736 ^{a,3,4}	5.2632 ± 0.547 ^{a,4}
50	2.082 ± 0.226 ^{b,1}	2.01 ± 0.221 ^{b,1}	2.306 ± 0.345 ^{b,1}	2.015 ± 0.230 ^{b,1}
75	4.913 ± 0.988 ^{c,1}	5.798 ± 1.058 ^{a,1}	6.214 ± 0.929 ^{a,2}	6.770 ± 0.825 ^{c,3}

Media de 15 réplicas ± error estándar. Letras minúsculas representan el efecto de la humedad relativa. Los números representan el efecto del tipo de almidón usado en los materiales tipo foami. Medias en las columnas que no tengan la misma letra son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$). Medias en las filas que no tengan el mismo número son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Cuadro 4. Efecto de la temperatura sobre la elongación al rompimiento (%) en materiales tipo foami (termo-prensado)

T (°C)	Maíz	Papa	Tapioca	Chayotextle
4	5.6728 ± 0.922 ^{a,1}	4.974 ± 0.443 ^{a,2}	6.332 ± 0.832 ^{a,3}	5.415 ± 0.786 ^{a,1,2}
23	2.082 ± 0.226 ^{b,1}	2.01 ± 0.221 ^{b,1}	2.306 ± 0.345 ^{b,1}	2.015 ± 0.230 ^{b,1}
65	4.098 ± 1.319 ^{c,1}	3.003 ± 0.615 ^{c,2,3}	3.326 ± 0.664 ^{c,3}	3.589 ± 0.476 ^{c,1,2,3}

Media de 15 réplicas ± error estándar. Letras minúsculas representan el efecto de la humedad relativa. Los números representan el efecto del tipo de almidón usado en los materiales tipo foami. Medias en las columnas que no tengan la misma letra son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$). Medias en las filas que no tengan el mismo número son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Cuadro 5. Efecto de la humedad relativa sobre el módulo de Young (MPa) en materiales tipo foami (termo-prensado)

% HR	Maíz	Papa	Tapioca	Chayotextle
0	17.930 ± 2.265 ^{a,1,3}	23.637 ± 2.245 ^{a,2}	17.948 ± 2.705 ^{a,1}	19.536 ± 3.036 ^{a,3}
50	45.853 ± 3.255 ^{b,1}	47.989 ± 6.839 ^{b,1}	46.536 ± 5.263 ^{b,1}	41.709 ± 5.554 ^{b,1}
75	15.181 ± 2.663 ^{c,1,3}	17.899 ± 2.068 ^{c,2}	13.459 ± 2.044 ^{c,1}	13.964 ± 1.347 ^{c,3}

Media de 15 réplicas ± error estándar. Letras minúsculas representan el efecto de la humedad relativa. Los números representan el efecto del tipo de almidón usado en los materiales tipo foami. Medias en las columnas que no tengan la misma letra son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$). Medias en las filas que no tengan el mismo número son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Cuadro 6. Efecto de la temperatura sobre el módulo de Young (MPa) en materiales tipo foami (termo-prensado) ^a

T	Maíz	Papa	Tapioca	Chayotextle
4°C	17.961 ± 3.646 ^{a,1}	22.881 ± 2.664 ^{a,2,3}	21.819 ± 2.944 ^{a,3}	19.004 ± 2.323 ^{a,4}
*23°C	45.853 ± 3.255 ^{b,1}	47.989 ± 6.839 ^{b,2,3}	46.536 ± 5.263 ^{b,3}	41.709 ± 5.554 ^{b,1}
65°C	20.881 ± 4.330 ^{c,1}	25.04 ± 3.678 ^{c,2,3}	21.461 ± 3.852 ^{c,3}	19.114 ± 1.921 ^{a,1}

Media de 15 réplicas ± error estándar. Letras minúsculas representan el efecto de la humedad relativa. Los números representan el efecto del tipo de almidón usado en los materiales tipo foami. Medias en las columnas que no tengan la misma letra son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$). Medias en las filas que no tengan el mismo número son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$)

Microscopía electrónica de barrido

Las micrografías de los MTF (Figuras 1-2) presentaron diferentes estructuras superficiales y de corte transversal (estructura interna). Los materiales elaborados con almidón de chayotextle y tapioca presentaron una estructura superficial más homogénea (menos rugosa) que los elaborados con almidones de maíz y papa. En la estructura interna fue observado que los MTF elaborados con almidón de tapioca, maíz y papa presentaron un mayor tamaño de celda en comparación con los elaborados de almidón de chayotextle.

Después del corte transversal fue observada una capa superior e inferior mejor estructurada en la película elaborada con almidón de chayotextle. Glenn y Orts, [2001], reporta que la expansión de las celdas en este tipo de MTF está relacionado con el contenido de humedad de la muestra, ya que observó que a mayores contenidos de humedad en la muestra obtenía celdas mas alargadas.

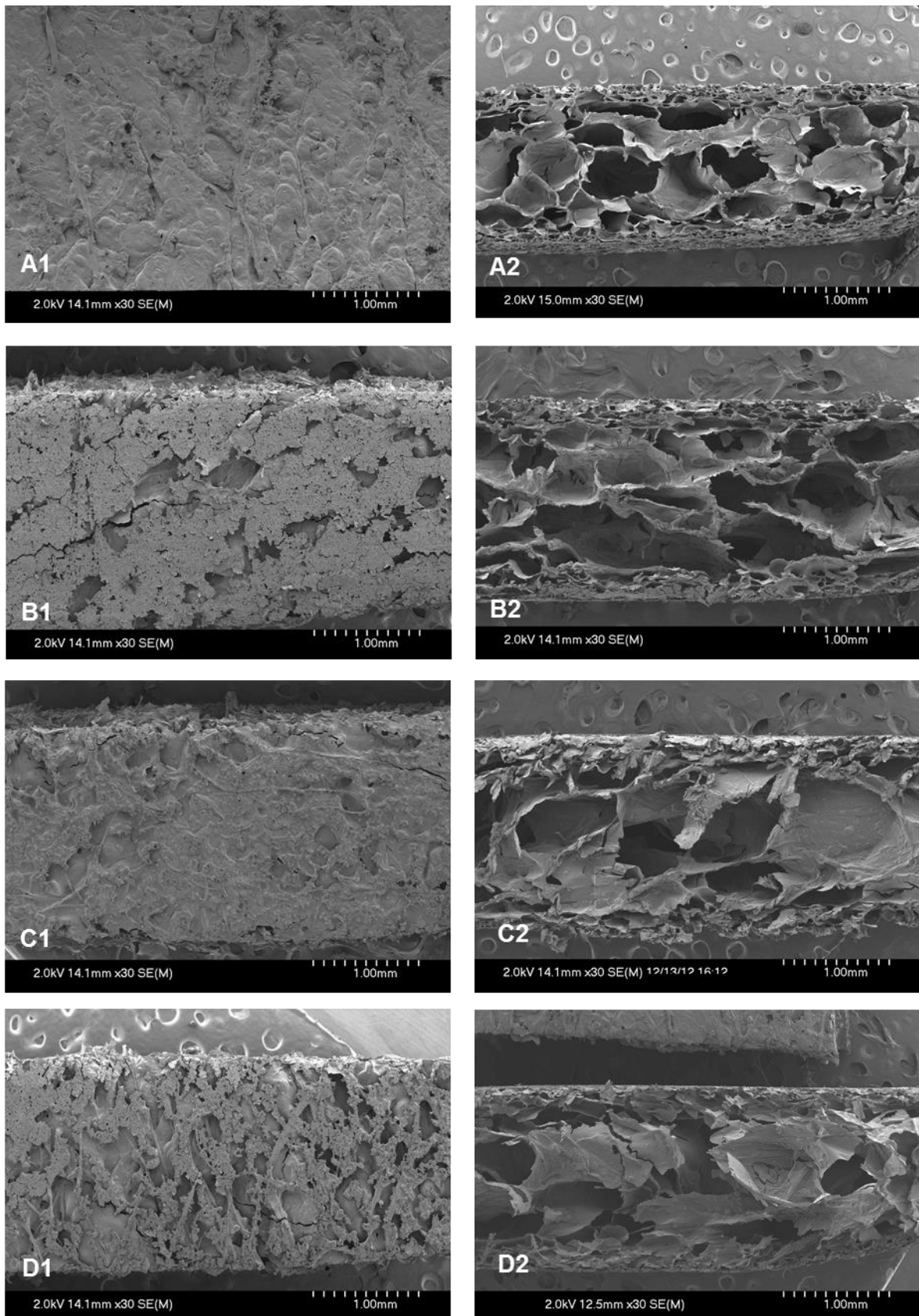


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido superficial (1) y del corte transversal interno (2), de los materiales tipo foami elaborados de almidón de chayotextle (A), maíz (B), papa (C) y tapioca (D).

Trabajo a futuro

Se está trabajando en la posibilidad de utilizar estos materiales en el uso de contenedores para alimentos y medir su resistencia después un tiempo y observar el comportamiento.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la fuente de almidón en la elaboración de materiales tipo foami no juega un papel importante. Sin embargo, las condiciones de almacenamiento tanto de humedad relativa y temperatura mostraron tener un efecto en las propiedades mecánicas. La estructura superficial del material tipo foami elaborado del tubérculo del chayote (chayotextle) presentó una superficie más homogénea y una estructura interna más compacta, en donde la fuente de obtención, la estructura molecular y la relación amilosa-amilopectina podrían tener un efecto. El uso de nuevas fuentes de almidones en la elaboración de materiales biodegradables para ser utilizados en la industria de empaque de alimentos tiene un gran impacto sobre el medio ambiente, además de que se da un valor agregado al almidón de chayotextle.

Agradecimientos

Agradecemos a CONACYT (Proyecto 167500), por el apoyo financiero recibido para la realización de este trabajo

Referencias

1. Swanson, C-L.; Shogren, R-L.; Fanta, G-F.; y Iman, S-H. (1993). Starch-Plastic materials-Preparation, physical properties, and biodegradability (A review of recent USDA research). *J. Environ. Polym. Degrad.* **(1)** 155- 166.
2. Shogren, R-L.; Fanta, G-F.; y Doane, W-M. (1993). Development of starch based plastics – A reexamination of selected polymer systems in historical perspective. *Starch/Starke.* **(45)** 276-280.
3. Shogren, R-L.; Lawton, J-W.; Doane, W-M.; y Tiefenbacher, K-F. (1997). Structure and morphology of baked starch foams. *Polym.* **(20)** 6649-6655.
4. Lawton, J-W.; Shogren, R-L.; y Tiefenbacher, K-F. (1999). Effect of batter solids and starch type on the structure of baked starch foams. *Cereal Chem.* (5) 682-687.
5. Harper, J-M. (1981). Extrusion of starches and starchy materials. Pages 41-58 in: *Extrusion of foods, Vol. II.* CRC Press: Boca Raton, FL.
6. Harper, J-M.; y Tribelhorn, R-E. (1992). Expansion of native cereal starch extrudates. Pages 653-667 in: *Food extrusion Science and Technology.* J-L. Kokini.; C-T. Ho.; y M-V. Karwe, eds. Marcel Dekker: New York.
7. Tiefenbacher, K-F. (1993). Starch-based foamed materials-Use and degradation properties. *J. Macromol. Sci., Pure Appl. Chem.* **(30)**. 727-731.
8. Haas, F.; Haas, J.; y tiefenbacher, K. (1994). Process for producing biodegradable thin-walled starch-based mouldings. PCT International patent publication W094/13734.
9. Glenn, G-M.; y Orts, W-J. (2001). Properties of starch-based foam formed by compression/explosion processing. *ind. crops prod.* **(13)** 135-143.
10. Chang, Y-P.; Cheah, P-B.; y Seow, C-C. (2000). Plasticizing-antiplasticizing effects of water on physical properties of tapioca starch films in the glassy state. *J. Agric. Food Sci.* (65) 445-451.
11. Ramkumar, D. H-S.; Bhattacharya, M.; and Vaidya, R. U. (1997). Properties of injection moulded starch/synthetic polymer blends-II. Evaluation of mechanical properties. *Eur. Polym. Mater.* **(33)** 729-742.
12. Trevo, D-J. (1953). Rate of evaporation of glycerol in high vacuum. *Ind. Eng. Chem.* **(45)** 2367-2369

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

OPTIMIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL MERCADO MUNICIPAL DE AJALPAN, PUEBLA

A. C. Pérez González*, T. Paredes Castañeda, N. Nieto Hernández, E. Sánchez Altamirano, M. Aguilar Cisneros.

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan. Avenida Rafael Ávila Camacho Oriente No. 3509 Barrio La Fátima C.P. 75910 Ajalpan, Puebla, México.

*gonper13@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Ajalpan se ubica en el estado de Puebla, a una altura de 1210 msnm, tiene una población de 60,621 hab., los días miércoles y domingos se instala el mercado que reúne a 848 comerciantes que en su totalidad generan 7 Ton. semanales de residuos que se disponen en el relleno sanitario intermunicipal. Para disminuir este problema, el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan realizó un estudio comparativo para tratar el 70% de los residuos orgánicos que se generan: lombricomposta, composta con enzimas y composta tradicional; al transformar y optimizar estos desechos se obtuvo humus el cual se sometió a análisis de laboratorio para conocer su calidad a través de sus características físico-químicas, microbiológicas y relación de ácidos húmicos-fúlvicos. Se concluye que el humus obtenido por lombricomposta es de excelente calidad, rico en macro y micronutrientes; sin embargo, los tres ensayos se encuentran libres de organismos patógenos.

Palabras clave: Lombricomposta, composta con enzimas, composta tradicional, humus.

Abstract

Ajalpan city is in Puebla State. It has altitude 1210 meters. The population is 60,621 inhabitants. On Wednesday and Sunday, there is a local market with 848 merchants. It produces 7 tons per week of organic residues that are deposit in the sanitary filling.

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra did comparative studios for 70 % organic waste in three forms earth worm compost, enzyme compost and tradition compost.

To conclude of the experiment analyze the result it get physical, chemical, microbiology characteristics and relation with humic acid and fulvic acid.

In conclusion the humus of earthworm compost is the best option. In three experiments there aren't any pathology microorganisms.

Introducción

En el mundo se desechan actualmente alrededor de 4 millones de toneladas de basura doméstica, urbana e industrial diariamente, 30% de estos residuos se entierran y el resto constituyen un serio problema desde el punto de vista ecológico, higiénico, sanitario, político, social y económico (Iglesias 2007).

México ocupa uno de los primeros lugares en la generación de residuos sólidos de América Latina. La producción per cápita varía de acuerdo con la zona geográfica y con el grado de desarrollo. Mientras que en 2001 se producían 31.48 millones de toneladas, en 2010 aumentó a 39.05, lo que implica un incremento de 840 mil toneladas por año (INEGI 2012). En 2010, los residuos orgánicos, tales como los restos de comida, de jardines y otros materiales similares, representaron poco más del 52.4% del total de desechos urbanos.

Ajalpan, Puebla tiene seis juntas auxiliares: Cuactotolapan, Alcumunga, Huixmaloc, Santa María Nativitas, Corral Macho y Pantzingo. La cabecera municipal cuenta con un inmueble que funciona como mercado-tianguis los días miércoles y domingos; a él llegan 848 comerciantes provenientes de 43 comunidades. Durante la semana se generan 7 toneladas de basura proveniente de esta actividad, la cual está conformada por un 30% de residuos secos y 70% de residuos húmedos, que se recolectan, trasladan y depositan en el relleno sanitario, quedando completamente inservible para dirigirlos a algún otro proceso, por lo cual se propone realizar la separación desde la fuentes y confinar estos residuos para acelerar su degradación y obtener un abono

orgánico el cual se pueda utilizar en las plantas o cultivos para nutrirlos, o bien en los suelos agrícolas para ir regenerando su estructura de manera amigable con el medio ambiente.

El compostaje es un proceso natural en el que se produce la descomposición de la materia orgánica mediante una población microbiana en un medio aeróbico. Otra alternativa que tiene gran aceptación es la lombricomposta, proceso biológico en el que intervienen lombrices de tierra como la especie *Eisenia foetida* que reduce el tiempo de degradación de la materia orgánica, gracias a la flora bacteriana que poseen en su tracto digestivo. Casi todas las reacciones en células vivas son catalizadas y controladas por enzimas. Los catalizadores biológicos, convierten sustancias en otros productos sin sufrir cambio alguno. Degradan polímeros naturales como proteínas, almidones o pectina (4). El producto final obtenido en el proceso de digestión bacteriana recibe el nombre de humus. Es un material blando de color café oscuro o negruzco y apariencia similar a la tierra de hoja o tierra vegetal. Su valor fundamental radica en la porosidad que permite retener humedad y oxígeno (5).

El proyecto se llevo a cabo en las instalaciones del Instituto en colaboración con el Ayuntamiento Municipal y el Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

De los tratamientos existentes para optimizar y transformar la materia orgánica, se decidió trabajar con: composta, lombricomposta y composta con enzimas; se confinó una fracción de materia orgánica en las instalaciones del Tecnológico, se adecuo cada uno de los ensayos y se monitorearon constantemente hasta la obtención del humus para someterlo a análisis de laboratorio y seleccionar el método que mejores resultados brinde en cuanto a: tiempo, costos, espacio y nutrientes.

Metodología

Para evitar contaminación con material mineral se colocó un plástico negro en el suelo y posteriormente se incorporó 300 kg de materia orgánica para cada uno de los tratamientos, realizando riegos terciarios para la lombricomposta; para composta con enzimas movimientos cada 15 días y medición de temperatura; y para composta tradicional se superviso la humedad.

Para la realización de los análisis de laboratorio se utilizaron los siguientes métodos:

Factor	Método utilizado
pH	Potenciómetro
Materia orgánica %	Digestión
Nitrógeno Total %	Método Kjeldhal
Fósforo %	Fotométrico
K %	Flamómetro
Mg %	Flamómetro
Ca %	Flamómetro
Na %	Flamómetro
Conductividad eléctrica dS/m	Conductímetro
Cu ppm	EAA
Fe ppm	EAA
Zn ppm	EAA
Mn ppm	EAA
% de carbono	Espectrofotometría
% ácidos Húmicos	Espectrofotometría
% ácidos Húmicos relacionados al % de carbono	Espectrofotometría

C.F. (coliformes fecales): NMP de CF/100 ml en caldo de lauril de sodio y confirmados en caldo EC incubado a 37°C y 44.5°C durante 24 -48 horas respectivamente.

Investigación de *Salmonella spp.* en 25 g de muestra, realizando: pre enriquecimiento, enriquecimiento, aislamiento e identificación bioquímica.

Para la investigación en Huevos de helminto, se utilizó una combinación del método difásico y de flotación.

Resultados y discusión

El pH obtenido en los humus de los tres tratamientos es de un grado alcalino (8). Esto nos indica que debemos de agregar pequeñas dosis de sulfato de hierro para bajar este valor o bien dejarlo madurar un mes más y las plantas puedan aprovechar todos los nutrientes o evitar incluso su toxicidad por algún elemento mineral.

El porcentaje de materia orgánica es la fracción que se encuentra en proceso de descomposición (restos de hojas, insectos, hongos y bacterias), aún no es considerado humus. Los resultados nos arrojan que los porcentajes son muy variados dependiendo el ensayo, sin embargo, es claro que el humus proveniente del tratamiento de composta sobrepasa el 35%, y se le considera rico en materia orgánica encontrándose dentro de los valores óptimos para el beneficio de los suelos agrícolas. Al realizar el análisis de correlación se obtuvo un índice $r=0.319$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, los tratamientos son diferentes.

Consideramos macronutrientes a los que están presentes en el tejido vegetal por encima del 0.1%, y son: nitrógeno (N), sodio (Na), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), su disponibilidad es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y obtener rendimientos elevados.

Nitrógeno (N)

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) consiste en la habilidad de algunas especies de microorganismos de convertir el nitrógeno atmosférico en formas que puedan ser utilizadas por las plantas y los animales. Esto ocurre gracias a que estas bacterias poseen en su interior la enzima nitrogenasa quien rompe el triple enlace de la molécula de nitrógeno.

El tratamiento de lombricomposta tiene un % de N cercano al 1, por lo cual se le considera como el mejor de los ensayos ya que se encuentra dentro de los rangos óptimos para su aplicación en cultivos. El análisis de correlación arrojó un índice $r=0.406$ con un grado de significación $\alpha=0.050$, por lo tanto, cada tratamiento difiere en la concentración de este elemento.

Fósforo (P)

A medida que el fósforo disponible en la solución del suelo es absorbido por las plantas, es repuesto a partir de la mineralización del humus, de las fracciones más lábiles de las arcillas y en forma mucho más lenta, desde la mineralogía primaria.

Es importante considerar que las muestras de humus analizadas presentaron un % de fósforo de 0.1 a 0.2, por lo tanto, al aplicar la fracción húmica en el suelo de las plantas, este elemento va a estar disponible para su absorción por la raíz. Al realizar el análisis de correlación se obtuvo un índice $r=0.250$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, cada tratamiento es diferente y el ensayo de composta presentó el mayor porcentaje.

Potasio

El potasio es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para su crecimiento y reproducción. La ausencia de potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y a otras medidas atribuidas a la calidad del producto.

Los valores óptimos de potasio para la nutrición de los cultivos es de 1 a 2.5%, al observar los resultados obtenidos, los tres tratamientos se encuentran dentro del rango y cualquiera puede ser aplicado a los cultivos. Al aplicar el análisis de correlación nos da como resultado un índice $r=0.302$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, los valores se encuentran dentro del rango óptimo pero difieren entre sí.

Magnesio (Mg)

Muchos suelos por naturaleza son pobres en magnesio. En especial en suelos livianos y ácidos el magnesio disponible para la planta con frecuencia no es suficiente para cubrir la demanda que tienen los cultivos. Por lo cual se deben de incorporar como fracción química u orgánica.

Los resultados muestran que el tratamiento de lombricomposta presenta la mayor concentración de magnesio entre las muestras de humus. Encontrándose dentro de los valores óptimos presentes en las fracciones húmicas para la nutrición de los cultivos. Al realizar el análisis de correlación para este parámetro se obtuvo un índice $r=0.733$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, los humus de composta con enzimas y composta tienen valores muy similares, difiriendo del tratamiento de lombricomposta.

Calcio (Ca)

El calcio no solamente es importante como constituyente directo de las plantas, sino que también juega otros papeles de vital importancia. Por ejemplo, modifica la textura de los suelos arcillosos, haciéndola más favorable, y baja la acidez de aquellos excesivamente ácidos, permite aumentar la velocidad de descomposición de la materia orgánica y actúa sobre procesos de fijación de nitrógeno.

Los parámetros indican que el % de calcio oscilan entre 2.7 y 4.8%, al observar los valores obtenidos en los ensayos el tratamiento de lombricomposta se encuentra dentro de dichos indicadores. El análisis de correlación arroja un índice $r=0.911$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, y se plantea que los tratamientos son similares entre sí.

Sodio (Na)

Es un nutriente esencial que las plantas necesitan en muy bajas dosis, es poco absorbido y fácilmente es lixiviado a horizontes profundos del suelo. En los humus su valor óptimo que se reporta es de 0.2%.

Los ensayos arrojaron valores de 0.2 a 0.4% de sodio, por lo que se considera que los tres ensayos se encuentran dentro de los parámetros establecidos. Al realizar el análisis de correlación se obtuvo un índice $r=0.519$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, y se plantea que la relación más cercana está entre los tratamientos de composta con enzimas y composta, sobresaliendo el de lombricomposta.

Conductividad eléctrica (C.E)

La conductividad eléctrica es un parámetro muy importante en la agricultura, ya que indica la concentración de las especies iónicas presentes en una solución y su absorción por las raíces. Las muestras de los humus presentaron una C.E. de 4 a 7 dS/m.

Los elementos menores o microelementos (cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn)), éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y de la producción, por eso es de suma importancia conocer su concentración en el humus.

Cobre (Cu)

Este elemento es muy importante para que las plantas puedan efectuar las funciones de respiración y metabolismo de carbohidratos y proteínas. Se considera un valor de 0.05% óptimo presente en los humus. De los ensayos llevados a cabo, la muestra que presenta la mayor concentración de este elemento es el tratamiento de enzimas.

El análisis de correlación para este caso presenta un índice $r=0.428$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, cada tratamiento es diferente en cuanto a la cantidad de cobre encontrado.

Hierro (Fe)

Es necesario para la formación de la clorofila, y constituyente importante de algunas proteínas y enzimas. El valor óptimo para muestras de humus es de 0.05%. Sin embargo, los ensayos presentaron valores cercanos a 0.02% de hierro. Lo que indica que falta aumentar la concentración de este elemento en las muestras de humus para beneficio de las plantas.

Zinc (Zn)

Si no hay una cantidad adecuada de Zinc en la planta, no se aprovechan bien el Nitrógeno ni el Fósforo y su presencia favorece un mejor tamaño de los frutos. Los valores que se consideran óptimos para las muestras de humus es de 0.05%. Por lo cual, la muestra de humus obtenido de la lombricomposta nos arroja un valor de 0.04%, siendo óptimo para los cultivos.

Manganeso (Mn)

Influye en el aprovechamiento del nitrógeno por la planta, en la asimilación de nutrientes para llevar a cabo la fotosíntesis. Los valores óptimos recomendados van de 400 ppm a más. Las muestras analizadas presentaron valores de 140 hasta 215 ppm, por lo tanto, las muestras se encuentran por debajo de los valores mínimos requeridos, pero no ausencia de este vital micronutriente. Al realizar el análisis de correlación se obtuvo un índice $r=0.623$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, los resultados de las muestras de composta y composta con enzimas se encuentran muy cercanas y el ensayo de lombricomposta sobresale entre ellos.

% de carbono

El % de carbono en los humus depende mucho de la materia orgánica, ya que es un elemento presente en estos materiales que proporciona los nutrientes para que los organismos heterótrofos puedan realizar sus actividades.

El análisis de correlación presenta un índice $r=0.994$ con un grado de significancia $\alpha=0.050$, por lo tanto, cualquiera de los tres tratamientos es rico en carbono porque se encuentran dentro del rango óptimo para beneficio de los suelos agrícolas.

Ácidos húmicos

El ácido húmico influye la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua y contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo resultando en el incremento en la absorción de nutrientes.

El tratamiento de composta presenta entre 3 y 1% de ácidos húmicos, por lo que, se sugiere para las enmiendas de los campos de cultivo.

Ácidos húmicos relación carbono

La relación entre ácidos húmicos y carbono es de vital importancia porque ayuda a la asimilación de nutrientes por las plantas, la lombricomposta es la que presenta un % de 1, y la más baja relación se encuentra en el tratamiento con enzimas.

Los resultados microbiológicos, arrojaron ausencia de coliformes fecales, *salmonella spp.* y hongos fitopatógenos. La concentración de huevos de helminto/g es <1 y de *Escherichia coli* <10 .

En cuanto a costos-beneficios, el tratamiento de composta tradicional requiere el menor gasto y mano de obra, pero el tiempo que tarda en obtenerse el humus es mayor (aproximadamente 6 meses). El tratamiento de lombricomposta requiere una inversión económica inicial para la adquisición de la lombriz, personal para monitorear las camas (medición de pH, riego, desdoble, tamizado, cosecha, etc. del humus) aproximadamente el tiempo requerido para la obtención del humus es de 3 meses: dependiendo de la materia orgánica y las condiciones climáticas de la región. El tratamiento de composta con enzimas requiere inversión para la adquisición del complejo enzimático, personal para realizar los volteos cada 15 días y tamizado, el tiempo para la obtención de humus es de 2 a 3 meses.

Conclusiones

Después de realizar un análisis conciso de los resultados obtenidos, se concluye que el tratamiento de lombricomposta es el que le conviene a las autoridades municipales para optimizar los residuos orgánicos del mercado y que el humus se use en las plantas del vivero para disminuir el uso o sustituir la tierra de monte.

Agradecimientos

Se agradece a los directivos del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan por su apoyo para el desarrollo del presente.

A los investigadores del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias

1. Crossette, B. (2011). "Informe del Estado de la población mundial 2011". División de Información y Relaciones Externas del UNFPA, Fondo de Población de las Naciones Unidas. pp. 44
2. Iglesias, P-D. (2007). "Costos económicos por la generación y manejo de residuos sólidos en el municipio de Toluca, Estado de México". Equilibrio Económico, Año VIII, Vol. 3 No. 2, pp. 131-148
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), consultado en 2012.
4. <http://www.ambiente-ecologico.com/revist65/escavo65.htm>
5. www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar.htm
6. Esquer, V-R. (2009). "Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos", 1ra ED., IPN, México, D.F. pp. 234

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Propiedades térmicas y reológicas de la harina y almidón de la cáscara de plátano macho.

S. L. Rodríguez-Ambríz¹, G. Méndez-Montealvo^{2*}, S. Fritsche^{1,3}, F.J. García-Suárez¹, L. A. Bello-Pérez¹.

¹Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Km 8.5, Carretera Yautepec-Jojutla, Colonia San Isidro, apartado postal 24.62731, Yautepec, Morelos, México.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Cerro Blanco No. 141. Col. Colinas del Cimatario. C.P. 76090, Santiago de Querétaro, Querétaro, México

³Universidad Hohenheim, Alemania

*cmendez@ipn.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Emplear los subproductos de plátano, como es la cáscara, un material que es considerado de desecho, fue el objetivo de este trabajo, conocer sus propiedades térmicas y reológicas tanto de la harina como del almidón extraído de la cáscara de plátano macho (PM) para analizar su posible aplicación. La harina mostro tendencias reológicas importantes en función del porcentaje de sólidos presentes. La temperatura de gelatinización, se presentó a 73.26 °C y 79.50 °C para almidón y harina respectivamente. La entalpía de la harina con 0.96 J/g menor al del almidón (8.47 J/g). La temperatura de retrogradación fue de 56.77°C para el almidón y 43.35°C para la harina. El material obtenido podría tender a una retrogradación más lenta que los almidones obtenidos de otras fuentes. Se presentan fotografías de los compuestos separados de los principales polisacáridos que componen a la harina de cáscara.

Palabras clave: Plátano, Almidón, Calorimetría, Reología.

Abstract

Using banana by-products, such as the peel, a material that is considered waste, was the aim of this work, understand their thermal and rheological properties in flour and the starch extracted from the peel of macho plantain (PM) to analyze their applicability. The rheological properties of flour showed significant trends based on the percentage of solids present. The gelatinization temperature appeared to 73.26 °C and 79.50 °C for starch and flour respectively. Flour enthalpy was 0.96 J/g less than the starch (8.47 J/g). The retrogradation temperature was 56.77 °C for starch and 43.35 °C for flour. The material obtained tends to have less retrogradation than starches from other sources. Photography's of the main polysaccharides compounds present in the peel were presented.

Introducción

El principal componente de los plátanos, en estado inmaduro, es el almidón que puede presentar un contenido de alrededor del 70-80 % en base seca (Bello-Pérez et al., 1999; Zhang et al., 2005); además, están presentes otros polisacáridos conocidos como fibra dietética.

La fibra se define como los carbohidratos y lignina, que resisten a la hidrólisis de enzimas digestivas humanas y que son fermentadas por la microflora colónica (García et al., 2002). Estos polisacáridos se clasifican como: 1.- fibra dietética soluble (pectinas, gomas, fructo-oligosacáridos e inulina), que son capaces de formar geles viscosos retardando la evacuación gástrica, produciendo, una digestión y absorción de alimentos más eficientes, generando la sensación de saciedad. 2.- fibra dietética insoluble (celulosa, lignina, hemicelulosas y el almidón resistente presente en los plátanos), donde el componente mayoritario es la celulosa que es poco fermentable. Está relacionada con la protección y alivio de algunos trastornos digestivos. (Trujillo-Hernández, 2011).

Los polisacáridos presentes en la fibra más importantes por su cantidad, son: la celulosa y la hemicelulosa. La celulosa es el componente principal de la pared celular, es el carbohidrato más abundante en la tierra y está compuesto exclusivamente de moléculas de glucosa, siendo así un homopolisacárido; es insoluble en agua, y contiene desde varios cientos hasta miles de unidades de β -glucosa. La hemicelulosa es otro polisacárido de la pared celular, varía en cantidad y en estructura dependiendo del tipo de planta y de la localización de las células en la planta. Generalmente constituyen entre el 20-30% de la pared celular, aunque puede alcanzar mayores porcentajes; constituye una familia de polisacáridos estructuralmente sin relación, compuesta

principalmente de pentosas D-xilosa y L-arabinosa; la mayoría de las moléculas de hemicelulosa son cadenas de polisacáridos moderadamente largas con frecuentes ramificaciones consistiendo de una a varias unidades de azúcares, a menudo de diferentes tipos; la hemicelulosa más común está formada por una cadena principal, la cual puede ser lineal o ramificada de enlaces 1-4 de unidades de β -D-xilopiranosil, que es un xilano. Las pectinas son polímeros del ácidometil D-galacturónico y las gomas básicamente están formadas por ácido urónico, arabinosa o manosa.

Existe un creciente interés en consumir fibra dietética por los efectos benéficos que se le atribuyen. Con el objetivo de poder aprovechar la cáscara de plátano, que en la actualidad es un desecho, pero que puede ser empleada debido a que está compuesta por almidón y fibra principalmente, se planteó conocer las propiedades térmicas y reológicas de su harina y su almidón para analizar su posible aplicación. Además se separaron los principales polisacáridos que la componen.

Metodología

Material de estudio

Se compró plátano macho (*Musa paradisiaca L.*), en estado inmaduro en el mercado local de Cuautla, Morelos, México. Después de lavarlo, se pelaron y cortaron los frutos en rebanadas de 3 mm y se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 3 %. Se eliminó el exceso de agua y se secaron las rebanadas en un horno a 40 °C, por 24 h, posteriormente se guardaron en bolsas de plástico. La cáscara se cortó en trozos de aproximadamente 1.5 x 1.5 cm, se inactivaron las enzimas sumergiendo el material en un baño de agua a 95 °C por 10 min. Después de secarla en un horno a 40 °C, se molió el material empleando un Nixtamatic^{MR} (México) para obtener una harina. El almidón de la cáscara de plátano macho en estado inmaduro se aisló siguiendo la metodología modificada de Whistler et al., (1998).

Mediciones reológicas: formación de pastas y curvas de flujo.

Se prepararon dispersiones con la harina y el almidón de cáscara de plátano con 5%, 7.5 % y 10.0% (p/v) en base seca, se analizaron en un Reómetro TA Instruments, modelo AR 1000-N (New Castle, E.U.A.), con un sistema de placas paralelas, de 40 mm de diámetro (siendo la placa superior con una textura suave), y un espesor de muestra de 1000 μ m, las placas paralelas se cubrieron con un aceite mineral para evitar la evaporación del agua durante la prueba. Para determinar la formación de pastas, se realizaron las mediciones a 25 °C (después de un calentamiento de 25 °C hasta 90 °C y posteriormente enfriando a 25 °C, empleando una velocidad de calentamiento-enfriamiento de 2.5 °C/min). Para determinar las características de flujo, al concluir el programa anterior, se realizaron mediciones en dos ciclos: ascendente y descendente de 0.03 a 100 s^{-1} , y un tercer barrido descendente de 100 a 0.03 s^{-1} . Se reporta el último ciclo (descendente) como una función del esfuerzo de corte (τ), En ese ciclo se obtiene la homogenización de la muestra, y con ella se determinó el comportamiento del fluido.

Propiedades térmicas de almidón y la harina de cáscara de plátano macho

La determinación se llevó a cabo empleando un calorímetro de barrido diferencial (CBD, TA Instruments, modelo 2010, New Castle, USA), para ello se pesaron 4 mg de muestra en una charola del CBD, las muestras se humectaron con 8 μ L de agua desionizada usando una microjeringa. La charola se selló herméticamente y se equilibró a temperatura ambiente por al menos 1 h previo al escaneo, para el caso de almidones se realizó el barrido térmico de 25 a 130 °C con incrementos de 10° C/min. Después del análisis de gelatinización las muestras se almacenaron a 4 °C por siete días y transcurrido el tiempo se sometieron nuevamente al mismo análisis para observar su comportamiento durante la retrogradación. Se calcularon las temperaturas de transición; temperatura de inicio (Ti), temperatura de pico (Tp) y temperatura final (Tf), además de la entalpía de gelatinización (ΔH_g) y retrogradación (ΔH_r) empleando el software del equipo.

Separación de los componentes de la fibra dietética.

Con la finalidad de establecer las condiciones de extracción, se trabajó con la cáscara de plátano macho.

Pectina: Las pectinas se obtuvieron según el método modificado de Vasquez et al., 2008.

Celulosa y Hemicelulosa: La celulosa y la hemicelulosa se obtuvieron según el método modificado de Morán et al., 2008.

Resultados y discusión

Material de estudio

El plátano macho presenta un contenido de cáscara de aproximadamente 30 % (Cuadro 1) del peso de total de una penca, la cual en la mayoría de las ocasiones se desecha, siendo un material que puede presentar ventajas de uso, se muestran a continuación los resultados reológico y calorimétricos de la misma, al obtener su harina, pero también se aisló su almidón para conocer las características del mismo.

Cuadro 1. Porcentaje de peso de las fracciones de plátano macho.

	Lote
Peso total [%]	100 ± 0.00
Penca [%]	8.52 ± 2.95
Puntas [%]	4.76 ± 1.19
Cáscara [%]	28.71 ± 2.25
Pulpa [%]	58.01 ± 6.39

Harina y almidón de cáscara de plátano macho.

La harina y almidón aislado de la cáscara de plátano macho se muestra en la figura 1, en la cual se observa el color del almidón de la cáscara (PM) es más oscuro que el color del almidón comercial de maíz (almidón referencia), esto debido posiblemente a los pigmentos que este material presenta, lo cual es más notorio en el color de la harina.



Figura 1. Fotografía de las muestras obtenidas de la cáscara de plátano macho: harina y almidón comparando con un almidón de maíz comercial.

Mediciones reológicas: formación de pastas y curvas de flujo

Para establecer las características del material se realizaron las determinaciones reológicas de formación de pastas y curvas de flujo. En la figura 2 se presentan los perfiles de formación de pasta para la harina de cáscara macho a diferentes concentraciones, y se aprecia como a 10 % de sólidos, la respuesta se potencializa, esto debido posiblemente al almidón presente, pero también a los materiales solubles de la fibra que permiten alcanzar un perfil de viscosidad más pronunciado, al establecer un sistema de conformación de redes más estable y con mayores viscosidades.

La aplicación de este material residual presenta una alternativa de empleo interesante, debido a que obtener las harinas es un proceso sencillo, y al contar con características de espesamiento, permite proponerlo como un aditivo para procesos no precisamente alimentarios, pero en los cuales se requiera incrementar la viscosidad. Esto hace el poder continuar caracterizando este material, para lo cual se realizaron las curvas de flujo, los perfiles obtenidos se presentan en la figura 3, y se confirma como el porcentaje de sólidos juega un papel relevante en los perfiles obtenidos, se aprecia como con 10 % de sólidos se incrementa 10 veces las magnitudes de viscosidad alcanzadas, comparando con 7.5% de sólidos, y en esa misma proporción entre 7.5 % y 5 %, en ésta última los valores son muy pequeños, y la medición no es lineal, mostrando la inestabilidad para esta medición.

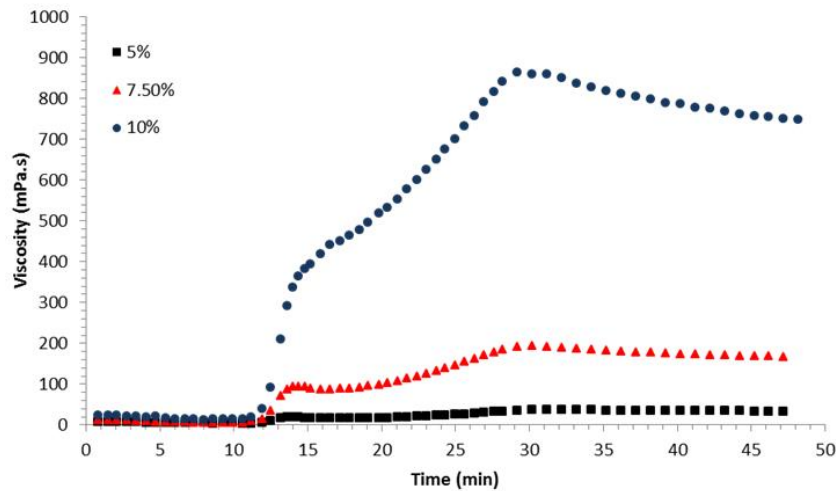


Figura 2. Gráficas de formación de pastas realizadas al 5%, 7.5 % y 10.0% (p/v) en base seca de harina de cáscara de PM.

En las curvas de flujo se observa un comportamiento no-Newtoniano, en los cuales la viscosidad disminuye en función de la velocidad de cizalla, describiendo a un fluido reo-fluidizante.

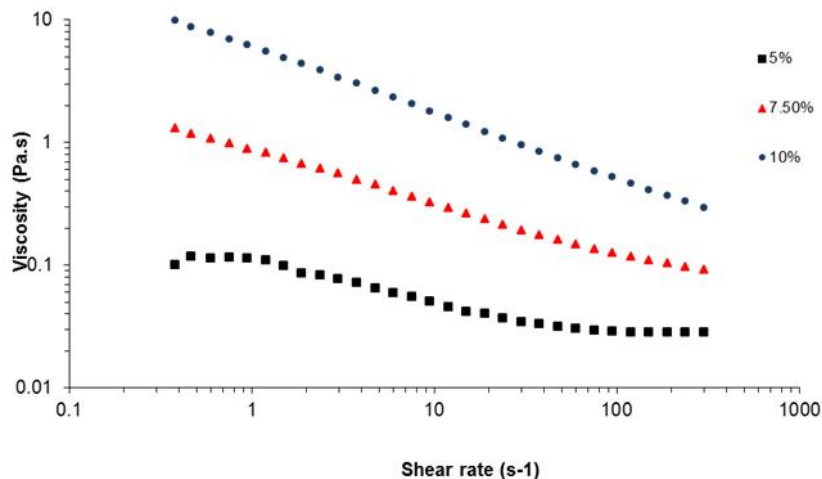


Figura 3. Curvas de flujo realizadas al 5%, 7.5% y 10.0% (p/v) en base seca de harina de cáscara de PM.

Propiedades térmicas de almidón y de la harina de cáscara de plátano macho

En cuanto a la caracterización térmica, valores reportados en el cuadro 2, se realizó este estudio tanto para las harinas, como para el almidón extraído de la cáscara de plátano macho, el inicio de la desorganización de los sistemas se dio a partir de 68.38°C y 76.54°C para el almidón y la harina respectivamente, relacionados con el inicio del proceso de gelatinización. La temperatura de gelatinización, que se puede observar es la temperatura máxima del pico, fue encontrado en 73.26 °C para almidón. Este valor es más bajo que la temperatura de gelatinización para almidón de la pulpa de plátano (74.5-75.0 °C), pero más alta que la del almidón de maíz (65.7 °C), almidón de papa (64.4 °C) y almidón de yuca (71.0 °C).

La temperatura de gelatinización de la harina fue a los 79.50 °C, un valor más alto que el del almidón. El contenido alto de fibras en la harina contribuye probablemente al aumento de la temperatura, debido a la oclusión del almidón presente, haciendo más difícil alcanzar su desorganización.

La entalpía de la harina con 0.96 J/g menor al del almidón, 8.47 J/g. Mostrando que el almidón requiere mayor cantidad de energía para desorganizar las interacciones moleculares en el gránulo durante el proceso de gelatinización, y debido a la composición de las harinas donde más componentes están presentes, provocando

con ello tener menores requerimientos de energía para desorganizar al almidón ocluido en ese sistema, lo cual hace interesante entonces las mediciones reológicas obtenidas, donde el perfil de viscosidad no solo se debe al almidón presente, debido a que este no es de tan fácil acceso, sino también a los componentes solubles que favorecen al incremento de la viscosidad del sistema. Además es posible que la entalpía sea más baja porque hay una cantidad menor de gránulos de almidón en el material. Dado que los gránulos de almidón se pueden hinchar más fácilmente, una vez que haya alcanzado la temperatura específica si existe la disponibilidad de agua en el sistema.

La retrogradación produce un pico endotérmico. La temperatura de retrogradación fue a 56.77°C para el almidón y 43.35°C para la harina (Cuadro 2). Mostrando diferencias en los valores de entalpía. Por consiguiente el material obtenido podría tender a una retrogradación más lenta que los almidones obtenidos de otras fuentes. Esta característica resultaría de gran utilidad en la industria alimentaria.

Cuadro 2. Propiedades térmicas (gelatinización y retrogradación) de la harina y del almidón extraído de la cáscara de plátano macho.

Muestra	Inicio [°C]	Pico [°C]	Final [°C]	ΔH [J/g]
Gelatinización				
Almidón	68.38 ± 1.25	73.26 ± 0.47	83.16 ± 4,04	8.47 ± 3.27
Harina	76.54 ± 0.80	79.50 ± 0.70	83.75 ± 0,53	0.96 ± 0.25
retrogradación (7 días)				
Almidón	45.48 ± 2.16	56.77 ± 1.99	71.79 ± 2.21	4.49 ± 1.62
Harina	44.39 ± 6.00	43.35 ± 9.33	46.15 ± 9.81	0.07 ± 0.06

Obtención de pectina

La figura 4 muestra la pectina obtenida de la cáscara de plátano macho, en relación con la pectina de referencia (comercial), tiene un aspecto muy semejante, se recuperó una cantidad relevante de este material, se obtuvo un 27.9% de pectina, lo que hace fundamental su caracterización estructural.



Figura 4. Pectina obtenida de frutas cítricas (Ref) y pectina obtenida de la cáscara de plátano macho.

Obtención de celulosa y hemicelulosa

La celulosa de referencia (ref) y la celulosa obtenida de la cáscara de plátano macho (PM) muestran un color similar, figura 5. La hemicelulosa PM tiene un color amarillo, comparado con las dos muestras de celulosa. Esto es explicado por la composición heterogénea de la hemicelulosa. Posiblemente también contiene residuos de lignina, que contribuyen a dar el color amarillo (figura 5). En la extracción de celulosa se obtuvo un 3.6%.



Figura 5. A) Celulosa de referencia, B) celulosa y C) hemicelulosa, aisladas de la cáscara de plátano macho.

Trabajo a futuro

Al haber logrado separar una cantidad importante de cada uno de los polisacáridos predominantes de los compuestos que constituyen la cáscara de plátano macho, es interesante realizar pruebas finas a nivel estructural, que permitan tener mayor conocimiento de este producto, para sugerir otras aplicaciones. Considerar el escalamiento de este proceso de extracción y realizar un análisis de costos y rendimiento para ver si es factible su obtención y uso a nivel industrial.

Conclusiones

La harina de cáscara de plátano macho presenta características en la formación de pastas interesantes, la respuesta depende del contenido de sólidos, pero de acuerdo a las propiedades térmicas, no solo se le podría atribuir al almidón presente, sino también los componentes solubles de la fibra juegan un papel importante para esta respuesta. Al lograr separar a la pectina, celulosa y hemicelulosa, se propone realizar la caracterización térmica y estructural para analizar su potencial de uso. Los polisacáridos extraídos muestran algunas diferencias en cuanto al color con respecto a los materiales comerciales, pero es interesante mostrar que un material que no es utilizado, como es la cáscara de plátano macho, pueda tener aplicación por sus propiedades funcionales y por su contenido de fibra.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico a SIP-IPN, COFAA-IPN y EDI-IPN.

Referencias

1. Bello-Pérez, L.A., Agama-Acevedo, E., L. Sanchez-Hernández & Paredes-López O. (1999). Isolation and partial characterization of banana starches. *J. Agric. Food Chemistry*, 47, 854-857.
2. Morán, J.L., Alvarez, V.A., Cyras, V.P. & Vázquez, A. (2008). Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose*, 15(1), 149-159.
3. Trujillo-Hernández, C. A. (2011). Determinación de la fracción indigerible y fibra dietética en frutas y verduras de mayor consumo en México. Tesis de grado de maestría en Ciencia en Desarrollo de Productos Bióticos. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, México.
4. Vasquez, R., Ruesga, L., D'addioso, R., Páez, G. & Marín, M. (2008). Pectin extraction from plantain (*Musa AAB*, sub-group plantain) peel, Harton clone. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 25, 318-333.
5. Whistler, R.L. & West, L., 1998. *Banana Starch Production*. 127/68. Edition United States: C08B 30/04.
6. Zhang, P., Whistler, R.L., BeMiller, J.N. & Hamaker, B.R. (2005). Banana starch: Production, physicochemical properties, and digestibility – a review. *Carbohydr. Polym*, 59, 443-458.

AUTORIZACION Y RENUNCIA

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Caracterización parcial de la fracción residual de las harinas de plátanos y bananos.

S. L. Rodríguez-Ambríz¹, G. Méndez-Montealvo^{2*}, M. R. Zamudio-Villa¹, F.J. García-Suárez¹, L. A. Bello-Pérez¹.

¹Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Km 8.5, Carretera Yautepec-Jojutla, Colonia San Isidro, apartado postal 24.62731, Yautepec, Morelos, México.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Cerro Blanco No. 141. Col. Colinas del Cimatario. C.P. 76090, Santiago de Querétaro, Querétaro, México

*cmendez@ipn.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El estudio de fuentes no convencionales para extracción de almidón ha ido avanzando, las variedades de plátanos y bananos pueden emplearse como fuentes alternativas, sin embargo después de realizar la extracción, al material remanente se ha considerado de desecho. En esta investigación se caracterizó el material residual de plátanos (macho, enano gigante) y bananos (morado, valery). Se realizaron estudios térmico, reológico (formación de pastas, curvas de flujo), capacidad de retención de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento. En el análisis térmico Macho presentó valores más altos en entalpía y retrogradación que el resto de las muestras, y en las mediciones reológicas fue la de menor respuesta, sugiriendo una estructura más rígida, provocando menor viscosidad pero requiriendo mayor temperatura para desorganizarla. La presencia de almidón remanente y otros polisacáridos en estos materiales juegan un papel importante en la respuesta de los parámetros analizados en esta investigación.

Palabras clave: Análisis Térmico, Reología, Plátanos, Bananos

Abstract

The study of no-conventional sources to starch extraction has increased and varieties of bananas and plantains can be used as alternative sources, however after performing the extraction, the remaining material was considered waste. In this study, we characterized the residual material of bananas (*macho, enano gigante*) and bananas (*morado, valery*). Thermal studies were performed, rheological (pasting formation, flow curves), water retention capacity, rate of water solubility and swelling power. In thermal analysis Macho showed higher values in enthalpy and retrogradation than the rest of the samples, and in the rheological measurements had lower values, suggesting a structure more rigid, resulting in lower viscosity so requiring higher temperature to disorganize. The presence of residual starch and other polysaccharides in these materials play an important role in the response of the parameters analyzed in this research.

Introducción

La tendencia de los últimos años por consumir productos con fibra ha ido en aumento debido a los efectos benéficos para la salud, por lo que resulta interesante encontrar nuevas fuentes de fibra dietaria y almidón para ser empleado como ingredientes.

El potencial nutricional/nutracéutico del almidón y la fibra en plátano inmaduro ha sido reportado (Langkilde et al., 2002). Sin embargo, el estudio en bananos no se ha dado a detalle en la gran variedad de opciones que se tienen en México. Cuando el fruto se consume en forma directa o como postre se denomina banano (*Musa cavendishii*), y cuando se consumen después de un tratamiento térmico se les denomina plátano (*Musa paradisiaca*).

El almidón es el principal componente en los plátanos inmaduros (73-77%), éste llega a consumirse después de someterse a cocción y en la preparación de alimentos donde el almidón es gelatinizado (Bello-Perez et al., 2011). El otro componente importante que se encuentra es la fibra, la cual se define como las partes de las plantas comestibles que resisten a la digestión y absorción en el intestino delgado del humano, y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso (AACC, 2001). Se ha hecho una clasificación de la fibra dietética, debido a que es también considerada como un carbohidrato complejo, se secciona en dos fracciones, la fibra insoluble y la fibra soluble. La fibra insoluble está integrada por sustancias que retienen agua, entre los componentes se encuentra la celulosa, hemicelulosa, lignina y el almidón resistente; y la fibra soluble está constituida por pectinas, gomas, fructo-oligosacáridos, e inulina, los cuales son capaces de formar geles viscosos (Trujillo-Hernández, 2011).

En el proceso de obtención de almidón a partir de las harinas de plátanos y bananos se generó un residuo que presenta un potencial uso, debido a los polisacáridos que lo constituyen son conocidos como fibra dietética. Con el objetivo de aprovechar este recurso natural de manera integral y diversificar su uso, es necesario conocer este material. Por lo anterior en este trabajo se realizaron estudios del comportamiento térmico, formación de pastas, curvas de flujo, capacidad de retención de agua (CRA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) de los residuos de 2 variedades de plátanos: macho (Ma), enano gigante (En) y 2 variedades de bananos: morado (Mo), valery (Va).

Metodología

Material de estudio

Se analizaron cuatro variedades, dos de plátanos (enano gigante, macho) y dos de banano (morado y valery). Las muestras se recolectaron de la sección Eumusa y fueron proporcionadas por la Dra. Edith Agama.

Mediciones reológicas: formación de pastas y curvas de flujo

Se prepararon dispersiones con los almidones al 7.5 % (p/v) S. T. en base seca, se analizaron en un Reómetro TA Instruments, modelo AR 1000-N (New Castle, E.U.A.), con un sistema de placas paralelas, de 40 mm de diámetro (siendo la placa superior con una textura suave) con un espesor de muestra de 1000 μm , las placas paralelas se cubrieron con un aceite mineral para evitar la evaporación del agua durante la prueba. Para determinar la formación de pastas, se realizaron las mediciones a 25 °C (después de un calentamiento de 25 °C hasta 90 °C y posteriormente enfriando a 25 °C, empleando una velocidad de calentamiento-enfriamiento de 2.5 °C/min). Para determinar las características de flujo, posteriormente se realizaron mediciones en dos ciclos: ascendente y descendente de 0.03 a 100 s^{-1} , y un tercer barrido descendente de 100 a 0.03 s^{-1} . Se analizó el último ciclo (descendente) como una función del esfuerzo de corte (τ), y con los valores obtenidos se determinó el comportamiento del fluido, reportando los valores de índice de consistencia e índice de comportamiento de flujo.

Propiedades térmicas de los residuos plátanos y bananos

Las propiedades térmicas se analizaron usando un calorímetro de barrido diferencial (CBD, TA Instruments, modelo 2010, New Castle, USA), para ello se pesaron 4 mg de muestra en una charola del CBD, las muestras se humectaron con 8 μL de agua desionizada usando una microjeringa. La charola se selló herméticamente y se equilibró a temperatura ambiente por al menos 1 h previo al escaneo. Después del análisis de gelatinización las muestras se almacenaron a 4 °C por siete días y transcurrido el tiempo se sometieron nuevamente al mismo análisis para observar su comportamiento durante la retrogradación. Las temperaturas de transición; temperatura de inicio (T_i), temperatura de pico (T_p) y temperatura final (T_f), además de la entalpía de gelatinización (ΔH_g) y retrogradación (ΔH_r) fueron calculadas de acuerdo al peso en base seca utilizando el software del sistema.

Capacidad de retención y absorción de agua

El análisis de la capacidad de hinchamiento (CH) o índice de absorción de agua (IIA) e índice de solubilidad (IS) se determinó realizando el siguiente procedimiento, se prepararon dispersiones de almidón al 5% (p/v) S. T. en base seca, se sometieron a una cinética de calentamiento, empleando el microviscoamilógrafo Brabender, de 30°C a 95°C, a una velocidad de calentamiento de 2.5°C /min y una velocidad de agitación de 125 rpm. Se tomaron seis muestras de 1000 μL a cada una de las diferentes temperaturas de prueba, 50, 70, 80 y 95 °C. Las muestras se colocaron en tubos previamente pesados, a los cuales se les añadió 4.5 mL de agua destilada. Tres muestras se emplearon para medir el hinchamiento (se colocaron en una estufa a 100°C hasta peso constante), el resto de los tubos se emplearon para medir la solubilidad (se centrifugaron a 2500 rpm durante 25 min, se separó el sobrenadante y el precipitado, ambos se secaron, empleando una estufa a 100°C durante 24 h, para obtener el peso de los geles húmedos y el material soluble respectivamente).

Resultados y discusión

La eficiencia de extracción del almidón de las harinas fue mayor al 60%, dando una proporción de material residual importante, en el cual se considera que sigue manteniendo una cantidad significativa de almidón en conjunto con los demás polisacáridos que conforman a la fibra, como celulosa, hemicelulosa, pectina, orientando a establecer la primera propuesta de este trabajo, analizar el material global, de lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

Mediciones térmicas

Las muestras residuales mostraron temperaturas de transición con valores de entalpía significativos, la muestra de Mo presentó los valores menores tanto para la temperatura de pico (aproximadamente 10 °C debajo de los demás almidones) como de entalpía, y para Ma fueron los ligeramente mayores, estos valores coinciden con los encontrados para almidones (datos no mostrados), comprobándose que el material residual mantiene una cantidad importante de este material. Al analizar las muestras a los siete días de almacenamiento, se tiene que la variedad de Ma alcanzó los valores más altos en entalpía y porcentaje de retrogradación (Cuadro 1). Mo presentó la menor temperatura de retrogradación, y menor entalpía, lo que sugiere que al encontrarse los gránulos de almidón en una matriz tan compleja como es todo el material fibroso, le ocasiono menores niveles de retrogradación. Los intervalos de gelatinización y reorganización que las muestras presentaron son amplios, siendo más acentuado para Mo, esto puede ser debido a la heterogeneidad de los gránulos de almidón, requiriendo un intervalo mayor de temperatura para desorganizarse, en el caso de gelatinización, y para retrogradación, todas las muestras presentaron un intervalo muy similar pero si teniendo una endoterma muy prolongado, manifestando un amplio espectro de temperatura para poder desorganizar a las hélices de la amilopectina, mostrando un sistema no muy ordenado. Por ello, será interesante saber cómo reológicamente estos materiales se comportan.

Cuadro 1. Propiedades térmicas de los residuos obtenidos de las variedades de plátanos y bananos.

Residuos	To	Tp (°C)	Tf	ΔH (J/g)	Tf-To (°C)	%R
Gelatinización						
Macho (Ma)	76.99 ± 0.2	81.23 ± 0.3	95.51 ± 0.9	11.80 ± 1.3	18.52 ± 0.7	
Enano (En)	73.98 ± 0.3	80.87 ± 0.1	92.51 ± 1.0	11.07 ± 1.3	18.53 ± 1.3	
Morado (Mo)	63.48 ± 0.7	72.67 ± 0.5	90.02 ± 0.2	7.07 ± 1.1	26.53 ± 0.9	
Valery (Va)	76.00 ± 0.4	80.04 ± 0.3	93.96 ± 3.8	10.00 ± 1.5	17.96 ± 3.5	
Retrogradación						
Macho (Ma)	44.24 ± 2.6	60.09 ± 2.1	74.23 ± 1.2	6.56 ± 0.6	29.99 ± 1.5	56.25 ± 10.4
Enano (En)	45.30 ± 1.9	59.50 ± 0.5	73.71 ± 0.6	5.15 ± 0.1	28.41 ± 2.0	55.10 ± 11.2
Morado (Mo)	46.07 ± 1.5	57.64 ± 1.1	73.63 ± 3.0	3.03 ± 0.7	27.56 ± 4.5	43.42 ± 12.0
Valery (Va)	49.83 ± 3.1	60.77 ± 0.6	78.53 ± 1.0	4.38 ± 0.5	28.70 ± 2.1	40.44 ± 2.4

To = Temperatura de inicio; Tp = Temperatura pico, Tf = Temperatura final; ΔH = Cambio entalpico, %R = Porcentaje de retrogradación

Mediciones reológicas

En la figura 1 se muestran los resultados de formación de pastas y en el Cuadro 2 los valores obtenidos después de analizar las curvas de flujo de los residuos macho (Ma), morado (Mo), enano (En) y valery (Va).

La formación de pastas se realizó con 7.5% de sólidos, esto con la finalidad de evaluar el nivel de hinchamiento del almidón remanente y la interacción entre los componentes presentes en los residuos. Para el caso de Ma mostró la menor respuesta, y los otros tres materiales presentan tendencias similares. Mo muestra un comportamiento ligeramente diferente a los otros materiales, como se mencionó en cuanto a las propiedades térmicas de gelatinización, la temperatura de esta transición es menor casi por 10 °C, indicando que su organización interna es posiblemente menos organizada que los otros tres materiales, y que macho, su estructura es más rígida o compacta, provocando menor viscosidad pero requiriendo mayor temperatura para desorganizarla.

La respuesta obtenida para estos materiales residuales es interesante, debido a que muestran la alternativa de poder ser empleados como espesantes, además de la cantidad de fibra que presentan, para ello será conveniente realizar la cuantificación de fibra soluble e insoluble. Además de resaltar que el almidón ocluido en esa matriz de fibra, permite encontrar alternativas de uso para este material que se ha considerado de deshecho. Llevando a poder caracterizar este material bajo otra medición reológica.

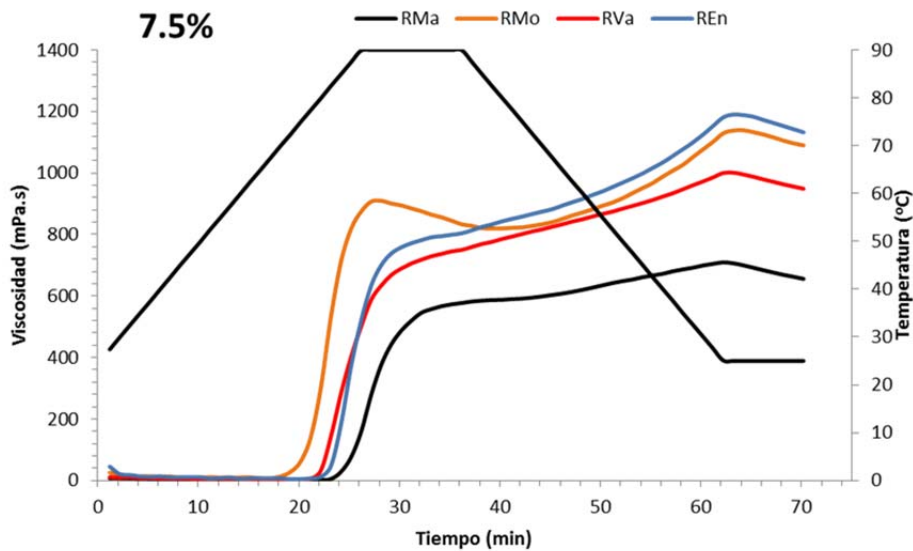


Figura 1. Perfil de formación de pasta para los residuos de las muestras de Macho, Morado, Valery y Enano.

En cuanto a las mediciones de curvas de flujo, en la figura 2, se observa el cambio de la viscosidad contra velocidad de cizalla, describiendo un sistema no-Newtoniano, reo-fluidizante. Los materiales residuales presentaron una tendencia similar a la ya reportada para la formación de pastas, Ma muestra los menores valores de viscosidad, Va obtuvo la mayor tendencia. La cantidad de agua presente es aprovechada por el material para lograr su máxima desorganización a través del hinchamiento, por lo que lleva a suponer que debido a que morado presentó mayor cantidad de amilosa en el almidón, se deba a ello su mayor capacidad de conformar la red tridimensional que le permite tener mayores valores de viscosidad final. Nuevamente se confirma que morado requiere menores temperaturas y tiempo para iniciar esa desorganización. El material remanente ha mostrado poder ser utilizado con beneficios en incrementar la viscosidad, y al ser un subproducto con una posibilidad de gama de aplicaciones.

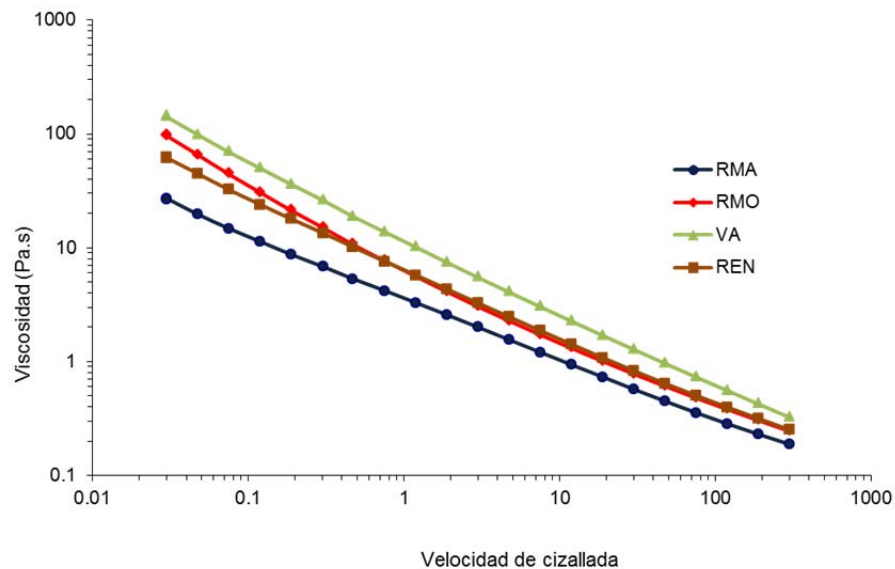


Figura 2. Viscosidad contra velocidad de cizalla para los residuos de las muestras de Macho, Morado, Valery y Enano.

En el cuadro 2 se presentan los valores obtenidos al aplicar la ley de la potencia a los valores de viscosidad obtenidos, los valores de n en todos los casos son menores de 1, definiendo a un sistema no-Newtoniano, y para los valores de índice de consistencia Va mostró el mayor valor y Ma el menor, esto de acuerdo a lo encontrado también en la formación de pastas.

Como una recopilación de las mediciones reológicas, para el caso de los materiales residuales, la fracción soluble e insoluble de la fibra influye en la respuesta, así como la estructura del almidón. Las diferencias en composición de plátano y banano han demostrado que si repercute en los estudios realizados, la información que se tiene hasta el momento hace ver un panorama muy general, como ya se ha venido mencionando no solo el almidón influye en estos análisis, sino también el resto de polisacáridos presentes.

Cuadro 2. Parámetros del modelo de Ostwald-de Waele (ley de la potencia) para residuos con 7.5 % de sólidos.

Residuos 7.5%	R^2	n	k (Pa.s ⁿ)
Macho (Ma)	0.999	0.46	3.69
Enano (En)	0.999	0.40	6.71
Morado (Mo)	0.995	0.35	7.06
Valery (Va)	0.999	0.34	12.26

n = índice de comportamiento de flujo; k = índice de consistencia.

Para complementar como el material residual puede comportarse y estimar las posibles aplicaciones, se determinó la capacidad de retención de agua (CRA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH), los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 3, Morado mostró los mayores valores de CRA e ISA a las tres primeras temperaturas estudiadas, a 90°C CRA e ISA fueron mayores para Macho, cuestión que es importante, debido a que en las mediciones reológicas, macho presentó las menores tendencias, pero si se demuestra que no solo el almidón presenta la relevancia en la respuesta, sino también los demás polisacáridos, lo cual permite entonces proponer separar los componentes mayoritarios de la fibra para establecer cómo influyen en la respuesta de estas características.

Cuadro 3. Capacidad de retención de agua (CRA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) de los residuos estudiados.

Mediciones realizadas a la temperatura de 50 °C.

	MACHO	MORADO	ENANO	VALERY
CRA	5.8	8.57	4.97	4.83
ISA	7.82	20.13	8.99	6.07
PH	1.18	1.1	1.11	1.17

Mediciones realizadas a la temperatura de 70 °C.

	MACHO	MORADO	ENANO	VALERY
CRA	3.94	11.79	1.86	0.41
ISA	2.08	18.29	2.31	0.68
PH	1.16	1.08	1.18	1.14

Mediciones realizadas a la temperatura de 80 °C.

	MACHO	MORADO	ENANO	VALERY
CRA	11.44	16.03	17.04	6.37
ISA	9.4	19.08	15.04	7.73
PH	1.08	1.07	1.06	1

Mediciones realizadas a la temperatura de 90 °C.

	MACHO	MORADO	ENANO	VALERY
CRA	15.99	16.6	13.43	17.73
ISA	20.53	10.4	11.83	12.47
PH	1.07	1.07	1.06	1.05

Trabajo a futuro.

Al encontrar que el material residual presenta respuestas interesantes en propiedades térmicas y reológicas, se tiene contemplado realizar el estudio comparativo en estas mismas respuestas con las obtenidas de harinas y de los almidones de los plátanos y bananos; además de realizar la separación y caracterización de los componentes predominantes en el material residual, como celulosa, hemicelulosa y pectina para caracterizarlos estructuralmente.

Conclusiones

Los materiales residuales analizados presentaron características interesantes, ya que pueden ser utilizados para promover cambios de viscosidad, además de sus aspectos nutricionales/nutracéutico, por estar constituidos de una alta proporción de fibra. Las propiedades térmicas mostraron la presencia de almidón remanente que le proporciona características reológicas relevantes, además de que entre plátanos y bananos hasta esta parte del estudio no se presentan diferencias sustanciales, pero si hay diferencias entre los materiales en general, valery mostró valores altos de viscosidad. Otra ventaja que ofrece este material que ha sido considerado de desecho, es el poder de ser empleado como opción para separar sus componente principales: pectina y hemicelulosa.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico a SIP-IPN, COFAA-IPN y EDI-IPN. Así como a la Dra. Edith Agama Acevedo por la donación de las muestras empleadas.

Referencias

1. AACC. (2001). The definition of dietary fiber. Report of dietary definition committee to the board of directors of the American Association of Cereal Chemistry. *Cereal Food World*, 46:112-126
2. Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Osorio-Díaz, P., Utrilla-Coello, R. G., & García-Suárez, F. J. (2011). Banana and mango flours. In V. R. Preedy, R. R. Watson, & V. B. Patel, (Eds.), *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 235-245). London, Burlington, San Diego: Academic Press, Elsevier.
3. Langkilde, A. M., Champ, M., & Andersson, H. (2002). Effects of high-resistant-starch banana flour (RS2) on in vitro fermentation and the small-bowel excretion of energy, nutrients, and sterols: An ileostomy study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75, 104-111.
4. Trujillo-Hernández, C. A. (2011). Determinación de la fracción indigerible y fibra dietética en frutas y verduras de mayor consume en México. Tesis de grado de maestría en Ciencia en Desarrollo de Productos Bióticos. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, México.

AUTORIZACION Y RENUNCIA

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Adecuación de lodo residual como inóculo para la digestión anaerobia a nivel planta piloto

J. M. Méndez Contreras^{*}, N. G. Corte Cano, E. Hernández Aguilar, J. Chávez Gutiérrez

¹Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 854, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Ver., México.

*jmendezc@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el presente trabajo se describe la adecuación de un lodo residual como inóculo a partir de biosólidos digeridos retirados de un bioreactor ovoide de 8 L de capacidad. El procedimiento de adecuación se realizó gradualmente en bioreactores económicos de 50 y 200 L de capacidad. El procedimiento se llevó a cabo durante 92 días a temperatura ambiente. Los bioreactores económicos se acondicionaron con salidas para captar el biogás generado de la digestión anaerobia de los lodos. La remoción de STV que se observa en las gráficas así como la generación de biogás muestran que el procedimiento que se siguió en este trabajo fue efectivo para la adecuación de lodo residual digerido como inóculo para su uso posterior en escalas superiores.

La planta piloto de tratamiento de lodos residuales donde se utilizará el inóculo generado en los bioreactores económicos está diseñada para su aprovechamiento mediante la generación de bioenergéticos y biosólidos.

Palabras clave: Lodo residual, digestión anaerobia, inóculo, planta piloto.

Abstract

In this paper the sludge was adapted as inoculum from digested biosolids removed from a bioreactor ovoid 8 L capacity. The adjustment procedure is performed gradually in economic bioreactors capacity of 50 and 200 L. The procedure was carried out for 92 days at room temperature. Economic bioreactors were conditioned with outputs for capturing the biogas generated by the anaerobic digestion of the sludge. The STV removal observed in the graphs and biogas generation show that the procedure followed in this study was effective for the adequacy of digested sewage sludge as inoculum for later use at higher levels.

The heat treatment pilot plant anaerobic sludge where it will be used the inoculum generated in economic bioreactors is designed for the use of sewage sludge by generating bioenergy and biosolids.

Introducción

La digestión anaerobia de lodos de aguas residuales es un proceso controlado en el cual hay una degradación de sólidos volátiles y otros compuestos orgánicos, que por medio de bacterias en ausencia de oxígeno, producen gas biológico el cual está compuesto principalmente por una mezcla gaseosa (biogás) formada de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), además de trazas de hidrogeno (H₂), ácido sulfhídrico (H₂S). Como producto de dicho proceso se obtiene un lodo estable conocido como biosólido (Chae et al, 2004). El biosólido obtenido es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación.

La digestión anaerobia permite la reducción del volumen de los lodos mediante la remoción de sólidos (25-45% usualmente); la reducción de la atracción de vectores así como la reutilización de los lodos digeridos como remediadores de suelos o fertilizantes. Por lo tanto se reconoce a la digestión anaerobia como una de las tecnologías de base para reciclar energía, y contribuir a los progresos sostenibles.

Metodología

Generación de inóculo

El inóculo inicial se obtuvo de los biosólidos digeridos retirados de un bioreactor ovoide de 8 L de capacidad que operaba en forma semicontinua los cuales contenían remanentes de bacterias propias de la digestión anaerobia.



Figura 1. Bioreactor ovoide de 8 L de capacidad generador del biosolido

Para la preparación del inóculo se utilizaron como biodigestores económicos 3 recipientes de 50 L y un recipiente de 200 L de capacidad, a cada uno se le acondicionó una salida mediante una manguera para la captación y medición de biogás por medio de desplazamiento volumétrico.



Figura 2. Bioreactor económico de 50L de capacidad con sistema de captacion de biogas

Se utilizó lodo residual proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria avícola en su división rastro de aves; el agua residual se considera como agroindustrial y se sabe que por su origen, contiene concentraciones elevadas de microorganismos patógenos y materia orgánica.

Las técnicas ensayadas durante la generación del inóculo y el método por el cual fueron determinados se encuentran en la tabla 1. El muestreo se realizó diariamente, la determinación de los parámetros se hizo por triplicado.

Tabla 1. Parámetros de monitoreo durante la adecuación de lodo residual como inóculo

Análisis Físicos	Unidad	Método
pH		Potenciométrico
Temperatura	°C	Termopar
Sólidos Totales Volátiles (STV)	% m/m	2540 E Standard Methods
Producción de biogás	ml	Desplazamiento volumétrico

El volumen inicial de biosólido utilizado como inóculo en el bioreactor económico fue de 17 L a este se le adicionaron 20 L de lodo crudo como sustrato, esta mezcla se monitoreo por medio de determinación de SVT, una vez observada la remoción se continuó con la adaptación de lodo residual crudo como inóculo hasta un volumen de 200 L, mismos que fueron los necesarios para inocular el bioreactor ovoide de la planta piloto de 1800 L de capacidad, en los bioreactores económicos no. 1, 2 y 3 se siguió la proporción de 30% de inóculo y 70% de sustrato. Este procedimiento se muestra en la figura 3.

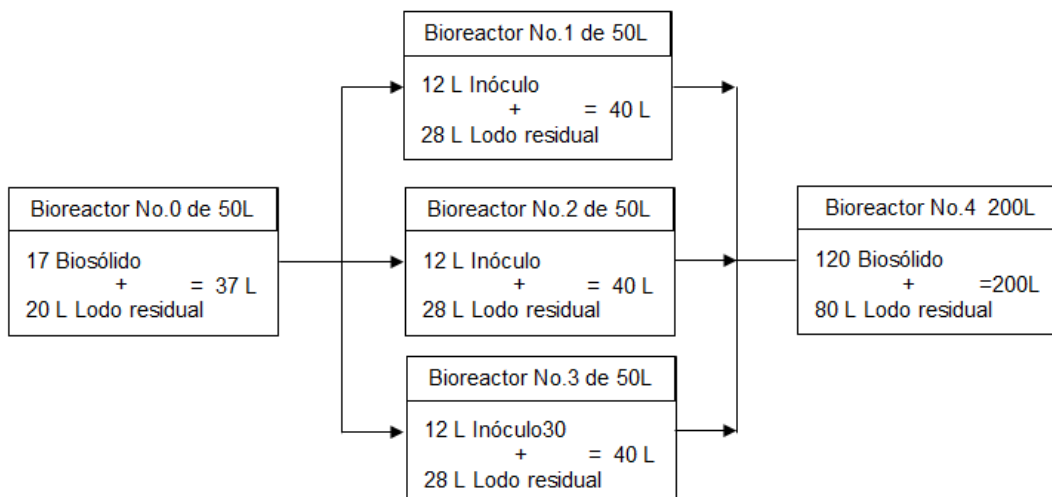


Figura 3. Procedimiento de la adecuación del lodo residual como inóculo



Figura 4. Bioreactores económicos de 50 L y 200 L de capacidad

Planta piloto de tratamiento térmico-anaerobio de lodos residuales

La figura 5 presenta la maqueta virtual de la planta piloto diseñada y construida. Dicha planta está dividida en 6 secciones; la sección 1 es el calentamiento del aceite hasta alcanzar una temperatura de 110°C para su posterior traslado a la sección de hidrólisis, la sección 2 es la sección de tratamiento térmico o hidrólisis donde a los lodos se les eleva la temperatura desde 70 hasta unos 90°C, la sección 3 es la del almacenamiento de los lodos prehidrolizados, la sección 4 está compuesta por el reactor ovoide; en esta sección se degradan los compuestos orgánicos, la sección 5 es la del aprovechamiento de biogás, que consta de 2 columnas las cuales se encargan de la eliminación de H₂S, y por último la sección 6 de almacenamiento de biosólidos.



Figura 5. Planta piloto de tratamiento térmico-anaerobio de lodos residuales

El lodo residual es producto de un tratamiento fisicoquímico de aguas residuales y tiene las características de un lodo clase C según la NOM-004-SEMARNAT-2003, esto impide su utilización agrícola debido a su alto contenido de coliformes fecales y *Salmonella spp.* En la planta piloto este lodo estará sometido al proceso de digestión anaerobia-térmica, con dualidad de operación. La dualidad del proceso de digestión anaerobia térmica, consiste en que el lodo puede someterse previo al proceso de digestión anaerobia a un proceso de hidrólisis térmica, esto promueve una mayor producción de metano. El otro modo de operación aplica posteriormente al proceso de digestión anaerobia el proceso de hidrólisis, con esto se logra la mineralización del nitrógeno amoniacal, y la eliminación de microorganismos patógenos logrando la producción de un biosólidos de mayor calidad.

Resultados y discusión

Remoción de STV y comportamiento del pH

La figura 6 muestra el comportamiento del bioreactor 0, en cuanto al porcentaje de STV y el pH, se puede observar el decremento en el porcentaje de STV donde el porcentaje inicial fue de 77.81% y el porcentaje final fue de 60.83% de STV. Esta grafica también muestra el comportamiento del pH, el cual presentó un promedio de 7.78.

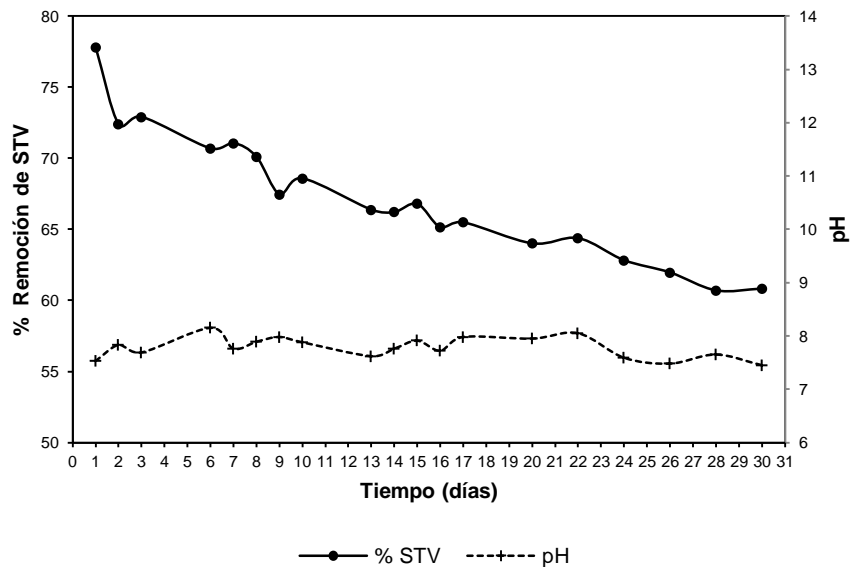


Figura 6. Remoción de STV en el bioreactor No. 0

La figura 7. muestra el comportamiento de los bioreactores 1, 2 y 3, en ella se puede apreciar la disminución en el % de STV en los 3 bioreactores así como el comportamiento del pH se encuentra entre 7.02 y 8.1.

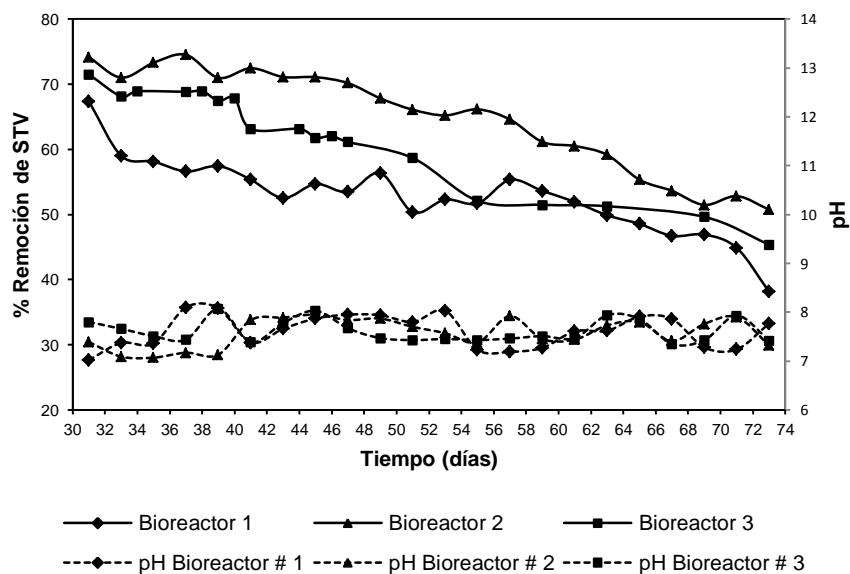


Figura 7. Remoción de STV en los bioreactores No. 1,2 y 3

El comportamiento del bioreactor 4 se presenta en la figura 8, se observa el decremento en el porcentaje de STV de 68.33 % a 46.02 %. En este bioreactor el pH tuvo un promedio de 7.9.

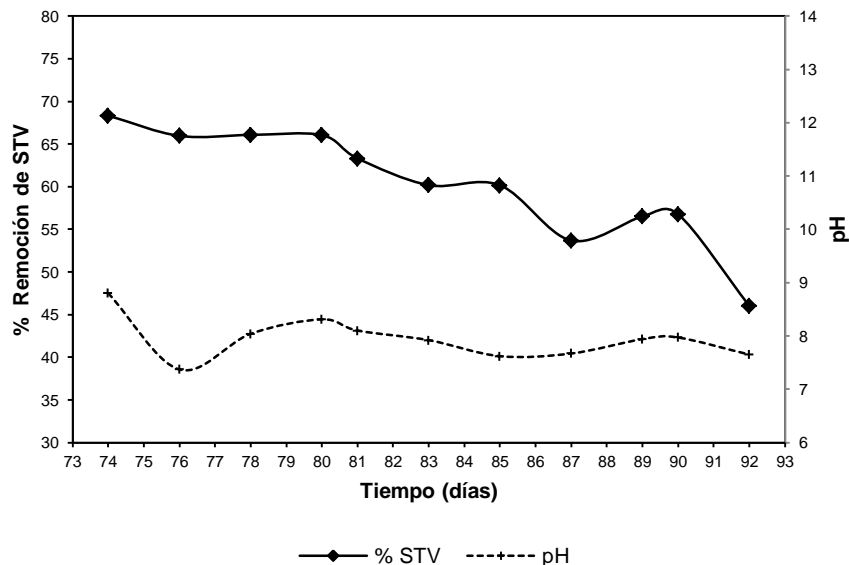


Figura 8. Remoción de STV en el bioreactor No. 4

La NOM-004-SEMARNAT-2003 establece que la atracción de vectores se reduce si la masa de sólidos volátiles en los biosólidos es reducida por lo menos un 38% durante su tratamiento. Ahora bien, considerando que el porcentaje de STV al inicio de este procedimiento de adecuación de lodo residual como inóculo en el bioreactor económico No. 0 fue de 77.81% y el porcentaje de STV al final del procedimiento en el bioreactor económico No. 4 fue de 46.02% se deduce que se cumple con el 38% STV removidos en los biosólidos que establece la norma.

Producción de biogás

En los 4 bioreactores la generación de biogás se presentó a partir de la segunda semana de haber cargado cada bioreactor, el volumen de biogás fue aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo de entre 4 y 5 litros diariamente.

Trabajo a futuro

Una vez obtenida la cantidad de inóculo necesaria para cubrir con el porcentaje de 30 % inóculo y 70% de lodo residual, es decir, se iniciará la operación en batch de la planta piloto de lodos residuales con 500 L de lodo residual y 200 L de inóculo. Se monitorearán la digestión anaerobia, la generación de biogás y la calidad de los biosólidos.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados presentados anteriormente se puede inferir que el biosólido digerido utilizado como inóculo inicial en este procedimiento contenía las bacterias propias de la digestión anaerobia, mismas que se acondicionaron en los bioreactores económicos durante 92 días, los cuales se asumen como el tiempo requerido para la adecuación del inóculo permitiendo la remoción en el porcentaje de STV y la generación de biogás.

Este procedimiento es económico y puede servir como metodología de acondicionamiento de un reactor anaerobio en aquellos usuarios de la tecnología de digestión anaerobia que cuenten con recursos limitados.

Referencias

1. Berrones C., A. 2010. Efecto de la pre hidrólisis térmica en el mejoramiento del proceso de co-digestión de lodos- RSOM. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
2. Bolzonella, D., Innocenti L. y Cecchi F. 2002. Biological nutrient removal wastewater treatments and sewage sludge anaerobic mesophilic digestion performances. *Wat. Sci. Tech.* 46(10), 199–208.
3. Chae S. Y., Jo K. S. and Hui, W.J. 2004. Mesophilic and thermophilic temperature co-phase anaerobic digestion compared with single-stage mesophilic and thermophilic digestion of sewage sludge. *Water Research.* 38.
4. Corte C., J. 2006. Desarrollo de un proceso anaerobio-térmico para la estabilización de lodos residuales con alto contenido de microorganismos patógenos. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
5. Espinosa G., I. 2010. Digestión anaerobia simultanea de lodos residuales-residuos sólidos agroindustriales para la producción de biosólidos y generación de bioenergéticos. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
6. Girovich, M. J. 1996. *Biosolids Treatment and Management*. Ed. Marcel Decker, Inc. N. Y., E. U. A.
7. Huyard A., Ferran B. y Audio, J.M. 2000. The two phase anaerobic process: sludge stabilization and pathogens reduction. *Wat. Sci. Tech.* 42(9), 41-47.
8. Jiménez C., B. 2005. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología aplicada. Editorial Limusa., México, D.F. 284, 286, 289, 303, 306.
9. Luna, H. R. G. y Guyot, P. J. 1990. Arranque de un reactor anaerobio con lodos adaptados como inóculo y un influente industrial de la industria agroalimenticia (ingenio azucarero). Reporte técnico realizado en el laboratorio de microbiología ambiental Depto. Biotecnología, UAM-I.
10. Maldonado R., A. 2012. Aplicación de biosólidos inócuos líquidos generados vía digestión anaerobia térmica en el cultivo de una especie vegetal. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
11. Méndez-Contreras, J.M., Atenodoro, J., Ruiz ., 2012. Manual de operación de la planta piloto de tratamiento anaerobio – térmico de lodos residuales/residuos sólidos orgánicos. Orizaba, Ver. México.
12. Nava V., N. 2011. Evaluación de estrategias de alto desempeño para la digestión anaerobia termofílica de lodos residuales. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
13. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental.-Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación.
14. Rendón S., J. 2008. Evaluación de la digestión anaerobia mesofílica y termofílica para la producción de biosólidos a partir de lodos residuales combinados generados en una planta de tratamiento de aguas residuales. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
15. Rodríguez R., B. 2009. Inactivación de huevos de helmintos mediante el proceso de digestión anaerobia-térmica de lodos residuales. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
16. Toledo V., J. 2010. Aplicación de biosólidos obtenidos mediante co-digestión anaerobia de lodos residuales-residuos sólidos orgánicos en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*). Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.
17. Vásquez G., L. 2008. Mejoramiento del proceso de digestión anaerobia termofílica mediante la adición de micronutrientes para la producción de biosólidos a partir de lodos residuales. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. I. T. de Orizaba, México.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Formación de complejos amilosa-lípidos a partir de almidón desramificado de chayotextle (*Sechium edule* Sw)

K. A. Ramírez-Rangel¹, A. Vargas-Torres¹, N. Guémes-Vera¹, F. J. L. García-Suárez² and J. P. Hernández-Uribe^{1*}

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43600 México

² Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México.

*hdezspark@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se formaron complejos amilosa-lípidos a partir de la desramificación del almidón de chayotextle, mediante el uso de ácido palmítico y ácido esteárico. Se estudió el efecto que tiene la desramificación y el uso de ácidos grasos sobre las propiedades térmicas y la formación de almidón resistente, al igual que el impacto que tienen sobre sus propiedades estructurales.

Los resultados muestran que con la desramificación y la formación de complejos amilosa-lípidos si es posible obtener almidón resistente y que sus propiedades térmicas y estructurales cambian con los tratamientos realizados. El proceso de desramificación logró incrementar la fracción de almidón resistente mientras que con los complejos esta fracción disminuyó, sin embargo, en ambos casos se obtuvieron muestras que fueron termodinámicamente más estables.

Palabras clave: Almidón, Desramificación, Complejos amilosa-lípidos.

Abstract

Amylose-lipid complexes were formed from debranching chayotextle starch, using palmitic and stearic acid. The effect of debranching and use of fatty acids on the thermal properties and resistant starch content were studied, as well as, the impact on their structural properties.

The results shown that with debranching process and formation of amylose-lipid complexes if possible obtaining resistant starch and that its thermal and structural properties change with the treatments performed. The debranching process was able to increase the resistant starch fraction while with complexes the resistant content decreased; however, the samples obtained were thermodynamically more stable.

Introducción

Por su importancia en la dieta, el almidón es uno de los ingredientes que debe ser consumido de forma controlada debido a su relación con el aumento de la concentración de glucosa en sangre. La investigación en ciencia y tecnología de este polímero ha generado métodos de modificación en su estructura química, para poder mejorar su digestibilidad y pueda tener mayor competitividad dentro de la industria [Flores-Farías, 2004].

La modificación de un almidón ayuda a mejorar sus características, por lo que sus aplicaciones pueden llegar a ser muy diversas; el almidón nativo tiene diversas aplicaciones en la industria, principalmente como espesante; sin embargo; no satisface los requerimientos actuales de diversos procesos industriales, por ello, es necesario ampliar las propiedades que posee un almidón nativo para soportar un amplio número de técnicas de procesamiento mediante la modificación estructural [Rivas-González, 2006].

Dentro de las modificaciones que pueden hacerse en la estructura del almidón es la de formar complejos de amilosa-lípido, los cuales son utilizados como aditivos en la industria alimentaria [ICMA y CSIC., 2006], ya que

se ha reportado que inhiben la degradación enzimática, por lo que se puede considerar como parte de la fracción indigerible. En comparación con la amilosa libre, la formación de los complejos amilosa-lípido puede reducir la cantidad de almidón resistente, pero es lentamente degradable e incluso en ocasiones se le considera como fibra dietética [Tufvesson y col., 2003a; Zhou y col., 2007; Putseys y col., 2010]. Tienen un efecto protector contra la oxidación y los sabores que esta reacción provocan. Mediante la formación de complejos con amilosa se pueden proteger contra el oxígeno algunos compuestos que pueden ser oxidados (ácidos grasos insaturados) [Lalush y col., 2005]. Para aumentar la retención de las moléculas aromáticas, se pueden utilizar encapsulados de los complejos amilosa-lípido, que ayudan a estabilizar los sabores poco agradables que son producidos por los compuestos volátiles [Putseys y col., 2010]. Los complejos amilosa-lípido pueden ser utilizados como aditivos emulsionantes, ya que aumentan la viscosidad después de un proceso de calentamiento y enfriamiento, los lípidos se liberan de manera controlada y se acortan las cadenas de amilosa [Gelders y col., 2006]. Por otra parte, influyen positivamente en la retrogradación; los complejos de amilosa que contienen ácidos grasos libres, monoglicéridos o lisofosfolípidos, son usados en la industria panadera, gracias a que evitan la recristalización, lo cual es la principal causa del endurecimiento del pan.

En este trabajo se propone la formación de complejos amilosa-lípidos a partir de almidón de chayotextle y la utilización de ácidos grasos de cadena corta y realizar una caracterización térmica y estructural, así como, evaluar la digestibilidad del material obtenido.

Metodología

Materiales

Se utilizó la raíz tuberizada del chayote conocida como chayotextle (*Sechium edule* Sw.) para la extracción del almidón, empleando la metodología propuesta por Flores-Gorosquera y co. [2004], el tubérculo fue adquirido en el municipio de Acaxochitlan, Hidalgo. Los reactivos utilizados fueron grado analítico.

Desramificación de almidón

Tratamiento 1. Para la desramificación se utilizó la metodología propuesta por González-Soto y col. [2007], se preparó una suspensión con 25 g de almidón de chayotextle y 100 mL de regulador de acetato 0.1 M con pH 5.2. La suspensión de almidón se calentó a 90 °C por 10 min, después se colocó en autoclave a 121 °C por 30 min. Terminado este tiempo, el gel fue resuspendido en 125 mL de regulador de acetato 0.1 M con pH 5.2, se colocó en un baño a 50 °C y se adicionaron 10.6 U/g de Pululanasa; se dejó en incubación por 24 h a 50 °C con agitación constante. Posterior al tiempo de incubación, se adicionaron 225 mL de etanol, se centrifugó a 4000 g durante 10 min y se realizaron tres lavados con agua. El precipitado se secó en una estufa a 40 °C durante 48 h, se molió y se pasó por malla del No. 100.

Tratamiento 2. Se siguió el mismo procedimiento que en el tratamiento 1. Pero en este caso, al finalizar las 24 h de incubación a 50 °C, se bajó la temperatura a 25 °C y se dejó otras 24 h en incubación. Posteriormente se adicionaron 225 mL de etanol, se centrifugó a 4000 g durante 10 min y se realizaron tres lavados con agua. El precipitado se secó en una estufa a 40 °C durante 48 h, se molió y se pasó por malla del No. 100.

Formación de complejos amilosa-lípidos

Para la formación de los complejos, se utilizó la metodología propuesta por Zabar y col. [2010] y Tufvesson y col. [2003a]. Se pesó 1 g de ácido graso para ser disuelto en 50 mL de NaOH 0.1 M con ayuda de un baño a 50 °C con agitación. En seguida se adicionaron 5 g de almidón desramificado y se mezcló perfectamente (la proporción de ácido graso, amilosa y NaOH 0.1 M fue de 0.2:1:10 respectivamente). La suspensión se introdujo en un baño a 90 °C con agitación durante 2 min y se incubó a 100 °C por 24 h. Posterior a la incubación, se dejó enfriar a temperatura ambiente para poder adicionar 50 mL de etanol, se centrifugó a 4000 g por 20 min y se realizaron 3 lavados con etanol. El pellet se secó en una estufa a 40 °C por 48 h y finalmente, la muestra se molió y se tamizó con malla No. 100. Para los dos tratamientos se emplearon dos ácidos grasos, el palmítico y el esteárico.

Difracción de rayos X

La muestra se colocó en el porta muestra del difractómetro de rayos X (Bruker D5005, Inglaterra) de ángulo ancho, equipado con una fuente de cobre operado a 40 kV y 30 mA, produciendo una radiación de CuK_α con una longitud de onda de 1.54 Å. La región de barrido con ángulo dos teta (2θ) fue en un intervalo de 4-38° a intervalos de 0.1° con una velocidad de barrido de 60 s/°.

Calorimetría de Barrido Diferencial

Para medir las propiedades térmicas de las muestras se utilizó un Calorímetro Diferencial de Barrido marca TA modelo 2010 (TA Instruments, New Castle, DE), previamente calibrado con indio, el cual contaba con un programa TA Instruments Universal Análisis 2000, para controlar y analizar los datos. Primeramente, se pesaron 2.2 mg de muestra en una charola de aluminio y se adicionaron 7 μL de agua desionizada, después se dejó en reposo por 30 min a temperatura ambiente. Posteriormente, la charola de aluminio se selló herméticamente y se dejó reposar otros 30 min más. Finalmente se sometió a un programa de calentamiento de 10 a 180 °C con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min.

Digestibilidad del almidón

La digestibilidad de las muestras se determinó usando un kit para almidón resistente basado en el método 2002.02 de la AOAC y el método 32-40 de la AACC.

Resultados y discusión

Difracción de Rayos X

Los patrones de difracción de rayos X de las muestras analizadas se muestran en la Figura 1, donde se observa que existen diferencias significativas en los difractogramas del almidón nativo, desramificado, recrystalizado y los complejos amilosa-lípidos formados con los ácidos grasos. El almidón nativo de chayotextle mostró picos con ángulos (2θ) de 5.6°, 14.5°, 17° y un doble pico a 22° y 25°. Este patrón de difracción es muy parecido al polimorfismo tipo B, que es característico de los tubérculos y tiene una naturaleza semicristalina. Los almidones desramificados, pasaron de una estructura polimórfica tipo B a una tipo A, siendo esta última una estructura termodinámicamente más estable [Watcharatewinkul y col., 2009]. Esto se corrobora con los datos obtenidos por calorimetría, donde los valores de temperatura pico se presentaron por arriba de los 100 °C (Tabla 1). Las muestras de los complejos con almidón de chayotextle desramificado y recrystalizado que fueron formados con ácido esteárico (ADCE, ADCE-24) y ácido palmítico (ADCP, ADCP-24) expresaron picos en ángulos 2θ de 7.5°, 13° y de 20°, picos que han sido reportados para la formación de estructuras tipo V que son características de los complejos amilosa-lípidos [Zabar y col., 2010]

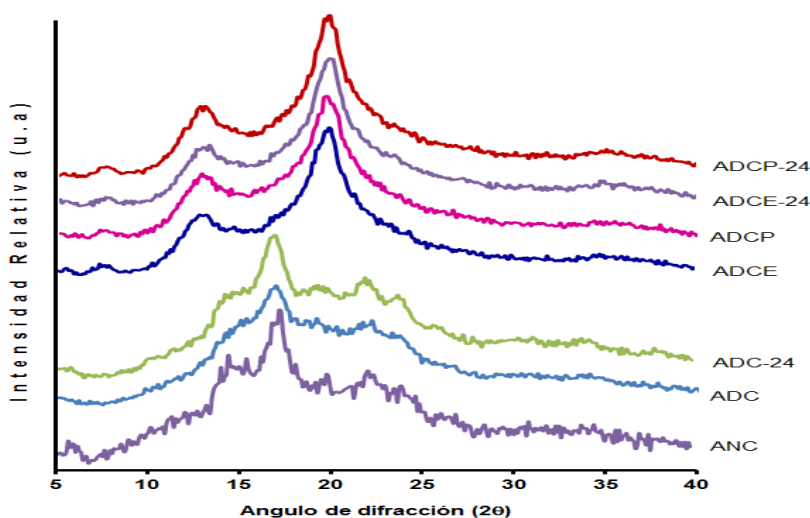


Figura 1. Patrón de difracción de rayos X para el almidón de chayotextle: nativo (ANC), desramificado (ADC), desramificado y recrystalizado (ADC-24), complejos formados con ácido esteárico (ADCE y ADCE-24) y ácido palmítico (ADCP y ADCP-24).

Calorimetría de Barrido Diferencial

Los parámetros térmicos de los almidones se observan en la Tabla 1, de acuerdo con los datos mostrados el almidón nativo presenta una temperatura pico (T_p) de 63 °C y una entalpía de 12.1 J/g. Los almidones desramificados, recristalizados, así como, los complejos amilosa-lípido presentaron una temperatura pico que oscilo entre 103.61 y 109.39 °C, lo que significa que estos materiales son térmicamente más estables al compararlos con el almidón nativo. En cuanto a la entalpía que se considera como la energía necesaria para separar las dobles hélices y desorganizar la estructura cristalina. El almidón desramificado y recristalizado presentaron los valores más altos. El aumento en la T_p de fusión de los almidones desramificados y los complejos amilosa-lípidos, podría ser debido al aumento en la rigidez y ordenamiento de sus cadenas, lo que podría sugerir una mayor cristalinidad en comparación con los almidones nativos, como se puede observar en los resultados obtenidos de rayos X (Figura 1). También se ha reportado que cuando se desramifica el almidón y se forman complejos la T_p , la entalpía incrementan [Zhang y col., 2012]. En el caso de los complejos presentaron una disminución en su entalpía de fusión a causa de las cadenas de los lípidos que se insertan dentro de la hélices de amilosa ordenadas esto provoca tener una estructura muy expandida o poco compacta que requiere menor energía para romper los enlaces intermoleculares [Putseys y col., 2010]. Cuando se comparan las muestras de almidón desramificadas y las muestras de almidón recristalizadas la entalpía de fusión es mayor en las muestras recristalizadas, esto puede ser debido a que los cristales de amilosa en el almidón recristalizado son más estables térmicamente debido al fenómeno de retrogradación que sufren las moléculas de amilosa, formando cristales más compactos que la de los propios almidones nativos [Cai y col., 2010a; González-Soto y col., 2007].

Tabla 1. Parámetros térmicos obtenidos por Calorimetría Diferencial de Barrido del almidón de chayotextle, nativo, desramificado, recristalizado y complejos amilosa-lípido.

Muestra	T_p (°C)	ΔH (J/g)
ANC	63.0 ± 0.13*	12.1 ± 0.20*
ADC	106.33 ± 0.25	21.74 ± 0.42
ADC-24	105.98 ± 0.85	46.77 ± 1.39
ADCE	108.81 ± 0.98	3.96 ± 0.17
ADCP	103.61 ± 0.34	2.44 ± 0.24
ADCE-24	109.39 ± 0.05	5.37 ± 0.05
ADCP-24	104.26 ± 0.19	4.99 ± 0.02

ANC= Almidón nativo de chayotextle, ADC= Almidón desramificado de chayotextle, ADC-24= Almidón desramificado de chayotextle y recristalizado, ADCE= Complejo almidón desramificado de chayotextle con ácido esteárico, ADCE-24= Complejo almidón desramificado de chayotextle y recristalizado con ácido esteárico, ADCP= Complejo almidón desramificado de chayotextle con ácido palmítico, ADCP-24= Complejo almidón desramificado de chayotextle y recristalizado con ácido palmítico. Media de 3 réplicas ± desviación estándar

Digestibilidad del almidón

Los resultados de almidón disponible (AD) y almidón resistente (AR), del almidón nativo de chayotextle, del almidón desramificado de chayote y los complejos amilosa-lípido se presentan en la Tabla 2. Se observa que el almidón nativo presentó 62.2% de AD y 33.5% de AR, mientras que para los almidones desramificados (ADC) fueron de 79.28% y 21.37% respectivamente y para los almidones desramificados y recristalizados (ADC-24), el AD fue de 67.9% y el AR fue de 32.75%. Mientras que para los complejos amilosa-lípido el contenido de AD estuvo en el intervalo de 88.41–90.27% y el AR fue entre 9.53 y 11.35%. El porcentaje relativamente alto de AR de los almidones desramificados puede ser debido a la retrogradación de la amilosa, ya que se ha reportado

que los cristales de amilosa retrogradada son más estables que los complejos amilosa-lípido, debido a que la amilosa retrograda es estabilizada por los enlaces de hidrógeno [Zhang y col., 2012]. Esto se pudo confirmar por calorimetría, donde se observó que con el tiempo de recristalización, la amilosa generada durante la desramificación presentó valores de entalpía altos comparados con las demás muestras (Tabla 1), infiriendo entonces que la amilosa generó estructuras más cristalinas. Por otra parte el contenido de AR de los complejos puede estar influenciado por el grado de polimerización (GP) de los almidones desramificados, ya que se sabe que el GP impacta las propiedades de los complejos. De acuerdo a Gelders y col. [2005] cadenas largas de amilosa pueden acomplejar más con los lípidos y por lo tanto, dan lugar a cristales con alta temperatura de fusión. Pero, la temperatura de fusión, la estabilidad, tamaño de los cristales y el nivel de organización de los complejos amilosa-lípidos incrementan generalmente con la longitud de la cadena de amilosa. No obstante, si la cadena de amilosa es demasiado larga esto conduce al desorden conformacional, dando lugar a imperfecciones en la estructura de cristales. Por otro lado, si son muy cortas pueden afectar la formación de los cristales [Gelders y col., 2004].

Tabla 2. Porcentaje de almidón disponible (AD) y resistente (AR) presente en muestras de almidón de chayotextle, nativo, desramificado, recristalizado y complejos amilosa-lípido.

Muestra	AD (%)		AR (%)	
ANC	62.2	± 2.28	33.5	± 0.28
ADC	79.28	± 0.46	21.37	± 0.39
ADC-24	67.90	± 1.37	32.75	± 0.48
ADCE	88.91	± 0.12	10.56	± 0.48
ADCP	88.41	± 1.94	11.23	± 0.60
ADCE-24	89.23	± 1.04	11.35	± 0.66
ADCP-24	90.27	± 1.26	9.93	± 0.16

ANC= Almidón nativo de chayotextle, ADC= Almidón desramificado de chayotextle, ADC-24= Almidón desramificado de chayotextle y recristalizado, ADCE= Complejo almidón desramificado de chayotextle con ácido esteárico, ADCE-24= Complejo almidón desramificado de chayotextle y recristalizado con ácido esteárico, ADCP= Complejo almidón desramificado de chayotextle con ácido palmítico, ADCP-24= Complejo almidón desramificado de chayotextle y recristalizado con ácido palmítico. Media de 3 réplicas ± desviación estándar

Trabajo a futuro

Se deben realizar análisis para determinar el grado de polimerización de las cadenas lineales de los almidones desramificados o bien realizar cinéticas de desramificación para tratar de obtener un determinado grado de polimerización y ver cuál es el comportamiento de los diferentes grados de polimerización cuando se forman los complejos amilosa-lípidos y determinar la tasa de hidrólisis del almidón.

Conclusiones

Se lograron obtener complejos amilosa-lípido los cuales resultaron térmicamente más estables que el almidón nativo, pero también se observó que el proceso de desramificación y recristalización dieron como resultado muestra con un alto contenido de almidón resistente a diferencia de los complejos amilosa-lípidos que también son considerados como un tipo de almidón resistente.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero otorgado por PROMEP-SEP 2010 (proyecto PROMEP/103.5/10/4407) y CONACYT (Proyecto167500)

Referencias

1. Cai, L.; Yong-Cheng, S.; Lixia, R. and Benjamin, S. H. (2010a) Debranching and crystallization of waxy maize starch in relation to enzyme digestibility, *Carbohydr. Polym.* (81) 385–393.
2. Flores-Farías S. (2004). “Obtención de almidón con tamaño de partícula reducido mediante pulverizado mezclado con alta energía”, Tesis de maestría. Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
3. Flores-Gorosquera, E.; García-Suárez, F. J.; Flores-Huicochea, E.; Núñez-Santiago, M. C.; González-Soto, R. A. and Bello-Pérez, L. A. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón apartir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*); Estudio en planta piloto, *Acta Científica.* (55) 86-90.
4. Gelders, G. G.; Duyck, J. P.; Goesaert, H. and Delcour, J. A. (2005). Enzyme and acid resistance of amylose-lipid complexes differing in amylose chain length, lipid and complexation temperature, *Carbohydr. Polym.* (60) 379 - 389.
5. Gelders, G. G.; Goesaert, H. and Delcour, J. A. (2006). Amyloseelipid complexes as controlled lipid release agents during starch gelatinization and pasting, *Agric. Food Chem.* (54) 1493-1499.
6. González-Soto, R. A.; Mora-Escobedo, R.; Hernández-Sánchez, H.; Sánchez-Rivera, M. and Bello-Pérez, L. A. (2007). The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranched banana starch, *Food Res. Int.* (40) 304–310.
7. Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón y Consejo superior de Investigaciones Científicas. (2006). Difracción con rayos X hurgando en la estructura de las moléculas, (1) 1-7.
8. Lalush, I.; Bar, H.; Zakaria, I.; Eichler, S. and Shimoni, E. (2005). Utilization of amyloseelipid complexes as molecular nanocapsules for conjugated linoleic acid, *Biomacromolecules*, (6) 121-130.
9. Putseys, J.A.; Lamberts, L. and Delcour, J.A. (2010). Amylose-inclusion complexes: Formation, identity and physico-chemical properties, *Cereal Sci.* (51) 238-247.
10. Rivas-González M. (2006). Caracterización fisicoquímica y molecular del almidón de plátano (*musa paradisiaca* L. var. Macho) modificado por métodos químicos, Tesis de Maestría. IPN-CEPROBI. Yautepec, Morelos (México)
11. Tufvesson, F.; Wahlgren, M. and Eliasson, A.C. (2003a). Formation of Amylose-Lipid Complexes and Effects of Temperature Treatment. Part 1. Fatty Acids, *Starch–Stärke*, (55) 61-71.
12. Watcharatewinkul, Y.; Chureerat, P.; Vilai, R. and Dudsadee U. (2009) Pasting properties of a heat-moisture treated canna starch in relation to its structural characteristics, *Carbohydr. Polym.* (75) 505–511.
13. Zabar, S.; Lesmes, U.; Katz, I.; Shimoni, E. and Bianco-Peled, H. (2010). Structural characterization of amylose-long chain fatty acid complexes produced via the acidification method, *Food Hydrocolloids.* (24) 347-357.
14. Zhang, B.; Huang, Q. and Fa-xing, L. X. (2012). Fu Structural characterizations and digestibility of debranched high-amylose maize starch complexed with lauric acid, *Food Hydrocolloids.* (28) 174-181
15. Zhou, Z.; Robards, K.; Helliwell, S. and Blanchard, C. (2007). Effect of the addition of fatty acids on rice starch properties, *Food Res Int.* (40) 209–214.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Efecto del contenido de Ni en la hidrodesulfuración de dibenzotiofeno con catalizadores NiMo/MgO-TiO₂.

*A.E. Cruz Pérez¹, E. Del Ángel Meráz¹, Y. Marmolejo Santillán², D. M. Frías Márquez¹

¹División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km 1, Cunduacán, Tabasco, México.

²Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Cd. Universitaria, Pachuca, Hidalgo, México.

*alidaelizabeth2009@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se sintetizaron catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ para la hidrodesulfuración de dibenzotiofeno, con relaciones molares Ni/(Ni+Mo) de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 y con contenido de MoO₃ de 13% p/p. El soporte MgO-TiO₂ (A_{BET} = 266 m²g⁻¹, pcc= 7.8) se sintetizó por el método sol-gel

Los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ se caracterizaron por medio de Espectroscopía Raman y de Reflectancia Difusa UV-visible, los resultados mostraron que la distribución de las especies de Ni y Mo se mantiene hasta la relación Ni/(Ni+Mo) = 0.3 formando el heteropolioxometalato Ni²⁺_{0.3}/MoO₄²⁻, en el cual la interacción Ni-Mo favorece a la contribución del níquel para la formación de las fases activas NiMoS y por lo tanto la actividad en la HDS de DBT es mejor. En una relación de 0.4, se forma la especie NiMgO, la cual es difícil de sulfurar. De tal manera que el efecto promotor del Ni en la actividad catalítica es despreciable.

Palabras clave: óxido mixto, hidrodesulfuración, dibenzotiofeno, efecto promotor.

Abstract

Dibenzothiophene Hydrodesulfurization NiMo/MgO-TiO₂ catalysts were synthesized with 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 Ni/(Ni+Mo) molar ratios and 13 wt % MoO₃ content. Support MgO-TiO₂ (A_{BET} = 266 m²g⁻¹, pcc = 7.8) was synthesized by sol-gel method.

NiMo/MgO-TiO₂ catalysts were characterized by Raman and UV-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy. Results showed that MgO-TiO₂ with Ni/(Ni+Mo) = 0.3 ratio allowed the formation of Ni²⁺_{0.3}/MoO₄²⁻ heteropolyoxometalate with high Ni-Mo interaction leading to a higher amount of NiMoS active phases, therefore a higher activity is obtained. The specie NiMgO was formed with a molar ratio Ni/(Ni+Mo) = 0.4, these entities are not efficiently sulfide under our work conditions leading to a lower Ni promoter effect and therefore to a lower activity.

Key Words: mixed oxides, hydrodesulfurization, dibenzothiophene, promoter effect.

Introducción

La demanda por combustibles con concentraciones ultra – bajas de azufre genera nuevos retos para la hidrodesulfuración (HDS) del petróleo. Uno de ellos, es la eliminación de las moléculas más refractarias como el dibenzotiofeno (DBT) y sus derivados dialquilados.

El diseño de catalizadores más activos requiere de la comprensión de la distribución de los óxidos precursores y su transformación en las fases activas NiMoS. Durante muchos años el modelo Co – Mo – S, ha sido importante para el desarrollo de catalizadores. El Al₂O₃, que se usa comúnmente como soporte en los catalizadores para hidrotratamiento, tiene la ventaja de que facilita la distribución de las cúmulos aislados de MoS₂ y de las estructuras Co – Mo – S. [Topsoe., 2007]. En los primeros trabajos se demostró que los átomos de Ni ó Co pueden encontrarse en el soporte o como estructuras sulfuradas aisladas. [Topsoe y col.,1983; Wivel y col., 1981] Éstas son inactivas y es importante que durante la preparación y la activación se evite su formación. Una de las ventajas principales de la alúmina es la dispersión de pequeños nanocúmulos estables de MoS₂. Éstos tienen un gran número de sitios que los átomos de Co(Ni) pueden ocupar para formar las estructuras activas Co

– Mo – S (Ni – Mo – S). Por otro lado, además de estabilizar los pequeños nanocúmulos, el soporte también puede interactuar directamente con los cúmulos, y esto puede influir en la actividad intrínseca de los sitios activos en las estructuras Co – Mo – S [Tuxen y col., 2012].

Los compuestos azufrados presentes en las cargas de combustible, se dividen en dos grupos: El primero incluye benzotiofenos con sustituyentes alquilo. El segundo grupo contiene dibenzotiofenos con grupos alquilo como sustituyentes. Los dos grupos están presentes en diferentes tipos de diesel, pero su distribución difiere en cargas de combustible craqueado. El tipo y el volumen de las corrientes que alimentan las cargas de diesel tienen también una fuerte influencia en la concentración de los compuestos azufrados. El combustible inicial contiene 4300 ppm S, esta concentración depende de la actividad del catalizador y en consecuencia de la reactividad de los compuestos azufrados. A fin de alcanzar menos de 100 ppm S, los catalizadores deben eliminar el grupo de compuestos menos reactivo, como el 4,6 dimetildibenzotiofeno (4,6-DMDBT) [Schulz y col., 1999].

Diversos trabajos realizados [Wang y col., 1997; López y col., 1999; Lee y col., 1998] mostraron que la segregación de los óxidos y la sustitución de los cationes son los principales factores que generan las propiedades ácido – básicas. López y col [1999] sintetizaron por medio del método sol –gel óxidos mixtos de MgO – TiO₂ con diferentes concentraciones de MgO y TiO₂. La caracterización fisicoquímica mostró que los óxidos mixtos presentaban una distribución de tamaño de poro bimodal, y que el área superficial mayor se obtenía con la relación molar TiO₂ : MgO (50:50) de 212 m² g⁻¹. Además, el tamaño de poro disminuía al aumentar la concentración de MgO. Con la finalidad de determinar la acidez total de los catalizadores, éstos se evaluaron en la reacción de descomposición de 2-propanol, en donde la selectividad no correspondía a la observada con los óxidos TiO₂ y MgO puros. Por lo que, concluyeron que los responsables de esas diferencias deberían ser los sitios vacantes creados por la sustitución de los iones Mg²⁺ por iones Ti⁴⁺; así como por la interacción entre las diferentes estructuras cristalinas. Lo anterior sugiere que el TiO₂ puede modificarse con la adición del MgO y puede tener efecto sobre la distribución de las especies de Ni y Mo. En trabajos anteriores se reportó que la concentración de 5 % mol de TiO₂ presenta la mejor área superficial para la síntesis de catalizadores para HDS. [Cruz y col., 2007]. En este trabajo se analizan los sistemas NiMo soportados en óxidos mixtos MgO–TiO₂ con 5 % mol de TiO₂ y el efecto que tiene el soporte sobre la distribución de las especies de Ni y Mo y en consecuencia en la hidrosulfuración de moléculas modelo como el dibenzotiofeno y el 4,6-DMDBT.

Metodología.

Síntesis del óxido mixto MgO–TiO₂.

El óxido mixto de MgO–TiO₂ con 5% mol de TiO₂ se preparó por el método sol-gel, a partir de etóxido de magnesio e isopropóxido de titanio de Sigma-Aldrich grado reactivo analítico. Los alcóxidos se disolvieron en metanol e isopropanol de J. T. Baker grado reactivo analítico, respectivamente. Cuando ambas soluciones fueron homogéneas se mezclaron para formar la solución precursora. Posteriormente, la hidrólisis se realizó con agua desionizada hasta la obtención de un gel. El gel obtenido se secó a 120 °C y después se calcinó a 550 °C.

Preparación de los catalizadores NiMo/MgO–TiO₂.

El soporte de MgO–TiO₂ se impregnó por el método de llenado de poro con una solución acuosa de nitrato de níquel hexahidratado Ni(NO₃)₂·6H₂O de J. T. Baker grado reactivo analítico y de heptamolibdato de amonio tetrahidratado (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O de J. T. Baker grado reactivo analítico. El contenido de MoO₃ fue de 13.0% p/p; la relación molar Ni/(Ni+Mo) fue de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y el pH de impregnación se ajustó 9.0.

Caracterización del soporte MgO–TiO₂ y de los catalizadores NiMo/MgO–TiO₂.

Fisisorción de N₂.

La adsorción de N₂ a 77K representa la técnica más usada para determinar el área superficial del catalizador y para caracterizar su textura porosa. La caracterización de los sólidos se realizó con un equipo Micromeritics ASAP 2020. Se pesó aproximadamente 0.1 g del sólido y se desgasificó a 300°C por 4h y P= 30 mmHg.

Potencial - ζ.

La medición del potencial- ζ se realizó en un equipo Malvern Zeta Sizer3000. El coloide se preparó a partir de la disolución del sólido en KOH (0.01 M) con una concentración de 0.05g/L. El pH se ajustó con soluciones de HNO₃ 1:1 y de NH₄OH 1:1.

Difracción de Rayos – X. (DRX)

Para determinar las fases cristalinas de los componentes activos de los compuestos sintetizados, se usó un difractómetro Bruker D5005 equipado con un cátodo de cobre CuK α ($\lambda = 0.1518$ nm), en el dominio del ángulo $2\theta = 5^\circ$ a 70° con una velocidad de 2°min^{-1} .

Espectroscopía Raman.

Los espectros Raman se obtuvieron con un espectrómetro GX Raman FT-IR de Perkin Elmer, equipado con láser Nd:YAG (1064 nm) y detector InGaAs. El barrido de las muestras, se realizó con 50 barridos, con una potencia láser 40-300 mW entre $1200-100\text{ cm}^{-1}$ y con $4-2\text{ cm}^{-1}$ de resolución.

Espectroscopía de Reflectancia Difusa Ultra-Violeta-Visible (EDR-UV-Vis).

Los espectros UV-Vis fueron obtenidos en un espectrómetro Perkin-Elmer Lambda 40 equipado con una esfera de integración Labsphere de 150 mm de diámetro. Como referencia de reflectancia difusa se usó el estándar Spectralón-SRS-99-010 (reflectancia del 99%); los datos de reflectancia son presentados aplicando la función de Kulbelka-Munk.

Evaluación catalítica en la HDS de DBT.

Antes de la evaluación en la reacción de HDS de DBT, los catalizadores se activaron por sulfuración con una corriente gaseosa de 4 L h^{-1} de 10% v/v H₂S/H₂ ambos gases de Infra (99.99% pureza) a $T = 400\text{ }^\circ\text{C}$ ($5\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$) durante 4h. Los catalizadores activos se evaluaron en una micro-planta piloto a 30 bars, $T=300\text{ }^\circ\text{C}$, con un reactor de lecho fijo, en donde se colocaron 0.05 g de catalizador entre dos camas de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. El cual fue alimentado con un flujo de líquido de $0.12\text{ cm}^3\text{ min}^{-1}$ de una solución de 500 ppm de azufre contenido en dibenzotiofeno de Sigma-Aldrich grado reactivo analítico, disuelto en n – heptano de J. T. Baker grado reactivo analítico; y un flujo de gas de $35\text{ cm}^3\text{ min}^{-1}$ de H₂ de Infra (99.99% pureza). El heptano se eligió como disolvente, ya que bajo las condiciones de reacción todos los reactivos se encuentran en fase gaseosa. Los productos de la reacción se analizaron en un cromatógrafo Perkin Elmer AUTOSYSTEM XL equipado con detector de ionización de flama FID y columna capilar ULTRA2 ($L=24\text{ m}$, $D.I = 0.32\text{ mm}$), usando el dodecano como referencia interna. La tabla 1 muestra la nomenclatura que se empleó para identificar a los catalizadores.

Tabla 1. Nomenclatura de los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂.

Catalizador	Ni/(Ni+Mo)	Tratamiento
NiMo-0.1-NC	0.1	Seco a $120\text{ }^\circ\text{C}$
NiMo-0.2-NC	0.2	
NiMo-0.3-NC	0.3	
NiMo-0.4-NC	0.4	
NiMo-0.1-C	0.1	Calcinado a $400\text{ }^\circ\text{C}$
NiMo-0.2-C	0.2	
NiMo-0.3-C	0.3	
NiMo-0.4-C	0.4	

Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos por medio de Fisorción de N₂ y Potencial- ζ , el óxido mixto MgO-TiO₂(95:5) presenta un área superficial de $266\text{ m}^2\text{g}^{-1}$ y un pH neto superficial de 7.8. El óxido mixto fue analizado por Difracción de Rayos – X (DRX). El difractograma del óxido mixto MgO-TiO₂ se muestra en la Figura 1. El sólido presenta en mayor proporción al MgO en la fase periclase, aunque también muestra la presencia de las fases Mg₂TiO₄ en forma de espinela y de TiO₂, estos resultados concuerdan con lo reportado por López y colaboradores [1999].

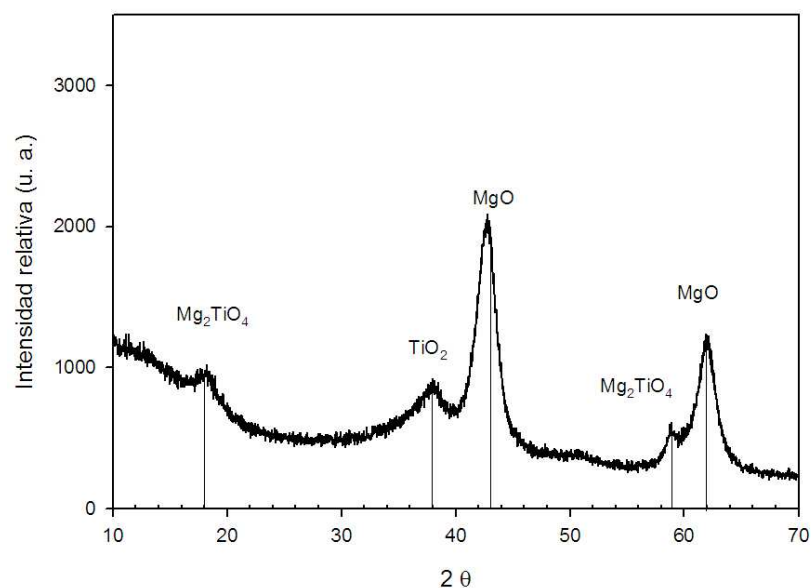


Figura 1. Difractograma del óxido-mixto MgO-TiO₂.

Efecto del contenido de Ni en la distribución de las especies de molibdeno superficiales.

La Figura 2 muestra los espectros Raman de los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ antes y después del proceso de calcinación. La concentración de Ni parece no afectar las especies de Mo, ya que toda la serie de catalizadores antes del proceso de calcinación presenta señales a 908, 867 y 444 cm⁻¹ del MoO₄²⁻ [Gulková y col., 2006]. Sin embargo, disminuyen su intensidad al aumentar el contenido de Ni²⁺, es probable que el Mo se encuentre interactuando con el Ni para formar el enlace Ni – O – Mo, conduciendo a la disminución de los modos de vibración Mo=O. La señal a 1043 cm⁻¹ corresponde a los iones NO₃⁻ provenientes de la solución de impregnación.

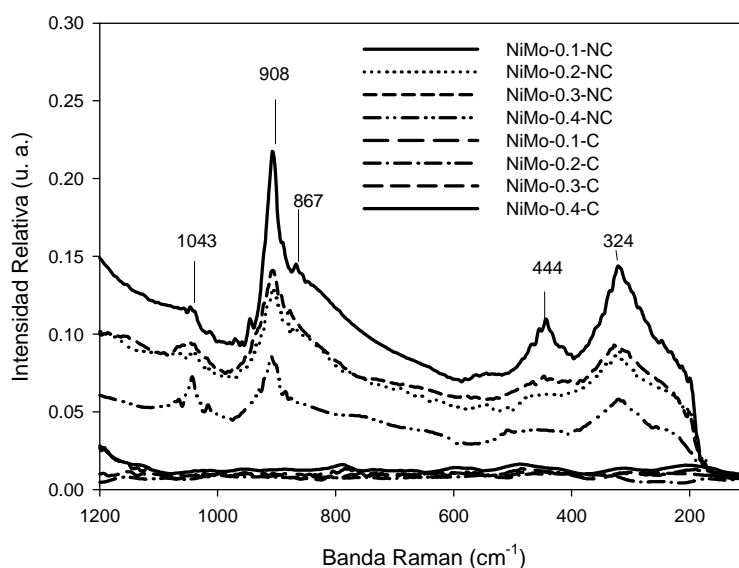


Figura 2. Espectros Raman de los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ secos y calcinados.

Los espectros de los catalizadores calcinados no presentan señales, esto se debe a la que la interacción Ni – Mo no permite observar las vibraciones del MoO_4^{2-} .

Distribución del níquel superficial en función de su concentración.

Los espectros de los catalizadores secos se muestran en la figura 3. Las bandas a 680 y 728 nm demuestran que el soporte MgO-TiO₂ permite la dispersión del níquel en la forma presencia del $\text{Ni}^{2+}_{\text{OH}}$ en toda la serie [Lepetit y col.,1996]. Éstas aumentan de intensidad con el contenido de níquel.

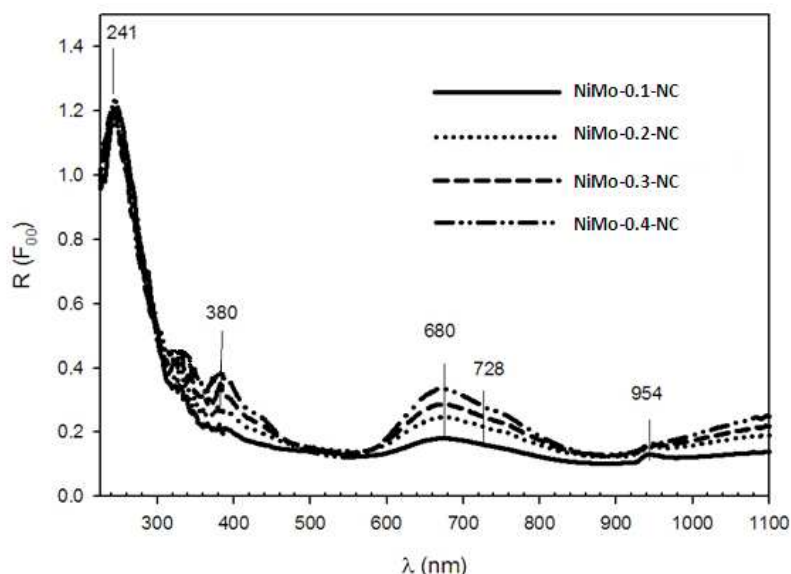


Figura 3. Espectros de Reflectancia Difusa UV-Vis de los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ secos.

La Figura 4 muestra los espectros de RD-UV-visible de los catalizadores calcinados. La presencia de bandas alrededor de 667 y 738 nm indica la presencia de $\text{Ni}^{2+}_{\text{OH}}$ distorsionada. Éstas se intensifican en el catalizador NiMo-0.4-C.

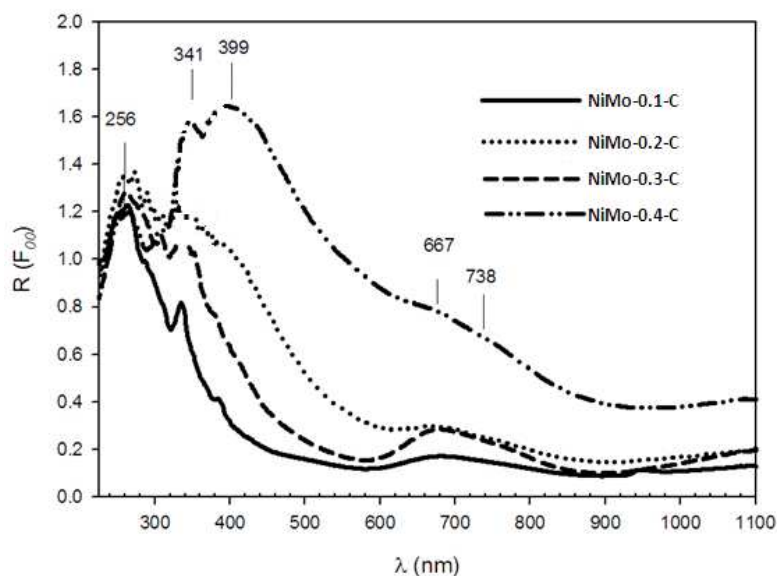


Figura 4. Espectros de Reflectancia Difusa UV-Vis de los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ calcinados.

El efecto de la concentración de Ni se evidencia después de la calcinación, la banda a 399 nm es asignada a la transición electrónica $3A_{2g}(F) \rightarrow 1T_{1g}(G)$ de la especie NiMgO [Mironova y col., 2005]. Esta banda se presenta con mayor intensidad en el catalizador NiMo-0.4-C. Esto indica que la solución sólida se forma con una relación molar de $Ni/(Ni+Mo) = 0.4$. De acuerdo con los resultados obtenidos por Espectroscopía de Reflectancia Difusa UVvisible y Raman. Después del proceso de impregnación, el soporte MgO-TiO₂ permite la dispersión del molibdeno y del níquel en la forma Ni^{2+}_{OH}/MoO_4^{2-} . Sin embargo, después del proceso de calcinación, en el catalizador NiMo-0.4-C se forma la solución sólida NiMgO. Por lo tanto, la interacción Ni-Mo alcanza su máximo con una relación molar $Ni/(Ni+Mo) = 0.3$, cuando ésta es mayor, la interacción Ni-Mg se favorece hasta formar la solución sólida NiMgO. Esto puede afectar al efecto promotor del níquel y en consecuencia, a la actividad catalítica, con la finalidad de evaluarlo, a continuación se discuten los resultados obtenidos en la HDS de DBT.

Efecto del contenido de níquel en la hidrodesulfuración de dibenzotiofeno.

El efecto del contenido de níquel en la actividad en la reacción de HDS de DBT se resume en la Figura 5. La actividad aumenta mientras la relación molar $Ni/(Ni+Mo)$ se aproxima ≈ 0.3 . En donde alcanza su máximo. Pero en la relación molar de 0.4 la actividad disminuye drásticamente hasta ser similar a la actividad del catalizador sin promotor Ni.

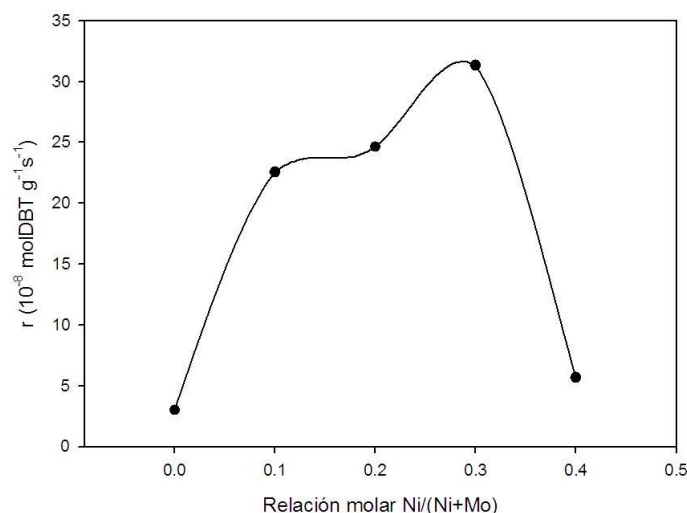


Figura 5. Actividad de los catalizadores calcinados NiMo/MgO-TiO₂ en la reacción de HDS de DBT en función de la relación molar Ni/(Ni+Mo), T=300°C, P=30 atm.

Por lo tanto, la relación molar $Ni/(Ni+Mo)$ óptima para los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ es de 0.3. La interacción Ni-Mo entre las especies Ni^{2+}_{OH}/MoO_4^{2-} llega a su máximo cuando la relación molar $Ni/(Ni+Mo) = 0.3$. Esto favorece a la actividad de los catalizadores en la HDS de DBT. Sin embargo, al aumentar la concentración de níquel, la interacción Ni-Mg se favorece sobre la interacción Ni-Mo, en acuerdo con la disminución del área superficial, se forma la solución sólida NiMgO y esto finalmente resulta en la pérdida de la actividad catalítica. El catalizador con mayor actividad es el NiMo-0.3-C. Los resultados mostraron la siguiente actividad NiMo-0.3-C » NiMo/Al₂O₃ » NiMo-0.2-C » NiMo-0.1-C » NiMo-0.4-C. La relación molar $Ni/(Ni+Mo)$ máxima antes de que decaiga la actividad catalítica se ha reportado ampliamente; sobre γ -Al₂O₃ la relación $Ni/(Ni+Mo)$ es de 0.3 [Zuo y col., 2004], mientras que la relación $Ni/(Ni+W)$ sobre el mismo soporte es de 0.35 [Spojakina y col., 2005]. Ramírez y col., [1998] reportan una relación molar de 0.3 para el sistema NiW/TiO₂-Al₂O₃. En comparación con lo reportado, el soporte MgO-TiO₂ (95:5) tiene menor capacidad para la distribución de las especies superficiales de Ni.

La actividad en la reacción de HDS de DBT se resume en la Tabla 2. El efecto promotor se calculó tomando como referencia la actividad obtenida con el catalizador Mo/MgO-TiO₂ a 300 °C. El efecto promotor del níquel

fue mayor en el catalizador NiMo-0.3-C y el que mostró menor efecto fue el catalizador NiMo-0.4-C. Esto sugiere que el níquel disperso en la forma $\text{Ni}^{2+}_{\text{OH}}/\text{MoO}_4^{2-}$, se encuentra contribuyendo para la formación de la fase activa NiMoS, y por tanto permite que la actividad en la HDS aumente con el contenido de níquel.

Tabla 2. Actividad y efecto promotor de los catalizadores NiMo/MgO-TiO₂ y del industrial NiMo/Al₂O₃ en la HDS de DBT. T=300 °C, P=30 bar.

Catalizador	$r \times 10^{-8}$ mol DBT/s*gcat	$r \times 10^{-21}$ molDBT/s*átomoMo	Efecto promotor rMo/rNiMo	Conversión %
Mo/MgO-TiO ₂	3	5	0	10
NiMo-0.1-C	23	36	8	53
NiMo-0.2-C	25	39	8	58
NiMo-0.3-C	31	50	10	73
NiMo-0.4-C	6	9	3	13
NiMo/Al ₂ O ₃	31	30	--	77

La formación de la fase sólida NiMgO ocasiona que el níquel no sea aprovechado en su totalidad para que se generen las estructuras NiMoS y conduce a que el efecto promotor se pierda casi por completo cuando la relación molar Ni/(Ni+Mo) se aproxima a 0.4. Por otra parte, el catalizador NiMo-0.3-C, el cual fue el más activo de la serie de catalizadores soportados en MgO-TiO₂. Este presenta la mejor actividad por átomo de molibdeno que el industrial NiMo/Al₂O₃. Esto sugiere que el soporte MgO-TiO₂ favorece la interacción Ni-Mo, de tal manera que el efecto promotor del níquel por átomo de molibdeno es mayor que en los soportados en Al₂O₃.

Trabajo a futuro

Se pretende evaluar la actividad del catalizador NiMo/MgO-TiO₂ con contenido de 13 % p/p de MoO₃ y una relación molar de Ni/(Ni+Mo) = 0.3 en la reacción de hidrodesulfuración de 4,6-DMDBT y en cargas reales de diesel.

Conclusiones

Durante la impregnación acuosa, la dispersión de las especies de níquel y molibdeno permaneció en la forma $\text{Ni}^{2+}_{\text{OH}}/\text{MoO}_4^{2-}$ al aumentar el contenido de níquel hasta una relación molar Ni/Ni+Mo de 0.3. Esto indica que después de la calcinación, el soporte MgO-TiO₂ permite la dispersión del níquel en la forma $\text{Ni}^{2+}_{\text{OH}}/\text{MoO}_4^{2-}$, en la cual la interacción Ni-Mo favorece a la contribución del níquel para la formación de las fases activas NiMoS. Esto ocasiona que el efecto promotor en la HDS de DBT aumente con el contenido de níquel hasta la relación molar Ni/(Ni+Mo) = 0.3. En una relación de 0.4, la interacción Ni-Mg se vuelve mayor que la Ni-Mo y forma la solución sólida NiMgO, la cual evita que el níquel sea aprovechado en su totalidad para la formación de las estructuras NiMoS. De tal manera que el efecto promotor es despreciable y su actividad catalítica es similar al catalizador sin Ni. Sin embargo, el soporte MgO-TiO₂ favorece la interacción Ni-Mo en las especies $\text{Ni}^{2+}_{\text{OH}}/\text{MoO}_4^{2-}$, de tal manera que el efecto promotor por átomo de molibdeno es mayor que la del industrial NiMo/Al₂O₃.

Referencias

1. H. Topsoe. (2007). The role of Co-Mo-S structures in hydrotreating catalysis. *App.Catal.* **(322)** 3-8.
2. N. Topsoe, H. Topsoe (1983). Characterization of the structures and active sites in sulfide CoMo/Al₂O₃ and NiMo/Al₂O₃ catalysts by NO chemisorption. *J.Catal.* **(84)** 386-401.
3. C. Wivel, R. Candia, B. S. Clausen S. Morup, H. Topsoe (1981). On the catalytic significance of a CoMoS phase in CoMo/Al₂O₃ hydrodesulfurization catalysts: Combined in-situ Mossbauer emission spectroscopy and activity studies, *J. Catal.* **(2)** 453-463.

4. A. K. Tuxen, H. G. Futchbauer, B. Temel, B. Hinnemann, H. Topsøe, K. G. Knudsen, F. Besenbacher, J. V. Lauritsen (2012). Atomic scale insight into adsorption sterically hindered dibenzothiophenes on MoS₂ and Co-Mo-S hydrotreating catalysts, *J. Catal.* (295) 146-154.
5. H. Schulz, W. Bohringer, P. Waller, F. Ousmanov (1999). Gas oil deep Hydrodesulfurization: refractory compounds and retarded kinetics, *Catal. Today*. (49) 87-97.
6. T. López, J. Hernández, R. Gómez, X. Bokhimi, J. L. Boldú, E. Muñoz, E. Novaro, A. García-Ruiz (1999). Synthesis and characterization of TiO₂-MgO mixed oxides prepared by sol gel method. *Langmuir*. (15) 5689-5693.
7. J. A. Wang, O. Novaro, X. Bokhimi, T. López, R. Gómez, J. Navarrete, M. E. Llanos, E. López-Salinas (1997) Structural Defects and acidic and basic sites in sol-gel MgO.. *J Phys. Chem.* (101) 7448-7451.
8. Y. B. Lee, H. C. Park, K. D. Park, F. Riley (1998) Sintering and microstructure development in the system MgO-TiO₂. *J. Mat. Science*. 33, 4321-4325.
9. D. Gulková, L. Kaluza, Z. Vít, M. Zdražil (2006). Preparation of MoO₃/MgO catalysts with eggshell and uniform MoO₃ distribution by methanol spreading: Effect of MoO₃ dispersion on rate of spreading. *Cat. Comm.*, 7, 276-280.
10. C. Lepetit, M. Che (1996). Discussion on the coordination of Ni²⁺ ions to lattice oxygens in calcined Faujasite – type Zeolites followed by Diffuse Reflectance Spectroscopy. *J. Phys. Chem.* (100) 3137-3143.
11. N. Mironova-Ulmane, V. Skvortsova, A. Kuzmin, U. Ulmanis, I. Sildos, E. Cazzanelli, G. Mariotto (2005). Magnetic ions exchange interactions in NiO-MgO solid solutions. *Phys. Solid State*. (47) 1516-1522.
12. A. E. Cruz Pérez, “Efecto del soporte en la hidrosulfuración de dibenzotiofeno con catalizadores NiMo/MgO-TiO₂” Tesis de licenciatura, (2007) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
13. D. Zuo, M. Vrinat, H. Nie, F. Maugé, Y. Shi, M. Lacroix, D. Li (2004) The formation of the active phases in sulfide NiW/Al₂O₃ catalysts and their evolution during pos-reduction treatment. *Catal. Today*. (93) 751-760.
14. A. Spojakina, R. Palcheva, K. Jiratova, G. Tyuliev, L. Petrov (2005) Synergism between Ni and W in the NiW/γ-Al₂O₃ hydrotreating catalysts. *Catal. Letters*. (104) 45-52.
15. J. Ramírez, A. Gutierrez-Alejandre (1998). Relationship between hydrodesulfurization activity and morphological and structural changes in NiW hydrotreating catalysts supported on Al₂O₃-TiO₂ mixed oxides. *Catal. Today* (43) 123-133.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Identificación de la fase perovskita del BaTiO₃ en recubrimientos sol-gel.

F. J. Martínez-Villanueva^{*1}, F. J. García-Rodríguez¹, O. Gómez-Guzmán² y J. M. Yañez-Limón³.

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Celaya.
Av. Tecnológico s/n, Col. Fovissste, 38010 Celaya, Gto., México.

²Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico s/n, 76000 Querétaro, Qro., México.

³CINVESTAV-IPN Unidad Querétaro. Libramiento Norponiente # 2000,
Fracc. Real de Juriquilla, 76230 Santiago de Querétaro, Qro., México
francisco.garcia@itcelaya.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se prepararon recubrimientos de Titanato de Bario (BaTiO₃) sobre sustratos de vidrio corning y obleas de silicio, así como polvos de este material mediante la técnica sol-gel. El análisis por difracción de rayos X (DRX) muestra que las películas de BaTiO₃ son policristalinas. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y Calorimetría diferencial de barrido (DSC) confirman la presencia de la fase perovskita del BaTiO₃ en los recubrimientos sobre vidrio a una temperatura de sinterización de 900°C y, en muestras sobre silicio se encontró esta fase a 675°C. En las películas BaTiO₃/Si se detectó una fase adicional llamada Fresnoite, como resultado de la interacción entre el sustrato y el material depositado. Finalmente, en las muestras en polvo tratadas térmicamente se detectó la estructura perovskita en su fase tetragonal a partir de los 900°C.

Palabras clave: Sol-gel, BaTiO₃, Recubrimientos, Ferroeléctricos.

Abstract

Powder and barium titanate (BaTiO₃) coatings were prepared on corning glass substrates and silicon wafers by sol-gel. The analysis by X-ray diffraction (XRD) shows that BaTiO₃ coatings are polycrystalline. Scanning electron microscopy (SEM) and DSC analysis confirm the presence of the BaTiO₃ perovskite phase in coatings on glass substrates at sintering temperature of 900°C and, on silicon substrates, it was found to 675°C. BaTiO₃/Si films, it was detected an additional phase, Fresnoite as a result of the interaction between the substrate and the deposited material. Finally, in the powder samples, heat treated was detected in the perovskite phase tetrahedral from 900°C.

Key words: Sol-gel, BaTiO₃, Coatings, Ferroelectric materials.

Introducción

Existen muchas aplicaciones en el campo de los materiales ferroeléctricos, que requieren su preparación en forma de recubrimientos y películas delgadas, desde capacitores cerámicos multicapa hasta dispositivos optoelectrónicos [Araujo et al., 1990]. Un material alternativo para estas aplicaciones es el BaTiO₃, (BTO), debido a sus excelentes propiedades ferroeléctricas [Setter, 2002; 2006]. El BTO tiene una estructura cristalina tipo perovskita (figura 1); i. e., posee un ión que ocupa una posición central no simétrica en su estructura cristalina; tiene la capacidad de generar un potencial eléctrico en respuesta a un esfuerzo mecánico aplicado (efecto piezoeléctrico directo). Este proceso es reversible, i. e., un material que presenta un efecto piezoeléctrico directo; también exhibe un efecto piezoeléctrico inverso, en el cual se produce un esfuerzo mecánico cuando se le aplica un campo eléctrico. Esta característica, hace a este tipo de materiales, cientos de veces más sensibles que materiales no ferroelectricos; poseen una gran capacidad para adaptarse a diferentes tareas o funciones, y, son producidos en grandes cantidades. Se sabe que sus propiedades eléctricas y ópticas

dependen del tamaño de grano, límites de grano, densificación, pureza, entre otros. Por este motivo, las investigaciones en este campo, están encaminadas a la aplicación de diferentes rutas de síntesis y sus variantes. El fenómeno ferroeléctrico fue descubierto en 1921 por Joseph Valasek. La sal de rochelle fue el primer material encontrado con propiedades ferroeléctricas, tales como polarización espontánea al enfriarlo por debajo de su temperatura de Curie, dominios ferroeléctricos y un ciclo de histéresis ferroeléctrico. En 1950, se dio un gran salto en la investigación sobre materiales ferroeléctricos, al generalizar el uso del BTO en condensadores y dispositivos piezoeléctricos (transductores) y desde su aparición, surgieron muchos cerámicos ferroeléctricos, tales como el Niobato de potasio (KNbO_3) en 1949, Titanato de plomo (PbTiO_3) en 1950, el antiferroelectrico Zirconato de plomo (PbZrO_3) en 1951. Hoy en día, existen más de 1000 ferroelectricos conocidos, de todos ellos, el PZT, ha sido objeto de múltiples estudios debido a sus excepcionales propiedades piezoeléctricas, dieléctricas y su elevada temperatura de Curie [Izyumskaya et al., 2007]. Sin embargo, una desventaja del PZT es el alto contenido de Plomo, más del 60% en peso, este contenido crea grandes riesgos durante su procesamiento, al volatilizarse y vertirse en la atmósfera; limita sus aplicaciones (e.g., in vitro) y es potencialmente tóxico durante su disposición final. En los últimos años, las agencias reguladoras en todo el mundo han comenzado a generar restricciones estrictas sobre el uso de plomo, con la excepción de la industria electrónica debido a la falta de un sustituto adecuado para el PZT [Suchanicz et al., 1990; Shung et al., 1996], así que la substitución de compuestos que contengan plomo, por otros sin plomo y que posean propiedades comparables, incluso mejores, están recibiendo mucha atención.

Actualmente, existe un gran interés por la producción de recubrimientos BTO, para aplicaciones en electrónica, por su alta constante dieléctrica, alta polarización remanente y un bajo campo coercitivo, en comparación con las propiedades de los cerámicos en volumen. Sin embargo, aunque se han obtenido muy buenos resultados con el uso de estos recubrimientos Ferroeléctricos, se han presentado problemas que aún siguen tratándose de resolver, como la fatiga, envejecimiento, y malas respuestas Ferroeléctricas; en algunos casos, se atribuyen a diferentes aspectos relacionados con variaciones en la composición química durante su preparación y al estrés en relación con el sustrato sobre el cual se deposita la solución. Se han propuesto una gran variedad de técnicas para la fabricación de películas delgadas, siendo la más popular, la técnica Sol-Gel, debido a su versatilidad y bajo costo [Klein, 1980; Brinker, 1990; Ramírez et al., 2010].

En este trabajo, se determinó una ruta de síntesis para obtener una solución precursora de BTO y fabricar recubrimientos ferroeléctricos por inmersión mediante el proceso sol-gel. Estableciendo los parámetros de síntesis y ruta térmica adecuados para obtener una solución homogénea, transparente y nula sedimentación.

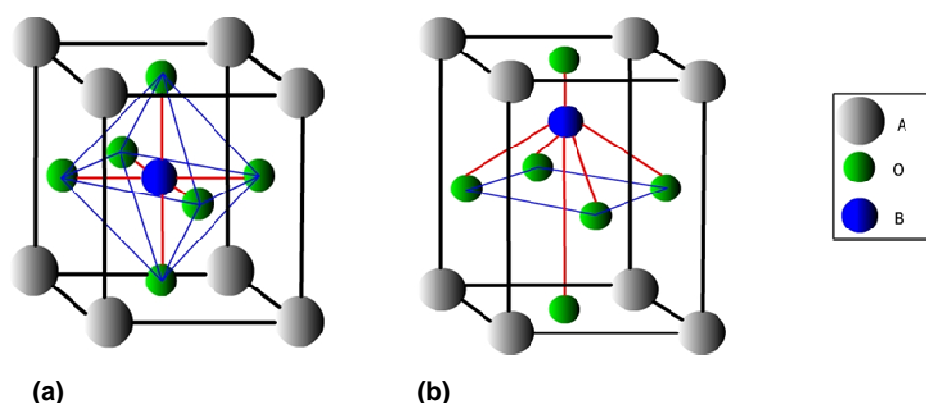


Figura 1. Estructuras perovskita (a) Cúbica y (b) Tetragonal.

Metodología

Productos químicos

Para la síntesis del BaTiO_3 se utilizaron los siguientes reactivos, Acetato de Bario, $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, (MEYER, 99% pureza), Isopropóxido de Titanio IV, $\text{Ti}[\text{OCH}(\text{CH}_3)_2]_4$, (SIGMA-ALDRICH), Ácido acético glacial, CH_3COOH , (FERMONT 99.8% pureza), Alcohol etílico absoluto anhidro, $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]$, (J.T. BAKER, 99.9%) y AguaMilli-Q, 18 M Ω cm, 0.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Equipo experimental

Se utilizó un Difractómetro de Rayos X, Marca RIGAKU, Modelo Ultima IV Tubo de Cobre (Cu), con longitud de onda de 1.5406 Å, Generación de rayos X= 40kV y 30 mA. Microscopio electrónico de barrido, Marca PHILIPS, Modelo XL 30 ESEM con microanálisis EDAX, modelo PV 9760. Calorímetro diferencial de barrido, Marca Mettler Toledo, Modelo DSC822e. Se utilizó un viscosímetro Brookfield modelo DV-I SC4-18/BR; el cual tiene unidades de velocidad de giro en RPM y la viscosidad se da en unidades de $\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$. Las velocidades de giro empleadas fueron de 50 y 100 RPM. Para el tratamiento térmico de las muestras, se utilizó una Mufla marca Felisa-340. Para el estudio de la respuesta piroeléctrica, se utilizó un montaje experimental que consiste de una celda con contactos que contiene la muestra, sobre la muestra se incide radiación modulada de un diodo láser, la modulación de la radiación se realiza con un modulador mecánico de frecuencia variable, la señal generada (V, AC) por la absorción de la radiación y calentamiento periódico de la muestra se detecta mediante un amplificador lock-In en amplitud y fase.

Preparación de muestras

La selección adecuada de los materiales, es una parte importante en la obtención de la solución precursora BTO, estos deben ser capaces de formar un gel de unidades oligoméricas, que permitan la obtención del Titanato de Bario. Los materiales anteriores mezclados, en las cantidades molares apropiadas, y manteniendo una relación Ba/Ti =1 dan origen a una solución precursora estable, la cual es capaz de generar puentes M-O-M fundamentales en la formación de la estructura perovskita del BTO (ver figura 1). El proceso de síntesis para obtener BTO, se llevó a cabo mediante la preparación de dos mezclas [Rosenberger et al., 1992]. En la primera, se disolvieron 0.021 M de $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, usando como solvente una solución acuosa de CH_3COOH , esta solución fue puesta en agitación hasta obtener una mezcla completamente homogénea. La segunda mezcla precursora, se preparó bajo agitación continua y está formada, por una solución homogénea de iones de titanio en CH_3COOH y $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Ambas mezclas se agitaron por una hora, hasta alcanzar completa homogeneidad. Posteriormente, la solución con iones de titanio fue vertida en la solución acetato de bario. La mezcla final se mantuvo bajo agitación a temperatura ambiente, hasta obtener una mezcla completamente homogénea, nula sedimentación con una viscosidad de 3.5 cP y pH de 4, en estas condiciones se retiró la agitación y se obtuvieron las películas. La solución final se dejó reposar por un período de 24 hrs, para posteriormente someterla a un tratamiento térmico que incluye secado, pirolisis, calcinación y sinterización (ver figura 2).

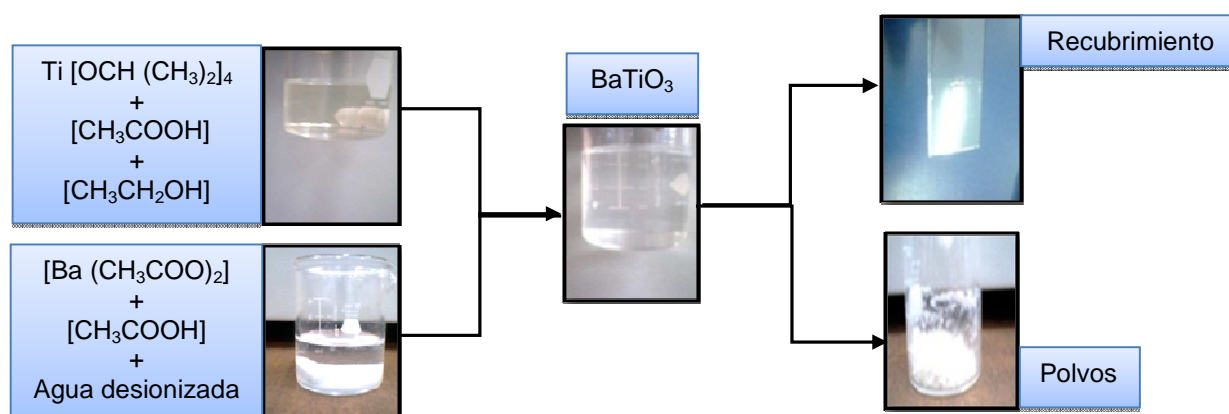


Figura 2. Ruta de síntesis para la obtención de recubrimientos y polvos de BaTiO_3 .

Después de preparar la solución final, se monitoreo el cambio en la viscosidad de la solución con el tiempo, para establecer un rango óptimo de trabajo, antes de que la solución llegue a la gelación. Se determinó una ruta de procesamiento térmico para la obtención de la fase perovskita (ver figura 3a), con las siguientes finalidades: (i) Eliminar el carbón residual, (ii) cambiar la composición química de las películas con el tratamiento térmico, provocando la formación de la fase deseada del BTO, (iii) densificar los recubrimientos y (iv) mejorar la calidad cristalina. Esta etapa es muy importante para obtener en el material las propiedades ferroeléctricas deseadas. La temperatura para obtener películas delgadas de BTO, con la fase perovskita es de 700 °C durante 50 min, de acuerdo a lo reportado en la literatura, y a la cual se han obtenido resultados favorables de una estructura cristalina tetragonal de tipo perovskita [Lima et al., 2001]. En este caso, se determinó que el tiempo de trabajo para obtener recubrimientos de buena calidad es de 8 hrs. A partir de este punto, se obtuvieron películas de BTO por inmersión con una velocidad de extracción de 0.70 mm/s (ver figura 3b).

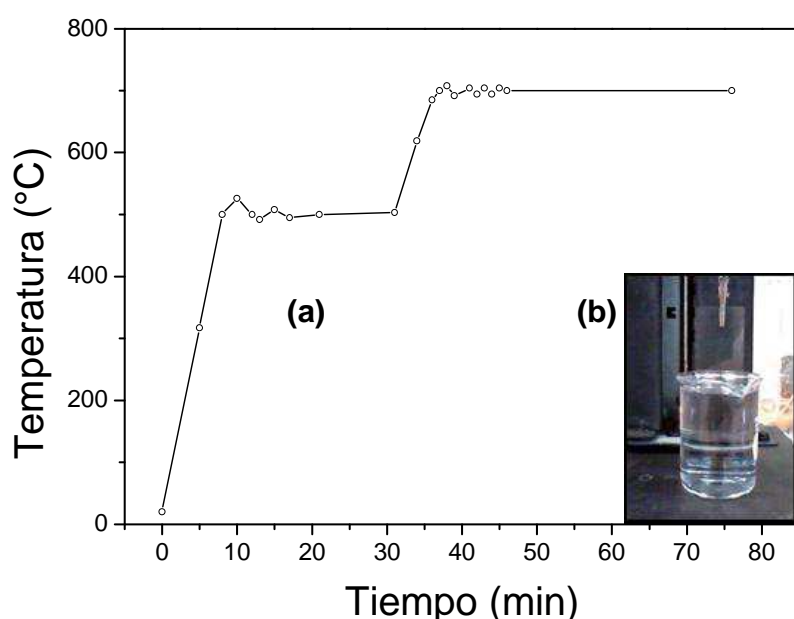


Figura 3. (a) Ruta de tratamiento térmico de una película de BaTiO₃ a 700°C. (b) Imagen de una película de BaTiO₃ recién obtenida por inmersión.

Resultados y discusión

Se analizaron muestras en polvo y recubrimientos sobre sustratos de Vidrio y Si, a diferentes temperaturas de tratamiento térmico. En la figura 4(i), se observan los difractogramas de recubrimientos BTO/Vidrio. Los recubrimientos tratados a temperaturas menores de 800°C no presentan evidencia de la fase titanato de bario 4(i)a. La única señal obtenida en estos difractogramas corresponde al sustrato, siendo una señal característica de un compuesto de silicio en su fase amorfa. La presencia del BTO en su fase tetragonal, fue detectada en los recubrimientos tratados a 900°C (figura 4(i)b), con la presencia de dos picos característicos ubicados en 22.17° y 45.23°. Los índices de Miller correspondientes a estos picos son (100) y (200). Los picos en el difractograma son consistentes con los obtenidos por Wongduan et al. [2001].

En la figura 4(ii), se presentan los difractogramas de recubrimientos BTO/Silicio. En 4(ii)a, los recubrimientos con tratamiento térmico de 675°C, muestran picos característicos de BTO, a pesar de que la muestra fue tratada a una menor temperatura, que en las muestras sobre vidrio. La señal del sustrato no es tan intensa, dejando evidencia de la presencia del titanato de bario, representada por los picos en los ángulos 2θ de 22, 31.5, 38.9, 45.2, 50.9, 56°. Es importante mencionar que a esta temperatura de tratamiento, inicia la cristalización de la estructura BTO sobre sustratos de silicio. Los resultados en 4(ii)b, corresponden a muestras con tratamiento térmico de 700°C, se observa una señal de BTO más intensa que en los recubrimientos con

tratamiento térmico a 675°C (figura 4(ii)a). Además, se identifica una fase no detectada en recubrimientos sobre vidrio, fresnoite ($Ba_2TiSi_2O_8$), ubicada en el ángulo 2θ de 26.5°. Finalmente, en los recubrimientos con tratamiento térmico de 1000°C, 4(ii)c, muestran los picos característicos del BTO, desde el ángulo 2θ de 22.17 hasta el de 83.53°; identificando también la misma fase, fresnoite, su obtención es consistente con los resultados obtenidos por J. Rosenberger [1992]. A diferencia de los sustratos de vidrio, los de silicio, resultaron ser una mejor alternativa para depositar recubrimientos de BTO, en cuanto a su homogeneidad y temperatura de tratamiento. Al incrementar la temperatura de tratamiento en las muestras BTO/Si, se generan picos de difracción mucho más intensos y definidos. La formación de la fase fresnoite encontrada en estas muestras, indica la influencia del sustrato sobre los recubrimientos, esta capacidad de reaccionar del sustrato con el material depositado lo convierte en un material inadecuado para ser utilizado como sustrato. Así, la obtención de una fase única de $BaTiO_3$ tetragonal quedará a expensas del uso de un sustrato, que no reaccione con la solución precursora a temperaturas por arriba de los 900°C. Sin embargo el patrón de difracción correspondiente muestra que en el rango de temperaturas de tratamiento entre 675 y 700°C se obtiene adecuadamente la fase deseada del $BaTiO_3$ con baja presencia de fases secundarias.

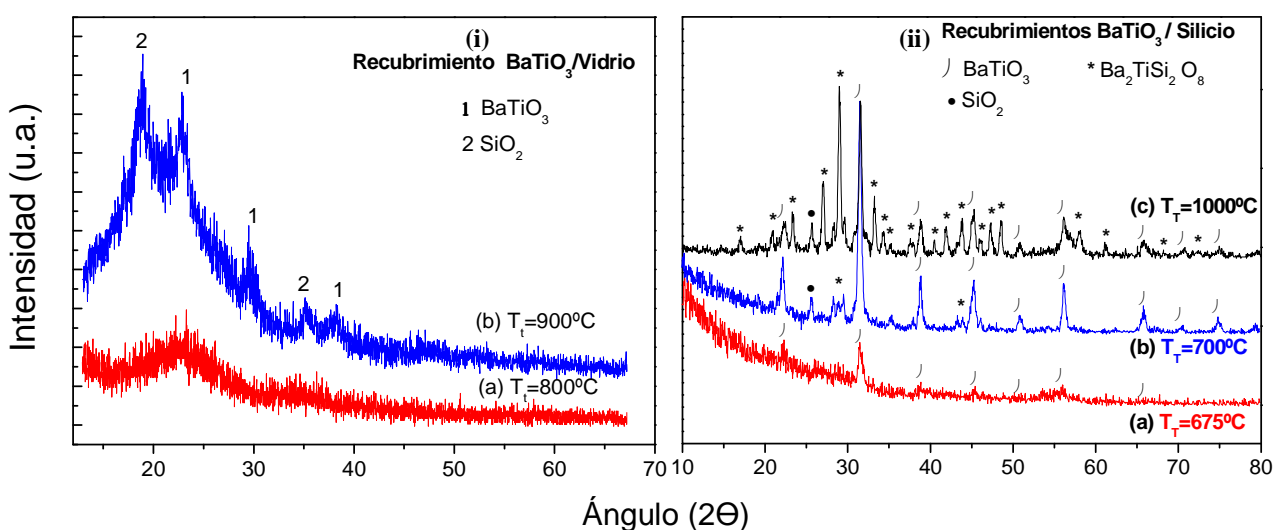


Figura 4. Difractogramas de recubrimientos de BaTiO₃ sobre (i) sustratos de vidrio y (ii) sustratos de silicio.

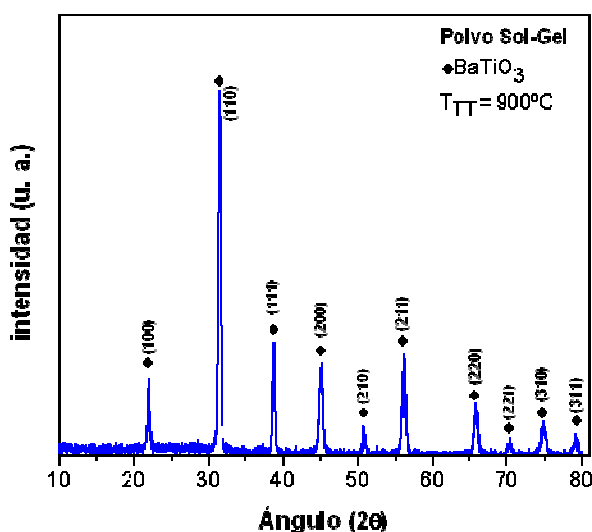


Figura 5. Difractograma para muestras en polvo de BaTiO₃.

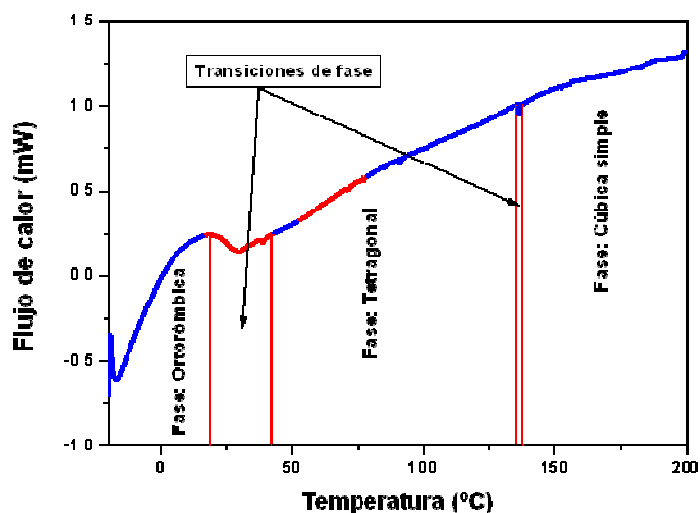


Figura 6. Calorimetría Diferencial de Barrido para muestras en polvo de BaTiO₃.

La fase cristalina adicional (fresnoite) es termodinámicamente estable, su presencia se mantiene durante los diferentes tratamientos a temperaturas más elevadas intensificando su señal en función de la temperatura de tratamiento térmico, hasta que eventualmente esta fase será más evidente que el BaTiO_3 . Es importante señalar que posee una estructura no centrosimétrica que le proporciona propiedades piezoeléctricas, piroeléctricas, además de importantes efectos ópticos no lineales [Schmid et al., 1978; Halliyal et al., 1985]. Sin embargo, aunque este material contiene dipolos eléctricos permanentes no es un material ferroeléctrico ya que sus dipolos no son conmutables, pero sus altos valores de coeficiente piezoeléctrico y de tensión hidrostática le han convertido en un excelente candidato en aplicaciones hidrofónicas y piezoeléctricas [Halliyal et al., 1983]

En la figura 5, se observa el difractograma de la muestra de polvo, obtenido por la ruta sol-gel. El gráfico muestra una correspondencia perfecta entre los ángulos 2Θ del difractograma característico de titanato de bario y la muestra Sol-Gel. También son mostrados los correspondientes índices de Miller, y el pico más representativo del titanato de bario el cual se encuentra en $2\Theta = 31.55^\circ$. Con una correspondencia perfecta entre los ángulos de difracción, se afirma que la muestra caracterizada es consistente con una muestra patrón de titanato de bario. De esta manera, se confirma la síntesis de BaTiO_3 , con estructura perovskita obtenida utilizando la técnica Sol-Gel.

Los análisis DSC (ver figura 6), realizados en muestras en polvo, se utilizan para identificar transiciones inducidas por cambios térmicos, se representan mediante curvas de flujo de calor, capaces de medir la cantidad de calor absorbido o liberado durante las transiciones de fase; en este caso, indican las transformaciones características del titanato de bario: de cúbica a tetragonal y de la tetragonal a la ortorrómbica [Yu et al., 2004]. En ambos casos, las reacciones involucradas corresponden a procesos exotérmicos. Los mejores resultados se presentaron en muestras obtenidas con temperaturas de tratamiento de 1100°C .

En la figura 7, se presenta la respuesta fotopiroeléctrica de muestras BTO, obtenidas de polvos calcinados a 900°C , molidos y nuevamente compactados a una presión de 4.26 MPa 's sinterizados a 1300°C durante 2.5 h. Las muestras se pulieron hasta alcanzar un grosor de $500\ \mu\text{m}$, las cuales se polarizaron con diferentes voltajes. Los resultados muestran un comportamiento típico de la respuesta fotopiroeléctrica, cuya magnitud disminuye conforme aumenta la frecuencia de modulación.

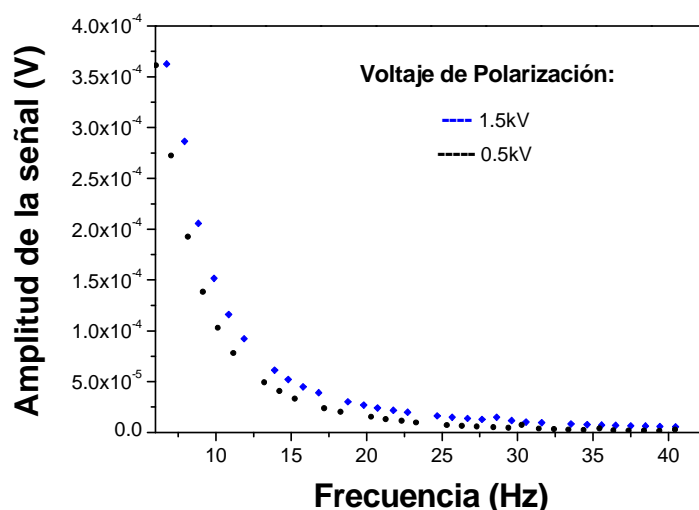


Figura 7. Respuesta foto-piroeléctrica en muestras sinterizadas de BaTiO_3 .

La magnitud de la señal obtenida fue baja, debido a que se utilizó un campo de polarización bajo, así como tiempos pequeños de polarización. Los defectos provocados durante el proceso de compactación y de sinterización, determinaron que las muestras soportarán un voltaje máximo de polarización de 1.5 kV (que corresponde a un campo de 3 kV/mm) durante 5 min. Con la finalidad de aumentar el tiempo de polarización, se redujo el voltaje aplicado a 0.5 kV y se aumentó el tiempo de polarización a 15 min. Sin embargo, la

modificación realizada al proceso de polarización, provoco una respuesta foto-piroeléctrica ligeramente menor. Estos resultados indican que se requiere un mayor control en el proceso de obtención de las pastillas, para incrementar su densificación lo cual permitirá la aplicación de campos de polarización mayores, permitiendo llegar a la saturación en la polarización y por consiguiente mayor sensibilidad en la respuesta foto-piroeléctrica.

Trabajo a futuro

Incrementar la densidad para obtener una constante dieléctrica apropiada, así como mejorar sus propiedades ferroeléctricas. Determinar el espesor de los recubrimientos y su porosidad mediante elipsometría ó mediante el análisis de los espectros de reflexión-transmisión. Estudiar el efecto de reducción del tamaño de grano sobre la constante dieléctrica. Investigar la influencia de diferentes dopantes sobre las propiedades del BaTiO₃. Estudiar la fase fresnoite debido a sus propiedades luminiscentes y ópticas que le confieren posibles aplicaciones. Así como el estudio de curvas de histeresis tanto en material en volumen como en películas delgadas.

Conclusiones

Los resultados indican que los parámetros importantes durante el proceso de síntesis son la viscosidad y pH para obtener una solución homogénea; durante la etapa de deposición son, la velocidad de extracción, secado a temperatura ambiente y rampa de procesamiento térmico. Se identificó que la fase perovskita del BaTiO₃, en los recubrimientos se obtiene entre 675 y 700°C con poca concentración de fases secundarias, y en el material en polvo se obtiene la fase perovskita a 900°C libre de fases secundarias. Así mismo, se determinó que el sustrato de silicio produce una gran influencia en los resultados finales, mediante la identificación de una fase cristalina adicional, Fresnoite, en muestras con tratamientos térmicos mayores a 650°C.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado parcialmente por CONACyT proyecto CB-2007-01-82843. Se presentó como tesis de licenciatura por el C. F.J. Villanueva-Martínez. Los autores desean agradecer al Ing. Rivelino Flores Farias por su asistencia técnica y al CINVESTAV-IPN por las facilidades brindadas en la ejecución experimental de este trabajo.

Referencias

1. Araujo, C.A., McMillan, L.D., Melnick, B.M., Cuchiaro, J.D., Scott, J.F., *Ferroelectric memories*. *Ferroelectrics* 104, 1 (1990) p. 241.
2. Brinker, C. J., and Scherer, G. W., "Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing" Academic Press; 1st. edition (1990).
3. Halliyal, A., Bhalla, A., Markgraf, S.A., Cross, L.A., y Newnham, R.E., *Ferroelectrics*, 50 45 (1983).
4. Halliyal, A., Safari, A., Bhalla, A., y Newnham, R.E., *Ferroelectrics*, 50 45 (1985).
5. Izyumskaya, N., Alivov, Y. I., Cho, S. J., Morkoç, H., Lee, H., Kang, Y. S. *Processing, Structure, Properties, and Applications of PZT Thin Films*. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 32 (2007) p. 111–202.
6. Klein, L. C. y Garvey, G. J., "Cinética de la transición sol-gel" *Diario de Sólidos no Cristalinos*, **38**, (1980) p.45.
7. Lima, K.C.V, Souza, A.G., Ayala, A.P., Mendez, F.J., Freire, P.T.C., Melo, F.E.A., Araújo, E.B., and Eiras, J.A., "Raman study of morphotropic phase boundary in PbZr_{1-x}Ti_xO₃ at low temperatures", *Phys. Rev. B*, **63**, 18, (2001).
8. Ramirez, M. T., Huirache, R., Espinosa, G., y Hernández, G. "Estado del arte del proceso Sol-gel en México" *Redalyc*, Universidad Autónoma del Estado de México; **17**, (2010) p. 183-188.
9. Rosenberger, J., Nass, R., Schmidt, H., "Crystallization behavior of barium titanate thin films" *Proc. Eurogel 91*, (eds) Vilminot, S., Nass, R., Schmidt, H., (1992) p.343.
10. Schimidt, H., Genequand, P., Tippmann, P., Pouilly, G., y Guedu. H. (1978). *J. Mater. Sci.* 13, 2257.
11. Setter, N. *ABC of piezoelectricity and piezoelectric materials*. In *Piezoelectric Materials in Devices*; Setter, N., Ed.; Nava Setter: Lausanne, Switzerland, (2002) p. 518.

12. Setter, N., Damjanovic, D., Eng, L., Fox, G., Gevorgian, S., Hong, S., Kingon, A., Kohlstedt, H., Park, N. Y., Stephenson, G. B., Stolitchnov, I., Taganstev, A. K., Taylor, D. V., Yamada, T., and Streiffer, S., Ferroelectric thin films: Review of materials, properties, and applications, *Journal of Applied Physics* **100** (2006) p. 051606.
13. Suchanicz, J., y Ptak, W.S., On the phase-transition in $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$, *Ferroelectrics Lett. Sect. 12*, (1990) p. 71-78.
14. Shung, K. K. et al. "Ultrasonic transducers and arrays". *IEEE Eng., Med., Biol.*, 15 (6), (1996), p. 20.
15. Wongduan, M., Supon, A., Tawee, T., Prasak, P., y Phanichphanta, S., Effect of calcination temperature on phasetransformation and particle sizeof Barium titanate fine powders synthesized by the catecholate process. *Science Asia* (2001) 27:239-243.
16. Yu, J., Chu, J. Nanocrystalline Barium Titanate. *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*. Edited by H. S. Nalwa. ISBN: 1-58883-062-4. American Scientific Publishers (2004) 6: 389–416.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Efecto del contenido de amilosa en soluciones filmogénicas adicionadas con montmorillonita: su estudio reológico.

C. Romero-Bastida^{1,2}, G. Méndez-Montealvo¹, G. Velazquez¹

¹ Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Cerro Blanco No. 141. Col. Colinas del Cimatarío. C.P. 76090, Santiago de Querétaro, Querétaro, México

² Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Km 8.5, Carretera Yautepec-Jojutla, Colonia San Isidro, apartado postal 24.62731, Yautepec, Morelos, México.

* cbastida@ipn.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se analizó el comportamiento de las soluciones filmogénicas de almidón con diferente contenido de amilosa y de montmorillonita, fijando la concentración de glicerol. Se utilizaron dos procesos modificando el orden de adición de los componentes. Al medir las curvas de flujo se encontró un comportamiento no-newtoniano de tipo reofludizante. Existe una diferencia de acuerdo al tipo de almidón empleado: el normal presentó un mayor valor de viscosidad y el alto en amilosa el menor valor. La presencia de montmorillonita no favoreció la misma tendencia con respecto al proceso utilizado. En las pruebas de cedencia se encontró que las matrices obtenidas por el proceso 2, presentaron mayores deformaciones, lo cual indica que son más flexibles y las del proceso 1 son más rígidas. Lo anterior indica que hay un efecto competitivo entre la montmorillonita y el glicerol, lo que repercutirá en las propiedades de la película a formar.

Palabras clave: amilosa, montmorillonita, viscosidad, deformación.

Abstract

In this work the behavior of filmogenic starch solutions with different amylose content and montmorillonite, with constant glycerol concentration where analyzed. Two procedures were used modifying the order of addition of components. In flow curves a non-newtonian behavior of reofluidizant type was found. There exist differences on the type of starch employed: normal present grater viscosity and high amylose the least. Samples with montmorillonite did not show the same difference with the procedure employed. In creep recovery it was found that matrixes obtained by the second procedure have greater deformations, which imply that are more flexible and those in procedure one are more rigid. This indicates that there is a competitive effect between montmorillonite and glycerol which will affect the properties of the film to be formed.

Introducción

Existe un gran interés en disminuir el uso de materiales sintéticos para la conservación de alimentos debido a su escasa biodegradabilidad, lo que está causando acumulación y problemas ambientales. Por lo anterior se han empleado materias primas provenientes de la naturaleza para elaborar materiales que puedan servir para proteger el alimento sin que causen daño al ambiente. Una de estas materias primas es el almidón debido a que es abundante, proviene del ambiente y es económico. Las películas elaboradas a partir de este material proporcionan buenas propiedades mecánicas y de barrera aunque es necesario incluir un plastificante, como el glicerol, para aumentar su flexibilidad. Sin embargo son sensibles a la humedad relativa del ambiente, lo que ocasiona que sus propiedades disminuyan. Por lo anterior se han realizado algunas investigaciones para contrarrestar este efecto como por ejemplo: mezclarlo con sustancias hidrofóbicas para aumentar la resistencia a la humedad ambiental, sin embargo esto puede ir en contra de su apariencia ya que produce películas opacas. Otra forma de mejorar sus propiedades es incorporarle un material de refuerzo como la montmorillonita, la cual ha resultado en un aumento de las propiedades mecánicas y de barrera (Wilhelm, et al. 2003). Estas películas

han sido producidas por numerosas formas y el método de vertido en placa ha sido empleado comúnmente en la etapa de investigación y desarrollo (Kampeerapappun et al. 2007). Las propiedades de las películas son determinadas en gran medida por la composición de la solución formadora de ésta. Sin embargo Padley & Singh (2005) encontraron que además de lo anterior, la secuencia de mezclado puede también afectar las propiedades de las películas obtenidas. Es por esto que el estudio de las propiedades reológicas puede dar una idea de las interacciones que existe entre el almidón, la montmorillonita y el glicerol que den como resultado diferencias en las soluciones formadoras de películas.

Metodología

Materiales

Para la elaboración de la solución filmogénica se empleó almidón de maíz con diferente contenido de amilosa (Hylon VII con 70%, Hylon V con 50% y normal con 30% marca National Starch); glicerol anhidro (Sigma-Aldrich, G7757) y montmorillonita de sodio (Sigma-Aldrich, 682659)

Preparación de las muestras

Las soluciones filmogénicas se prepararon mediante la técnica de vertido en placa con dos procedimientos, los cuales consistían en la diferencia en el orden de agregación de los componentes: Proceso 1, la solución se preparó utilizando 4 g almidón de maíz con diferentes porcentajes de amilosa, se mezclaron con glicerol al 50% del peso del almidón, se gelatinizó en una olla de presión (marca Presto) a 121°C por 20 min para los almidones altos en amilosa (Hylon V y VII) y en una parrilla termoagitadora (marca Termolyne) para el almidón normal a 90°C. A continuación se agregó la montmorillonita que fue sometida a un proceso de sonicación por una hora. Se continuó la agitación por 10 minutos más a 80 °C y se midió en el reómetro.

En el proceso 2, se gelatinizó el almidón como en el procedimiento anterior pero sin la adición del glicerol. A continuación se agregó la montmorillonita sometida al proceso de sonicación y por último se agregó el glicerol.

Mediciones reológicas

Para estudiar las propiedades reológicas de las soluciones se utilizó un reómetro marca Anton Paar, modelo Physica MCR 101, utilizando una geometría plato-plato con un tamaño de 20 mm, y empleando una distancia entre platos de 1mm.

A partir de los ensayos rotacionales se obtuvieron las curvas de flujo, se utilizó una velocidad de cizalla de 50 s^{-1} , con una rampa de enfriamiento de 60 a 25 °C a una velocidad de enfriamiento de 2.5 °C/min. Se hicieron dos ciclos de medición uno ascendente y otro descendente de 0.03 a 100 s^{-1} . Se utilizó aceite mineral para evitar pérdidas de humedad de la muestra debida a la temperatura durante la medición.

Para las pruebas de cedencia-recuperación (creep-recovery), la muestra preparada bajo los procesos mencionados se colocaron en cajas Petri y se realizaron las mediciones al tiempo 0, 24 y 48 h, para ello se tomó la muestra con una espátula se colocó entre las placas paralelas, se le permitió tener una distancia de 1 mm, se aplicó un esfuerzo constante de 5 Pa por 4 min, liberando la misma y se monitoreo la deformación resultante por otros 4 min, graficando la deformación en función de tiempo. Se utilizó aceite mineral para evitar pérdidas de humedad de la muestra debida a la temperatura durante la medición.

Resultados y discusión

Las propiedades de las películas en gran medida, son determinadas por la composición de la solución formadora, y por la secuencia en la cual se adicionan los compuestos, lo cual se prueba a través de estas mediciones reológicas que se presentan, esto se debe a la conformación del sistema de redes, las cuales van a repercutir en las propiedades de las películas empleadas.

Mediciones reológicas. Curvas de flujo

El efecto de la preparación de almidón, glicerol y montmorillonita (MMT) se puede apreciar en los siguientes gráficos, en los cuales se muestra el comportamiento de la viscosidad en función de la velocidad de cizalla, para las muestras obtenidas con los dos procesos (1 y 2), las muestras presentan un comportamiento no-Newtoniano, del tipo reofluidizante, debido a que la viscosidad disminuye al incrementar la velocidad de cizalla, una

diferencia sustancial se aprecia de acuerdo al tipo de almidón empleado, el almidón normal con 30 % amilosa, presentó mayor tendencia en los valores de viscosidad, y los menores fueron para el almidón alto en amilosa (70%), quedando intermedio el de 50 % amilosa.

En la figura 1a se presentan las muestras filmogénicas preparadas con el proceso 1, y en la figura 1b, las preparadas con el proceso 2. La cantidad de MMT y la cantidad de glicerol para esta prueba muestra una influencia, no sustancialmente diferente pero si apreciable, y ésto se debe a que la determinación se realizó inmediatamente después de alcanzar los 25°C, tiempo en el cual a la amilosa no se le ha dado tiempo de reorganizarse, y conformar la matriz que favorezca la oclusión de la MMT y a la interacción con el glicerol, así que la resistencia a fluir está siendo predominantemente debida a los gránulos hinchados que van a presentar interacción a nivel granular.

Comparando la figura 1a contra 1b, se aprecia que las muestras no presentaron la misma tendencia, proponiendo un efecto competitivo entre la MMT y el glicerol, para las muestras con 30% y 70 % de amilosa, los patrones difieren de acuerdo al proceso de preparación empleado, el que tiene menor repercusión es para 50 % de amilosa. La presencia de amilosa lixiviada, los gránulos hinchados y el porcentaje de MMT muestran un efecto sobre los valores de viscosidad, para este estudio el porcentaje de glicerol fue la misma proporción para todas las muestras.

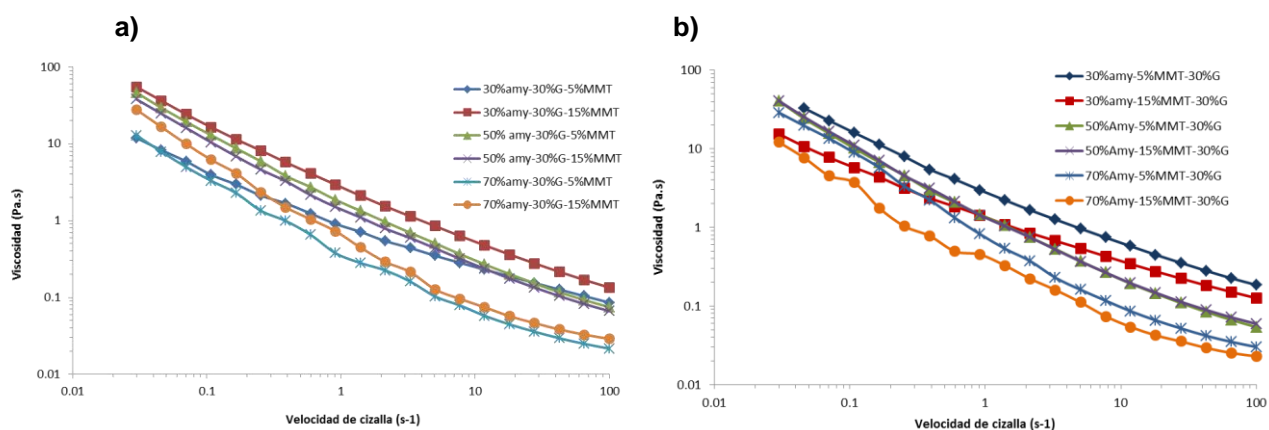


Figura 1. Perfil de viscosidad contra velocidad de cizalla de las muestras filmogénicas preparadas mediante a) proceso 1 (almidón, glicerol, MMT), proceso 2 (almidón, MMT, glicerol).

En la figura 2 se presentan todas las muestras estudiadas (proceso 1 y 2), en la cual se aprecia que las muestras no se sobrepone, mostrando que la forma de adición de los materiales provoca cambios en los perfiles de viscosidad. Entender y poder explicar la forma en que estos materiales interaccionan y así permitir la conformación de la matriz que formará la película es un punto de interés de estudio. Por ello, en esta investigación se presentan a continuación los perfiles obtenidos en las pruebas de cedencia-recuperación.

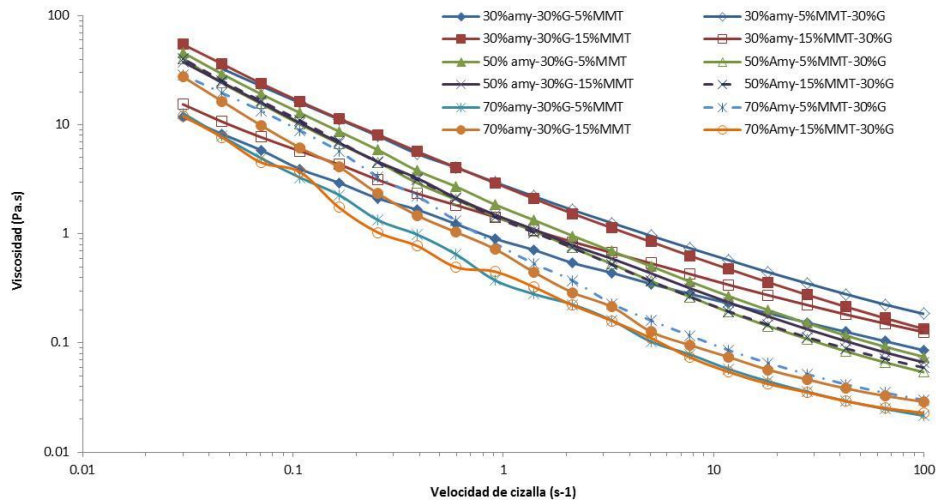


Figura 2. Comparativo de los perfiles de viscosidad contra velocidad de cizalla de las muestras filmogénicas preparadas tanto por el proceso 1 como 2.

Prueba de cedencia-recuperación (creep-recovery)

Las propiedades viscoelásticas son indicadores importantes que permiten predecir la deformación en función del tiempo de las sustancias poliméricas o en las películas, cuando éstas son expuestas a condiciones ambientales como calor y esfuerzo/deformación. Las propiedades reológicas como en las pruebas de cedencia-recuperación pueden ser afectadas por la composición de las sustancias poliméricas, pero asimismo por la forma de adición de los mismos.

La prueba de cedencia (pruebas de creep) es realizada bajo un esfuerzo constante, es una prueba transitoria estable en la cual un esfuerzo conocido (τ_0) es aplicado a un material y se mide la deformación resultante con respecto al tiempo (γ_t). El tiempo empleado es equivalente a bajas frecuencias (Rayment et al., 1998). La tendencia de la formación obtenida se contempla como en el diagrama típico de las curvas de cedencia-recuperación como lo reporta Jiménez-Avalos et al., (2005).

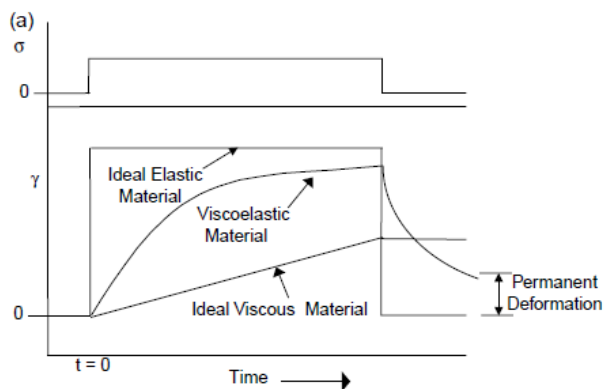


Diagrama típico de las curvas de cedencia-recuperación (Tomado de Jiménez-Avalos et al., 2005)

Las pruebas previas realizadas mostraron que pueden obtenerse datos confiables a valores de esfuerzo menores a 6 Pa, y en tiempos menores a 600 s. En la figura 3a se muestran las tendencias obtenidas de las soluciones filmogénicas obtenidas por el proceso 1 y en la figura 3b las obtenidas por el proceso 2 después de 48 h de conformación de la matriz. Las muestras se analizaron a las 0, 24 y 48 h posteriores a realizar preparación de las soluciones, en este trabajo se muestran los resultados obtenidos a las 48 h, en el cual se considera que el nivel de retrogradación-reorganización de los componentes presentes está más definido.

Todas las soluciones presentan una respuesta de material viscoelástico, y al comparar ambos gráficos se observa que el proceso 2 permite que las matrices presenten mayores deformaciones así como su deformación permanente. Los perfiles obtenidos para las soluciones preparadas por el proceso 1, muestra que se conforman matrices menos relajadas, más compactas.

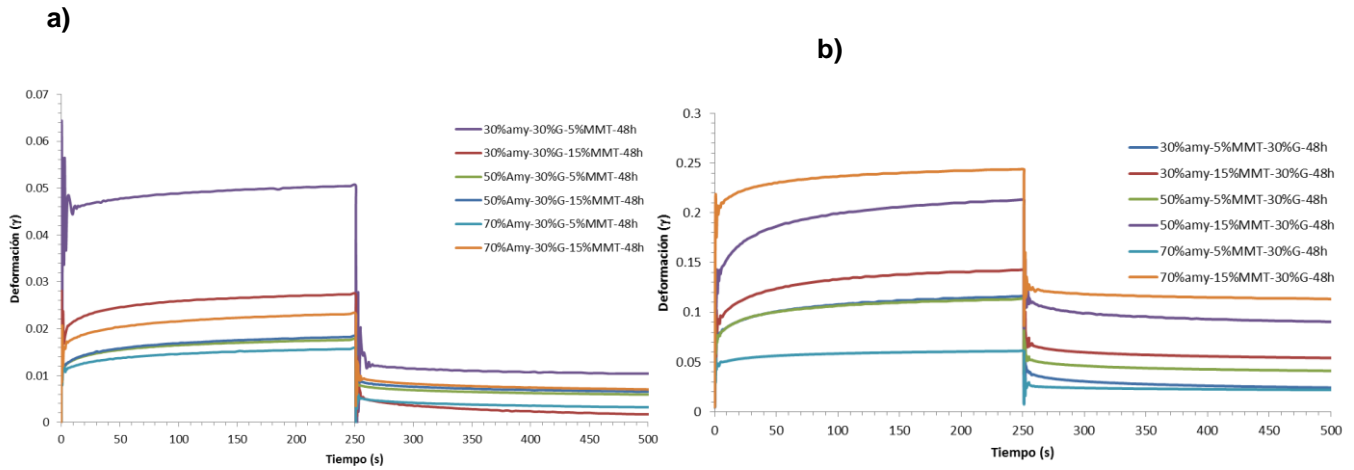


Figura 3. Perfil de cedencia-recuperación contra tiempo de las soluciones filmogénicas preparadas empleando a) proceso 1, b) proceso 2, después de 48 h de almacenamiento a temperatura ambiente.

En la figura 4, se realizó la comparación de todas las soluciones, en la cual se aprecia como las matrices obtenidas por el proceso 2 presentaron mayores deformaciones, dentro de este grupo de muestras, la que presentó menor capacidad de deformación fue para 70% de amilosa, 5% MMT y 30% de glicerol, la cual pudiese compararse con la de mayor deformación para los perfiles obtenidos cuando se prepararon con el proceso 1.

La forma en la cual los perfiles son obtenidos marcan una relevancia en la cual se realiza la adición de los componentes, la MMT y el glicerol pueden ofrecer un efecto competitivo por la amilosa, y para tener matrices más flexibles es importante adicionar MMT primero que el glicerol, además que un porcentaje mayor de MMT provocó mayores valores de deformación, siendo más deformable la matriz conformada con 70 % amilosa, posteriormente 50 % de amilosa, seguido de 30 % de amilosa. Correlacionar estas tendencias con las características de las películas es el paso a seguir, para poder explicar la forma en la que la MMT queda ocluida dentro de la matriz de amilosa, es algo que se buscará explicar posteriormente.

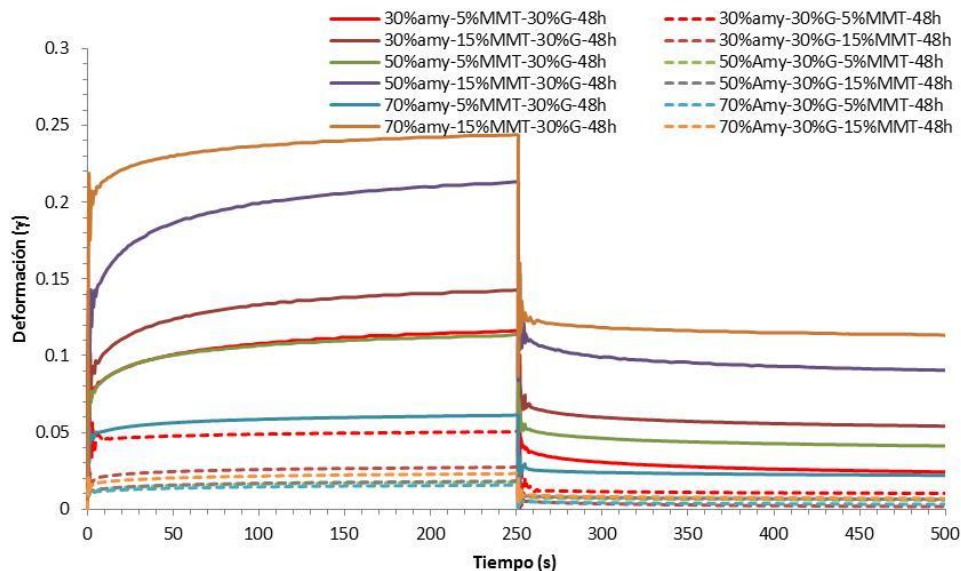


Figura 4. Perfil de cedencia-recuperación contra tiempo de las soluciones filmogénicas preparadas empleando los procesos 1 (línea punteada) y 2 (línea continua) después de 48 h de almacenamiento a temperatura ambiente.

Trabajo a futuro

Se tiene contemplado complementar el trabajo reológico realizando mediciones oscilatorias para estudiar las tendencias que presentan los módulos tanto de almacenamiento como el de pérdida en función de la conformación de la red tridimensional, y establecer la importancia de la amilosa así como de la presencia de montmorillonita para favorecer a la formación de películas, asimismo se correlacionarán estas tendencias y valores obtenidos con las propiedades de las películas elaboradas como las mecánicas.

Conclusiones

La adición de la MMT y el glicerol al almidón da una influencia en los perfiles de pruebas reológicas de cedencia-recuperación, adicionalmente a la cantidad de amilosa presente. El mayor contenido de amilosa en conjunto con la interacción de la MMT primero y posteriormente la adición del glicerol permitirá tener matrices más flexibles, capaces de presentar mayores deformaciones. Si en cambio se pone al almidón primero en contacto con el glicerol y posteriormente con MMT, forma matrices menos flexibles y más rígidas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo proporcionado por la SIP-IPN, COFAA-IPN y EDI-IPN, así como al Dr. Eduardo Morales por las facilidades dadas para emplear el reómetro.

Referencias

1. Jiménez-Avalos, H.A.; Ramos-Ramírez, E. G.; Salazar-Montoya, J. A. (2005). Viscoelastic characterization of gum arabic and maie starch mixture using Maxwell model. *Carbohydrate Polymers* **(62)** 11-18.
2. Kampeerappun, P. Aht-ong, D. Pentrakoon, D. & Srikulkit, K. (2007). Preparation of cassava starch/montmorillonita composite films. *Carbohydrate Polymers*, 67, 155-163.
3. Padley, J. K & Singh, R. P. (2005). Green Nanocomposites from renewable resources: Effect of plasticizer on the structure and material properties of clay-filled starch. *Starch/Starkë*, 57, 8-15.

4. Rayment, P.; Ross-Murphy, S.B.; Ellis, P.R. (1998). Rheological properties of guar galactomannan and rice starch mixtures. II. Creep measurements. Carbohydrate Polymers **(35)** 55-63.
5. Wilhelm, H. M. Sieraokwski, M. R., Souza, G. P., Wypych, F. (2003). Starch-films reinforced with mineral clay. Carbohydrate Polymers, 52, 101-110.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Estabilización de lodos residuales generados en una planta avícola a través del proceso de compostaje.

J. M. Méndez Contreras¹, M. E. García Reyes¹ J. Tablas Ortiz¹,

¹ Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Instituto Tecnológico No. 852, Col Emiliano. Zapata, C.P. 94300. Orizaba, Veracruz, Tel. (272) 72-4-40-96

jmendezc@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo, se trataron los lodos residuales de una planta avícola para estudiar su estabilización por medio del compostaje. Se utilizaron materiales de abultamiento y de enmienda para mejor degradación, se elaboró 1 pila de compostaje y su réplica, compuestas de lodos residuales, hojas secas y cortes de pastos y de acuerdo a su caracterización se cumplió la relación C:N de 25:1. Los parámetros de control durante el proceso fueron temperatura, pH, temperatura, humedad, ST, STV, relación C:N, *Coliformes fecales* y *Salmonella spp.* Los resultados muestran que el proceso de degradación microbiana aeróbico de residuos ricos en materia orgánica, efectuado por distintas poblaciones de microorganismos generó un biosólido Clase A en la pila 1 y su réplica de acuerdo con los parámetros fisicoquímicos, sin embargo, según los parámetros microbiológicos de la NOM-004-SEMARNAT-2002 muestran que se obtiene un biosólido Clase C en la réplica.

Palabras clave: estabilización, lodo residual, compostaje, biosólido.

Abstract

In this paper, treated wastewater sludge in a poultry plant to study its stabilization by composting. Bulking materials were used and better degradation amendment was drafted one compost pile and its replica, made of sewage sludge, leaves and grass courts and according to properties fulfilled the C: N ratio of 25:1. The control parameters for the process were temperature, pH, temperature, humidity, TS, VTS, C:N ratio, fecal coliforms and *Salmonella spp.* The results show that the process of aerobic microbial degradation of organic rich waste, effected by different microorganism populations Class A biosolids generated in the pile 1 and its replica according to the physicochemical parameters, however, according to microbiological parameters NOM-004-SEMARNAT-2002 show that you get a Class C biosolid replication.

Introducción

En el año 2012 en México se obtuvo una producción media de 3201 ton/día de lodos de plantas de tratamientos de aguas residuales municipales [SEMARNAT 2012]. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, establece que las ciudades con una población mayor a 50000 habitantes deben tratar sus aguas, situación por la cual se tratarían cerca de 158 m³/s de aguas residuales generando en el país aproximadamente 0.13 kg ST/m³, es decir, cerca de 640000 toneladas ST/año.

En los lodos se concentra una gran cantidad de microorganismos como bacterias, además de actinomicetos, virus, helmintos, protozoarios, rotíferos, hongos; los cuales son parásitos y patógenos para el hombre, [Girovich, 1996]. Los lodos son sometidos a diversos tratamientos para su aprovechamiento o depósito final [Luna y col., 2002].

Los lodos residuales, cuando no contienen sustancias tóxicas, pueden ser compostados y ser usados para mejorar la calidad de los suelos y estimular a la población microbiana para que promueva la degradación de contaminantes orgánicos, ya que son ricos en materia orgánica, macro y micro nutrientes [Martínez y col., 2011].

La estabilización del lodo se lleva a cabo para reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables, e inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción. Entre las

tecnologías disponibles para ello se encuentra el compostaje, el cual es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación y humedad controladas, transforma los residuos orgánicos en un producto estable e higienizado, utilizable como abono, sustrato o enmienda de suelos.

Este proyecto tuvo por finalidad estudiar la estabilización de lodo biológico proveniente de una planta avícola ubicada en la región de Orizaba Veracruz, mediante compostaje aeróbico, evaluando temperatura, pH, sólidos totales volátiles, sólidos totales fijos, humedad, nitrógeno total, carbono orgánico, *Salmonella spp* y *Coliformes fecales*.

Metodología

Muestreo del lodo

El lodo utilizado se obtuvo del tratamiento fisicoquímico de aguas residuales de una industria de aves ubicada en la región de Orizaba Veracruz. Las muestras se obtuvieron del tanque espesador de lodos que capta el efluente de tanques clarificadores – sedimentadores de aguas provenientes de la división rastro de aves. La planta opera actualmente tratando 10 L/s; el agua residual se considera como agroindustrial y se presume que por su origen, contiene concentraciones elevadas de microorganismos patógenos.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de lodos

La caracterización fisicoquímica y microbiológica se realizó conforme a las técnicas establecidas en la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 y en la NOM-021-RECNAT-2000. Los parámetros de caracterización del lodo fueron pH, sólidos totales volátiles (STV), sólidos totales fijos (STF), humedad, densidad, carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (NT) y los metales pesados como arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc los cuales ocasionan un grave riesgo para la salud humana por ser no biodegradables y además bioacumulables.

Recolección y caracterización de cortes de pastos y hojas.

El Instituto Tecnológico de Orizaba cuenta con una gran cantidad de áreas verdes, a las cuales se les da mantenimiento de manera recurrente, los jardineros tienen un lugar donde depositan los residuos de la poda en forma de montículos a los que no se les da seguimiento, ni se les aplica parámetros de control; es por eso que se consideraron para la elaboración de las pilas de composta, con el fin de aprovechar estos residuos. Dichos materiales orgánicos se le determinaron humedad, carbono orgánico y nitrógeno total para así poder realizar el cálculo de la relación C:N de 25:1 entre el lodo, cortes de pastos y hojas secas.

Diseño y construcción de pilas de compostaje

Una vez realizada la caracterización inicial de las materias primas se procedió a preparar mezclas para dar inicio al proceso de compostaje, para ello se realizó un balance de masa previo entre los distintos componentes para lograr una relación C/N de 25:1. Se construyó una pila con su respectiva replica, el material utilizado como portador de carbono fueron las hojas secas de árboles y como portadores de nitrógeno se utilizó el lodo residual y los cortes de pastos. Para obtener la relación mencionada se utilizó la siguiente ecuación propuesta por [Tcnobanoglous y col., 1993]

$$\frac{C}{N} = \frac{C \text{ en un Kg de lodo crudo} + x(C \text{ en un Kg de hojas secas})}{N \text{ en un Kg de lodo crudo} + x(N \text{ en un Kg de hojas secas})}$$

Manejo y operación del proceso de compostaje

El proceso de compostaje es un proceso aerobio, es decir, necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos, por lo tanto la aireación es un factor importante en el proceso de compostaje ya que el oxígeno es esencial para el metabolismo y la respiración de los microorganismos que participan en él. El volteo se realizó manualmente con una pala rectangular dos veces por semana.

VARIABLES ANALIZADAS

Para evaluar la eficiencia del compostaje se tomaron muestras en cada una de las etapas del proceso, analizando parámetros como pH, temperatura, humedad, ST, STV, relación C:N, análisis de *coliformes fecales* y *salmonella spp.* mostrados en la Tabla 1, cada parámetro se analizó por duplicado.

Tabla 1. Parámetros analizados en el proceso de compostaje.

Físicos	Método
pH	Potenciométrico / NOM-021-RECNAT-2000
Temperatura	Termopar
Sólidos Totales	2540 B Standard Methods(SM)
Sólidos Totales Volátiles	2540 E SM
% Humedad	Método AS-05 NOM-021-RECNAT-2000
Químicos	Método
Carbono orgánico	WALKLEY & BLACK
Nitrógeno total	4500 - Norg B SM
Microbiológicos	Método
Coliformes fecales	9221 E SM
Salmonella spp.	9221 B SM

Resultados y discusiones

Muestreo de lodos

El lodo residual fue muestreado del tanque de homogenización del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta avícola, se muestrearon aproximadamente 50 litros de lodo en galones de 20 litros los que inmediatamente fueron acondicionados para su posterior estabilización.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de lodos

El lodo presentó un pH de 7.07 y una concentración de sólidos totales de 4.24 %m/m y 79.70 %m/m de sólidos totales volátiles siendo por tanto ricos en materia orgánica. El análisis de macronutrientes reporta que el lodo presentó 4.55% de nitrógeno total clasificándose como lodo típico [Giorovich, M. 1996] siendo rico en nitrógeno obteniendo un valor de 43.26% de carbono orgánico, la Tabla 2 muestra los valores de los parámetros evaluados en el lodo crudo.

Se destaca que los lodos crudos presentaron una alta concentración de agentes de contaminación microbiológica, para ello se realizó dicho análisis pero como una mezcla de lodo crudo, hojas secas y cortes de pastos reportándose un valor de 3.37×10^{10} para Coliformes fecales y 9.5×10^4 para Salmonella spp. en la pila 1, en la réplica se reportó un valor de 3.37×10^{10} para Coliformes fecales y 7.5×10^4 por lo que su desecho y/o acumulación en fosas solo generan focos de alto grado de infección, razón por la cual se hace necesario la estabilización para su posterior aprovechamiento en suelos.

Tabla 2. Parámetros para la caracterización de los lodos residuales

Físicos	Unidad	Valor promedio	Desviación estándar
Temperatura	°C	25	0.000
pH		7.07	0.028
Sólidos Totales	% m/m	4.24	0.013
Sólidos Totales Volátiles	% m/m	79.70	0.092
Humedad	%	95.75	0.013
Densidad	g/cc	1.02	0.021
Químicos	Unidad	Valor promedio	Desviación estándar
Carbono orgánico (%)	%	46.23	0.053
Nitrógeno total (%)	%	4.53	0.056

Los metales pesados son de suma importancia y se determinaron para descartar cualquier exceso de estos contaminantes, los cuales se encuentran establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002 y ocasionan un grave riesgo para la salud humana por ser no biodegradables y son bioacumulables, por tal motivo, los lodos residuales debieron estar libres de metales pesados. Como se puede observar en la Tabla 3 existen bajas concentraciones de metales pesados en relación con los límites máximos permisibles de la norma oficial mexicana y en consecuencia no representan un problema para su disposición final.

Tabla 3. Presencia de metales pesados en los lodos crudos para su aplicación.

Determinación	Unidades	Resultados	L.M.P.		Referencia
			Excelente	Bueno	
Arsénico	mg/Kg	0.1910	41	75	EPA7061A
Cadmio	mg/Kg	<0.1	39	85	EPA7130
Cobre	mg/Kg	13.9	1200	3000	EPA7210
Cromo	mg/Kg	21.55	1500	4300	EPA7190
Mercurio	mg/Kg	<0,002	300	840	EPA7471A
Níquel	mg/Kg	13.13	17	57	EPA7520
Plomo	mg/Kg	<0,2	420	420	EPA7420
Zinc	mg/Kg	48.015	2800	7500	EPA7950

Recolección y caracterización de cortes de pastos y hojas.

En el Instituto Tecnológico de Orizaba se recolectó materia orgánica como son cortes de pastos portador del nitrógeno y hojas secas de árboles que proporcionan el carbono, una vez recolectadas se colocó en costales y se pesó con una báscula de gancho.

Se realizó la caracterización de la materia orgánica recolectada para el cálculo de las cantidades a utilizar de cada material orgánico y poder cumplir la relación C:N de 25:1 en la elaboración de la composta, los valores de los parámetros se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros físicos y químicos de los cortes de pastos y hojas secas

Físicos	Cortes de pastos	Hojas secas
% Humedad	34.23	11.35
Químicos	Método	
Carbono orgánico (%)	57.8	48.6
Nitrógeno total (%)	3.4	0.9

Diseño y construcción de pilas de compostaje

De la ecuación propuesta por Tcnobanoglous y col., [1993] se obtienen las cantidades necesarias de lodo residual, cortes de pastos y hojas secas para cumplir la relación C:N de 25:1 en la elaboración de la composta. Tabla 5.

Tabla 5. Cantidades necesarias de material orgánico para la relación C/N

Portador de Nitrógeno	Portador de Carbono
Por cada Kg. de lodo residual	0.17 kg. de hojas secas
Por cada Kg. de cortes de pastos	0.76 Kg de hojas secas

De acuerdo con estos resultados se procedió a la elaboración de la composta con cantidades mayores para un mejor proceso de estabilización del lodo residual, para ello se utilizaron las cantidades mostradas en la Tabla 6.

Tabla 6. Material orgánico agregado en el montaje de las pilas

Material orgánico	Cantidad agregada (Kg)
Lodo residual (N)	20
Cortes de pastos (N)	20
Hojas secas (C)	19
Materia orgánica total	59

VARIABLES ANALIZADAS

Los valores de pH inicial fueron de 8.29 para la pila 1 y 8.03 para su réplica, conforme transcurría el proceso de compostaje los valores de pH aumentaron con respecto al valor inicial y después fueron descendiendo alcanzando un valor de 7.54 para la pila 1 y 7.48 en la réplica. Además en la Figura 1 se muestra la tendencia de la temperatura durante todo el proceso de compostaje, la temperatura inicial fue de 38 °C para pila 1 y 35 °C para la réplica, durante el proceso de compostaje la temperatura ascendió 60,5 °C para la pila 1 y 67 °C para la réplica esto se debe al proceso de degradación de la materia orgánica. Después del día 10 la temperatura en ambas pilas no superó los 40 °C, esto se debe al gran porcentaje de humedad que presentaban.

La humedad inicial de las pilas de composta 1 y réplica fueron de 50 % aproximadamente y por consecuencia no se tuvo la necesidad de adicionarle agua, en el día 8 dichas pilas sufrieron un aumento de humedad de 75% y 82% esto fue debido al cambio climático de la ciudad de Orizaba Veracruz y a la ubicación donde se encontraban las pilas de composta, para contrarrestar este aumento de humedad se llevó a cabo un volteo manual de 3 veces a la semana con el fin de acelerar el proceso mejorando la aireación del material. Con el transcurso del tiempo el porcentaje de humedad fue disminuyendo como se puede observar en la Figura 2, donde se alcanzó una humedad final de 36% para la pila 1 y 39% para la réplica.

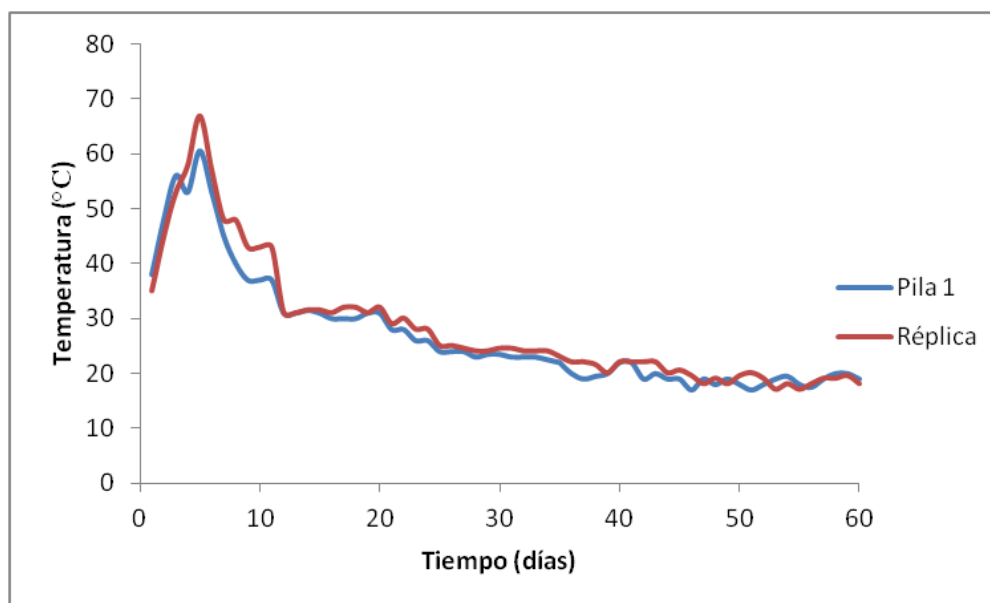


Figura 1. Comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo del proceso de compostaje.

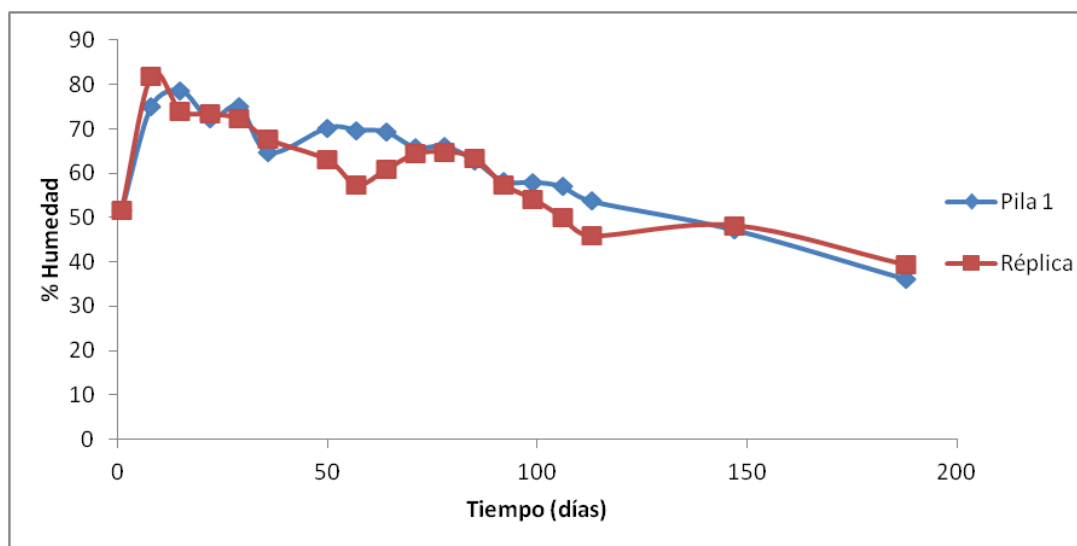


Figura 2. Fluctuaciones del %humedad con respecto al tiempo del proceso de compostaje.

En ambas pilas la mayor degradación de la materia orgánica se llevó a cabo en los primeros 50 días del proceso, indicando la bioxidación de los compuestos más biodisponibles para los microorganismos (Figura 3). En la misma figura se observa que la degradación de la materia orgánica presentó un comportamiento similar al de la temperatura, la mayor degradación se da en la etapa termofílica. Como consecuencia de la degradación de la materia orgánica se produce material mineral como se observa en la misma Figura 3 donde los comportamientos de ambos materiales son inversamente proporcionales.

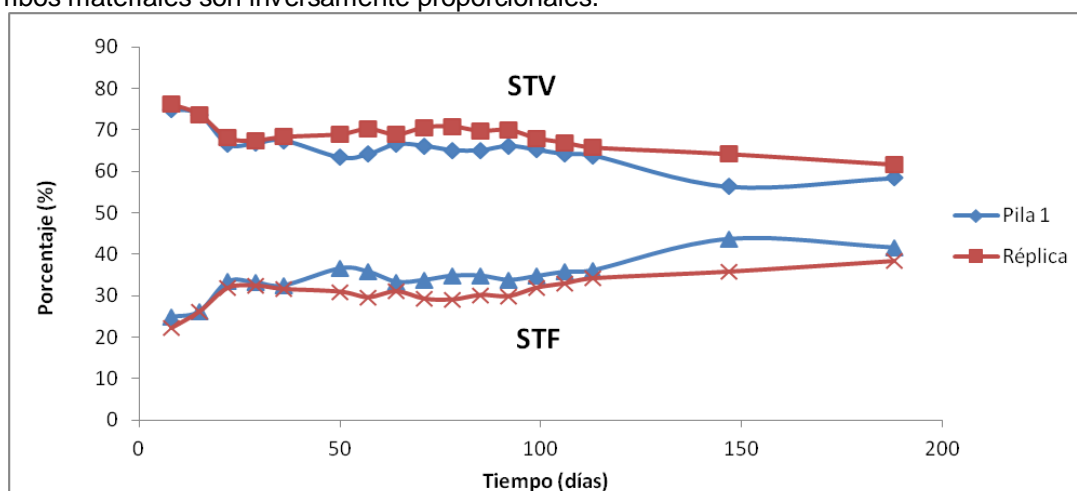


Figura 3. Comportamiento %STV y %STF con respecto al tiempo del proceso de compostaje.

Los valores iniciales de la relación C:N fueron de 25:1 aproximadamente en ambas pilas . Una relación C:N inicial es difícil determinar debido a la heterogeneidad de los residuos, sin embargo, se puede considerar una relación entre 25 apropiada al inicio del proceso (Isaza y col., 2009). En la Figura 4 se muestran las relaciones de C:N para ambas pilas donde se observa que disminuyó considerablemente hasta el día 50, esto se dio principalmente debido a la alta degradación de la materia orgánica. Los valores alcanzados de la relación C:N fue de 15.60 para la pila 1 y 17.52 para la réplica.

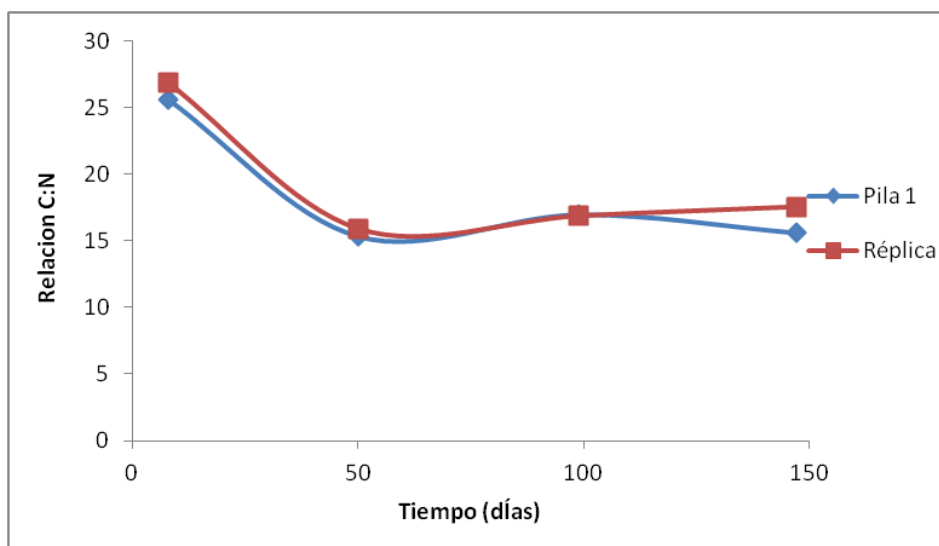


Figura 4. Comportamiento de la relación C:N en función del tiempo del proceso de compostaje.

En las Tablas 7 y 8 se muestran los resultados de los análisis microbiológicos de ambas pilas de composta, donde podemos observar que la réplica cumplió con la NOM-004-SEMARNAT-2002 clasificándola como un biosólido Clases C para su aprovechamiento en usos forestales, mejoramiento de suelos y usos agrícolas.

Tabla 7. Evolución de los microorganismos patógenos en la pila 1

Días	Indicador bacteriológico Coliformes fecales NMP/g ST	Patógenos Salmonella spp. NMP/g ST
1	3.37×10^{10}	9.5×10^4
9	2.4×10^7	2300
147	1.1×10^7	<3

Tabla 8. Evolución de los microorganismos patógenos en la réplica

Días	Indicador bacteriológico Coliformes fecales NMP/g ST	Patógenos Salmonella spp. NMP/g ST
1	3.37×10^{10}	7.5×10^4
9	1.1×10^6	< 3
147	1.5×10^6	< 3

Trabajo a futuro

Los lodos estabilizados a partir de proceso de compostaje se utilizarán para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Para que los microorganismos trabajen de manera adecuada en la degradación de hidrocarburos deben tener a su disposición una buena cantidad y relación de nutrientes (macro y micro). Se estudiará la relación C:N de 10:1 y 20:1, donde se tomará en cuenta el contenido de nitrógeno y carbono contenidos en los biosólidos y el suelo para llevar a cabo dichos análisis.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados mostrados en la estabilización de lodos residuales a partir del proceso de compostaje se demostró que el uso de esta tecnología de compostaje es una alternativa de manejo, aprovechamiento y disposición de lodos residuales, además el utilizar materiales orgánicos como lo son los cortes de pastos y hojas secas proporcionan parte de los nutrientes necesarios para obtener un biosólido de calidad. Los biosólidos obtenidos durante el proceso de compostaje fueron evaluados y son catalogados como Clase A desde el punto de vista fisicoquímico de acuerdo a la norma de calidad de compost; sin embargo la pila 1 no satisface los requerimientos microbiológicos descritos en la NOM-004-SEMARNAT-2002 debido al porcentaje de humedad y por ende a la temperatura que alcanzó durante el desarrollo del proceso.

Referencias

1. Acuña A.J., Pucci O.H. y Pucci G.N. (2008). Caracterización de un proceso de biorremediación de hidrocarburos en deficiencia de nitrógeno en un suelo de Patagonia Argentina. *Ecosistemas* 17, 85-93.
2. Girovich, M. J. 1996. Biosolids treatment and management processes for beneficial use. Marcel Dekker, Inc. N.Y., U.S.A.
3. Isaza, G. C., Pérez, M. A., Laines, J. R., y Castañon, C. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. Laboratorio de manejo de residuos orgánicos y laboratorio de biotecnología.
4. Luna, M. L., Vega, C., Franco, M.O., Vasquez, S., Trujillo, N., Ramírez, E., Dendooven, L. (2002). Actividad microbiana en suelos. XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería CINVESTAV.
5. Martínez S., Pérez M.E., Pinto J. Gurrola B.A. y Osorio A,L (2011) Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27(3) 241-252, 2011.
6. Norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas nacionales en las aguas y bienes nacionales. 29 pp.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental- Lodos y biosólidos-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial, 15 de agosto de 2003. 44 pp.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Caracterización y determinación de los requerimientos de nutrientes en la especie de cianobacteria *Spirulina máxima*.

J.M. Méndez Contreras^{*1}, S.V. Domínguez García¹, A. Alvarado-Lassman¹, M.R. Peña Fuentes¹
¹Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Instituto Tecnológico No. 852, Col Emiliano. Zapata, C.P. 94300. Orizaba, Veracruz, *jmendezc@hotmail.com
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Los procesos industriales, deben considerar como parte fundamental en su producción el tratamiento de los residuos peligrosos y de sus emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente, las cianobacterias son organismos fotoautótrofos útiles en el aprovechamiento del CO₂ generado en algunos procesos como la digestión anaerobia, previo a su utilización en dichos procesos, es importante realizar la adaptación de nutrientes particulares de cada especie; por lo que se evaluaron los requerimientos necesarios para el adecuado crecimiento de *Spirulina Máxima* utilizando medio UTEX (Spir1 y Spir2) en distintas proporciones: 80-20, 60-40, 50-50, 40-60 y 20-80 (%v/v) respectivamente.

De acuerdo a la evaluación de resultados el cultivo con la proporción 40-60(%v/v) (Spir1 y Spir 2) presentó el mayor crecimiento; se caracterizó la biomasa obtenida para conocer el contenido de clorofila, lípidos, carbohidratos y proteínas, para un aprovechamiento posterior en fertilizantes ó alimentos.

Palabras clave: *Spirulina máxima*, nutrientes, UTEX, CO₂.

Abstract

All industrial processes, should be considered as an essential part in the production of hazardous waste treatment and emissions of greenhouse gases to the environment, cyanobacteria are photoautotrophs organisms useful in the use of CO₂ generated in some processes such as anaerobic digestion, prior to use in these processes, is important the nutrient adaptation of each species, we evaluated the requirements for suitable growth of *Spirulina maxima* using UTEX medium (Spir1 and Spir2) in different proportions: 80-20, 60-40, 50-50, 40-60, 20-80 (% v/v) respectively.

According to the evaluation results, the culture with the proportion 40-60 (%v/v) (Spir1 and Spir 2 respectively) had the highest growth, the biomass obtained was characterized for chlorophyll content, lipid, carbohydrates and protein, for subsequent use in fertilizer or food.

Introducción

Existe un gran interés por desarrollar nuevas tecnologías y estudios que contribuyan a reducir las emisiones excesivas de dióxido de carbono generado por la producción de biogás y otros procesos (Muñoz, 2006, Xianhai et al., 2012). El biogás es un compuesto formado principalmente por metano y dióxido de carbono, y es obtenido a través del proceso de digestión anaerobia como producto principal. El metano es una muy buena alternativa para ser utilizado como fuente de energía eléctrica, sin embargo el dióxido de carbono debe ser eliminado ya que es considerado uno de los más importantes GEI debido su incremento excesivo en la atmósfera, por otro lado, su presencia es vital para el desarrollo de las plantas ya que forma parte del proceso de fotosíntesis para producir clorofila y nutrientes en estos seres vivos.(Medina, 2010).

Las cianobacterias son organismos procarióticos, su estructura celular posee características de una célula primitiva, tales como la ausencia de una membrana que rodee el núcleo de la célula y ausencia de cromosomas. No poseen estructuras internas tales como los cloroplastos ó mitocondrias, las cuales cumplen funciones específicas para el funcionamiento de la célula. La utilización del microscopio electrónico y nuevos métodos bioquímicos ha permitido conocer muchos aspectos y establecer afinidades con la estructura de las bacterias (Peña et al., 2005). Aunque se asemejan a las algas eucariontes y a menudo ocupan los mismos nichos ambientales se trata de una denominación errónea porque son bacterias no algas, sin embargo llevan a cabo la fotosíntesis como producción de oxígeno (oxigénicas) como lo hacen las plantas y las algas eucariontes. Las especies que crecen en el agua suelen tener vacuolas de gas que les proporcionan flotabilidad y ayudan a que la célula flote en un ambiente favorable; las cianobacterias que se mueven sobre una superficie sólida utilizan el mecanismo de deslizamiento. Presentan variaciones morfológicas en las que figuran formas unicelulares que se dividen por simple fisión binaria, formas coloniales que se dividen por fisión múltiple, y formas filamentosas que se reproducen por fragmentación de los filamentos. Las formas filamentosas suelen mostrar cierta diferenciación de células que a menudo están unidas de una envoltura ó vaina.

De igual manera que todo organismo vivo, las condiciones físicas tienen una gran influencia en el crecimiento de las cianobacterias. Cada especie presenta un particular intervalo de temperatura, intensidad de luz, preferencias espectrales, salinidad, dióxido de carbono y oxígeno para la producción de un máximo crecimiento. El conjunto de todos estos factores es lo que creará determinadas respuestas en su crecimiento. (Romo, 2001).

Metodología

Obtención de la cianobacteria *Spirulina máxima*

La cepa de la cianobacteria *Spirulina máxima* fue obtenida de la Colección de Microorganismos del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), en el Distrito Federal. Esta colección de cepas microbianas es la más importante del país, integrada por 3 500 microorganismos de importancia industrial tanto en el ámbito de la salud como en el de la agricultura y alimentación.

Determinación de la dosis recomendable de nutrientes

Así como todos los organismos, es de vital importancia para las cianobacterias, el aporte de nutrientes en su medio de cultivo. Para el caso de *Spirulina máxima*, las exigencias nutricionales son relativamente pocas en comparación a otras especies de algas marinas verde-azuladas (Rodríguez y Triana, 2006). Las cianobacterias crecen en muchos medios líquidos y sólidos de cultivo como: BG11, ASM-1, Z8, DOBLEGA, BBM, Zarrouk, UTEX, entre otros.

Para la presente investigación se realizaron cinéticas de crecimiento en frascos de vidrio de 400 ml, con un volumen útil de 260 ml, los cuales se mantuvieron durante 37 días a temperatura ambiente: se aplicó agitación por burbujeo de aire y una iluminación en fotoperiodos de 12 horas luz-obscuridad mediante dos lámparas fluorescentes de luz fría de 20 watts cada una, con capacidad de iluminación de 1000 lux.

Se utilizó como medio de cultivo el medio UTEX que está compuesto por dos soluciones (Spir 1 y Spir 2), en 5 diferentes proporciones (80-20, 60-40, 50-50, 40-60 y 20-80 % v/v respectivamente) y un control; cada uno de los tratamientos fue evaluado con muestra y réplica, donde la variable de

respuesta fue el crecimiento de la cianobacteria. Cada tercer día se tomaron muestras para evaluar pH, absorbancia y conteo celular por cámara de Neubauer, todos los análisis se realizaron por duplicado. Para determinar la mejor dosis de nutrientes al final de las cinéticas, se realizó un análisis de varianza mediante el software NCSS 2007.

Caracterización de la biomasa

Una vez obtenidos los requerimientos óptimos de nutrientes para la cianobacteria *Spirulina máxima*, se realizaron análisis para conocer la cantidad de clorofila (método de Goodwin), lípidos (método Soxhlet), carbohidratos (método antrona-ácido sulfúrico) y proteínas (método Kjeldahl), presentes en la biomasa.

Resultados y discusión

Dosis recomendable de nutrientes

La dosis 4 obtuvo un crecimiento celular de 11.5×10^6 cel/ml, la dosis 2 obtuvo 11.2×10^6 cel/ml, muy cercano a la dosis 4 (Figura 1 y 2). En el análisis de varianza se observa que si existe diferencia significativa en la aplicación de nutrientes en el cultivo (Tabla 1), de acuerdo a la prueba de Duncan (Tabla 2), no existe diferencia significativa entre la dosis 2 y 4, sin embargo se eligió la dosis 4 debido a que presentó la media estadística más grande (6.1×10^6 cel/ml).

Como se mencionó anteriormente, los resultados que las proporciones 60-40 y 40-60 (%v/v) (Dosis 2 y 4 respectivamente), mostraron los mejores resultados en el crecimiento de la cianobacteria, la solución Spir 1 contiene carbonatos y bicarbonatos, mientras que la solución Spir 2 contiene minerales, micronutrientes y vitaminas, lo que nos indica que puede incrementar una u otra y se obtendrá un adecuado crecimiento de la cianobacteria, sin embargo con una proporción más abierta entre las dos soluciones 80-20 y 20-80 (%v/v) (Dosis 1 y 5 respectivamente), el crecimiento se ve afectado.

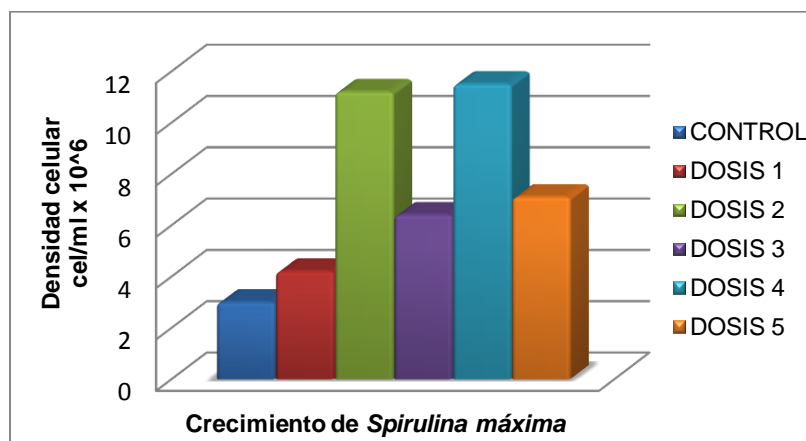


Figura 1. Crecimiento de la cianobacteria *Spirulina máxima* evaluando diferentes proporciones del medio Utex.

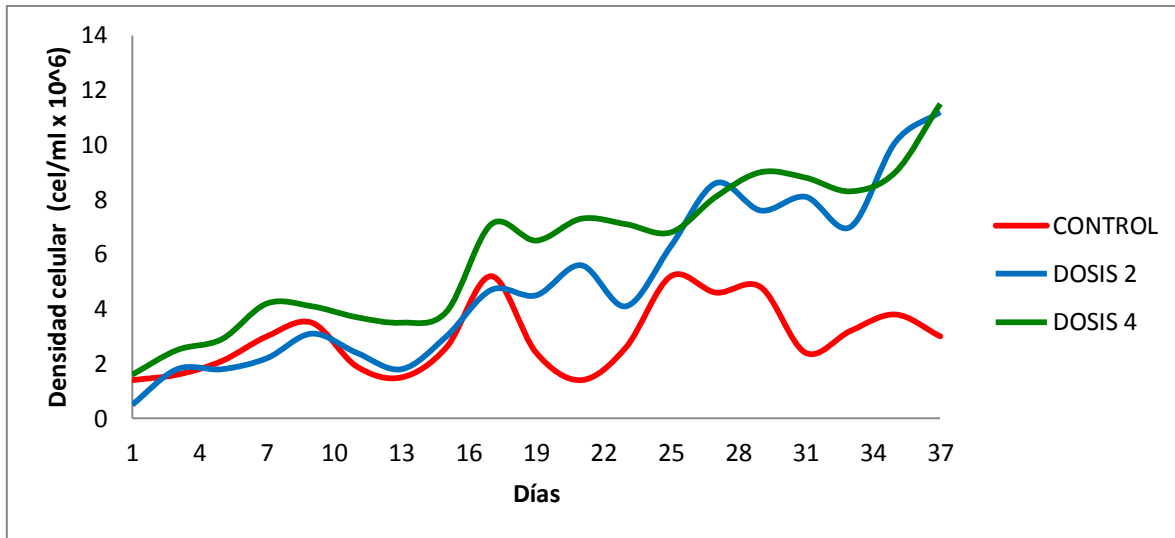


Figura 2. Monitoreo de la densidad celular en las Dosis2, Dosis 4 y Control, en el crecimiento de *Spirulina máxima*

Tabla1. Análisis de varianza de las cinéticas con aplicación de nutrientes en *Spirulina máxima*

Término	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Prueba F	Prob. nivel	Alpha=0.05
A:Dosis	5	100.1166	20.0233	4.18	0.0016*	0.9510
S	108	516.8295	4.7855			
Total (Ajustado)	113	616.9460				
Total	114					

*Término significativo de alpha=0.05

Tabla 2. Prueba de Duncan para la las cinéticas con aplicación de nutrientes en *Spirulina máxima*

Grupo	Orden	Media	Diferencia entre grupos
0	19	2.9579	2,4
1	19	4.1895	0
5	19	4.3737	0
3	19	4.5526	0
2	19	4.9684	0
4	19	6.1	0

Como parte del monitoreo en el crecimiento de cultivo, se llevaron las muestras al microscopio, donde se pudo apreciar la morfología de la cianobacteria así como la formación de tricomas que indican el crecimiento celular, las cuales podemos observar en la Figura 3.



Figura 3. Fotografías que muestran la morfología y la formación de tricomas en *Spirulina máxima*.

El pH durante el crecimiento de la cianobacteria se mantuvo entre 9 y 11, lo cual es adecuado para el crecimiento de la especie, la Figura 4 muestra el comportamiento presentado a lo largo de las cinéticas.

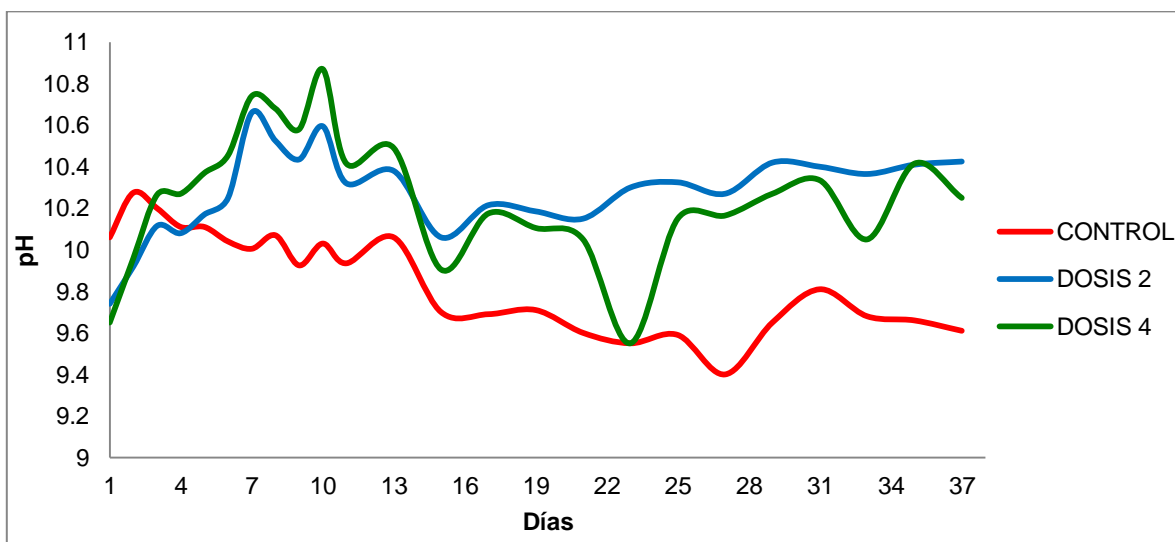


Figura 4. Monitoreo de pH durante el crecimiento de *Spirulina máxima*

Caracterización de la biomasa

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos de clorofila, lípidos, carbohidratos y proteínas, donde se puede observar que *Spirulina máxima* tiene un mayor contenido de lípidos y proteínas, sin embargo se encuentra aún muy por debajo de los valores reportados para carbohidratos, proteínas y clorofila total.

Tabla 3. Resultados de la caracterización de *Spirulina máxima*

	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación Estándar	Porcentaje (%)	Valor sugerido (%)
LIPIDOS (mg/L)	1175.5225	1500	940	235.433	6.46	5.6 - 7
CARBOHIDRATOS (mg/L)	4.5885	4.699	4.5005	0.095	0.03	15 - 25
PROTEINAS (%)	6.0198	8.166	4.081	2.0503	6.0198	50 - 70
CLOROFILA TOTAL (mg/L)	9.1533	9.6991	8.6074	0.7719	0.05	0.86 - 0.93

Trabajos a futuro

Una vez que hemos establecido la cantidad de nutrientes requeridos para el mayor crecimiento de *Spirulina máxima*, se procederá a adaptar la cianobacteria en un reactor tubular, de 100 cm de longitud, y capacidad de 1.52 litros bajo las mismas condiciones de fotoperiodos que las cinéticas (12 horas luz-oscuridad), mediante una lámpara de luz fluorescente de 30 W e intensidad luminosa de 1500 lux, en donde se evaluará la adición de CO₂ a diferentes flujos (0, 5, 10, 20, 50 y 80 ml/min), de igual manera la variable de respuesta será el crecimiento de la cianobacteria y se elegirá el tratamiento donde exista mayor absorción de CO₂, para que posteriormente este estudio pueda ser aplicado a un proceso industrial de digestión anaerobia.

Conclusiones

Se logró determinar la cantidad de nutrientes requeridos para el adecuado crecimiento de la cianobacteria *Spirulina máxima*, con un crecimiento máximo alcanzado de 11.5×10^6 cel/ml, demostrando que a temperatura ambiente es posible lograr con éxito el cultivo de la cianobacteria.

Se caracterizó la biomasa obtenida, en donde se identificó que la cianobacteria tiene un mayor contenido de lípidos(6.46%) y proteínas (6.0198%), lo que es favorable para su uso como suplementos alimenticios, u otras aplicaciones de carácter nutricional.y fertilizante, sin embargo los valores obtenidos para carbohidratos (0.03%) y clorofila (0.05%) aún se encuentran por debajo de los porcentajes reportados (El-Baky, et al. 2009, Rodriguez y Triana 2006), por lo cual es recomendable continuar los análisis para la cantidad de nutrientes presentes en la cianobacteria, conforme se realice la renovación del medio de cultivo.

Este tipo de estudios es de gran interés debido a que se pueden explorar diversas aplicaciones a la biomasa obtenida a partir de cianobacterias y se pueden buscar nuevas fuentes de nutrientes que hagan los procesos sustentables.

Referencias

1. El-Baky H., Abd H., El-Baz F. K. y El-Baroty G. S. 2009. Characterization of nutraceutical compounds in blue Green alga *Spirulina* máxima. *EJEAFChe*, 8(11): 1113-1126.
2. Medina V.J. 2010. La dieta del Dióxido de Carbono (CO₂). *Conciencia Tecnológica*, 39: 50-53.
3. Muñoz R., Benoit G. 2006. Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review. *Water Research*. 40: 2799-2815.
4. Peña S. E. J., Palacios P. M. L., Ospina-Álvarez N. 2005. Algas como indicadoras de contaminación. Universidad del Valle programa Editorial. Colombia.
5. Romo P. A. K. 2001. Manual para el cultivo de microalgas. Memoria técnica profesional. UABCS.
6. Rodriguez C. A. R. y Triana S. F. C. 2006. Evaluación del pH en el cultivo de *Spirulina spp.* (=Arthrospira) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogota.
7. Xianhai Z., Michael K. Danquahb, Shiduo Z., Xia Z., Mengyang W., Xiao D. C., b, I-Son N., Keju J., y Yinghua L., 2012. Autotrophic cultivation of *Spirulina platensis* for CO₂ fixation and phycocyanin production. *Chemical Engineering Journal*. 183: 192-19.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Efecto de la temperatura sobre la velocidad específica de biodegradación anaerobia de lodos residuales secundarios

I. Villegas Duran¹, G. Zafra Jiménez¹, J. Pérez Vargas¹, A. Velasco Pérez², S. E. Viguera Carmona^{1*}

¹División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N Col. Valle de Anáhuac, C.P. 55210, Ecatepec, Estado de México

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prol. de Oriente 6, núm. 1009, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz

*sviguera@tese.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se determinó el efecto de la temperatura sobre la velocidad de biodegradación anaerobia de lodos residuales secundarios. Los lodos fueron calentados a 55, 60, 70, 80 y 90 °C, y posteriormente se cuantificó tanto el porcentaje de solubilización, la cantidad de reactivos de Maillard formados así como la distribución de tamaño de partícula. Para determinar el porcentaje de remoción anaerobia, las velocidades de producción de metano y la biodegradabilidad específica, se realizaron cinéticas utilizando tamaños de partícula del sustrato menores a 2.5, 8 y 16 μm respectivamente; también se realizaron cinéticas con proporciones relativas de reactivos de Maillard 2, 3 y 5.2, respectivamente.

Los resultados muestran que existe una mejora en la eficiencia de remoción al disminuir el tamaño de partícula, sin embargo, no se observó un efecto significativo en la velocidad de biodegradación anaerobia específica. También se observó que la velocidad de biodegradación anaerobia aumenta al incrementar la proporción de reactivos de Maillard.

Palabras clave: tamaño de partícula, reactivos de Maillard, lodos residuales, digestión anaerobia.

Abstract

In this work, the effect of temperature on the anaerobic rate of biodegradation of waste activated sludge was determined. The sludge was heated at 55, 60, 70, 80 and 90 °C, and then were quantified both the percentage of dissolution, the amount of Maillard reactants formed and the particle size distribution. To determine the percentage the anaerobic removal, methane production rate and biodegradation rate specific were conducted using kinetic substrate particle sizes smaller than 2.5, 8 and 16 μm respectively, also performed kinetic with relative proportions Maillard reactants 2, 3 and 5.2, respectively.

The results show that there is an improvement in the removal efficiency by decreasing the particle size, however, no significant effect on the specific anaerobic biodegradation rate. Also found that anaerobic biodegradation rate increases with increasing proportion of Maillard reactants.

Introducción

Al tratar las aguas residuales para su purificación se generan como subproductos grandes cantidades de biomasa, comúnmente llamados lodos residuales (LR). En México se producían en el 2005, alrededor de 3000 toneladas por día de LR (Semarnat, 2008) y se estima que alrededor del 90% de los LR generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son descargados sin ningún tratamiento previo al sistema de alcantarillado, en cuerpos de agua o dispuestos en tiraderos; provocando la contaminación de agua superficial, agua subterránea y suelos, además de generar problemas de salud pública (Viguera-Carmona, 2011).

Para la disposición final de los lodos residuales es necesario estabilizarlos, es decir, reducir el volumen, la cantidad de materia orgánica y los patógenos. Los procesos biológicos presentan una alternativa viable para la estabilización, pues a diferencia de los procesos fisicoquímicos, los lodos residuales ya estabilizados pueden ser reutilizados.

La digestibilidad de los lodos residuales secundarios (LRS) es considerablemente menor que la de los lodos residuales primarios (LRP). La menor biodegradabilidad de los LRS se ha atribuido a la naturaleza recalcitrante de varios componentes celulares como los exopolímeros y la pared celular de los microorganismos que forman parte del floculo aerobio. Esta característica de baja biodegradabilidad en los LRS ha enfocado el estudio de la estabilización de LR en ellos.

La digestión anaerobia (DA), a temperaturas entre 35-37 °C, es la tecnología más utilizada para la estabilización de LRS. El principal problema que enfrenta la DA al estabilizar los LRS es la baja disponibilidad de la materia orgánica, lo que provoca que los reactores anaerobios requieran ser operados a largos tiempos de retención de sólidos, mayores a 20 días (Roberts et al. 1999, de la Rubia et al. 2002; Arnaiz et al. 2006).

Para disminuir los tiempos de retención hidráulica se debe aumentar la velocidad de desintegración e hidrólisis del floculo, que es la etapa limitante en la biodegradabilidad anaerobia de LRS. Para ello se ha propuesto el uso de pretratamientos mecánicos, químicos y biológicos, con el fin de acelerar la etapa de solubilización e hidrólisis de los sólidos suspendidos (formados principalmente de proteínas, carbohidratos y lípidos). Los pretratamientos térmicos tienen la ventaja, con respecto a los químicos, de que no aumentan la masa del lodo, y con respecto a los mecánicos (sonicación, microondas, presurización), que requieren menos energía para su implementación.

Los pretratamientos térmicos logran la reducción del tamaño de partícula de los floculos utilizando tiempos de retención considerablemente más bajos que la DA. Los intervalos de tiempo pueden ir de 1 a 24 h, logrando que hasta el 50 % de los SSV del floculo lleguen a tamaños de partícula menores a 2.5 µm. Sin embargo, los sólidos generados por el pretratamiento presentan una menor biodegradabilidad que los sólidos disueltos generados durante la DA del LRS (Delgenes et al. 2000, Viguera-Carmona et al., 2011). Una hipótesis que explica esta disminución en la biodegradabilidad está asociada a la producción de reactivos de Maillard y a la heterogeneidad del tamaño de partícula, que se genera durante el pretratamiento. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la concentración de reactivos de Maillard y del tamaño de partícula en la velocidad específica de biodegradación anaerobia de lodos residuales secundarios pretratados térmicamente.

Metodología

Muestreo de lodos residuales secundarios

Los lodos residuales secundarios se obtuvieron del reactor de lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UNAM, Ciudad de México. Esta planta trata 40 L.s⁻¹, opera con aguas residuales generada en los laboratorios de investigación y efluentes urbanos y cuenta con un sistema de lodos activados. Los lodos residuales colectados fueron consolidados por sedimentación en un tubo de PVC de 15.3 cm de diámetro y 207 cm de longitud. Durante 24 h. Una vez consolidados los lodos (concentración de sólidos totales alrededor de 3 % ± 0.5 %) se almacenaron en recipientes de polipropileno a 4 °C.

Caracterización del lodo residual secundario

El lodo residual secundario se caracterizó con base en la cantidad de sólidos suspendidos (SS) y totales (ST), pH y demanda química de oxígeno (DQO) según los métodos reportados por el Standard Methods (APHA, 1999). Los carbohidratos y proteínas fueron determinados de acuerdo a Delgenès et al. (2000). Por su parte los Reactivos de Maillard se cuantificaron por espectrofotometría. Los estudios espectrofotométricos de reactivos de Maillard han demostrado la presencia de muchos dobles enlaces de aminoácidos y de distintos grupos heterocíclicos. La mayoría de ellas tienen su máxima absorción a 420-490 nm y pueden ser cuantificadas a esas longitudes de onda. Sólo los de bajo peso molecular son solubles en agua (Badui Dergal, 1994).

Tratamiento térmico

Muestras de 250 mL de LRS se sometieron a las siguientes temperaturas 55, 60, 70, 80 y 90 °C. El calentamiento se realizó en un baño de aceite de temperatura controlada. El tiempo de calentamiento fue el que tardó en llegar a la temperatura deseada y el periodo de enfriamiento fue el que tardó el LRS en llegar a 55°C o 35°C. Una vez frío se le determinó el porcentaje de solubilización utilizando la ecuación 1.

$$\%S = \frac{DQOs_{\text{pretratado}} - DQOs_0}{DQOt - DQOs_0} \quad (1)$$

En donde $DQOs_0$ es la DQO soluble del lodo crudo en g.L^{-1} , $DQOs_{\text{pretratado}}$ es la DQO después del tratamiento en g.L^{-1} , $DQOt$ es la DQO total del lodo crudo.

Determinación del tamaño de partícula

Muestras de LRS tratadas térmicamente fueron tamizadas con los siguientes tamaños de partícula: 22, 16, 8 y 2.5 μm . La masa de las partículas retenidas en cada tamiz fue cuantificada.

Cinéticas de biodegradabilidad anaerobia

Los ensayos de biodegradabilidad se realizaron a 35 °C en reactores de 120 mL de volumen con 80 mL de volumen útil. Durante el experimento, se consideró siempre un blanco para cuantificar la hidrólisis del inóculo, el volumen de metano producido en el blanco se restó a la obtenida en los ensayos de biodegradabilidad.

El sustrato fue lodo residual secundario pretratado térmicamente, enriquecido con los nutrientes del medio RAMM (Shelton y Tiedje, 1984). La concentración inicial de sustrato en todos los experimentos se fijó de 3.5 g DQO.L⁻¹ y la concentración inicial del inóculo se estableció en 1.5 g SSV.L⁻¹.

Para evaluar el efecto del tamaño de partícula en la biodegradabilidad de LRS pretratado térmicamente, se realizaron cinéticas por triplicado. El LRS fue calentado hasta 90°C y la separación de los tamaños de partículas se realizó por tamizado. El sustrato utilizado tenía diámetros de partícula menores a 16 μm , menores a 8 μm y menores a 2.5 μm , respectivamente.

Para evaluar el efecto de la concentración de reactivos de Maillard en el lodo residual secundario pretratado térmicamente se calentaron muestras de LRS a 55 °C, 70 °C y 90 °C, respectivamente. El contenido de reactivos Maillard se le determinó al sustrato con diámetros de partícula menores a 2.5 μm . La cuantificación se realizó midiendo la absorbancia del sustrato a 420 nm, recordando que estudios espectrofotométricos de reactivos de Maillard han demostrado la presencia de muchos dobles enlaces de aminoácidos y de distintos grupos heterocíclicos. La mayoría de ellas tienen su máxima absorción a 420-490 nm y pueden ser cuantificadas a esas longitudes de ondas. (Cheng-Nan et al., 1997).

La velocidad de hidrólisis se calculó utilizando la ecuación 2.

$$r_s = \frac{Q_{CH_4}}{\Delta t} \frac{1}{F_c} \quad (2)$$

En donde r_s es la velocidad de hidrólisis de sólidos ($\text{Kg DQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$), es el metano acumulado ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), Δt es el intervalo de tiempo de la digestión en días y F_c es el factor de conversión ($\text{m}^3 \text{CH}_4.\text{kg}^{-1} \text{DQO}$).

La producción de metano fue determinada por desplazamiento de una columna de vidrio que contenía hidróxido de potasio al 15 %. La solución de hidróxido de potasio se reemplazó cuando el pH era menor a 12.

Resultados y discusión

Caracterización de los lodos residuales secundarios

En la Tabla 1 se muestran las características de los lodos residuales secundarios (LRS) utilizados como sustrato.

Tabla 1. Caracterización del LRS crudo

Parámetro	Valor promedio (g.L^{-1})
pH (adimensional)	7.06
ST	27.00
SF	6.00
SV	21.00
SST	26.00
SSV	20.00
DQO _{total}	26.80
Carbohidratos	4.47
Proteína	16.45

Los valores de la Tabla 1 permiten realizar el siguiente análisis. La DQO total representa el 99.25 % de los ST. La DQO total nos indica el grado de contaminación, expresado como la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar los materiales contenidos en un efluente que será dispuesto en un cuerpo de agua o en suelo. El contenido de materia orgánica en los LRS puede ser cuantificada como sólidos volátiles (SV), para las muestras analizadas representan el 77.77 % de los ST. Con los sólidos suspendidos totales (SST) se cuantifican los materiales no solubles, y en esta muestra de LRS representan el 96.29 % de los ST, esto implica necesariamente una etapa de solubilización de los sólidos antes de poder ser aprovechados por los microorganismos durante la digestión anaerobia.

Los LRS están compuestos principalmente de carbohidratos y proteínas, el contenido reportado para éstos, con respecto a los ST, se encuentra en el intervalo de 44 a 54.2 % para proteínas y de 7.5 a 1.68 % para carbohidratos (Bougrier et al., 2007; Tatsuo et al., 1993). El lodo aquí analizado contiene 16.55 % de carbohidratos y 60.92 % de proteínas con respecto a los ST.

Solubilización de lodos residuales secundarios

En este estudio el término “solubilización” fue utilizado para describir la transferencia de sólidos suspendidos a la fracción líquida del LRS, después del pretratamiento térmico. La fracción líquida fue obtenida después de centrifugar el LRS a 3500 rpm durante 15 minutos y utilizada para determinar DQO, carbohidratos y proteínas solubles. En la Tabla 2 se muestra el efecto de la temperatura sobre la solubilización de los LRS. La solubilización obtenida para la DQO está en el intervalo reportado en otros estudios (Bougrier et al., 2008; Jolis, 2008). La solubilización de sólidos suspendidos volátiles (SSV) se incrementa con la temperatura pasando de 9.3 % a 55 °C hasta 26.7 % a 90 °C, estos valores están en el intervalo reportado para temperaturas similares, por ejemplo Bougrier et al. (2008) y Kim et al. (2003) reportan una solubilización del 19 % y 10 % respectivamente, para LRS pretratados a 121 °C durante 30 minutos.

Tabla 2. Efecto de la temperatura sobre la solubilización de LRS.

Temperatura °C	Tiempo de calentamiento (min)	% de Solubilización			
		DQO	Proteínas	Carbohidratos	SSV
55	31.93	16.8	4.5	3.0	7.3
60	30.45	17.1	5.3	6.3	5.3
70	33.06	18.3	10.4	6.8	16.0
80	26.05	22.8	15.7	10.5	20.0
90	27.13	26.1	17.2	17.4	26.7

Durante el pretratamiento se provoca una disminución en el tamaño de partícula. Según Kim et al. (2003) el pretratamiento térmico provocó que el 90% de las partículas tengan diámetros por debajo de 144 µm y que el 10 % de las partículas estuvieran por debajo de 2 µm. En general se considera que las partículas con tamaños menores a 2 µm son solubles (APHA, 1989), y por tanto, se consideran sustrato disponible. Sin embargo, algunos estudios de biodegradabilidad realizados a la fracción soluble de LRS pretratados (28000 G por 15 min) sugieren que ésta no es favorecida por el pretratamiento. La hipótesis formulada es que la fracción líquida está formada por diferentes tamaños de partículas y un porcentaje alto son mayores a 2 µm, por lo que la disponibilidad del sustrato sigue siendo la limitante en la digestión anaerobia. La Figura 1 muestra la distribución del tamaño de partícula para LRS pretratados térmicamente en el intervalo de 55 a 90 °C. Se observa que para las temperaturas de 55 y 80 °C la fracción de partículas menores a 2 µm es mayor a 0.78 y para 90 °C esta fracción es de 0.94. Sin embargo, a las temperaturas de 60 y 70 °C, se observa una disminución de la fracción de partículas menores a 2 µm; 0.30 y 0.23, respectivamente.

La otra hipótesis que sustenta la baja velocidad de degradación de los sólidos disueltos producidos durante el pretratamiento es la formación de reactivos de Maillard polímeros formados por la reacción de proteínas y carbohidratos; estos reactivos de Maillard son recalcitrantes, por lo que su presencia podría explicar la baja biodegradabilidad de los sólidos disueltos en las muestras de LRS pretratados. En este estudio se determinaron los reactivos de Maillard en muestras de LRS pretratados térmicamente, Figura 2. En esta figura se observa que los reactivos de Maillard se incrementan al aumentar la temperatura, iniciando de 0.2 a 55 °C, llegando a 1.8 a 90 °C.

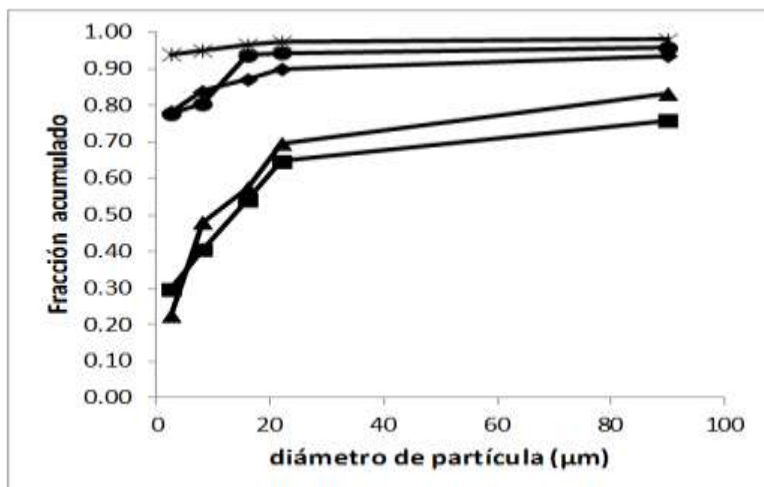


Figura 1. Distribución del tamaño de partícula para LRS pretratados térmicamente. (♦) 55°C, (▲) 60°C, (■) 70°C, (●) 80 °C, (✱) 90°C.

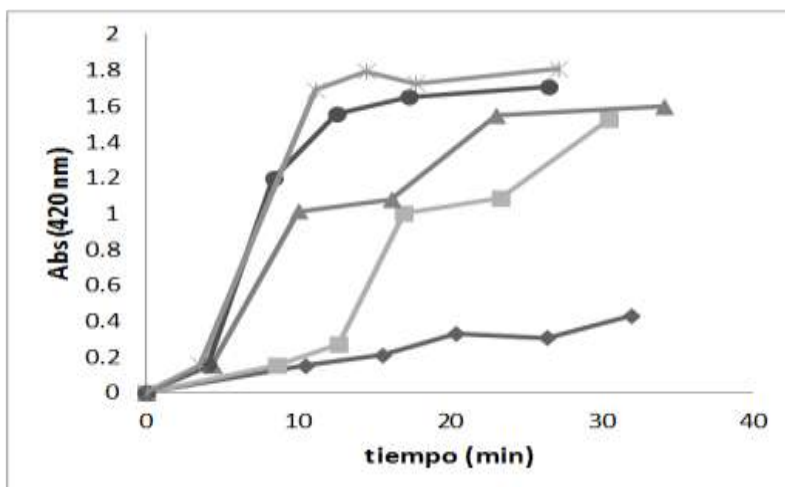


Figura 2. Reactivos de Maillard para LRS pretratados térmicamente. (♦) 55°C, (■) 60°C, (▲) 70°C, (●) 80 °C, (✱) 90°C.

Cinéticas de degradación

Para evaluar el efecto del tamaño de partícula y el contenido de reactivos de Maillard, en la velocidad de degradación de los sólidos en los LRS pretratados térmicamente, se realizaron cinéticas de producción de metano. El lodo anaerobio utilizado como inóculo en las cinéticas tenía una actividad metanogénica de $0.32 \pm 0.05 \text{ gDQO}_{\text{CH}_4} \cdot \text{gSSV}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Para lodos anaerobios granulares se reportan actividades metanogénicas entre 0.5 y $1.5 \text{ g DQOCH}_4 \cdot \text{gSSV}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (Field et al., 1986).

La Figura 3 muestra el metano acumulado a diferentes tamaños de partícula, el máximo volumen de metano acumulado se presentó cuando el diámetro de partícula fue menor a $2.2 \mu\text{m}$ (Figura 3-A) y se observa una disminución de metano producido con el incremento del tamaño de partícula (Figura 3-B y 3-C).

La Figura 4 muestra el metano acumulado con diferente contenido de reactivos de Maillard. El máximo volumen de metano acumulado se presentó cuando el contenido fue de 5.2 (Figura 4-A) y se observa una disminución de metano producido con el decremento del contenido de reactivos de Maillard (Figura 4-B y 4-C).

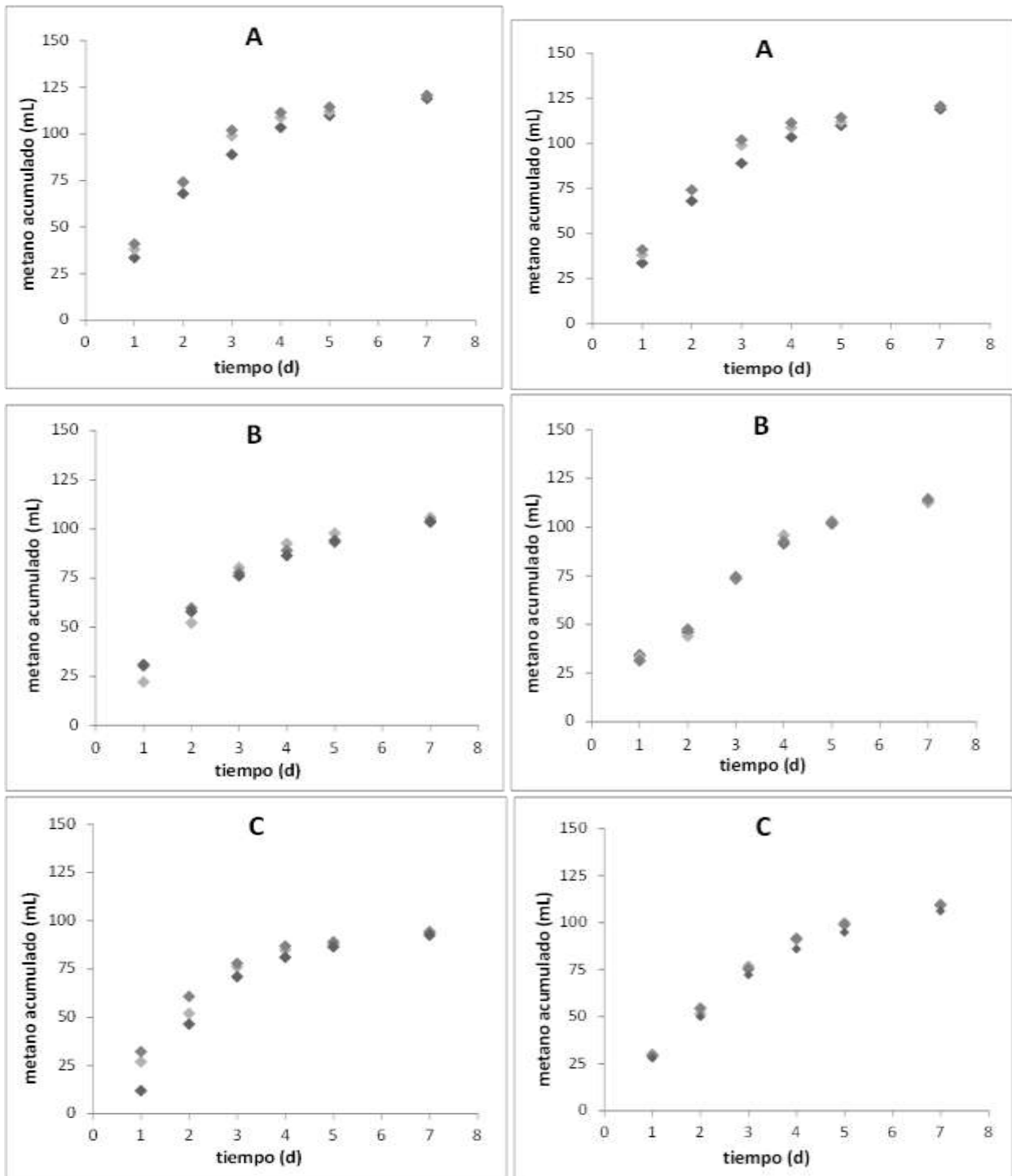


Figura 3. Cinéticas de LRS pretratado térmicamente a 90°C con diámetro de partícula (A) <2.2µm, (B) <8µm, (C) <16µm.

Figura 4. Cinéticas de LRS pretratado térmicamente con diferente contenido de reactivos de Maillard. (A) 5.2 (B) 3.0 y (C) 2.0. Absorbancia a 420 nm

La eficiencia de remoción calculada para cada diámetro de partícula se muestra en la Tabla 3. La eficiencia fue mejor al disminuir el tamaño de partícula; este comportamiento se conservó tanto para la velocidad de producción de metano como para la velocidad específica.

Tabla 3. Parámetros cinéticos de degradación de LRS pretratados térmicamente a diferentes diámetros de partícula.

Tamaño de partícula (μm)	Eficiencia de remoción (%)	Velocidad de producción ($\frac{\text{mL CH}_4}{\text{d}}$)	Velocidad específica ($\frac{\text{gDQO}_{\text{CH}_4}}{\text{gSSV} \cdot \text{d}}$)
2.5	64 \pm 1	13 \pm 1	0.18 \pm 0.01
8	56 \pm 1	12 \pm 1	0.17 \pm 0.02
16	53 \pm 1	11 \pm 2	0.15 \pm 0.02

El análisis estadístico de las 9 cinéticas realizadas para evaluar el efecto del tamaño de partícula sobre los parámetros cinéticos, permite reconocer que el tamaño de partícula sí tiene un efecto significativo sobre la eficiencia de remoción, pero no sobre la velocidad de producción de metano y sobre la velocidad específica de biodegradabilidad. En este análisis se consideró un nivel de significancia de 0.05, con 2 grados de libertad entre los tratamientos y 6 para el error. La condición de rechazo de la hipótesis es: $F_0 > F_{\alpha, v1, v2}$. El valor de $F_{\alpha, v1, v2}$ encontrado es de 5.14 (Montgomery, 2004) y los valores de F_0 calculados por un análisis de varianza fueron 273.19 para eficiencia de remoción, 2.20 para velocidad de producción de metano y 1.58 para la velocidad específica de producción de metano

La eficiencia de remoción también fue calculada para las cinéticas realizadas a distintas proporciones de reactivos de Maillard, Tabla 4. La eficiencia fue mejor al disminuir el contenido de reactivos de Maillard; este comportamiento se conservó tanto para la velocidad de producción de metano como para la velocidad específica. Lo que implica que a bajas temperaturas (55 - 90 °C) los reactivos de Maillard no ejercen una inhibición en la velocidad de degradación de LRS pretratados térmicamente.

Tabla 4. Parámetros cinéticos de degradación de LRS pretratados térmicamente con diferente contenido de reactivos de Maillard.

Reactivos de Maillard (Absorbancia)	Eficiencia de remoción (%)	Velocidad de producción ($\frac{\text{mL CH}_4}{\text{d}}$)	Velocidad específica ($\frac{\text{gDQO}_{\text{CH}_4}}{\text{gSSV} \cdot \text{d}}$)
2	59 \pm 1	13 \pm 0.2	0.18 \pm 0.002
3	61 \pm 1	14 \pm 0.2	0.20 \pm 0.003
5.2	64 \pm 1	13 \pm 1	0.18 \pm 0.008

El análisis estadístico de las 9 cinéticas realizadas para evaluar el efecto del contenido de reactivos de Maillard sobre los parámetros cinéticos, permite reconocer que el contenido de reactivos de Maillard sí tiene un efecto significativo sobre la eficiencia de remoción y sobre las velocidades de producción de metano, pero no sobre la velocidad específica de biodegradabilidad. En este análisis se consideró un nivel de significancia de 0.05, con 2 grados de libertad entre los tratamientos y 6 para el error. La condición de rechazo de la hipótesis es: $F_0 > F_{\alpha, v1, v2}$. El valor de $F_{\alpha, v1, v2}$ encontrado es de 5.14 (Montgomery, 2004) y los valores de F_0 calculados por un análisis de varianza fueron 40.29 para la eficiencia de remoción, 12.05 para velocidad de producción de metano y 4.2 para la velocidad específica de biodegradabilidad.

Conclusiones

Para temperaturas de 55 y 80 °C la fracción de partículas menores a 2.5 μm fue 0.78. Mientras que a 90 °C se obtiene la mayor fracción de partículas menores a 2.5 μm que fue 0.97. En contraste para temperatura de 60°C y 70°C se obtuvo la mínima fracción de partículas menores a 2.5 μm con 0.30 y 0.23, respectivamente, este comportamiento puede estar vinculado al fenómeno de refluclación y a la cantidad de energía específica aplicada en el pretratamiento.

El tamaño de partícula tiene efectos significativos sobre la eficiencia de remoción anaerobia de sólidos en los LRS pretratados térmicamente, sin embargo no tiene efectos significativos sobre la velocidad de producción de metano ni sobre la velocidad específica de biodegradación anaerobia.

Por su parte el contenido de reactivos de Maillard tuvo efectos significativos sobre la remoción anaerobia y la velocidad de producción de metano, pero no tuvo efecto significativo sobre la velocidad específica de biodegradación.

Referencias

1. (APHA) American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association, 1999.
2. Arnaiz C., Gutierrez J.C., Lebrato J. (2006). Biomass stabilization in the anaerobic digestion of wastewater sludges. *Bioresource Technology*. 97: 1179-1184.
3. Badui Dergal S. (1994). *Química de los alimentos*, Ed. Alhambra Mexicana S.A. de C.V., México.
4. Bougrier C., Carrere H., Delgenes J.P. (2007). Impacts of thermal pre-treatments on the semi-continuous. *Biochemical Engineering Journal*. 34: 20-27
5. Bougrier C., Delgenès J. P., Carrère H. (2008) Effects of thermal treatments on five different waste activated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion. *Chemical Engineering Journal*. 139: 236–244.
6. Cheng-Nan Chang, Jig-Gaw Lin, Ying-Chih Chiu y Shwu-Juan H. (1997) Effect of pretreatment on waste activated sludge (WAS) acidification. In: *Proc. 8 th International Conf. on Anaerobic Digestion*. 2: pp 1-8.
7. de la Rubia M. A., Perez M., Romero L. I., Sales D. (2002). Anaerobic Mesophilic and Thermophilic Municipal Sludge Digestion. *Chemical Biochemical Engineering Quarterly*. 16 (3): 119-124.
8. Delgenès, J.P., Penaud, V., Torrijos, M., Moletta, R., (2000). Investigations on the changes in anaerobic biodegradability and biotoxicity of an industrial microbial biomass induced by a thermochemical pretreatment. *Water Sci. Technol*. 41 (3): 137–144.
9. Field J., Sierra R., Lettinga G. (1986). *Ensayos Anaerobios*, Proc. of on Waste Water Anaerobic treatments. Valladolid, Spain.
10. Jolis D. (2008). High-Solids Anaerobic Digestion of Municipal Sludge Pretreated by Thermal Hydrolysis. *Water Environment Research*. 80:7 654-662
11. Kim J., Park C., Kim T.H., Lee M., Kim S., Kim S-W., Lee J. (2003) Effects of Various Pretreatments for Enhanced Anaerobic Digestion with Waste Activated Sludge. *Journal of bioscience and bioengineering*. 95(3): 271 275
12. Montgomery Douglas C (2004). *Diseño y análisis de experimentos*, segunda edición, Limusa Wiley, México.
13. Roberts R., Son Le y Forster CF (1999). A thermophilic/mesophilic dual digestion system for treating waste activated sludge. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 74: 445-450.
14. Semarnat. (2008). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Edición 2008. Compendio de Estadísticas Ambientales. México.
15. Shelton D. R., Tiedje J. M. (1984) General Method for determination Anaerobic Biodegradation Potencial. *Application Environmental Microbiology* 47. (4): 850-857.
16. Tatsuo S., Kenso K., y Yoshikasu N. (1993). Anaerobic waste-activated sludge digestion a bioconversion mechanism and kinetic model. *Biotechnology and Bioengineering*. 41(11): 1082-1091.
17. Viguera Carmona S.E, Ramirez F, Noyola A, Monroy O. (2011) Effect of thermal alkaline pretreatment on the anaerobic digestion of wasted activated sludge. *Water Science y Technology*. 64(4): 953-959

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Comparación de dos sistemas a nivel piloto: RH-EGSB y RH-RLFI para la digestión anaerobia de los residuos sólidos orgánicos municipales

N.A. Vallejo Cantú, S. Magdaleno Méndez, J.M. Méndez Contreras, A. Martínez Sibaja, A. Alvarado Lassman
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba.
Av. Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata Orizaba, Ver. C.P 94320 México.
*nvallejoc@prodigy.net.mx
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se evaluó el proceso de la digestión anaerobia en dos etapas aplicado a la fracción soluble de los Residuos Sólidos Orgánicos Municipales (RSOM) provenientes de un mercado municipal. En la primera etapa 500 L de la fracción soluble eran alimentados al reactor de Hidrólisis que posee un volumen útil de 1000 L. Posteriormente su efluente alimentaba en paralelo a los reactores anaerobios de lecho expandido y de lecho fluidizado inverso (EGSB y LFI) cuyo volumen útil es de 2470 L y 830 L respectivamente, manejando para la alimentación de ambos reactores una carga volumétrica de 2gDQOs/L.d. Se obtuvieron remociones de DQO soluble del 87% para el sistema RH-EGSB y de 70% para el sistema RH-RLFI.

Palabras clave: digestión anaerobia, residuos orgánicos, residuos sólidos.

Abstract

In this work the two stages anaerobic digestion process applied to the soluble fraction of the Organic Municipal Solid Waste was evaluated (OMSW). The OMSW used was collected in a municipal market. In the first stage 500 L of the soluble fraction were fed to the Hydrolysis reactor that has a working volume of 1000 L. The effluent of the hydrolysis reactor was fed in parallel to the expanded bed and invers fluidized bed anaerobicreactors EGSB and LFI whose useful volume is 2470 L and 830 L respectively, with an organic loading rate of 2 gCODs/L.d. Removals of soluble COD of 87% for system RH-EGSB and of 70% for system RH-RLFI were obtained.

Introducción

La digestión anaerobia ha sido ampliamente usada para remover la materia orgánica presente en aguas residuales porque tiene una producción menor de lodo y consume menos energía que el proceso aerobio. Los RSOM contienen altas concentraciones de materia orgánica fácilmente biodegradable, por lo cual presentan un alto potencial de producción de biogás. Las principales ventajas que presenta este tipo de tratamiento son: reducción de volumen de residuos, estabilización de la materia orgánica biodegradable y recuperación de energía en forma de metano [Fernández y col., 2001]. Existen sistemas de dos etapas, los cuales consisten en un primer reactor con elevado tiempo de retención donde se favorece la hidrólisis, que es la etapa en la que se rompen moléculas que se encuentran en altas concentraciones. Ya que cada etapa presentará diferentes velocidades de reacción según la composición del sustrato, existen reactores de biopelícula como el reactor de Lecho Fluidizado Inverso (LFI) donde la biomasa se adhiere al material de soporte lo cual proporciona la ventaja de tratar efluentes con alta concentración en espacios reducidos en menos tiempo y con menor energía que en otros sistemas [Alvarado y col., 2008]. Por otro lado en un reactor de lecho expandido granular (EGSB, por sus siglas en inglés) la velocidad de flujo ascendente del líquido utilizado permite una expansión parcial (fluidización) del lecho granular, mejorando el contacto del agua residual con las bacterias. Se han realizado estudios sobre el tratamiento de la fracción orgánica de RSOM mediante sistemas batch en dos etapas donde el efluente del primer reactor pasa al segundo después de que el proceso de acidificación ha tenido lugar [Vieitez y Ghosh, 1999]. Ó bien, esta primera etapa se puede usar para metanizar sustancias de fácil degradación dejando para etapas posteriores a

las sustancias más complejas [Monroy y col.,2001]. Esto implica que cada etapa presentará diferentes velocidades de reacción según la composición del sustrato. En contraste, se puede mejorar el proceso utilizando un inóculo maduro para proporcionar una población balanceada de bacterias acidogénicas y metanogénicas [O'Keefe y Chynoweth, 2000]. Debido a que parte de la materia suspendida es adsorbida en el reactor de hidrólisis, la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos será mayor que la materia orgánica [Adrianus y col.,2006]. Sin embargo desde que el efluente del primer reactor contiene predominantemente materia orgánica disuelta, esta característica es apropiada para el tratamiento en un reactor EGSB o RLFI por lo que se realizó una comparación del desempeño de los dos sistemas.

Metodología

Dispositivos experimentales.

La parte experimental fue llevada a cabo en una planta piloto de tratamiento de RSOM.

La trituración de los RSOM se realizó en un molino triturador de cuchillas con tornillo transportador marca VEYCO modelo MCV 320 con una capacidad máxima de 10 Kg/h y la filtración se llevó a cabo en una criba de la marca AFRAMEX.

El proceso anaerobio inicia en el reactor hidrolítico que fue inoculado con lodo anaerobio y cuenta con una biopelícula cuyo material de soporte es de Nylon-poliéster con una superficie de contacto de 84.25 m, tiene una capacidad de 1200 L y un volumen útil de 1000 L, cuenta con dos bombas centrifugas con cabezal de polipropileno de 0.5 HP, una para la alimentación de la fracción soluble cruda y otra para llevar a cabo la recirculación del sustrato. La segunda etapa consta de un reactor EGSB el cual cuenta con un lecho de lodo granular, posee una capacidad de 3530 L con un volumen útil de 2470 L. Para la alimentación del reactor se utilizó una bomba peristáltica marca Master Flex modelo 7553-70 de 0.1 HP con regulador de flujo de 10 niveles de velocidad y otra bomba se empleó para la recirculación, de la marca Leroy Somer modelo 621 VI/RE de 0.5 HP. La tercera etapa consiste en un reactor LFI cuyo medio de soporte es extensosphere™. Posee una capacidad de 1257 L y un volumen útil de 830 L. Para su operación se cuenta con dos bombas peristálticas marca Master Flex modelo 755370-70 de 0.1 HP una para alimentación y la otra para recirculación. Los tres reactores están contruidos a base de fibra de vidrio.

Sustrato.

Los residuos orgánicos fueron provenientes de un mercado ubicado en la ciudad de Orizaba Veracruz. Para la obtención de la fracción soluble los residuos son sometidos a un acondicionamiento previo que consiste en la separación manual de huesos, cáscaras, etc. Así como la reducción de tamaño de aquellos residuos que pueden causar fallas en el equipo para posteriormente llevar a cabo la trituración en el molino. La materia triturada fue solubilizada con agua. Antes de la filtración la materia orgánica se deja reposar por 24 horas para una mejor separación de las fases (sólida y líquida) donde se obtuvo aproximadamente un 65% de la fracción soluble. Posteriormente es bombeada hacia la criba, donde es filtrada para ser almacenada en un tanque con capacidad de 1100 L donde es extraída para alimentar al reactor de hidrólisis.

Sistema de operación.

Al reactor RH fueron alimentados 500 L de fracción soluble diluida, con un ajuste de pH a 5.5 utilizando una solución de hidróxido de sodio 3N. El sustrato permanecía en el RH por un día para que fuera parcialmente hidrolizado. Posteriormente 400 L provenientes de este reactor eran alimentados al EGSB. Y 200 L al reactor LFI, donde el sustrato antes de ser alimentado se le realizaba un ajuste de pH a 7.5 N

Métodos analíticos.

Los parámetros monitoreados durante la operación de los tres reactores fueron la Demanda Química de Oxígeno soluble en base al micrométodo colorimétrico 5220. El monitoreo del pH de acuerdo al método potenciométrico 4500-H⁺ B ambos de acuerdo al Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 1995). La cantidad de ST y STV en base al método gravimétrico NOM-AA-34; 1981 y la cantidad de Ácidos Grasos Volátiles (AGV's) por alcalinidad.

Resultados y discusión

Los reactores fueron monitoreados por 70 días después de haberse operado previamente por un periodo de 780 días, bajo un esquema de alimentación en serie: RH-EGSB-RLFI, por lo que los resultados obtenidos son del sistema ya estabilizado.

Degradación de la materia orgánica en el sistema RH-EGSB

En la Figura 1 se presentan las concentraciones de DQOs en cada reactor en el sistema RH-EGSB en el cual se manejó una Carga Volumétrica Aplicada (CVA) de de 2 gDQOs/Ld en promedio y un Tiempo de Residencia Hidráulico (TRH) de 5.5 días. La concentración en promedio proveniente del RH oscilaba en un rango de 10 gDQOs/L y la concentración de salida del EGSB de 1.2 gDQOs/L. La remoción global en el sistema fue del 87% de DQO soluble.

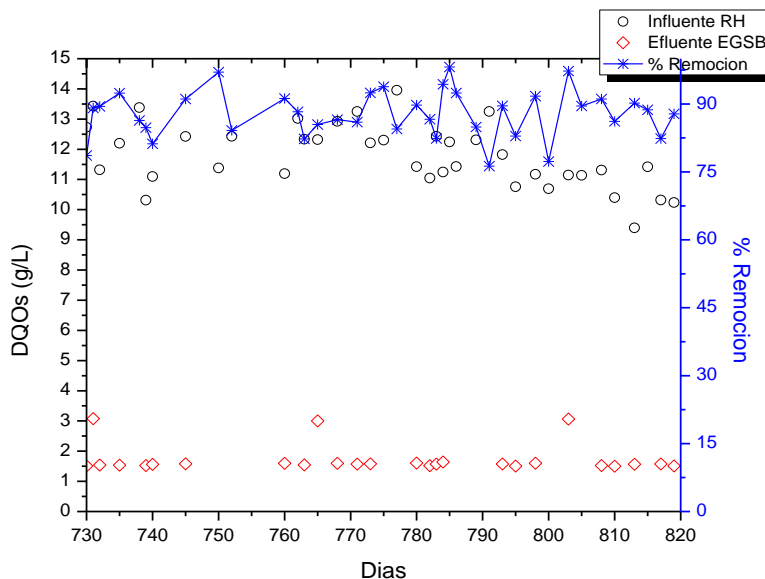


Figura 1. Porcentaje de remoción de DQO soluble del sistema RH-EGSB

Remoción de ST en el sistema RH-EGSB

Con respecto a la remoción de Sólidos Totales se tiene un promedio de 53.38 %. El efluente proveniente del RH trae un contenido aproximado de 12 g/L de sólidos, al ser alimentados en el EGSB disminuyen hasta 6 g/L aproximadamente, como se puede observar en la Figura 2.

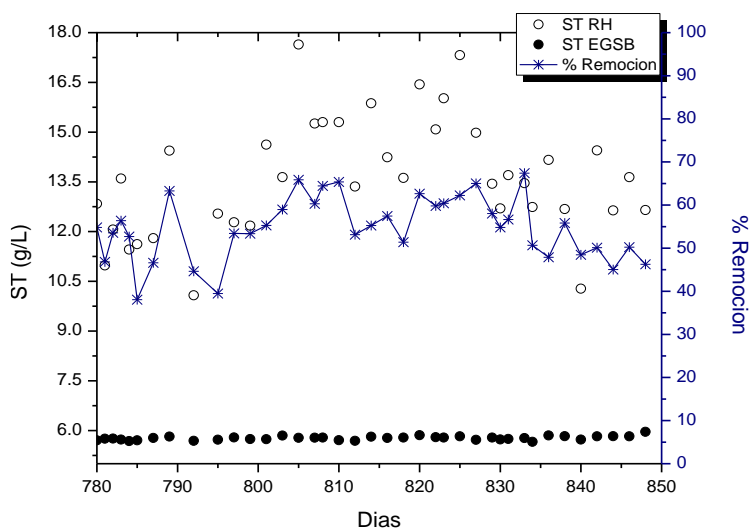


Figura 2. Porcentaje de remoción de ST del sistema RH-EGSB

Remoción de STV en el sistema RH-EGSB

La cantidad de Sólidos Totales Volátiles en el sistema es menor lo cual nos indica que se está llevando a cabo una buena degradación de la materia orgánica, pues además el porcentaje de remoción es de 77% aproximadamente. Tal como se puede observar en la figura 3, con 8.5 g/L en promedio, provenientes del RH y 1.8 g/L para el EGSB.

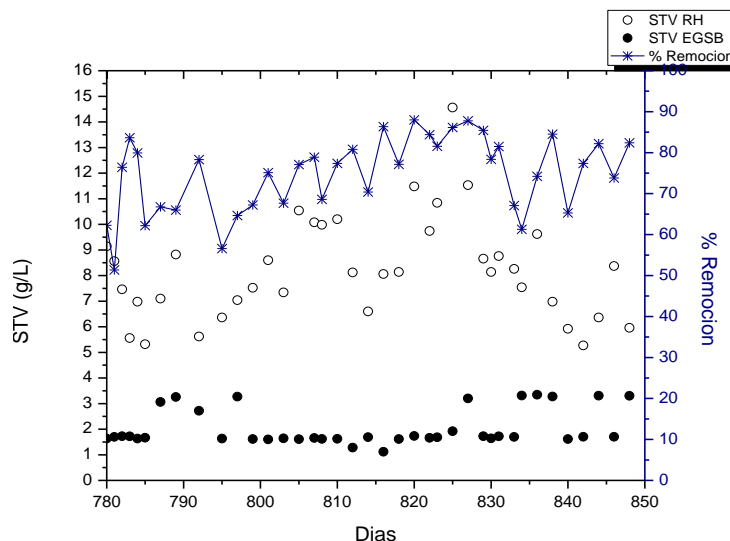


Figura 3. Porcentaje de remoción de STV del sistema RH-EGSB

Determinación de alcalinidad del sistema RH-EGSB

El reactor de Hidrólisis opera a un pH de 5-6 el óptimo para que las bacterias acidogenicas lleven a cabo una adecuada degradación de AGV's. En cuanto al reactor EGSB opera en un pH de 7.3-7.5 lo cual permite una efectiva conversión final de ácidos grasos en metano. El proceso presenta una estabilización general en cuanto a la producción de ácidos grasos volátiles. Teniendo una concentración promedio de 0.4 g/L.

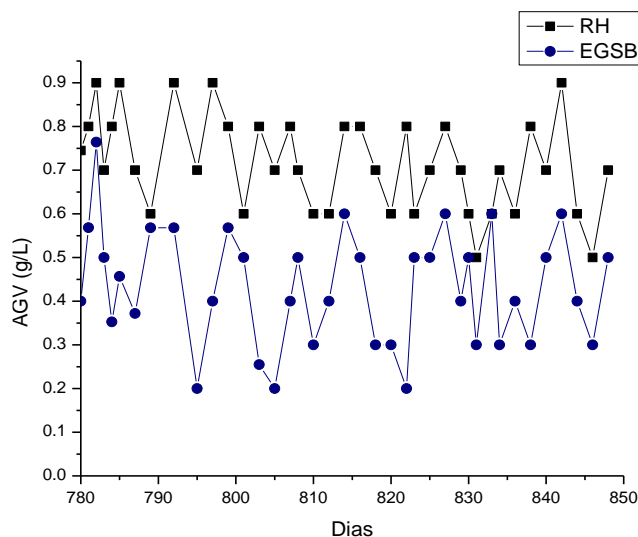


Figura 4. Concentración de AGV's en el sistema RH-EGSB

Degradación de la materia orgánica en el sistema RH-RLFI

Se manejó una carga promedio de 2 gDQOs/Ld y un TRH de 4. Se realizó una dilución del efluente proveniente del RH por lo que la DQO inicial era de 7 gDQO/L en promedio, y al ser alimentado al RLFI su efluente oscilaba alrededor de 2.6 gDQO/L en promedio. Se observó una variación en las remociones de DQOs, obteniendo un promedio cercano al 70%.

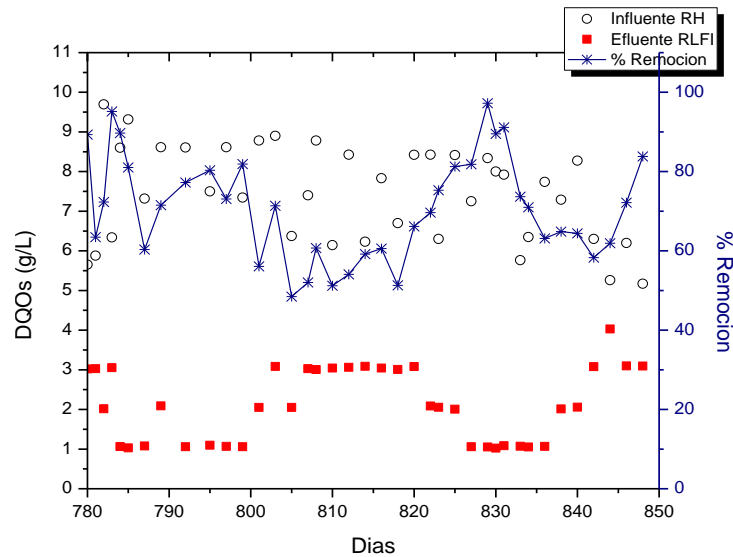


Figura 5. Porcentaje de remoción de DQO soluble del sistema RH-RLFI

Remoción de ST en el sistema RH-RLFI

Respecto la remoción en el reactor de Hidrólisis se puede observar una desestabilización en la remoción al principio, debido posiblemente al incremento de la carga ya que venía operando con una concentración baja de sólidos. Sin embargo a partir del día 790 el sistema vuelve a estabilizarse, manteniéndose constante.

El efluente proveniente del RH tiene una concentración aproximada de 10.4 g/L de ST y 5 g/L el efluente del RLFI. Se logró una remoción aproximada del 50%

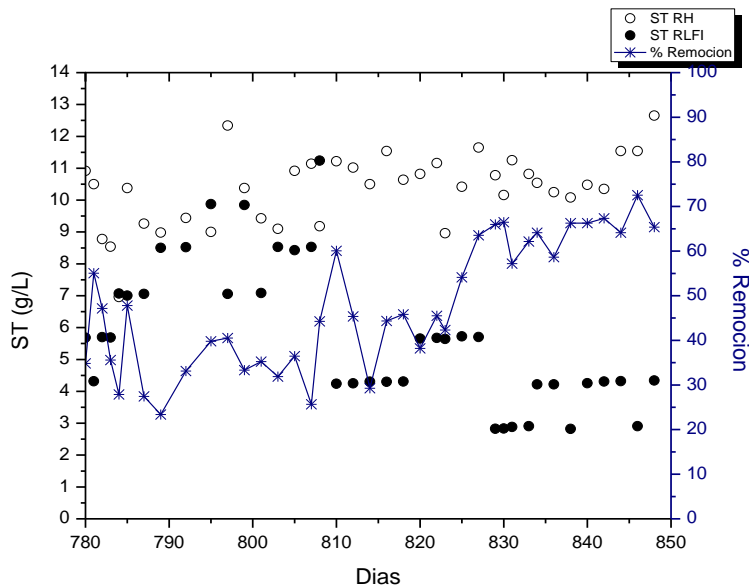


Figura 6. Porcentaje de remoción de ST del sistema RH-RLFI

Remoción de STV en el sistema RH-RLFI.

El efluente proveniente del RH presentaba una cantidad de STV aproximada de 7 g/L. Y después de alimentar al RLFI la concentración disminuía a 2 g/L. Lográndose una remoción del 66%. Los altos grados de porcentaje de remoción pueden deberse a la dilución que se lleva a cabo proveniente del reactor de Hidrólisis y también debido al tipo de soporte presente en el reactor LFI lo que permite que las partículas se adhieran mejor a la biopelícula.

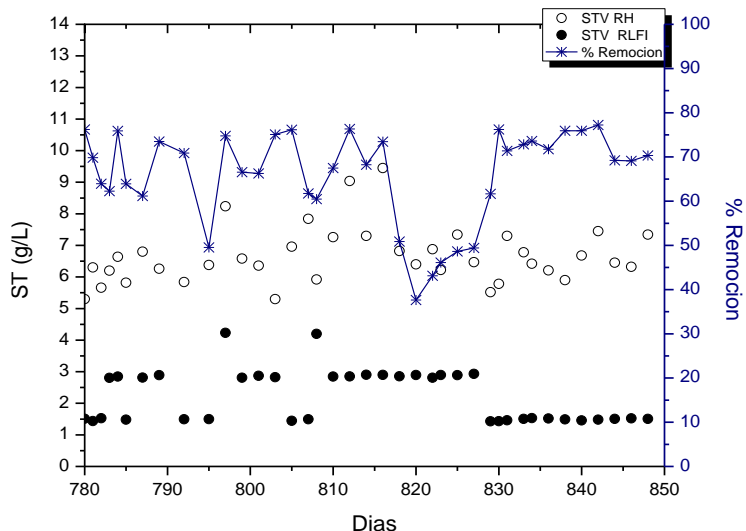


Figura 7 Porcentaje de remoción de STV del sistema RH-RLFI

Determinación de alcalinidad del sistema RH-RLFI

El pH del reactor LFI se mantuvo en un rango de 7.3-7.5 ya que tiene una efectiva capacidad buffer, el cual exhibe una coexistencia satisfactoria entre los formadores de hidrógeno. Para el LFI la concentración promedio de AGV's es de 0.4 g/L y para el RH es de 0.7 g/L como se puede observar en la figura 7.

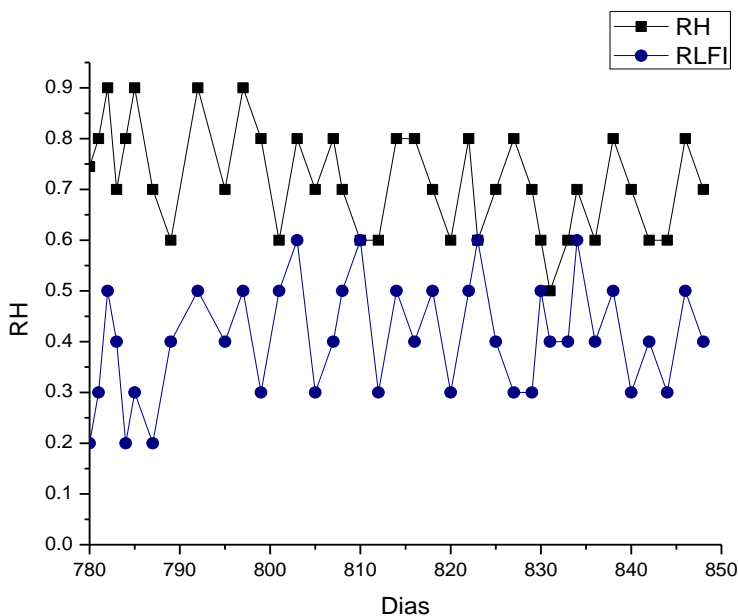


Figura 8. Concentración de AGV's en el sistema RH-RLFI

Al realizar la búsqueda bibliográfica para el desarrollo de éste proyecto, se encontraron investigaciones llevadas a cabo en sistemas similares [Wang y col., 1999] en donde estudiaron la aplicación de un reactor tipo EGSB para el post-tratamiento de un reactor hidrolítico de flujo inverso tratando residuos municipales. Para una temperatura de 15°C se logró una remoción de 70% en DQOs y 83% para SST combinando ambos reactores. Para una temperatura de 12°C y un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 5 horas la remoción de DQOs Y SST fue de 51% y 76% respectivamente. Éstos resultados pueden ser contrastados con el sistema RH-EGSB en donde se obtuvieron remociones de 87% para DQOs y de 53.38 % para ST a una temperatura de 28°C. En este sistema se obtuvieron mayores valores de remoción en la DQOs debido posiblemente a que el sistema operó a una temperatura mayor.

En una investigación realizada [Alvarado y col., 2008] se aplicó la tecnología de lecho fluidizado inverso en una sola etapa aplicado a la remoción de materia orgánica proveniente de una industria cervecera donde se obtuvieron remociones de DQO de hasta el 90%, sin embargo en ésta investigación se optó por realizar el acoplamiento en un reactor LFI con un reactor de Hidrólisis para llevar a cabo la digestión anaerobia de los RSOM, donde se obtuvieron remociones de DQOs del 70%

En este proyecto para ambos sistemas, se manejó la misma carga volumétrica de 2gDQOs/Ld, y aunque el TRH fue distinto, es proporcional al volumen útil de cada reactor. Se obtuvieron remociones de DQO soluble del 87% para el sistema RH-EGSB y una remoción de STV de 77%. Para el sistema RH-RLFI se obtuvo una remoción de DQOs de 70% y 66% de STV respectivamente. Aunque los resultados muestran que el sistema RH-EGSB resulta más eficiente, el sistema RH-RLFI posee la ventaja de ser de menor volumen, y por lo tanto ocupa menor espacio, lo cual resulta benéfico para poder implementarse en espacios reducidos. Por lo tanto la elección de cualquiera de los dos sistemas resulta viable para el tratamiento de la fracción soluble de los RSOM.

Referencias

1. Adrianus van Haandel., Mario T. Kato., Paula F. F. Cavalcanti., Lourdinha Florencio. (2006). Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater. *Environmental Science and Bio/Technology*. **(19)** 21–38.
2. Alvarado-Lassman, A., Rustrían, E., García-Alvarado, M. A.; Rodríguez-Jiménez, G. C.; Houbroun, E. (2008) Brewery wastewater treatment using anaerobic inverse fluidized bed reactors. *Bioresource Technol.* **(99)** 3009-3015.
3. Fernández B., Chamy R., Poirrier P. (2001) Effect of inoculum-substrate ratio on the start-up of solid waste anaerobic digestors *Water Science and Technology* **(44)** 103-108, 2001
4. Monroy O., Famá G., Meráz M., Montoya L., and Macarie H. (2000). Anaerobic digestion for wastewater treatment in Mexico: state of the technology. *Water Research*. **(34)** 1803-1816.
5. O'Keefe, D. M. & Chynoweth, D. P. (2000) Influence of phase separation, leachate recycle and aeration on treatment of municipal solid waste in simulated landfill cells. *Bioresource. Technol.* **(72)** 55–66
6. Vieitez, E. R. & Ghosh, S. (1999) Biogasification of solid wastes by two-phase anaerobic fermentation. *Biomass Bioenergy* **(16)** 299–309.
7. Wang, K., Van der Last, A.R.M., Lettinga, G. (1997) The hydrolysis upflow sludge bed (HUSB) and the expanded granular sludge blanket (EGSB) reactors process for sewage treatment. Proceedings of the 8th International Conference on Anaerobic Digestion, Sendai, Japan, p. 301-304.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Efecto de la incorporación de TiO₂ a catalizadores de Pt/C para celdas de combustible

J.H. Martínez-González^{1*}, J.M. Medina-Flores¹, B. Ruiz-Camacho¹

¹Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte s/n, Juan Alonso Cortázar, C.P. 38483, Guanajuato, México.

*jhmg4444@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo, se incorporó el TiO₂ en el catalizador convencional de Pt/C para ser utilizado en celdas de combustible de hidrógeno (PEM) y/o metanol (DMFC). El objetivo fue desarrollar un catalizador con mayor estabilidad electroquímica y tolerancia al metanol. El material Pt/TiO₂-C fue sintetizado por el método de foto-depósito. Se analizaron las propiedades físicas de cristalinidad y morfología, mediante difracción de rayos X y microscopía electrónica de transmisión. Por otro lado, se evaluó su actividad catalítica mediante técnicas electroquímicas como voltametría cíclica y lineal para llevar a cabo la reacción catódica (reacción de reducción de oxígeno, RRO) que ocurre en una celda de combustible, en presencia y sin metanol. Los resultados muestran que los catalizadores que contienen incorporado óxido en el sustrato tienen mayor actividad catalítica y tolerancia al metanol para la RRO respecto al catalizador comercial Pt/C.

Palabras clave: Pt/TiO₂-C, electrocatalizador, RRO, celda de combustible.

Abstract

In this work TiO₂ was incorporated to the conventional Pt/C catalysts used in the PEM and DMFC fuel cells. The objective was developing a catalyst with higher electrochemical stability and more methanol tolerance compared to Pt/C. Pt/TiO₂-C catalyst was synthesized by a photo-deposition method. The crystalline and morphology properties were analyzed by X-ray diffraction and transmission electronic microscopy. The catalytic activity of Pt/TiO₂-C for the cathodic reaction (oxygen reduction reaction, ORR) and methanol tolerance were evaluated by lineal and cyclic voltammetry as electrochemical techniques. Results show that the catalysts with TiO₂ present higher catalytic activity for ORR and methanol tolerance compared to Pt/C commercial sample.

Introducción

Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que convierten directamente la energía química de un combustible, normalmente hidrógeno (membrana de intercambio protónico, PEMFC) o algún tipo de alcohol como el metanol (metanol directo, MDFC), a energía eléctrica de una forma eficiente generando como únicos subproductos agua, mínimas cantidades de CO₂ y calor. Entre los diferentes tipos de celdas de combustible, las PEMFC y las MDFC poseen una gran serie de ventajas como lo son una baja temperatura de operación (50-80 °C), alta densidad de energía, disponibilidad del combustible, son compactas y de bajo peso, además de tener un inicio de operación rápido, entre otras características que han hecho de este tipo de celdas las candidatas más prometedoras y atractivas para una gran variedad de aplicaciones estacionarias y móviles [Ho Wee y col., 2007]. Sin embargo, su uso comercial está limitado, principalmente asociado al costo y tiempo de vida útil, eficiencia del electrocatalizador y la estabilidad del ensamble membrana electrodo (MEA). La reacción de reducción de oxígeno (RRO) que ocurre en el cátodo de la celda es la parte limitante del proceso debido a que presenta una cinética lenta que conduce a altos sobre-potenciales para disociar el enlace O-O, necesario para que electrones y protones generados en el ánodo por la oxidación del combustible reaccionen y formen agua. Debido a esta baja cinética de la reacción catódica, generalmente, metales nobles como el platino son utilizados como catalizadores. El platino (Pt) es conocido como el mejor material por presentar la más alta actividad catalítica para la RRO [Finsterwalder y col., 2008]. Para reducir la cantidad del Pt y por lo tanto el costo, Pt es usualmente soportado sobre carbón (Pt/C) en forma de nano-partículas dispersas, este presenta una gran área superficial que permite una alta dispersión de partículas catalíticas además de una buena

conductividad electrónica, sin embargo el carbón presenta inestabilidad termodinámica bajo condiciones catódicas, a potenciales mayores a 0.207 V vs NHE (Electrodo normal de hidrógeno) el carbón puede ser oxidado a CO₂ y a 0.518 V a CO. [Wang y col., 2006; Yu y col., 2007; Kim y col., 2008, 2009; Antolini., 2009].

Debido a que el cátodo de la celda está sujeto a alta acidez, temperatura (~80° C), humedad y altos potenciales (1.5V) observados al inicio y final de operación de la celda, la corrosión del carbón se ve aumentada notablemente, lo que lleva a la disminución de eficiencia de la celda debido a la pérdida del área catalítica superficial activa y por lo tanto su tiempo de vida útil [Vinod y col., 2010].

En el caso de las MDFC, el principal problema es causado por el cruce del combustible del ánodo al cátodo, conocido como crossover, lo cual provoca una disminución notable en el rendimiento de la celda, ya que se genera un potencial mixto en el cátodo causado por la competitividad entre la RRO y la oxidación del metanol (ROM), ligado a esto la oxidación de metanol involucra la formación de productos intermediarios, como el CO, que se absorben fuertemente en la superficie del platino bloqueando los sitios catalíticos activos (conocido como envenenamiento del catalizador) causando una pérdida de eficiencia en la celda. [Shukla y col., 2009; Corti y col., 2012]. En cuestión, es necesario desarrollar electrocatalizadores catódicos que presenten una alta actividad catalítica hacia la RRO, mayor estabilidad del soporte carbón y alta tolerancia al metanol.

Una alternativa para incrementar la estabilidad del electrocatalizador es el uso de soportes más estables, recientemente la adición de óxidos metálicos al soporte carbón, como MO_x (M=Ru, W, Ti, Sn, Zn) con Pt han sido investigados para mejorar la actividad catalítica, estabilidad del catalizador y la tolerancia de estos catalizadores al metanol [Kraemer y col., 2008; Alonso-Vante y col., 2006, 2010]. Específicamente los compuestos de TiO₂-Carbón como alternativa de soporte han atraído una considerable atención debido a su alta resistencia a la oxidación, este efecto es explicado en términos de que la presencia del óxido produce modificaciones en las propiedades electrónicas del Pt, un efecto sinérgico en la interacción oxido-metal que incrementa la densidad electrónica del orbital de Pt, que conduce a una mejora de la actividad electroquímica para la RRO en comparación con Pt/C. Así también la presencia de óxido mejora la resistencia al envenenamiento por monóxido de carbono, incrementa la tolerancia al metanol y estabilidad química. [Rajalakshmi y col., 2008; Ruiz-Camacho y col., 2012].

Recientemente, Ruiz-Camacho y Col., [2013], reportaron una mejora en la estabilidad y actividad electroquímica del electrocatalizador 10 wt.% Pt–5 wt.% TiO₂-C. En el presente trabajo se estudió la tolerancia al metanol en concentraciones de 0.1 a 0.5 M, en medio ácido de H₂SO₄ a 0.5 M, con el propósito de determinar suposible aplicación como cátodos en celdas de combustible del tipo PEMFC y MDFC.

Metodología

Síntesis de Pt/TiO₂-C

La síntesis del sustrato 5%TiO₂-C se realizó mediante sol-gel de acuerdo a la ecuación 1. El depósito de las nanopartículas de Pt sobre el óxido de titanio, se llevó a cabo utilizando un método foto-catalítico, siguiendo la metodología previamente reportada por Ruiz-Camacho y col., [2013].



Caracterización física

Los materiales sintetizados se caracterizaron por difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de transmisión (TEM). La estructura y los planos cristalográficos de los catalizadores se analizaron mediante la técnica de XRD. Se utilizó un difractómetro Bruker D8 AXS operado a 35 kV y 25 mA, con una radiación de Cu K_α (λ=1.54 Å). El rango de estudio de algunos catalizadores fue 37-50 grados con una velocidad de 2°/min. Para los estudios más detallados se utilizó un rango más amplio de 30 a 90 grados a una velocidad más lenta de 0.2°/min. El tamaño, la geometría y distribución del tamaño de partícula se realizó en un microscopio JEOL-JEM-2200-FS de emisión de campo de 200 kV.

Estudio de tolerancia al metanol

Todas las pruebas electroquímicas se llevaron a cabo en una celda electroquímica de vidrio de tres electrodos con doble compartimiento acoplado a un termo-circulador de agua (LabTech) para controlar la temperatura desde 25 hasta 75°C. Como electrodo de trabajo se utilizó un electrodo comercial RDE0008 de carbón vítreo con un diámetro de 5mm (área superficial geométrica de 0.196 cm²) rodeado de un cilindro Nylamid como soporte del electrodo. Como contraelectrodo se utilizó una barra de grafito y como electrodo de referencia el

electrodo de Calomel ECS / (Electrodo de Calomel saturado) $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{KCl}$ (sat.) con un potencial de 0.242 vs NHE. Todos los potenciales están reportados respecto al electrodo normal de hidrógeno (NHE) que es un electrodo de referencia aceptado internacionalmente para medir el potencial del resto de los electrodos que se representa por: $\text{Pt}, \text{H}_2 (\text{g}, 1 \text{ atm}) | \text{H}^+ (1\text{M}) E_0 = 0,0000\text{V}$ [Bard y Faulkner., 2000]. Las técnicas Voltametría Cíclica (VC) y Electrodo Disco Rotatorio (EDR) se realizaron con el Potenciostato / Galvanostato ZRA marca Gamry Instruments 3000 y su respectivo controlador de velocidad de rotación de la misma marca modelo RDE710. La tinta catalítica fue preparada con 1mg de catalizador (Pt-Etek y Pt/TiO₂-C), 125 μL de agua desionizada y 25 μL de Nafión® (Du Pont, 1100 EW), esta se homogenizo en un baño de ultrasonido (BRANSON 2510) por 2 h. Tanto para VC y EDR se depositaron 11 μL de la tinta en la superficie del electrodo de carbón vítreo y se dejó secar a temperatura ambiente. Las medidas se realizaron utilizando una solución electrolítica de H_2SO_4 0.5 M. Todas las soluciones fueron preparadas con agua desionizada. Antes de realizar las mediciones electroquímicas de reducción de oxígeno (con EDR), las soluciones fueron burbujeadas con nitrógeno para su desoxigenación durante 10 minutos, seguido de un protocolo de activación del electrodo de trabajo consistente en realizar 20 ciclos de barrido de potencial entre 0 y 1.2 V (NHE) a una velocidad de 50 mVs^{-1} en H_2SO_4 a 0.5 M. Realizado esto se oxigenó la celda por 5 minutos, y se corrieron las pruebas de EDR a velocidades de 200, 400, 900, 1600 y 2500 rpm a 5 mVs^{-1} . Para estudiar el efecto del metanol en los catalizadores, se siguió el mismo procedimiento, excepto que en estas pruebas se mantuvo controlada la temperatura a 30°C. Las pruebas con VC y EDR se evaluaron en concentraciones de metanol de 0.5 M en solución electrolítica de H_2SO_4 a 0.5 M. Todas las pruebas se compararon con el catalizador comercial 10% Pt/C (Pt-Etek), un catalizador muy eficiente tanto para la RRO como para la ROM.

Resultados y discusión

Caracterización Física

La Figura 1 muestra los resultados de (a) XRD y (b) TEM del catalizador Pt/TiO₂-C. El difractograma obtenido en el rango de $2\theta = 30-90^\circ$ a una velocidad de 0.5 grados por minuto indica que el material sintetizado, presenta una estructura cristalina mostrando cinco picos alrededor de $2\theta = 39.76^\circ, 46.24^\circ, 67.45^\circ, 81.28^\circ$ y 85.71° , los cuales corresponden a las posiciones de los planos cristalográficos del Pt (111), (200), (220), (311) y (222). Las reflexiones correspondientes al Ti, TiO₂ o TiO_x no son observados, lo que indica que el óxido sintetizado por sol gel es amorfo, o la concentración es muy baja que no alcanzan a detectarse. Por otro lado, los resultados de microscopía electrónica de transmisión indican que el material sintetizado presenta un tamaño nanométrico, en forma de partículas de Pt aglomeradas alrededor de TiO₂. Se observa un depósito selectivo sobre el TiO₂, y no sobre el carbón. Es evidente una baja dispersión del TiO₂ sobre el carbón.

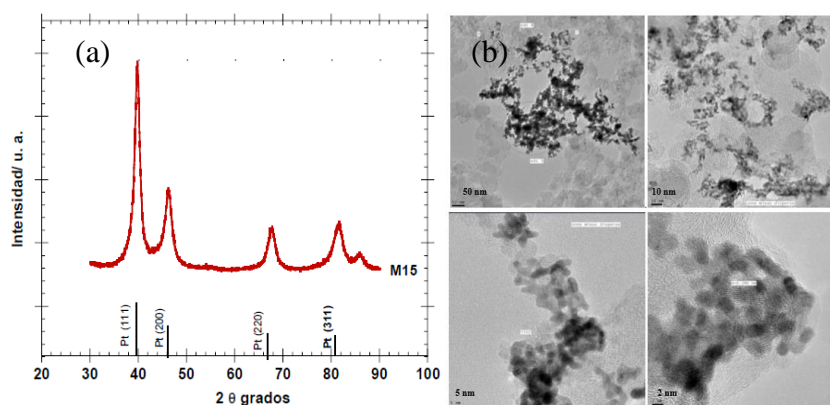


Figura 1. Caracterización física: a) Difracción de rayos X y b) Microscopía Electrónica de Transmisión del catalizador Pt/TiO₂-C sintetizado por foto-depósito en fase líquida.

Efecto del Metanol

En la Figura 2-a se presentan los voltamogramas cíclicos correspondientes a los electrocatalizadores Pt-Etek (M1) y Pt/TiO₂-C (M2) obtenidos en medio ácido (H₂SO₄ 0.5 M) a temperatura ambiente. En el voltamograma correspondiente a M1 se distingue claramente la respuesta típica de platino policristalino (Pt). Se observa una región de adsorción-desorción de protones de 0.05 a 0.3 V (NHE). Una región capacitiva de 0.3 a 0.45 V (NHE). Y finalmente una región de óxidos de 0.5 a 1.2 V (NHE). Es evidente que la muestra comercial M1 presenta mayor densidad de corriente en todo el rango de potencial de estudio, respecto a las muestras con TiO₂, asociado a que presenta mayor cantidad de platino expuesto a la especie electroactiva. De la figura 2-a se puede concluir que el área superficial activa (ESA, cm²), y por lo tanto el contenido real de Pt, es mayor en la muestra comercial respecto a la sintetizada.

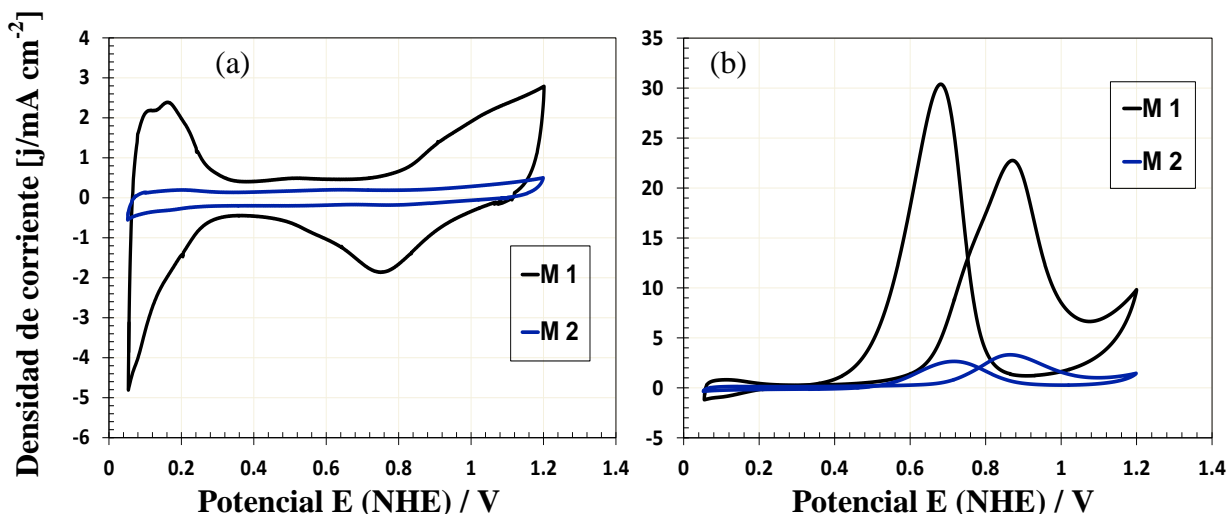
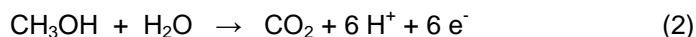


Figura 2. Voltametría cíclica de las muestras Pt-Etek (M1), Pt/TiO₂-C (M2) en (a) H₂SO₄ 0.5 M y (b) H₂SO₄ 0.5 M con CH₃OH 0.5 M a 50 mV s⁻¹ y 30°C.

En la Figura 2-b se muestran las voltametrías cíclicas obtenidas para el catalizador comercial de Pt-Etek (M1) y el catalizador Pt/TiO₂-C (M2), respectivamente. Las VCs fueron llevadas a cabo en soluciones desoxigenadas de H₂SO₄ 0.5 M y concentraciones de metanol de 0.5 M a una velocidad de barrido de 50 mVs⁻¹ entre 0.05 y 1.2 V (NHE) por 20 ciclos. Las características de los voltamogramas cíclicos son consistentes con la literatura y corresponden a la respuesta típica de electro-oxidación de metanol en presencia de Pt [Alonso-Vante y Col., 2006]. El mecanismo de electro-oxidación de metanol es un proceso complejo que involucra la transferencia de seis electrones. La reacción completa de la oxidación de metanol puede ser formulada como se especifica en la ecuación 2:



En el voltamograma correspondiente al catalizador comercial (M1), puede observarse claramente la aparición de dos picos. El primer pico obtenido en el barrido anódico alrededor de 0.85 V corresponde a la adsorción de CO (formado como intermediario en la oxidación del metanol). El segundo pico alrededor de 0.7 V obtenido durante el barrido catódico está relacionado con la oxidación de CO adsorbido a CO₂ (electro-oxidación de metanol). Resultados similares fueron encontrados para la muestra preparada con TiO₂, donde se observa que la intensidad de corriente obtenida con la muestra M2, es mucho menor en comparación con M1, lo cual está asociado con el área electroquímica activa que presenta cada una de las muestras. El menor tamaño de los picos de TiO₂ esta relacionado con la poca capacidad para adsorber especies orgánicas y oxidarlas, lo que refleja una inactividad para la ROM, y se interpreta como una menor contaminación por metanol.

En la figura 3 se muestra una comparación de las curvas de polarización de la RRO sobre los catalizadores M1, y M2 obtenidas en (a) H₂SO₄ 0.5 M y (b) H₂SO₄ 0.5 M+ CH₃OH 0.5 M a una velocidad de rotación de 1600 rpm desde un potencial inicial de 1 a 0.05 V (NHE) a una velocidad de barrido de 5 mVs⁻¹. En la Figura 3-a, se observa que en ausencia de metanol, el catalizador M1 presenta un corrimiento en la región cinética a

potenciales más positivos (0.8 V vs. NHE), favoreciendo la RRO. En la Figura 3-b, se observa que en concentración de 0.5 M de CH₃OH, la muestra M1 desplaza el potencial de reducción a 0.6 V (NHE). Por otro lado, la curva inicial relacionada con la electro-oxidación del CH₃OH aumenta hasta corrientes positivas de 4 mA cm⁻². La reducción de oxígeno en presencia de metanol sobre los catalizadores empieza a registrarse a partir de potenciales menores. Esto significa una baja selectividad a la RRO y baja tolerancia al metanol, la reacción química en fase gas entre el metanol y el oxígeno, conduce a la formación de CO₂ en la interfaz, lo que provoca la disminución en la cinética de reducción de oxígeno.

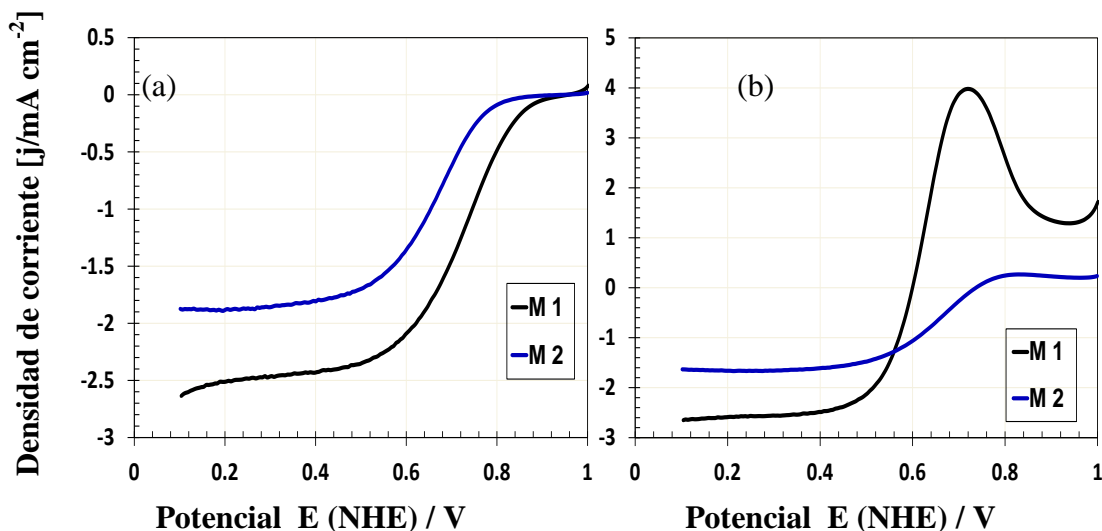


Figura 3. Comparación de las curvas de polarización de las muestras M1 y M2 en solución de (a) H₂SO₄ a 0.5 M a (b) H₂SO₄ a 0.5 M + CH₃OH 0.5 M, saturada de O₂ a velocidades de barrido de 5 mVs⁻¹ a 1600 rpm y 30 °C.

En la Tabla 1 se muestra la densidad de corriente obtenida para cada catalizador a un potencial de 0.75 V (NHE) para las concentraciones de metanol de 0, 0.2 y 0.5 M, en este potencial la densidad de corriente para M1 en 0.5 M de CH₃OH fue de 3.739 mA cm⁻² y 0.074 mA cm⁻² para M2. Por lo tanto, es evidente que el catalizador Pt/ TiO₂-C (M2) poseen una mayor actividad catalítica hacia la RRO en presencia de metanol, por lo que a concentración de 0.5 M de CH₃OH el catalizador con TiO₂ presenta mayor tolerancia y actividad catalítica en presencia de metanol y una mínima oxidación y es posible utilizar este catalizador como cátodos tolerantes al metanol en las MDFC.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos obtenidos a diferentes concentraciones de metanol.

Catalizador	E _{oc} (mV)	j (mA cm ⁻²) a 0.75 V (0 M)	j (mA cm ⁻²) a 0.75 V (0.2 M)	j (mA cm ⁻²) a 0.75 V (0.5 M)
M 1	734.2	-0.933	2.515	3.739
M 2	851.4	-0.267	-0.154	0.074

Trabajo a futuro

Es necesario complementar esta investigación realizando caracterización física para determinar el contenido real de Pt en las muestras sintetizadas, así como también es necesario normalizar los datos en función del área electroquímica activa. Falta realizar un estudio de cronoamperometría para determinar la corriente y estabilidad de estos materiales respecto al tiempo para llevar a cabo la electro-oxidación de metanol.

Conclusiones

Los resultados de voltametría cíclica y lineal evidencian el efecto del óxido metálico incorporado, mostrando un incremento en la actividad catalítica para llevar a cabo la RRO en presencia de metanol sobre los catalizadores Pt/C (M1) (comercial) y Pt/TiO₂-C (M2). Se comprobó que el catalizador que contiene TiO₂ presenta mayor tolerancia al metanol y mayor actividad catalítica para la RRO comparada con la muestra comercial de Pt-Etek (Pt/C) (M1) evaluado a las mismas concentraciones.

Agradecimientos

A la Universidad Politécnica de Guanajuato durante el desarrollo del proyecto PROMEP 103.5/12/3400. JHMG agradece la beca otorgada por PROMEP para la realización de su tesis de licenciatura.

Referencias

1. Alonso-Vante, N.; Gochi-Ponce, Y. and Alonso-Nuñez, G. (2006). Synthesis and electrochemical characterization of a novel platinum chalcogenide electrocatalyst with an enhanced tolerance to methanol in the oxygen reduction reaction. *Electrochem. Comm.* **(8)** 1487-1491.
2. Alonso-Vante, N.; Timperman, L.; Feng, Y.J. and Vogel, W. (2010). Substrate effect on oxygen reduction electrocatalysis. *Electrochem. Acta.* **(55)** 7558 - 7563.
3. Alonso-Vante, N.; Timperman, L. and Vogel, W. (2010). Probing metal substrate interaction of Pt nanoparticles: Structural XRD analysis and oxygen reduction reaction. *Applied Catalysis.* **(377)** 167-173.
4. Antolini, E. (2009). Carbon supports for low-temperature fuel cell catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental.* **(88)** 1-24.
5. Antonilli, E. and González, E.R. (2009). Ceramic materials as support for low-temperature fuel cell catalysts. *Solid State Ionics.* **(180)** 746-763.
6. Bard, A. J. and Faulkner, L. R. (2nd Ed.) (2000). *Electrochemical Methods: fundamentals and applications.* (pp.1-43.) New York: John Wiley & Sons, inc.
7. Corti, H.R.; Franceschini, E.A.; Bruno, M.M.; Viva, F.A.; Williams, F.J. and Jobbágy, M. (2012). Mesoporous Pt electrocatalysts for methanol tolerant cathode of DMFC. *Electrochem. Acta.* **(71)** 173-180.
8. Finsterwalder, F.; Maass, S.; Frank, G.; Hartmann, R. and Merten, C. (2008). Carbon support oxidation in PEM fuel cell cathodes. *J. Power Sources.* **(176)** 444-451.
9. Ho Wee, J.; Lee, K-Y. and Kim, S.H. (2007). Fabrication methods for low-Pt-loading electrocatalysts in proton exchange membrane fuel cell systems. *J. Power of Sources.* **(165)** 667-677.
10. Kim, H.; Oh, H-S.; Heeyum, K.; Roh, B. and Hwang, I. (2009). Corrosion resistance and sintering effect of carbon supports in polymer electrolyte membrane fuel cell. *Electrochem. Acta.* **(54)** 6515-6521.
11. Kim, H.; Oh, H-S.; Oh, J-G.; Haam, S.; Arunabha, K.; Roh, B. and Hwang, I. (2008). On-line mass spectrometry study of carbon corrosion in polymer electrolyte membrane fuel cells. *Electrochemistry Communications* **(10)** 1048-1051.
12. Kraemer, S. V.; Wikander, K.; Lindbergh, G.; Lundblad, A. and Palmqvist, A. E.C. (2008). Evaluation of TiO₂ as catalyst support in Pt-TiO₂/C composite cathodes for the proton exchange membrane fuel cell. *J. Power Sources.* **(180)** 185-190.
13. Rajalakshmi, N.; Lakshmi, N. and Dhatathreyan, K.S. (2008). Nano titanium oxide catalyst support for proton exchange membrane fuel cells. *International J. of Hydrogen Energy.* **(33)** 7521-7526.
14. Ruiz-Camacho, B.; González-Huerta, R.G.; Valenzuela, M.A.; Vargas-García, R.; Alonso-Vante, N. and Tufiño-Velázquez, M. (2012). Oxygen Reduction Performance of Pt/TiO₂-C Electrocatalysts prepared by Two-step Chemical Vapor Deposition. *J. New Mat. Electrochem. Systems.* **(15)** 123-128.
15. Ruiz-Camacho, B.; Morais, C.; Valenzuela, M.A. and Alonso-Vante, N. (2013). Enhancing oxygen reduction reaction activity and stability of platinum via oxide-carbon composites. *Catal. Today.* **(202)** 36-43.
16. Shukla, A.K.; Selvarani, G.; Mashewari, S.; Sridhar, P. and Pitchumani, S. (2009). Carbon-Supported Pt-TiO₂ as a Methanol-Tolerant Oxygen-Reduction Catalyst for DMFCs. *J. Electrochem. Soc.* **(156)** B1354-B1360.
17. Vinod, S.S.; Selvarani, G.; Sridhar, P.; Pitchumani, S. and Shukla, A.K. (2010). A durable PEFC with Carbon-Supported Pt-TiO₂ Cathode: A cause and effect study. *J. of the Electrochemical Society.* **(157)** B1000-B1007.

18. Wang, X.; Li, W.; Chen, Z.; Waje, M. and Yan, Y. (2006). Durability investigation of carbon nanotubes as catalyst support for proton exchange membrane fuel cell. *J. Power Sources*. **(158)** 154-159.
19. Yu, X. and Ye. S. (2007). Recent advances in activity and durability enhancement of Pt/C catalytic cathode in PEMFC. *J. Power Sources* **(172)** 145-154.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Proceso de secado por aspersión de café en un secador prototipo e isothermas de sorción

F. Gómez-Navarro^{1*}, E. Bolaños-Reynoso, G. Luna-Solano,
DEPI, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 no. 852, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.
M.A. García-Alvarado, Instituto Tecnológico de Veracruz, UNIDA. M. A. de Quevedo no. 2779, C.P. 91987,
Veracruz, Ver., México.
franco_nava_10@hotmail.com
Área de Participación: Ingeniería Química

Resumen

En este estudio fue investigado el secado por aspersión e isothermas de café. Los factores investigados: temperatura de entrada (145 a 220 °C), flujo de aire (537 a 691 kg h⁻¹) y frecuencia de disco rotativo (60 a 90 Hz). Tres niveles para el estudio de cada variable y el central. La humedad, la actividad de agua, temperatura de aire de salida y color (L, Hue y Chroma), respuestas del proceso. El aumento de flujo de aire y frecuencia del disco, incrementa la humedad y color. Las isothermas de adsorción de muestras de café tuvieron una forma sigmoide tipo III. Fue observada la histéresis y el contenido de humedad de equilibrio en isothermas de desorción fue más alto que en isothermas de adsorción. En general fue observado que el secado y el comportamiento de las isothermas del café fueron influenciados por el flujo de aire y la frecuencia del disco.

Palabras clave: Coffee extract, spray drying, isotherms

Abstract

In this study spray drying and sorption isotherms of coffee extract were investigated. The factors investigated were inlet air temperature (145 to 220 °C), air flow (537 to 691 kg h⁻¹) and rotary disc frequency (60 to 90 Hz). Three levels of each variable were chosen for study, including the central. Moisture content, water activity, outlet air temperature and color (L, Hue, Chroma) were the responses of process. The air flow and disc frequency increment increases moisture content and color parameters. The adsorption isotherms of coffee samples have a sigmoid shape type III. The hysteresis loop was observed and equilibrium moisture content of the desorption isotherm was higher than that of the adsorption isotherm. In general, it was observed that the drying and isotherms behavior of coffee were influenced by air flow and disc frequency.

Introducción

El proceso de secado por aspersión es la atomización de la alimentación por medio de boquillas o atomizadores rotatorios para formar una nube de pequeñas gotas; el contacto con el medio caliente ocasiona la evaporación del contenido de agua; hasta el punto deseado del secado y la recuperación del producto final donde la forma del producto depende de las propiedades físicas y químicas del alimento, del diseño y operación del secador.

El secado por aspersión es un proceso de transferencia de calor y masa simultáneo, este puede ser una alternativa para la elaboración de productos en polvo. Conservando sus características y componentes naturales para poder utilizarlos gradualmente combinados con otros materiales a un grado pequeño, algunas de las principales características del polvo secado por aspersión incluye: la humedad, el tamaño de partícula, densidad a granel y capacidad de rehidratación entre otras las cuales son importantes para su estabilidad y aceptación en el mercado (Mujumdar, 1987). El proceso de secado por aspersión en México se utiliza en la industria para la elaboración de café instantáneo.

El café es uno de los principales productos de origen agrícola comercializados en los mercados internacionales y a menudo supone una gran contribución a las exportaciones de las regiones productoras (Pose, 2006). También café se denomina al alimento consumido frecuentemente como bebida que se obtiene por infusión a partir de los frutos y semillas del cafeto (*Coffea arabica*), que contiene una sustancia estimulante llamada cafeína.

Es muy importante conocer el contenido de agua de los alimentos y considerar la cantidad de agua disponible para que se efectúen las reacciones de deterioro de tipo químicas y agua disponible para reacciones de microorganismos. Por lo que es importante conocer la capacidad de sorción de los alimentos debido a que por medio de esta propiedad podemos conocer hasta que punto puede adsorber agua y desorber una matriz analizada.

Las isotermas de sorción son una parte esencial porque de estas gráficas podemos obtener información muy importante como constantes que se utilizan en el cálculo de la vida útil de un alimento, permeabilidad de tipos de empaque, calor isostérico neto, temperatura de transición vítrea, temperatura de colapso de un alimento, datos para optimización de procesos de secado y datos de humedad en equilibrio con actividad de agua para almacenamiento de estos productos (Escobedo et al., 2012).

Algunos trabajos han estudiado el proceso de secado por aspersión evaluando el gasto energético para el proceso de secado por aspersión de extracto de café (Bello, 2012), obteniendo un producto estable con valores de actividad de agua y humedad en equilibrio por debajo del estipulado para productos estables y el gasto energético menor se dio con las temperaturas de salida más bajas (82-102 °C), adicionando maltodextrinas.

Gámez Eugenio, (2012) simuló el proceso de secado por aspersión obteniendo que la variación en el flujo de alimentación influyen de manera significativa sobre la temperatura y la humedad del producto seco.

Por otra parte se ha observado que el producto de extracto de café deshidratado es un polvo estable pero altamente higroscópico y para describir algunas propiedades de sorción de agua en este trabajo se propuso obtener las isotermas de sorción de extracto de café deshidratado a diferentes condiciones, debido a que proporcionan información muy importante para su elongación en el tiempo de vida útil (Welti, 1997), como el caso de productos con alto poder higroscópico.

Metodología

Para la realización de este trabajo se utilizó extracto concentrado de café el cual fue proporcionado por la empresa CAFIVER S.A. de C.V. de Potrerillo Ver. El extracto de café tiene las siguientes características: viscosidad 110 Pa*s, humedad 92.26 %, cafeína 1.28 % y sólidos totales 7.74 % (Bello, 2012). Para llevar a cabo el proceso de secado por aspersión se utilizó un secador por aspersión nivel prototipo VIBRASEC PSA5, con dimensiones: altura 4.3 m, largo 2.5 m, ancho 2 m. Consta de una unidad atomizadora de disco rotativo, con un control de velocidad con variador de frecuencia, una alimentación de producto mediante bomba baja presión y la recolección de producto se realiza por medio de un ciclón de alta eficiencia (VIBRASEC, 2011).

La caracterización fisicoquímica del extracto de café ya deshidratado se obtuvo evaluando la actividad de agua (a_w), contenido de humedad (%X) y color utilizando los métodos y equipos correspondientes. La actividad de agua (a_w) se midió con un equipo AquaLab, modelo serie 3 TE, este instrumento utiliza la técnica de punto de rocío. Para la medición del contenido de humedad se utilizó una termobalanza marca Ohaus, modelo MB35.

Para analizar los cambios de color en el extracto deshidratado se realizó el estudio con un colorímetro MiniScan XE, las mediciones se obtuvieron mediante el programa Universal Software versión 4.10 del sistema HunterLab, donde el color se expresa con valores de luminosidad (L), intensidad de color (Chroma) y ángulo de color (Hue). La validación de color se realizó comparando las muestras obtenidas después del proceso de secado por aspersión y una muestra obtenida en la empresa CAFIVER S.A. de C.V. como estándar que se encuentra en el mercado.

Para llevar a cabo el estudio del proceso de secado por aspersión del extracto de café se aplicó un diseño de experimentos de composición central que es el más utilizado en la etapa de búsqueda de segundo orden debido a su gran flexibilidad, se puede construir a partir de un diseño factorial completo 2^k o fraccionado 2^{k-p} agregando puntos sobre los ejes y al centro además de otras propiedades deseables.

En la Tabla 1 se muestran los factores: temperatura de entrada de aire (T_E), flujo de aire de alimentación (G_v) y frecuencia (Fr), en los tres niveles de estudio del proceso.

Tabla 1. Factores y niveles estudiados

Factor	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
T_E ($^{\circ}\text{C}$)	220	185	145
G_v (kg h^{-1})	537.2	619.2	691
Fr (Hz)	60	75	90

La evaluación de sorción de agua de las muestras deshidratadas se realizó por medio de la generación de isothermas de sorción del extracto de café ya deshidratado a diferentes condiciones del proceso de secado por aspersión.

Las isothermas de sorción se obtuvieron utilizando el equipo generador de isothermas VSA Aqua-Lab a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los datos fueron reportados con el software implícito en el VSA donde se puede disponer de los datos de las constantes de ajuste de los modelos de GAB y BET, así como de un modelo polinomial de segundo orden para el cálculo de propiedades de sorción.

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestra los experimentos obtenidos por el diseño rotatable con las variables de estudio del proceso y los resultados obtenidos durante la realización de este trabajo de investigación sobre el proceso de secado por aspersión de extracto de café.

Los valores para el contenido de humedad en todas las muestras de café deshidratado por el proceso de secado por aspersión estuvieron por debajo del 3%. Los valores de actividad de agua, en general para todos los experimentos fueron por debajo de 0.263, observando que la mayoría fueron menores de 0.063, dando esto la fiabilidad de un producto altamente estable para almacenamiento. Sin embargo se conoce que el extracto de café deshidratado es de alto grado higroscópico y por esta razón se analizaron algunas isothermas generadas con el equipo VSA de Aqua-Lab.

La temperatura de salida en los 15 experimentos resultó arriba de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ y como máximo valor $154\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que al ser tan alta la temperatura de salida la humedad debería ser muy cercana a cero, pero se conoce que este polvo deshidratado es muy higroscópico por lo que su capacidad de retener agua es alta y es necesario realizar los análisis lo mas rápido posible y en un ambiente con humedad relativa controlada ya que esta influye directamente sobre el aire de alimentación al proceso de secado por aspersión en el equipo PSA5.

Los parámetros de color estudiados (L, Hue y Chroma) para el producto de extracto de café deshidratado por aspersión, muestran resultados muy similares en cuanto a luminosidad e intensidad de color y también se realizó una comparación con una muestra de café deshidratada por secado por aspersión, proporcionada por la industria CAFIVER, esta muestra de café pertenece a un producto que actualmente se encuentra en el mercado como un producto de café instantáneo.

Tabla 2. Experimentos de secado por aspersión de café y variables de respuesta obtenidas

EXP	T0 (°C)	Gy (kg/h)	Fr (Hz)	Ts (°C)	% X (g agua/g s.s.)	a_w (P/P ₀)	L	COLOR Hue	Chroma
1	145	537	60	104	1.09	<0.063	21.69	2.33	8.22
2	145	691	60	105	0.95	<0.063	22.39	2.48	8.3
3	220	537	60	139	0.37	<0.063	21.83	1.62	6.37
4	220	691	60	141	0.39	<0.063	21.86	2.21	7.4
5	145	537	90	112	0.9	<0.063	25.53	3.96	11.22
6	145	691	90	105	0.97	<0.063	24.38	3.58	9.64
7	220	537	90	155	1.85	<0.063	24.84	3.11	9.44
8	220	691	90	154	0.91	<0.063	28.08	3.91	10.03
9	185	619	75	103	2.5	0.176	23.41	1.2	5.25
10	185	691	75	119	2.06	<0.063	21.89	1.12	5.65
11	185	537	75	110	2.78	0.09	22.52	1.5	7.37
12	220	619	75	109	1.77	0.147	23.95	1.3	6.05
13	145	619	75	101	2.61	0.263	23.85	1.03	6.29
14	185	619	90	103	2.19	0.221	23.55	0.61	5.34
15	185	619	60	100	1.5	0.08	2.174	1.36	5.88

En la Figura 1 se muestran dos isotermas de sorción de café deshidratado obtenido a diferentes frecuencias del disco aspersor (60 Hz y 90Hz). Se observa que estas dos isotermas tienen una forma muy similar y por su tendencia son pertenecientes al tipo III, en la clasificación de BET, este tipo de isoterma es típica de alimentos, esto para el caso de la adsorción, en la desorción se comporta de diferente forma. Esto puede ser debido a que el café obtenido a diferentes frecuencias del disco del secador da como resultado tamaños diferentes de partícula. Al pasar por un proceso de secado por aspersión de extracto de café y ser rehidratado se modifican en su estructura y contenido de agua.

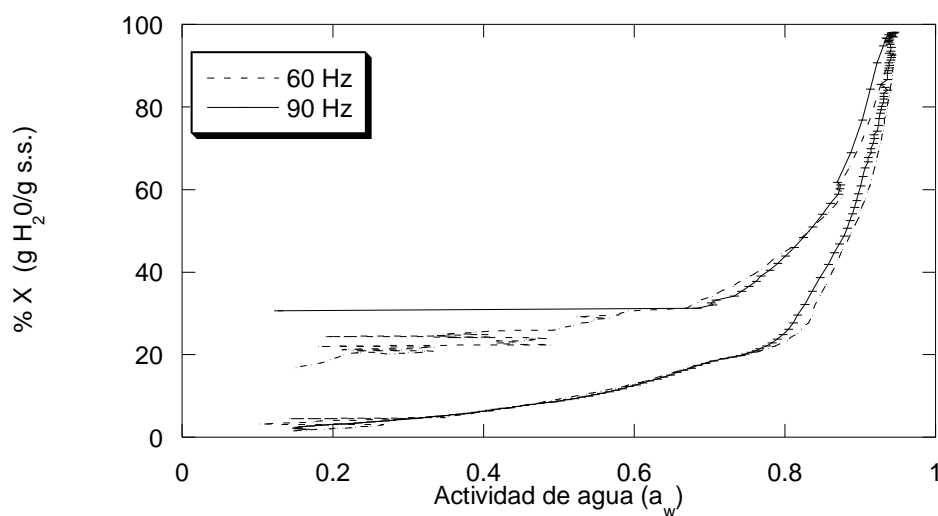


Figura 1. Isotermas de café deshidratado a diferentes frecuencias de disco aspersor obtenidas a 25 °C

La Figura 2 muestra dos isoterma de sorción de extracto de café deshidratado a diferentes flujos de alimentación (537 kg h^{-1} y 691 kg h^{-1}). Se observa que estas dos isoterma tienen una forma del tipo III, en la clasificación de BET, isoterma típica de alimentos, esto para el caso de la adsorción. En la desorción de café deshidratado se observa un cambio en su tendencia provocando una mayor histéresis en la isoterma de café deshidratado con menor flujo de aire de alimentación. Las dos isoterma de sorción reflejan una forma muy similar teniendo como punto máximo de adsorción alrededor de 95 % de humedad y como punto final de la desorción la zona de monocapa debajo de 0.25 de actividad de agua, zona en la que se considera estable.

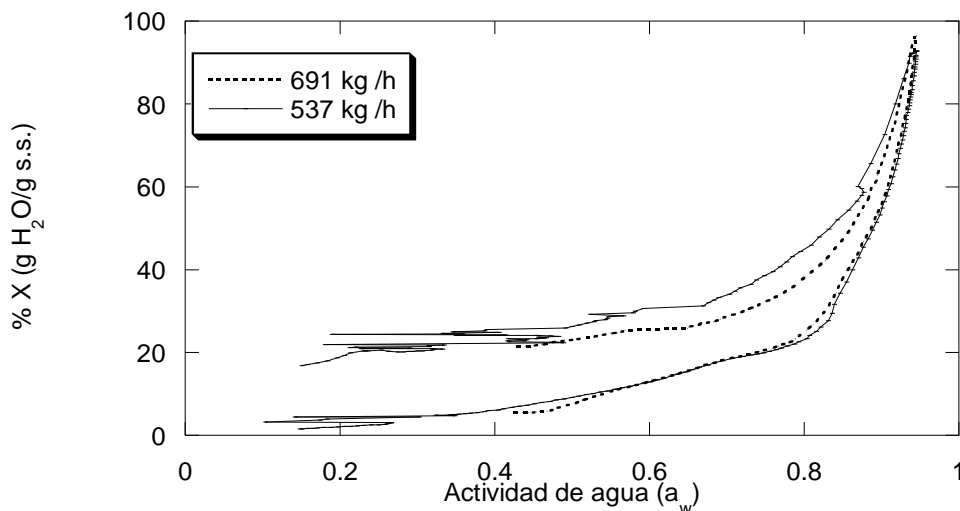


Figura 2. Isoterma de café deshidratado a diferentes flujos de alimentación de aire obtenida a 25 °C

La Figura 3 muestra el efecto de la variación de la temperatura de alimentación del aire para obtener el café deshidratado en el que se observa un aumento sobre la sorción de las partículas de café obtenidas a la menor temperatura. Las isoterma son similares en cuanto a forma ya que se clasifican en las de tipo III al igual que las anteriores en la clasificación de BET, observando una mayor histéresis en la isoterma de sorción de menor temperatura y al igual que las isoterma anteriores terminan en la zona de monocapa donde el producto es muy estable para su almacenamiento y empaquetado.

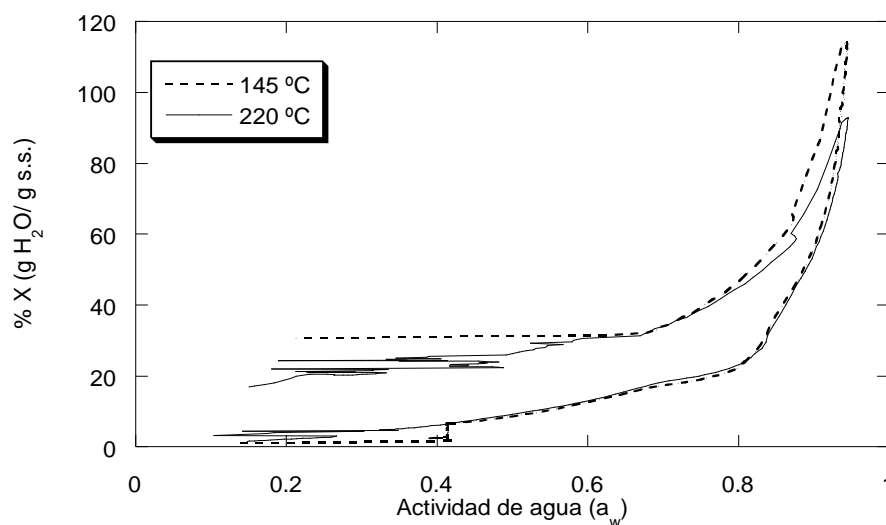


Figura 3. Isoterma de café deshidratado a diferentes temperaturas de aire alimentado obtenidas a 25 °C

Conclusiones

La variable de secado que muestra un mayor efecto significativo en la sorción de agua de las muestras de café obtenidas es la temperatura de alimentación de aire, debido a que mostró un aumento en cuanto a la humedad en equilibrio de la isoterma respecto de la isoterma de mayor temperatura. Los resultados obtenidos del proceso de secado por aspersión de extracto de café mostraron que la sorción de las muestras de café es un parámetro muy importante que se tiene que considerar debido a que las partículas obtenidas del proceso de secado por aspersión son altamente higroscópicas y es de especial importancia establecer los parámetros adecuados para el almacenamiento y empaquetado.

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se continuará realizando un estudio completo sobre el empaquetado y almacenamiento de café deshidratado por aspersión.

Referencias

1. Bello Luna L. (2012). Evaluación energética durante el proceso de secado por aspersión de café instantáneo. Tesis de maestría en ciencias en ingeniería química. Instituto Tecnológico de Orizaba
2. Escobedo-Avellaneda Zamantha, Gonzalo Velazquez J. Antonio Torres, Jorge Welti-Chanes (2012). Inclusion of the variability of model parameters on shelf-life estimations for low and intermediate moisture vegetables, Escuela de Biotecnología y Alimentos, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, J. of Food and Teconology
3. Gámez Eugenio Rosa Evelia (2012). Simulación y validación del proceso de secado por aspersión de extracto de café. Tesis de maestría en ciencias en ingeniería química. Instituto Tecnológico de Orizaba
4. Mujumdar, A.S., Ed. Handbook of Industrial Drying; Marcel Dekker: New York, (1987).
5. Pose, Alejandro (2006). "La Ruta del café". Revista Neo. Editorial Perfil. 15-23, Vol. V.
6. VIBRASEC S.A.S. (2011). Manual de planta de secado por atomización para producciones a baja escala (PSA5) Ficha técnica. Medellín Colombia.
7. Welti Ch. Jorge, Vergara B. Fidel (1997). Temas en tecnología de alimentos. CYDET, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., 288-302.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Obtención de hidroxiapatita de escamas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A. C. Rodríguez Aranda¹, J. C. Tamayo Partida¹, K. F. Martínez Vizcarra¹, C. A. Ramírez Barragán² y J. A. Andrade Ortega^{2*}

¹Licenciatura en Biología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, Predio "Las agujas" Nextipac, C.P. 445110, Zapopan, Jalisco, México.

²Centro de Investigación en Biomateriales, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales KM 15.5, Predio "Las agujas" Nextipac, C.P. 445110, Zapopan, Jalisco, México.

* aandrade@dmcyp.cucei.udg.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Actualmente una de las áreas de investigación con mayor auge es la de los biomateriales destinados a medicina regenerativa. Las tendencias indican una creciente búsqueda de materiales a partir de subproductos o desechos orgánicos que anteriormente se descartaban; este es el caso de las escamas de pescado. En donde uno de los componentes principales es la hidroxiapatita (HA), la cual ha sido ampliamente estudiada y utilizada en el campo de la medicina como biomaterial, debido a sus excelentes características de biocompatibilidad que promueven su aceptación y adecuada osteointegración en el medio biológico. El propósito del presente trabajo es la obtención y caracterización de hidroxiapatita, a partir de escamas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), como un producto de alto valor agregado durante el proceso de aislamiento de varios biomateriales. Los resultados muestran que es posible obtener hidroxiapatita de escamas de tilapia del Nilo por tratamiento ácido, con un rendimiento del 25%.

Palabras clave: Hidroxiapatita, biomaterial, tilapia, escamas.

Abstract

Currently the biomaterials for regenerative medicine are one of the main research areas. The trends show an increasing search for materials for this field from by-products or organic waste; this is the case of fish scales. Where one of the main components is hydroxyapatite (HA), which is widely studied and used in the medical field as a biomaterial for its excellent biocompatibility, characteristics that promote acceptance and bone-integration in the biological environment. The objective of this work is the isolation and characterization of hydroxyapatite (HA) from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) scales, as one high added value product obtained during the process for the isolation of various biomaterials. The results show that it is possible to obtain hydroxyapatite from Nile tilapia scales by acid treatment with a 25% yield.

Keywords: Hydroxyapatite, biomaterial, tilapia, scale.

Introducción

El área de investigación y desarrollo de los biomateriales es uno de los de mayor crecimiento en los últimos años, esto ha derivado en la búsqueda de diversas fuentes de obtención, ya sea por sus características físicas, químicas o biológicas o bien debido a su abundancia y costos; entre ellas se encuentran las escamas de peces [Huang y col., 2011 y Pati y col., 2010]. Uno de los componentes en las escamas de peces es la hidroxiapatita (HA), la cual ha sido ampliamente utilizada en el desarrollo de biocompositos destinados a la regeneración de huesos ya que presenta excelente biocompatibilidad, lo que permite una adecuada osteointegración y la aceptación en un medio biológico [Morales de Cano y col., 2001; Sastry y col., 2007 y Martínez y col., 2008].

La HA es un compuesto constituido por fosfato de calcio en forma de cristales, cuya fórmula química es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_2$ con una relación molar (Ca/P)=1.67; forma parte de la familia de los apatitos; es el principal componente inorgánico del hueso en organismos vertebrados, además forma parte de la dentina y el esmalte dental [Londoño y col., 2006 y Martinelli y col., 2011]; algunas de las principales aplicaciones de la HA son: recubrimiento de prótesis dentales y maxilofaciales; implantes dentales; aumento de cresta alveolar; recubrimientos pulpares; remoción de metales pesados, etc. [Martinelli y col., 2011 y Coreño y col., 2010]. Entre las fuentes de HA se encuentran las naturales y las sintéticas [Rosales y col., 2006]. Recientemente, se ha hecho mayor énfasis en la producción de HA a partir de los residuos biológicos tales como los corales marinos, estrellas de mar y espinas de pescado, sin embargo, actualmente hay pocos

informes que describan el potencial de los huesos de tilapia, de espinas y escamas de pescado para extracción de hidroxiapatita [Panda y col., 2013]. De ahí la intención de usar las escamas de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), ya que es una especie de pez tropical que prefiere vivir en aguas someras y se adapta fácilmente a diferentes ambientes, además, forma parte del grupo de peces más cultivados, sólo superado por la carpa. Presenta escamas cicloideas, con una capa superficial compuesta por hidroxiapatita (HA) y carbonato de calcio, y una capa más profunda compuesta en su mayoría por colágeno [FAO, 2005; Cala, 1997 y Helfman, 1997].

El propósito de éste trabajo es la obtención de hidroxiapatita, como un subproducto de la metodología para el aislamiento de varios biomateriales a partir de las escamas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), así como su caracterización mediante espectroscopia de infrarrojo (FTIR).

Metodología

Materiales

Equipo y material de laboratorio convencional. Reactivos: EDTA disódico de Fisher Scientific, ácido cítrico de J. T. Baker y NaOH de Golden Bell, todos los reactivos son de grado analítico.

Materia prima

La materia prima se obtuvo de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en una granja acuícola local, las escamas se removieron, se lavaron con agua corriente y se secaron al sol.

Metodología

Las escamas obtenidas fueron caracterizadas en contenido de humedad y cenizas, posteriormente se separaron dos lotes (M1 Y M2) de 25 g c/u, y se inició con las etapas de tratamiento para la obtención de HA, las cuales consistieron en:

Decationización

Con el fin de remover compuestos minerales no asociados a la HA, las escamas se trataron con una solución de EDTA 0.2M (pH 7.0), durante 48 horas, en agitación magnética constante y siempre a una temperatura por debajo de 15 °C, posteriormente las escamas se lavaron con agua desionizada, se dejaron secar a temperatura ambiente, y finalmente se cuantificó su peso seco.

Desproteínización

Las escamas descalcificadas se trataron con una solución de NaOH 0.1M durante 3 horas por debajo de los 6 °C, con agitación mecánica constante; esto con el objetivo de remover proteínas superficiales y facilitar la extracción de HA en la etapa siguiente. Las escamas tratadas se lavaron con agua desionizada hasta un pH neutro, se secaron a temperatura ambiente y se cuantificó su peso seco.

Extracción y recuperación de hidroxiapatita (HA)

Durante ésta última etapa, las escamas se trataron con una solución de ácido cítrico 0.5M por 24 horas, en agitación mecánica constante, a una temperatura por debajo de los 15 °C, transcurrido este periodo de tiempo, se separó el licor del material sólido mediante decantación; la fase líquida fue centrifugada por media hora a 3000 revoluciones por minuto, con esto, la hidroxiapatita se precipitó y el sobrenadante se retiró; la HA se recuperó y secó en estufa a 50 °C por 24 horas; finalmente el material fue triturado en mortero hasta obtener un polvo fino.

Caracterización

Al material de HA obtenido se le determinó el contenido de humedad usando una estufa a 105 °C por 24 horas. Con el fin de evaluar la eficiencia de las etapas de descalcificación y extracción de HA se realizó una determinación de cenizas, usando una mufla marca Felisa, por un periodo de 4 horas a 800 °C. Con el objeto de saber si el material obtenido es realmente hidroxiapatita, este fue analizado a través de espectroscopia de infrarrojo (FTIR) en un espectrómetro Perkin Elmer Spectrum GX® con aditamento de cristal de diamante; finalmente, los espectros obtenidos fueron comparados con los reportados en la literatura para identificar los grupos funcionales característicos de la hidroxiapatita.

Resultados y discusión

Caracterización inicial, decationización y desproteínización.

En cuanto a la caracterización del material, tanto inicialmente, como después de cada una de las etapas a las que fue sometido previo a la etapa de extracción de la HA, los resultados aparecen resumidos en la Tabla 1 que se muestra a continuación, los cuales son valores preliminares promedio obtenidos de dos muestras y su repetición.

Tabla 1. Resultados de las etapas previas a la extracción de HA.

Etapa	Peso seco, g	Contenido de	
		humedad, %	ceniza, %
Material inicial	25.0	3.8	43.0
Después de decationizar	18.6	10.1	32.3
Después de desproteínizar	18.3	8.0	32.5

Los resultados indican que nuestro material de estudio, a este punto, está constituido en una gran parte por minerales, lo que se observa por los valores obtenidos en la etapa de decationización; sin embargo, no debemos descartar la remoción de otros componentes como por ejemplo: proteínas hidrosolubles, proteínas ligadas por puente de hidrógeno, proteínas ligadas electrostáticamente, y lípidos afines a una extracción ácida a las condiciones aquí empleadas. Mientras que para la siguiente etapa que fue la de desproteínización los cambios son casi imperceptibles, ya que esta etapa está diseñada para la remoción de proteína ligada covalentemente a la estructura de la escama.

Extracción y recuperación de hidroxiapatita

La Figura 1 ilustra parcialmente el procedimiento para la obtención de HA.

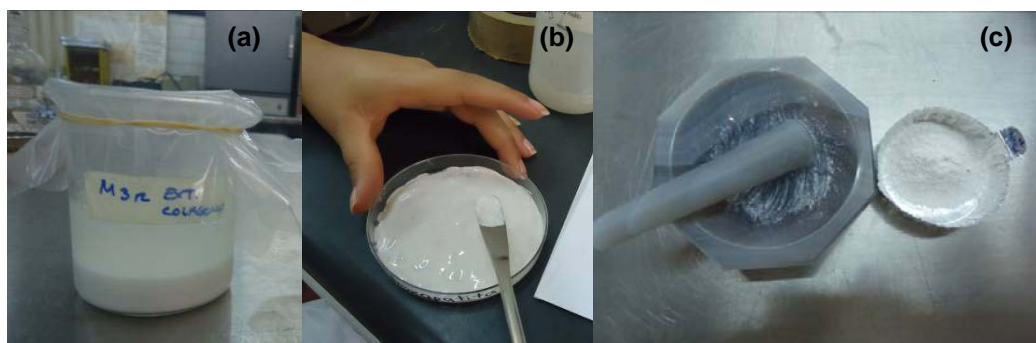


Figura 1. Etapa de obtención de hidroxiapatita: (a) extracción; (b) separación y (c) molienda.

Una vez que se ha realizado la extracción de la HA, se analizaron los residuos de las escamas, básicamente en función de su contenido de ceniza y en cuanto a la pérdida de peso que estas sufrieron, ambos datos son muy importantes ya que aportan información sobre el rendimiento del proceso de obtención; los resultados se ilustran en la Tabla 2.

Las diferencias en los valores que presentaron la muestra M1 con respecto a la M2, son mínimas; sin embargo, se esperaría que a mayor masa sometida a proceso se obtenga mayor rendimiento de HA y no al contrario; la única diferencia que encontramos significativa en nuestros registros de laboratorio fue que la muestra M1 tuvo una temperatura mayor en 4 °C con respecto a M2. Cisternas [2009] menciona la importancia de mantener temperaturas bajas en esta parte del proceso debido a una posible disolución de la HA que impida su precipitación y posterior recuperación. Es sabido que la HA puede disolverse en ácidos, debido a la reacción de PO_4^{3-} y OH^- con H^+ . Núñez y García [2000] y Martinelli y col. [2012] han reportado el empleo de ácido cítrico para la remoción de HA en trabajos de odontología; sin embargo, y de acuerdo a lo comentado por Kongsri y col. [2013] y Huang y col. [2011], no hay mucha información sobre la remoción y recuperación de HA de escamas de tilapia. Trabajos realizados por Panda y col. [2013] y Mondal y col. [2012] señalan que la HA puede ser obtenida de escamas de pescado mediante el uso de ácidos para remover la parte proteica y después recuperar la parte mineral calcinando las escamas ya desproteínizadas. Nuestros resultados nos hacen disentir de estos autores, ya que la composición mineral de las escamas no sería completamente HA.

En la tabla 2 se muestran los valores de rendimiento de acuerdo al peso inicial de la etapa de extracción de HA. Con respecto a la materia prima inicial, el contenido de HA que se logró recuperar representa un promedio de 25%.

Tabla 2. Resultados de la etapa de extracción de HA.

Muestra	Inicial		Final		HA recuperada, g	Rendimiento, %
	Peso, g	Ceniza, %	Peso, g	Ceniza, %		
M1	17.1228	31.9	13.1437	0.31	3.9791	23.2
M2	17.0599	33.1	12.5041	0.29	4.5558	26.7
Promedio	17.0913	32.5	12.8239	0.30	4.2674	25.0

*El % de ceniza mostrado en esta tabla fue obtenido calcinando las escamas a 800°C

Es de notarse que durante las revisiones de la literatura sobre la extracción de HA de escamas de pescado, se observó que no se reportan datos acerca del rendimiento de dicho proceso. [Ferraro y col., 2013; Huan y col., 2011; Mondal y col., 2012; Panda y col., 2013]. Debido a lo anterior tomó mayor importancia conocer el rendimiento en particular para esta especie local, con el interés de un probable aprovechamiento a futuro.

Caracterización de la Hidroxiapatita

La Ha obtenida fue evaluada en cuanto a contenido de humedad y ceniza (Tabla 3) y caracterizada en lo particular mediante espectroscopia FTIR (Figura 3).

Tabla 3. Caracterización básica de hidroxiapatita obtenida

Muestra	Humedad, %	Ceniza, % a 550 °C	Ceniza, % a 800 °C
M1	16.50	37.39	23.34
M2	15.49	37.61	22.64

Espectroscopia FTIR

En la Figura 2 podemos observar un espectro de infrarrojo típico de hidroxiapatita, donde se muestran los picos que corresponden a los grupos funcionales representativos de HA y son: PO_4^{3-} , OH^- , CO_3^{2-} y HPO_4^{2-} . [Berzina-Cimдина y col., 2012]. El grupo PO_4^{3-} forma bandas intensas de absorción entre 560 y 600 cm^{-1} y entre 1000 y 1100 cm^{-1} [Destainville y col., 2003; Mobasherpour y col., 2007 y Han y col., 2006].

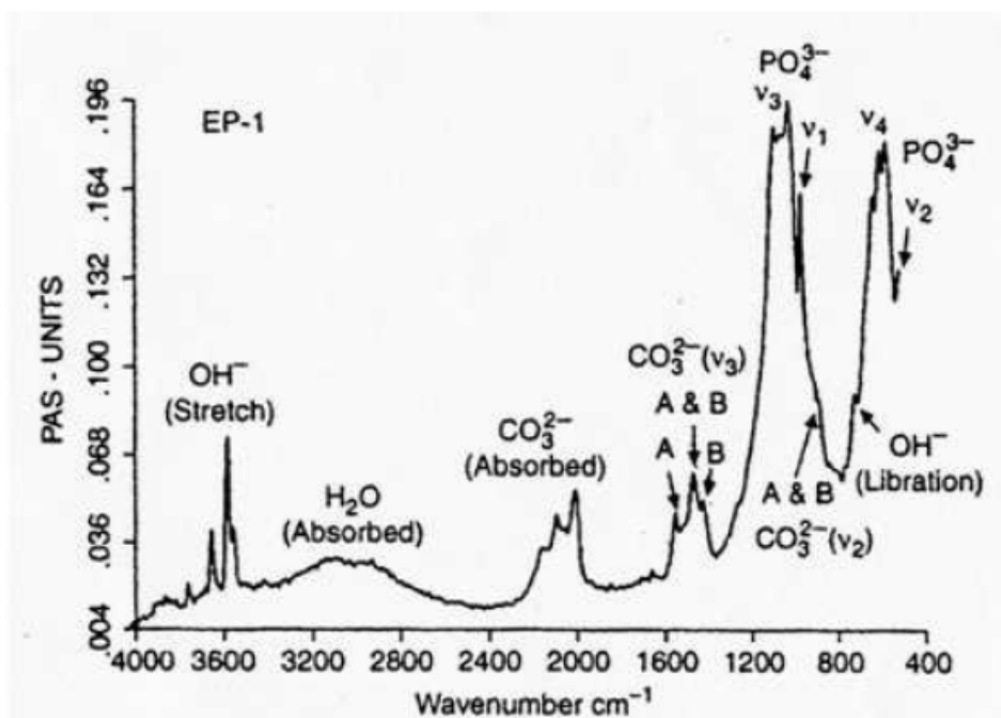


Figura 2. Espectro típico FTIR de hidroxiapatita, donde se muestran las señales que corresponden a los grupos funcionales característicos de la HA; tomado de Ratner y col., [2004].

La Figura 3 corresponde al espectro FTIR del material obtenido en el laboratorio; se pueden apreciar varias bandas que coinciden en el rango reportado (554 , 603 y 618 cm^{-1}) por los autores antes mencionados, así como señales en 1043 , 1061 y 1084 cm^{-1} , las cuales corresponden a la presencia de grupos PO_4^{3-} .

De acuerdo con Meejoo y col. [2006]; Destainville y col. [2003] y Han y col. [2006], la señal relativa al agua adsorbida, se observa como una amplia banda entre 2600 y 3600 cm^{-1} con un pico más pronunciado en los 3570 cm^{-1} y un pico más débil en los 630 cm^{-1} . En nuestro material se puede apreciar una banda amplia de 2670 a 3655 cm^{-1} aproximadamente, la cual podemos asociar con la presencia de grupos OH^- , así mismo la señal pronunciada que menciona Han y col. [2006], se puede observar para nuestro caso un poco desplazada en 3528 cm^{-1} , también tenemos un pico de relativa menor intensidad a 618 cm^{-1} ; todas estas señales son coincidentes con la presencia de grupos OH^- en la HA obtenida.

El grupo CO_3^{2-} forma picos débiles entre 870 y 880 cm^{-1} y picos más intensos entre 1460 , 1530 , 1640 y 1650 cm^{-1} . [Meejoo y col., 2006; Raynaud y col., 2002 y Ratner y col., 2004]. Para nuestro material, como se aprecia en la Figura 3, tenemos una señal a 853 cm^{-1} , también se presentan picos de mayor intensidad en 1443 , 1456 , 1561 y 1638 cm^{-1} los cuales se pueden asociar con la presencia de grupos CO_3^{2-} en las muestras analizadas.

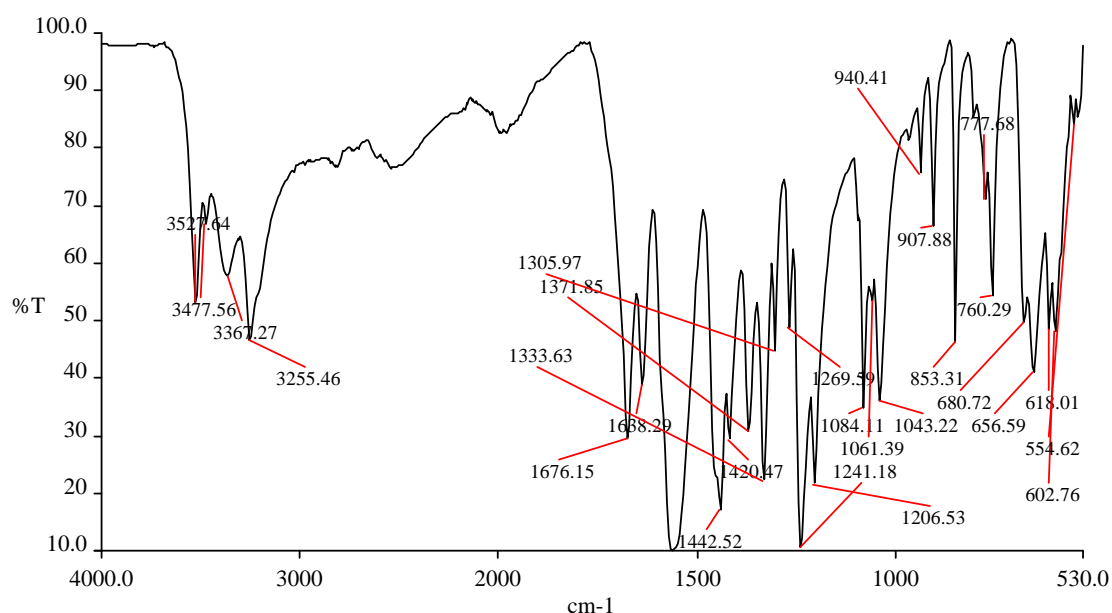


Figura 3. Espectro de infrarrojo de hidroxiapatita obtenida en el laboratorio.

Si consideramos en su conjunto las observaciones para las principales señales presentes en el material obtenido de las escamas de tilapia del Nilo, tanto en intensidad como en localización, es claro que son coincidentes con la presencia de hidroxiapatita. Análisis posteriores permitirá esclarecer si todo, o la mayoría del materia recuperado pertenece al compuesto de HA.

Trabajo a futuro

Optimizar y mejorar la metodología para una mayor recuperación de hidroxiapatita, así como su purificación para la obtención de un biomaterial de mayor calidad, que pueda tener potencial aplicación en biocompositos para uso en medicina regenerativa.

Conclusiones

Es posible aislar la hidroxiapatita de escamas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) mediante el uso de ácido cítrico previas etapas de decationización y desproteización.

Es importante que la etapa de recuperación de hidroxiapatita se lleve a cabo a temperaturas bajas ($<10\text{ }^\circ\text{C}$), pues se asocia a una mejor precipitación de HA, facilitando su recuperación.

Finalmente, la metodología empleada en este trabajo permite la obtención de un producto con un rendimiento promedio de 25% con buenas características, y que pueden ser aprovechando en diversas áreas y estudios a futuro.

Referencias

1. Berzina-Cimdina, L. and Borodajenko, N. (2012). Research of Calcium Phosphates Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Infrared Spectroscopy - Materials Science, Engineering and Technology*, Prof. Theophanides Theophile (Ed.), ISBN: 978-953-51-0537-4, InTech. 510 pp. http://cdn.intechopen.com/pdfs/36171/InTech-Research_of_calcium_phosphates_using_fourier_transform_infrared_spectroscopy.pdf.
2. Cala, P. and Bernal, G. (1997). Ecología y adaptaciones de la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) en ambientes naturales - caso embalse de Betania y Ciénaga de Chilloa, sistema del río Magdalena, Colombia. *DAHLIA - Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* **(2)** 3-29.
3. Cisternas, L. (2009). Diagrama de fases y su aplicación. Barcelona: Reverté. ISBN: 978-84-291-7089-4. 1-7.
4. Coreño, J.; Mújica, M.; Hernández, D.; Herrera, A-M. and García, G. (2010). Evaluación de hidroxiapatita nano articulada como material adsorbente de iones flúor, plomo y arsénico en soluciones acuosas. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales: Superficies y Vacío.* **23(S)** 161-165.
5. Destainville, A.; Champion, E.; Bernache-Assollante, D. and Laborde, E. (2003). Synthesis, characterization and thermal behaviour of apatite tricalcium phosphate. *Materials Chemistry and Physics.* **(80)** 269–277.
6. FAO 2005-2013. Cultured Aquatic Species Information Programme *Oreochromis niloticus*. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Rakocy, J. E. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 18 February 2005. [Citado 15 July 2013]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es.
7. Ferraro, V.; Carvalho, A. P.; Piccirillo, C.; Santos, M.M.; Castro, P.; Pintado, M.P. (2013). Extraction of high added value biological compounds from sardine, sardine-type fish and mackerel canning residues — A review. *Materials Science and Engineering.* **C(33)** 3111–3120.
8. Han, J-K.; Song, H-Y.; Saito, F. and Lee, B.-T. (2006). Synthesis of high purity nano-sized hydroxyapatite powder by microwave-hydrothermal method. *Materials Chemistry and Physics.* **(99)** 235–239.
9. Helfman, G.; Collette B. and Facey D-E. (1997). *The Diversity of Fishes*. Blackwell Science. ISBN 9780865422568. 33–36.
10. Huan, Y-C.; Hsiao, P-C. And Chai, H.-J. (2011). Hydroxyapatite extracted from fish scale: Effects on MG63 osteoblast-like cells. *Ceramics International.* **(37)** 1825–1831.
11. Kongsri, S.; Janpradit, K.; Buapaa, K.; Techawongstienb, S. and Chanthai, S. (2013). Nanocrystalline hydroxyapatite from fish scale waste: Preparation, characterization and application for selenium adsorption in aqueous solution. *Chemical Engineering Journal.* 522–532.
12. Londoño, M.; Echavarría, A. y De la calle, F. (2006). Características cristaloquímicas de la hidroxiapatita sintética tratada a diferentes temperaturas. *Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia). Revista EIA, ISSN 1794-1237, Número 5.* 109-118.
13. Martinelli, A.; Novoa M.; Oldani y Corominas, A (2011). Síntesis y caracterización de hidroxiapatita para implantes biomédicos. XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería SABI 2011 - VII Jornadas de Ingeniería Clínica Mar del Plata, 28 al 30 de septiembre de 2011. http://www.sabi2011.fi.mdp.edu.ar/proceedings/SABI/Pdf/SABI2011_4.pdf.
14. Martinelli, S; Strehl, A. y Mesa, M. (2012). Estudio de la eficacia de diferentes soluciones de EDTA y ácido cítrico en la remoción del barro dentinario. *Odontoesmastología.* **14(19)** 52-63. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-93392012000100006&script=sci_arttext.
15. Martínez, A-B.; Esparza-Ponce H-E.; Carbajal, G and Ortiz, J. (2008). Caracterización estructural y morfológica de hidroxiapatita nanoestructurada: estudio comparativo de diferentes métodos de síntesis. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales; Superficies y Vacío.* **21(4)** 18-21.
16. Meejoo, S.; Maneepprakorn, W. and Winotai, P. (2006). Phase and thermal stability of nanocrystalline hydroxyapatite prepared via microwave heating. *Thermochimica Acta.* **447(1)** 115–120.
17. Mobasherpour I., Heshajin M. (2007). Synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite by using precipitation method. *Journal of Alloys and Compounds.* **(430)** 330–333.
18. Mondal, S; Mondal, B.; Dey, A. and Mukhopadhyay, S. (2012). Studies on Processing and Characterization of Hydroxyapatite Biomaterials from Different Bio Wastes. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering.* **11(1)** 55-67.
19. Morales de Cano, J.; García, A. and Hernández, J. (2001). La hidroxiapatita asociada al sulfato cálcico como material de sustitución ósea. *Aspectos biológicos. Biomecánica.* **9(1)** 22-28.

20. Núñez, D. y García, G. 2010. Bioquímica de la caries dental. Revista Habanera de Ciencias Médicas. **9(2)** 156-166.
21. Panda, N.; Pramanik K. and Sukla L-B. (2013). Extraction and characterization of biocompatible hydroxyapatite from fresh water fish scales for tissue engineering scaffold. Springer: Bioprocess and Biosystems Engineering.
22. Pati, F.; Adikari, B. and Dhara, S. (2010). Isolation and characterization of fish scale collagen of higher thermal stability. *Bioresource Technology*. 101(**10**) 3737-3742.
23. Ratner, B.; Hoffman, A.; Schoen, F. and Lemons, J. (2004). Biomaterials science; an Introduction to Materials in Medicine. Second Edition. Academic Press. 851 pp. <http://www.efn.uncor.edu/escuelas/biomedica/Plandeestudios/materias%20completas/biomateriales/Biomaterials%20Science%20-%20An%20Introduction%20to%20Materials%20in%20Medici.pdf>.
24. Raynaud, S.; Champion, E.; Bernache-Assollant, D. and Thomas, P. (2002). Calcium phosphate apatite with variable Ca/P atomic ratio I. Synthesis, characterisation and thermal stability of powders. *Biomaterials*. (**23**) 1065–1072.
25. Rosales, D.; J. Zarate Medina; C. Piña Barba and Munguía, N. (2006). Caracterización estructural y morfológica de biocerámicos de hidroxiapatita. foro de ingeniería e investigación en materiales.vol. 3, Instituto de investigaciones metalúrgicas de la umsnh. Morelia, México.ISBN970-9798-02-2.
26. Sastry, T.P.; Sankar, S.; Mohan, R.; Rani, S. and Sundaraseelan, T. (2008). Preparation and partial characterization of collagen sheet from fish (*Lates calcarifer*) scales. *International Journal of Biological Macromolecules*. 42(**1**) 6-9.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Determinación de dosis óptima de invertasa para la inversión de sacarosa del jugo de caña

A. N. Buendía González¹, R. M. Hernández Rodríguez¹, E. Hernández Aguilar¹, .

C. A. Ortiz Sánchez¹ T. García Herrera¹

¹Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Prolongación de Oriente 6, No. 1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México
eduhernandez@uv.mx

Ingeniería Química

Resumen

Con el fin de realizar aportaciones a la industria alcoholera para minimizar tiempos de producción, en este trabajo se determinaron condiciones óptimas para un proceso de hidrólisis enzimática de sacarosa contenida en el jugo de caña, dicho estudio se realizó posterior a la clarificación y tratamiento del mosto, siguiendo un diseño experimental 3^2 en el cual, los factores fueron pH y la dosis de enzima β -D-fructofuranosidasa (invertasa), manteniendo la temperatura en 35°C y estandarizando la concentración de 17°Brix en el jugo de caña sintético.

Los experimentos muestran que es posible maximizar la cantidad de sustancias reductoras utilizando un pH de 6 y 2g de invertasa, teniendo un tiempo de lote de 120 min. Por lo que se determinó que no se requieren de máximas cantidades de enzima para una hidrólisis satisfactoria siendo necesario un ajuste a un pH de 4, posterior a la inversión de azúcares para favorecer la fermentación.

Palabras clave: dosis, invertasa, inversión sacarosa, cinética enzimática.

Abstract

In order to contribute to the alcohol industry to minimize production time, this paper were determined optimal conditions for efficient enzymatic hydrolysis of saccharose contained in sugar cane juice, this study is carried out after the wort clarification and treatment, following an experiments pattern of 3^2 in which the factors were pH and quantity of enzyme β -D-fructofuranosidase (invertase), keeping the temperature at 35°C and standardizing the concentration of 17° Brix in synthetic cane juice.

Experiments show that it is possible to maximize the amount of reducing substances using pH 6 and 2 grams of invertase, with a batch time of 120 minutes. Was determinate not require high amounts of enzyme for a satisfactory hydrolysis, being necessary to adjust pH of 4 after the sugar inversion to promote the fermentation.

Introducción

El séptimo productor de azúcar en el mundo es México, siendo la agroindustria cañera la más antigua del país y la entidad federativa con un mayor registro de producción de azúcar en el país es Veracruz, generando un 40% de la producción nacional. Pero el azúcar no es el único producto de la caña de azúcar, el etanol también se obtiene a partir de este cultivo, sometiendo al jugo o la melaza a un proceso de fermentación.

En México la producción del etanol es insuficiente; hasta hace unos años solo unos cuantos ingenios producían etanol a partir de la melaza, con escasa eficiencia en rendimiento, productividad y calidad. Por ello, se importa la mayor parte del etanol que demanda el mercado nacional, sin considerar su posible uso como combustible, produciendo alrededor de 60 millones de litros frente a una demanda nacional de 300 millones. [Bravo y Cortés, 2009]. Ante este panorama, el sector busca la mejora o innovación de técnicas de producción de etanol.

En el proceso de producción de etanol a partir de caña mediante fermentación alcohólica se utiliza una solución azucarada denominada mosto, la cual después de un tratamiento químico y térmico llamado clarificación, se le adicionan fermentos o levaduras que convierten el azúcar en alcohol y gas carbónico. Posterior a este proceso,

se debe separar el etanol de la masa fermentada, mediante la destilación, debido al bajo margen de utilidad de la producción de azúcar, actualmente este sector agro industrial busca una diversificación de sus productos, siendo el etanol una alternativa con mercado factible para su comercialización [Hernández A., 2010].

Las técnicas tradicionales han evolucionado, en la combinación de la fermentación con la hidrólisis enzimática, una de las principales ventajas es el incremento de la velocidad de hidrólisis, debido al decremento continuo de la concentración de glucosa por su asimilación mediante los microorganismos fermentadores, lo cual deriva en la minimización de la inhibición por producto de la etapa hidrolítica y la consiguiente mejora en el rendimiento global de la producción de etanol [Mesa y col., 2012].

La etapa de hidrólisis enzimática refiere a una etapa destinada a obtener por esa vía la disponibilidad de azúcares fermentables con una asimilación en la fermentación alcohólica con mayor velocidad [Garriga y col., 2012].

También otras posibles ventajas frente a otras técnicas de hidrólisis, como la hidrólisis ácida es la obtención de mejores rendimientos y menores costos de equipamiento puesto que las condiciones de operación son a presión atmosférica y bajas temperaturas y además no existe la producción de sustancias tóxicas como consecuencia de la degradación de los azúcares, las cuales podrían tener un efecto de inhibición en la etapa de fermentación [Mesa y col., 2007].

Estudios previos han observado que la inversión de sacarosa es un factor de importancia en el proceso de clarificación, siendo esta etapa crucial para una eficaz obtención de alcohol etílico ya que al eliminar la mayor cantidad posible de impurezas y microorganismos aumenta la eficiencia de la fermentación y reduce el tiempo batch del proceso, teniendo impacto en el tiempo del proceso en general.

Puesto que al manipular de manera adecuada variables como el pH y las dosis de enzimas como la β -D-fructofuranosidasa se logra producir azúcar invertido, mezcla de glucosa y fructuosa, la cual es asimilada con una mayor velocidad que la sacarosa por las *Saccharomyces cerevisiae*, el presente trabajo propone un tratamiento posterior a la clarificación del jugo de caña para la producción de etanol mediante una hidrólisis enzimática, teniendo como objetivos principales evaluar las dosis óptimas de enzima hidrolítica, establecer los parámetros necesarios como pH, concentración y temperatura para su mayor inversión, analizar la eficiencia de reducción de azúcares.

Metodología

Análisis

Se llevó a cabo un diseño de experimentos factoriales 3^2 efectuando una réplica, donde se realizaron hidrólisis enzimáticas por 120 minutos en jugo de caña estandarizado a 17° Bx de concentración, a temperatura de 40°C, teniendo como variables un pH de 5,6 y 7 y la cantidad de invertasa líquida con 2, 4 y 6 gr.

Se empleó el método de Fehling para cuantificar los azúcares reductores presentes en las soluciones a lo largo del proceso de hidrólisis cada 15 minutos, realizando simultáneamente determinaciones de pH y concentración de sólidos solubles en la solución.

Instrumentos

Las determinaciones de pH fueron obtenidas por un potenciómetro pH/ORP marca HANNA Hi 2211 con rango extendido de p-2.00 a 16.00 pH, y rango de temperatura de -20 a +120°C.

La concentración de sólidos solubles fueron analizados por un Refractómetro Digital de mano "Pocket" PAL-1 marca ATAGO, con rango de Brix de 0.0-53.0% y temperatura de 9.0-99.9°C.

Las cantidades de masa de la enzima fueron medidas con una balanza analítica Adventurer Pro ® marca Ohaus.

Caracterización de muestras

Se utilizó una solución filtrada de jugo de caña sintético con el fin de eliminar la no homogeneidad del jugo en diferentes extracciones. El jugo sintético se elaboró con piloncillo, ya que este no elimina gomas, proteínas, minerales y otros sólidos presentes en el jugo de caña, puesto que está compuesto en gran proporción por sacarosa y en pequeña cantidad por azúcares invertidos [Quezada, 2007].

La solución se preparó disolviendo piloncillo en 1 litro de agua destilada, fijando una concentración en 17°Bx, y ajustando el pH de acuerdo al diseño de experimentos en niveles de 5, 6 o 7, dependiendo el caso. Se calentó a 35°C y se añadió la cantidad de enzima establecida por el mismo diseño experimental.

Hidrólisis enzimática

Se empleó la enzima β -D-fructofuranosidasa (invertasa) de *S. cerevisiae* en forma líquida, adquirida en Enmex, S.A. de C.V.

Es importante señalar que el proceso fue sometido a un sistema de calentamiento, debido a que la temperatura debe mantenerse constante en 35°C, pues favorece la reacción de hidrólisis, evitando elevar la temperatura a intervalos mayores de 70° C pues se desnaturaliza la enzima.

Diseño de experimentos

Los experimentos factoriales son aquellos en los que se estudia simultáneamente dos o más factores, y donde los tratamientos se forman por la combinación de los diferentes niveles de cada uno de los factores. Los experimentos en si no constituyen un diseño experimental, sino un Diseño de Tratamiento. Los experimentos factoriales se utilizan en todos los campos de la investigación, son muy útiles en investigaciones exploratorias en las que poco se sabe acerca de muchos factores. Muy frecuentemente usados en investigaciones comparativas [Montgomery, 2005].

El diseño que se muestra en la Tabla 1 presenta los niveles de pH elegidos en base de acuerdo a Reyes [2007] y estudios que anteceden el presente trabajo se establecieron las dosis de enzima.

Tabla 1. Diseño experimental factorial 3

	pH 6	pH 7	pH 5
2 g enzima	Exp 1	Exp 4	Exp 7
4 g enzima	Exp 2	Exp 5	Exp 8
6 g enzima	Exp 3	Exp 6	Exp 9

Resultados y discusión

Efecto del pH y Efecto de la cantidad de enzima

En la Figura 1 se puede observar el comportamiento que presenta cada nivel de pH estudiado con respecto a la dosis de enzima en los experimentos desarrollados, así como su porcentaje de sustancias reductoras obtenidas al final de la hidrólisis enzimática realizada.

Se observó que para la hidrólisis enzimática cuya finalidad es la inversión de azúcares, pH menores a 6 producen un bajo rendimiento en la generación de sustancias reductoras, así como también se determinó que el

pH neutro aunque presentó un mayor rendimiento respecto del pH 5 no fue el más satisfactorio, siendo así el pH 6 el parámetro que presentó los máximos rendimientos de inversión con las tres cantidades de enzima propuestas (2 ,4 y 6 gr).

Se demostró que las dosis máximas de enzima no implican un nivel de inversión mayor, ni una mayor velocidad de reacción, al contrario, con los tres pH propuestos, la dosis alta de enzima tenía conversiones de azúcares bajas con respecto a las otras dosis establecidas. Sin embargo, la menor dosis de enzima dio inversiones superiores, lo cual implica en un enfoque industrial un menor costo de producción.

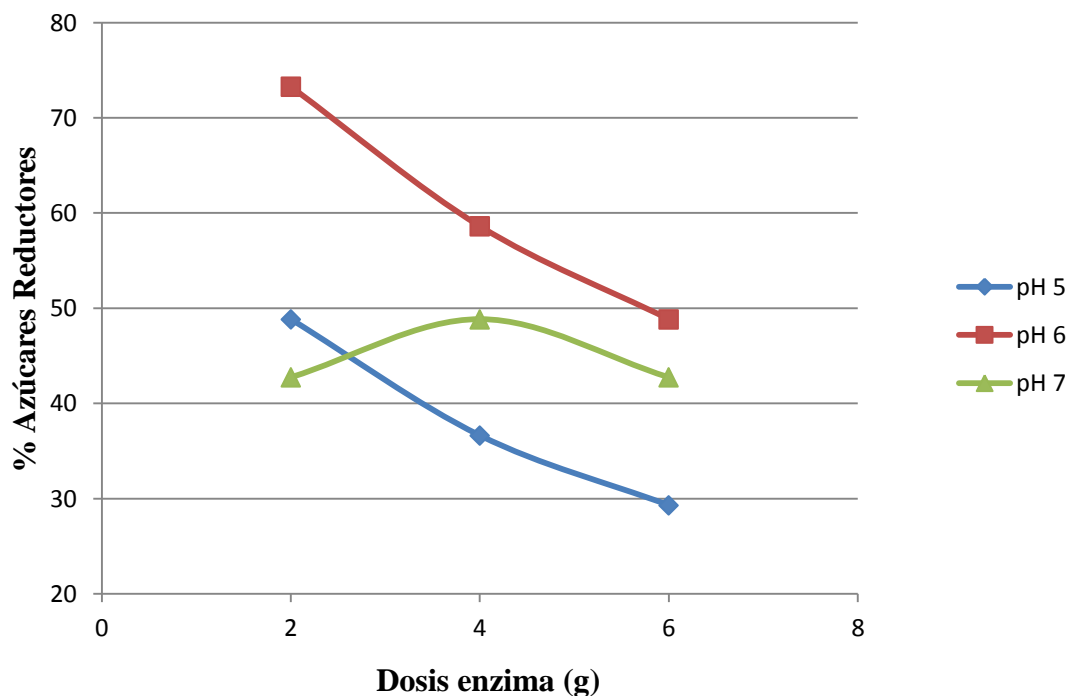


Figura 1. Evaluación de la conversión de azúcares reductores en base a las dosis de enzima por efecto de pH

Cinética de inversión

Como muestra la Figura 2, el Experimento 1, de acuerdo al diseño experimental planteado (ver Tabla 1) presentó el mejor comportamiento con los parámetros de pH 6 y una dosis de enzima de 2g favoreciendo la reacción de hidrólisis, obteniendo una inversión con una velocidad de reacción superior respecto de los demás experimentos al generar un 73% de azúcares reductores.

Se infirió que al necesitar mínimas cantidades de enzima y al mostrar un tiempo de proceso menor referente a los demás modelos propuestos, el tratamiento posterior a la clarificación, la hidrólisis enzimática, es factible económicamente pues reduce tiempos y costos.

Cabe destacar que para su posterior fermentación alcohólica es conveniente ajustar el pH a 4, puesto que es el pH óptimo que favorece el desarrollo de las levaduras.

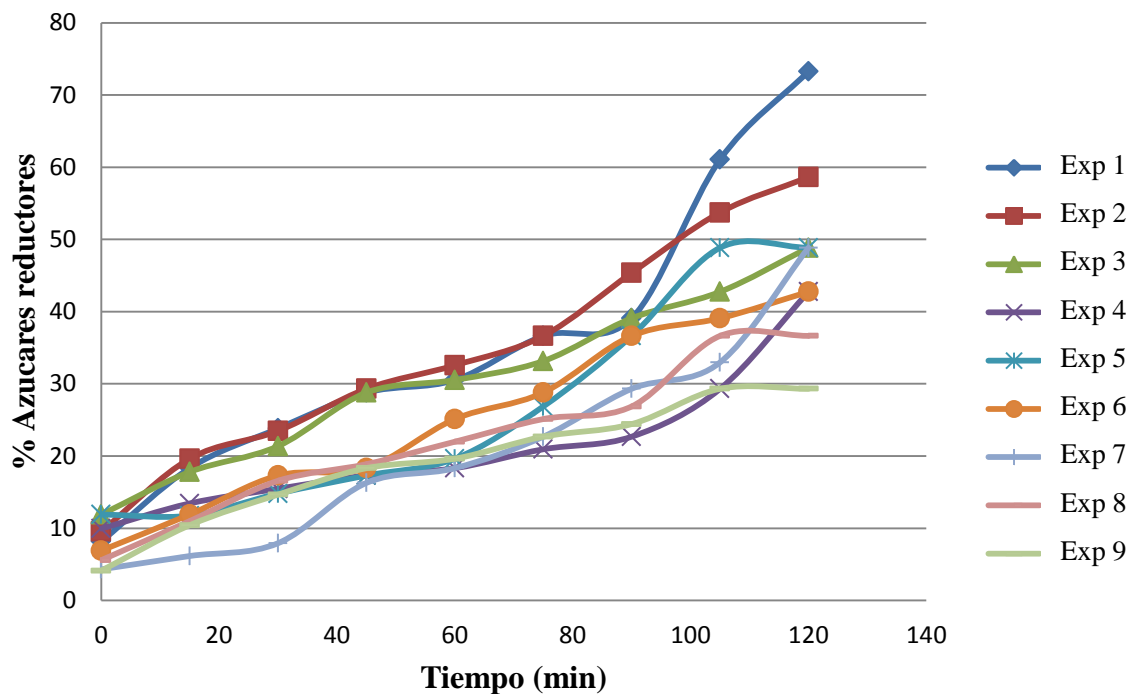


Figura 2. Efecto de la inversión de azúcares reductores con respecto al tiempo.

Trabajo a futuro

Como complemento de la presente investigación se requiere hacer una evaluación del efecto de éste proceso en la fermentación alcohólica principalmente en el tiempo de batch del proceso fermentativo.

De igual manera se requiere el planteamiento de posibles modelos matemáticos que determinen la cinética enzimática, la constante de velocidad de reacción, los parámetros de V_{max} y K_m por el método de Lineweaver-Burk mediante los datos obtenidos por el patrón de experimentos factoriales realizado.

Dado a que ésta es una investigación que trabaja en paralelo con otros proyectos vinculados al programa de Joven Emprendedor Rural y Fondo de Tierras por parte de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, en la participación para la realización de un proyecto del diseño de una planta de obtención de etanol a partir del jugo de caña, se pretende realizar el diseño de los equipos necesarios una vez definidas las condiciones del proceso.

Conclusiones

En este estudio se encontró que el valor óptimo de pH en un rango de 6 que en conjunto con la dosis mínima de enzima β -D-fructofuranosidasa, 2 gramos, se llevó a cabo una hidrólisis competitiva ante el campo industrial, reduciendo los costos del proceso al tener bajos tiempos de inversión en comparación con otros modelos propuestos.

El propósito de la reacción enzimática al obtener la mayor cantidad de sustancias reductoras posibles, es poder reducir los tiempos de batch de la fermentación alcohólica para optimizar el proceso de obtención de etanol a partir de jugo de caña. Favoreciendo un diseño de equipo económico debido a las condiciones de temperatura, y pH del proceso.

Referencias

1. Bravo, R. y Cortés, R. (2009). Producción de biocombustibles en México: la caña de azúcar. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana Ciencia y Hombre*. **(22)**
2. Hernández, A. (2010). Obtención de etanol a partir de la papa solanum tuberosum (blanca). Trabajo practico educativo. Universidad Veracruzana, México.
3. Mesa, L.; González, E.; Cara C.; López, N. and Castro, E. (2012). Evaluation of the hydrolysis stage and fermentation of the bagasse pre tried with Organosolv. *Centro Azúcar* **(39)** 73-84.
4. Mesa, L.; González, E.; Ojeda, K.; Kafarov, V.; González, M.; Catà, Y. and Lopretti, M. (2007). Posibilidades de producción de bioetanol utilizando de forma paralela sustratos azucarados y residuos lignocelulósicos. *Posibilidades prospectivas de producción de bioetanol aprovechando integralmente los residuos agroindustriales sin agredir el medio ambiente*. **(1)** 33-48.
5. Montgomery D. C. (2005) Diseño de experimentos . Editorial Limusa. S.A. de C.V.
6. Quezada, W. (2007) Guía Técnica de Agroindustria panelera. Editorial Creadores Gráficos. Ibarra-Ecuador.
7. Reyes L., (2007). Inversión de azucares en melazas B por un método no ácido. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Orizaba.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Degradación del paracetamol por medio de un proceso avanzado de oxidación: ultrasonido (US)

C. Montalvo Romero^{1*}, C. Aguilar Ucán¹, A. Flores Gil¹, A. V. Córdova Quiroz¹, D. Cantú Lozano²

¹Facultad de química, Universidad Autónoma del Carmen

calle 56 No. 4 Colonia Burócratas, Ciudad del Carmen, Campeche, C.P., 24180, México

²Departamento de Investigación y Posgrado, I.T.O., Orizaba, Veracruz, C.P., 24320, México

*c_montalvo10@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Los fármacos son sustancias que se consumen con cierta frecuencia, solo se retienen en el cuerpo un 20% de estos; los procesos de tratamiento son insuficientes para eliminar estos residuos orgánicos persistentes, por tal motivo se encuentran en los ríos, lagos, etc., uno de estos contaminantes es el paracetamol. Los procesos avanzados de oxidación (PAO) sirven para eliminar compuestos orgánicos persistentes en bajas concentraciones, uno de estos procesos es el ultrasonido, el cual en los últimos años ha sido utilizado para la degradación de contaminantes persistentes en aguas residuales. El sistema de reacción, es un sistema de lotes de 2 L; se utilizarán diferentes concentraciones iniciales de paracetamol (10- 20 ppm). Los tiempos de degradación se fijarán en 3 a 7 h. Los resultados muestran, que para degradar el componente original, se requiere de 7 h logrando un porcentaje de remoción del 90 %, a bajas cocentraciones.

Palabras clave: Paracetamol, degradación, ultrasonido

Abstract

Drugs are substances that are consumed frequently, the body retain only 20% of these,, the treatment processes are insufficient to eliminate these persistent organic waste, for this reason is found in rivers, lakes, etc., one of these contaminants is acetaminophen. Advanced Oxidation Processes (AOP) serve to eliminate persistent organic compounds at low concentrations one of these processes is ultrasound, which in recent years has been used for the degradation of persistent pollutants in wastewater. The reaction system is a batch system with 2 L; using various initial concentrations of paracetamol (10-20 ppm). Degradation times were fixed in 3 and 7 h. The results show that the original component to degrade, it requires 7 h obtaining removal percentage of 90%, a low cocentraciones.

Introducción

Los fármacos se están convirtiendo en parte de los llamados contaminantes emergentes, ya que se esta observando que el consumo a largo plazo de estas sustancias, aunque sea en concentraciones traza, puede causar efectos adversos en la salud. Estos contaminantes, a no ser que se eliminen de manera específica, pueden persistir y ser liberados al medio sin verse afectados por un tratamiento convencional, normalmente basado en un proceso biológico de lodos activados [Murray y col., 2010].

Los primeros que estudiaron los efectos del ultrasonido sobre las reacciones químicas fueron Richards y Loomis en 1927 [Zeng y col., 2005]. Lograron hidrolizar sulfato de dimetilo en solución básica, y la reducción de yodato de potasio por tratamiento con ácido sulfuroso. Con algunas excepciones, el campo fue olvidado por cerca de 60 años; sin embargo, en los ochentas, la sonoquímica renace y empezó a ser ampliamente utilizada en diferentes áreas.

El objetivo de esta investigación es la degradación del paracetamol, utilizando ultrasonido de baja frecuencia (20 kw) en un sistema semibatch. El tratamiento de residuales mediante el uso del ultrasonido se debe a los efectos que provoca la cavitación acústica.

El principio del ultrasonido consiste, cuando una onda sonora se propaga en un medio líquido, las partículas de este oscilan alrededor de su posición de equilibrio sin que exista un movimiento del conjunto del medio. Las variaciones de presión provocadas por la onda conducen a la aparición de fases de compresión y expansión en el seno del medio. Estos ciclos de presión son el origen mismo del fenómeno de cavitación acústica (Mendez y col., 2008).

La distancia promedio entre las moléculas en el líquido variará en la medida que las mismas oscilen alrededor de su posición de equilibrio. Cuando la presión en un punto disminuye lo suficiente, de forma tal que se excede la fuerza de cohesión del líquido, entonces se crean cavidades de vapor o gas. Este fenómeno se denomina cavitación. Una vez que las cavidades están formadas, crecen, oscilan e implotan bajo la acción del campo ultrasonoro.

Desde 1990 se incrementó el interés por el uso de ultrasonido para la destrucción de contaminantes orgánicos presentes en las aguas [Othman y col., 2011].

La aplicación del ultrasonido está siendo utilizada en el tratamiento de numerosos contaminantes, debido a que durante la propagación de las ondas ultrasónicas en disoluciones acuosas se generan altas temperaturas y presiones, además se produce la ruptura sonolítica del agua, formándose radicales $\cdot\text{OH}$ y $\text{H}\cdot$ [Francony y petrier, 1996]. Actualmente, la radiación ultrasónica también está siendo aplicada en la remediación de aguas; debido a que varios compuestos dentro de los cuales destacan el nitrobenzono, la anilina, el fenol, el ácido benzóico, el ácido salicílico, el estireno, el clorobenceno, tolueno, el etilbenceno y n-propilbenceno afectan su calidad [Brillas y col., 2005].

El acetaminofén o paracetamol (N-acetil-paminofenol) es un medicamento con propiedades analgésicas y antipiréticas con poca actividad antiinflamatoria. Actúa inhibiendo la síntesis de prostaglandinas, mediadores celulares responsables de la aparición del dolor. Se presenta habitualmente en forma de cápsulas, comprimidos, supositorios o gotas de administración oral [Suslick, 1989].

Los fármacos se están convirtiendo en parte de los llamados contaminantes emergentes, ya que se piensa que el consumo a largo plazo de estas sustancias, aunque sea en concentraciones traza, puede causar efectos adversos en la salud. Estos contaminantes, a no ser que se eliminen de manera específica, pueden persistir y ser liberados al medio sin verse afectados por un tratamiento convencional, normalmente basado en un proceso biológico de fangos activados [Murray y col., 2010].

Metodología

El sistema de ultrasonido (US) consiste de un reactor de dos litros de capacidad máxima, al cual se le sometió a sonicación en un baño ultrasónico Ultrasons (Hielscher, modelo UIP1000hd) a 20 kHz y 1000 W (Figura 1).

El equipo de ultrasonido se conectó a un baño termostático para mantener una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$. Se tomaron muestras cada 30 min durante un período de 3 a 7 h de la degradación, dependiendo de la concentración inicial y se realizaron pruebas iniciales para determinar los tiempos de reacción. Se preparó una solución madre de 1000 ppm a partir de la cual se prepararon diferentes soluciones con concentraciones iniciales de 10, 20 y 30 ppm, el pH de estas soluciones se ajustó a $6,8 \pm 0,2$. Cada muestra fue conservada en un vial color ámbar de 5 mL, y refrigerada hasta su análisis.



Figura 1. Equipo de ultrasonido Hielscher, modelo UIP1000hd manejado.

Para el seguimiento del avance de la reacción de degradación del paracetamol, las muestras se analizaron por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) en un modelo Agilent 1100 equipado con un detector UV-vis. Una columna Symmetry C18 (3,9 * 150 mm 4,91 mm) fue empleada para la separación de reactivo. Las condiciones de flujo son 1 mL / min y un detector UV-Vis está sintonizado a una longitud de onda de 242 nm. También se siguió el avance de la reacción por medio de un espectro de UV-Vis marca HACH DR 5000, se realizaron barridos desde una longitud de onda de 200 a 500 nm.

Para los análisis por Raman se utilizó un equipo que utiliza un diodo láser de 785 nm, marca Ocean Optics (Laser- 785-Lab-ADJ-S) QE6500 Spectrometer W/Scientific-grade detector y sonda Raman marca Ocean Optics (RIP-RPB-785-SS). Y el Software Spectra Suite marca Ocean Optics.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la degradación de paracetamol utilizando ultrasonido. Para la realización de este trabajo, se utilizó una potencia de 200 Watt y una frecuencia de 60 kHz.

En la Figura 2, se muestra el espectro de UV-vis del paracetamol para una concentración inicial de 20 ppm y un tiempo de reacción de 0 h, o sin reaccionar, en esta figura se observa un máximo de absorción a una longitud de onda de 225 nm, lo cual está definido y es donde absorbe el compuesto.

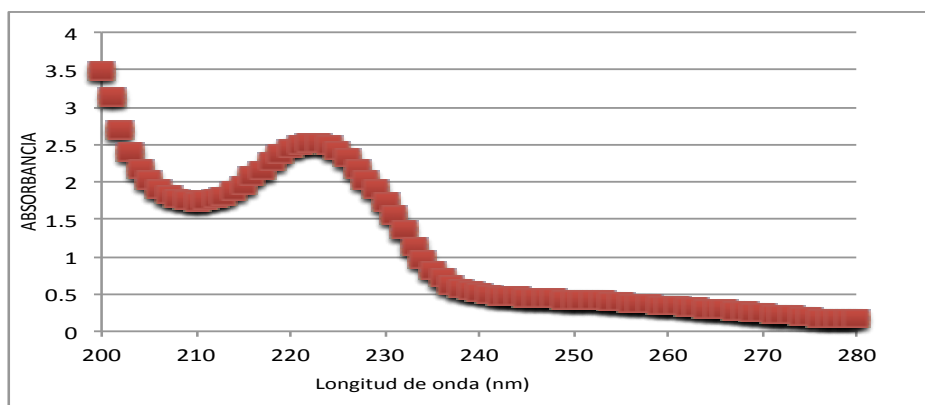


Figura 2. Espectro de Uv-vis del paracetamol con una concentración inicial de 20 ppm a un tiempo inicial.

En la Figura 3 se muestra el espectro del paracetamol desde tiempo inicial hasta un tiempo de degradación de 7 h, se observa que la molécula original fue degradada después de un tiempo de degradación de 6 h.

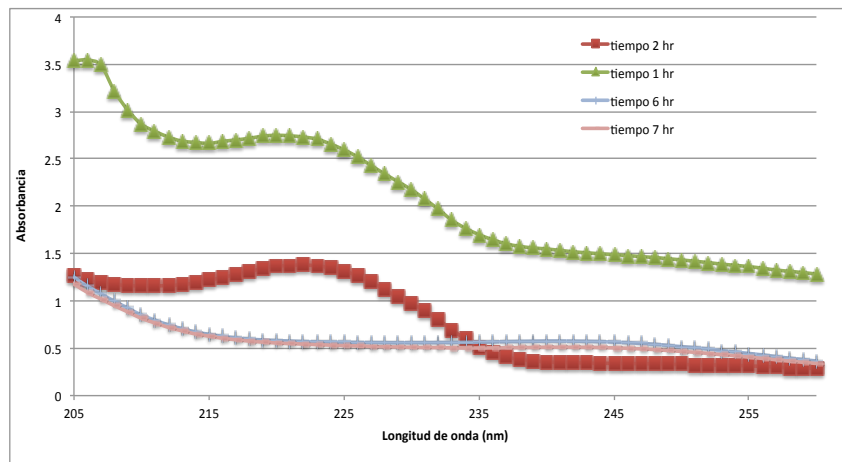


Figura 3. Espectro de Uv-vis de la degradación de paracetamol para una concentración inicial de 10 ppm y un tiempo de degradación de 7 h.

En la Figura 4 se observa los espectros Raman de degradación del paracetamol después de 7 h de reacción para una concentración de 10 ppm, se observan que los picos característicos de la molécula van disminuyendo de forma gradual.

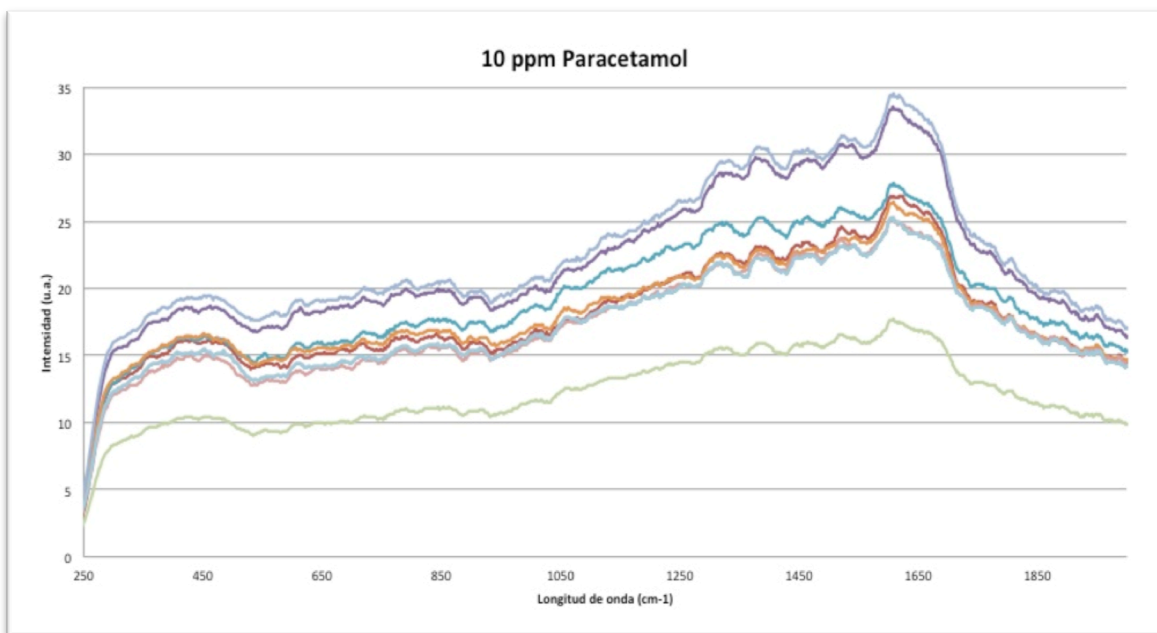


Figura 4. Espectro de Raman del paracetamol para una concentración inicial de 10 ppm y un tiempo de degradación de 7 h.

La Figura 5 muestra la degradación del paracetamol a una concentración inicial de 20 y 10 ppm, se observa que para una concentración inicial de 20 ppm después de 7 h se tienen una eficiencia de degradación de 60 % y se observa una disminución paulatina después de 180 minutos, mientras que para una concentración de 10 ppm después de 7 h se tiene una eficiencia de degradación del 80% y se observa una degradación constante a lo largo del tiempo.

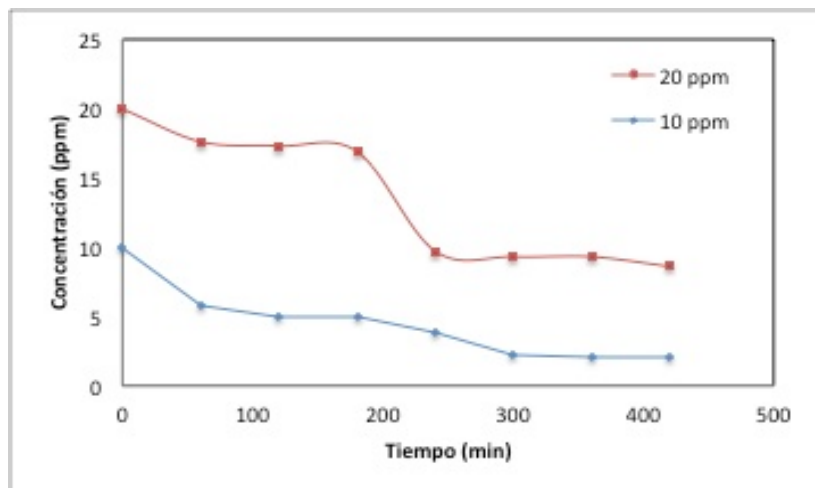


Figura 5. Variación de la concentración contra tiempo de reacción de 7 h.

Trabajo a futuro

Se llevarán a cabo trabajos para determinar los mecanismos de degradación del compuesto, al mismo tiempo se determinarán las constantes cinéticas de degradación. Así como, variación de otros parámetros como son: frecuencia y pH de la solución inicial.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados mostrados, se concluye que el sistema de ultrasonido es adecuado para degradar este compuesto pero a bajas concentraciones ya que a altas concentraciones los tiempos de reacción requeridos son mayores esto es debido a que la cantidad de radicales hidróxilo producidos no son suficientes para degradar el compuesto.

Agradecimientos

Se agradece al grupo de trabajo, así como, al Dr. Cornelio de la Cruz Guerra y Mtro. Cesar Cima Mokul del CEISPPA-UNACAR.

Referencias

1. Brillas, E.; Sirés, I.; Arias, C.; Luis Cabot, P.; Centellas, F.; Garrido, R.M. (2005). Mineralization of paracetamol in aqueous medium by anodic oxidation with a boron-doped diamond electrode. *Chemosphere*. (58) 399-406.
2. Mendez, F.; Torres, R. A.; Petrier, C.; Esplugas, S.; Gimenez, J. and Pulgarin, C. (2008) Ultrasonic treatment of water contaminated with ibuprofen. *Water Res.* (16) 4243-4248.

3. Murray, K.E.; Thomas, S.M.; Bodour, A. A. (2010). Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. *Environmental Pollution*. **(158)** 3462-3471
4. Othman, S. H.; Rashid, S. A.; Mohd, T. I. y Abdullah, N. (2011). Fe-Doped TiO₂ nanoparticles produced via MOCVD: Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Activity. *Journal of Nanomaterials*, **(3)** 1 – 8
5. Suslick, K.S. (1989). The Chemical Effects of Ultrasound. *Sci. Am.* **(260)** 80-86.
6. Zheng, W.; Maurin, M.; Tarr, M.A. (2005). Enhancement of sonochemical degradation of phenol using hydrogen atom scavengers. *Ultrason. Sonochem.* **(12)** 313-319.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Aplicación biotecnológica de extractos de vainilla

M. Guevara Valencia*, M. T. González Arnao, R. Ortega Jiménez, C. Díaz Ramos y K. Díaz Castellanos
Laboratorio de Biotecnología y Criobiología vegetal, Facultad de Ciencias Químicas,
Universidad Veracruzana
Prolongación de oriente 6 N° 1009, Col. Rafael Alvarado, Orizaba, Ver.
*mguevara@uv.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La micropropagación vegetal es un procedimiento biotecnológico por medio del cual es posible generar plantas sanas y vigorosas, esta técnica se aprovecha en la reproducción masiva de plantas de interés agronómico, farmacológico y ornamental. Por lo que este trabajo propone optimizar esta técnica sustituyendo a las fitohormonas vegetales por el extracto etanólico de vainilla (*Vanilla planifolia*), y a través de una alelolaptía positiva, donde los compuestos presentes en el extracto incidan en el crecimiento de los explantes cultivados.

Se cultivaron explantes de un cm de altura de vitroplantas de cempasúchil (*Tagetes erecta*), Chilcuague (*Heliopsis longipes*) y clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) de 30 días de cultivo, en un medio enriquecido con 25, 50, 75 y 100 μL de extracto etanólico de vainilla por cada 250 mL de medio y se evaluó la altura desarrollada después de 30 días de cultivo. Los resultados indican que la adición del extracto favorece el crecimiento de los explantes.

Palabras clave: Micropropagación *Vanilla planifolia*, cultivo *in vitro*, alelopatía

Abstract

The plant micropropagation is a biotechnological process by which it is possible to generate healthy and vigorous plants, this technique is used in the mass reproduction of plants of agronomic interest, pharmacological and ornamental. This paper therefore seeks to optimize this technique replaces the plant hormones by the ethanol extract of vanilla (Vanilla Planifolia), and through a positive alelolaptía where the compounds present in the extract have an effect on the growth of cultured explants.

Explants were cultured an vitroplants cm marigold (Tagetes erecta), Chilcuague (Heliopsis longipes) and carnation (Dianthus caryophyllus L.) 30 days of cultivation in a medium enriched with 25, 50, 75 and 100 μL of vanilla ethanol extract per 250 mL of medium and developed head was evaluated after 30 days of culture. The results indicate that adding the extract favors the growth of the explants.

Introducción

La biotecnología es una actividad multidisciplinaria, que permite el estudio integral y la manipulación de los sistemas biológicos. Busca hacer una utilización inteligente, respetuosa y sustentable de la biodiversidad, mediante el desarrollo de tecnología eficaz, limpia y competitiva para facilitar la solución de problemas importantes en sectores tales como el de la salud, el agropecuario, el industrial y del medio ambiente [1].

El cultivo de tejidos vegetales o cultivo *in vitro* de tejidos vegetales, es una técnica de reproducción en condiciones totalmente asépticas, en la que a partir de un pequeño segmento inicial de tejido es posible

regenerar en poco tiempo miles o millones de plantas genéticamente iguales a la planta madre, cuando a este tejido le es aplicado un estímulo por medio de variables físicas y químicas controladas en un medio de cultivo [2].

La reproducción asexual de plantas por cultivo de tejidos es posible gracias a que, en general, varias células de un individuo vegetal poseen la capacidad necesaria para permitir el crecimiento y el desarrollo de un nuevo individuo completo, sin que medie ningún tipo de fusión de células sexuales o gametas. Esta capacidad se denomina *totipotencialidad celular*, y es característica de un grupo de células vegetales conocidas como células meristemáticas, presentes en los distintos órganos de la planta. La potencialidad de una célula diferenciada para generar tejidos nuevos y eventualmente un organismo completo, disminuye con el grado de diferenciación alcanzado por esa célula, pero puede revertirse parcial o completamente según las condiciones de cultivo a las que se la someta (Hurtado y Merino, 2000).

El cultivo *in vitro* consiste en tomar una porción de una planta, denominada explante y colocarla en un medio nutritivo estéril donde se regenerarán una o muchas plantas. La formulación del medio cambia según la respuesta que se quiera obtener. En la propagación vegetal, ya sea *in vitro* o *in vivo*, el carácter del proceso de diferenciación depende del genoma de la especie, está regulado por el balance hormonal propio y por el estado fisiológico del órgano, tejido o célula puesta en cultivo. Sin embargo, también se sabe que ese balance puede ser modificado por el agregado de compuestos que imiten la acción de las hormonas vegetales. Estos compuestos se denominan reguladores del crecimiento, y se emplean en los medios de cultivo para conseguir la micropropagación de una planta.

Por otro lado la vainilla (*Vanilla planifolia*), es un género originario de México y comprende un centenar de plantas monopodiales de hábitos trepadores que llegan a alcanzar más de 35 metros, con hojas alternas que se extienden por toda su longitud (Viveros Grajales, 2007). Ha sido ampliamente utilizada desde la época precolombina para saborizar bebidas y comidas principalmente, estudios de cromatografía de gases acoplado a masas (GC-MS) revelan la gran cantidad de compuestos presentes precursores del aroma y otros que son desarrollados durante el proceso de curado (Sinha AK, 2008; Pérez-Silva, 2006).

La bibliografía refiere la adición de compuestos de origen vegetal al medio de cultivo como fuente de carbono, antioxidantes o mejoradores de crecimiento, por lo que considerando la oportunidad de aprovechar los numerosos compuestos presentes en la vainilla, además de una nueva aplicación a este recurso de origen veracruzano, este trabajo propone conocer la alelopatía positiva o negativa que presenta el extracto etanólico de vainilla (*Vanilla planifolia*) sobre las plántulas *in vitro* de Chilcuague (*Heliopsis longipes*), cempasúchil (*Tagetes erecta*) y clavel (*Dianthus caryophyllus* L.).

Metodología

Obtención del extracto de Vainilla.

Se utilizaron 123.5 g de vainas de vainilla (*V. planifolia*), adquiridas en Papantla, Ver., Utilizando un molino se pulverizaron hasta obtener un polvo fino dejando macerar en 200 mL de etanol absoluto en un recipiente de color ámbar, por 30 días en refrigeración. Posteriormente se filtró empleando papel filtro Whatman N° 1, el volumen del extracto se redujo empleando un rotavapor (SEV serie A-402-2), hasta obtener un concentrado de 10 mL. Del extracto se pesó 0.1 g y se disolvió en 25 mL de etanol absoluto, en campana de flujo laminar y bajo estrictas condiciones de esterilidad, se realizó la purificación del extracto anterior utilizando un filtro milipore con un poro de 0.20 μ , con el propósito de homogenizar el tamaño de partícula para facilitar su manejo durante los tratamientos y evitar la contaminación de los tejidos.

Material biológico.

Para el cultivo *in vitro* se utilizó como material de partida plantas *in vitro* de, clavel (*Dianthus caryophyllus*), chilcuague (*Heliopsis longipes*) y cempasúchil (*Tagetes erecta*); pertenecientes a la colección activa del banco de germoplasma del Laboratorio de Biotecnología y Criobiología vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas perteneciente a la Universidad Veracruzana.

Para este estudio se emplearon vitroplantas con 30 días de cultivo, las cuales se cultivaron utilizando el medio MS, (Murashige-Skoog, 1962), adicionado con sacarosa 0.3 M, 2 mgL⁻¹ de glicina, 0.5 mgL⁻¹ de piridoxina, 0.1 mgL⁻¹ de tiamina, 0.5 mgL⁻¹ de ácido nicotínico, 100 mgL⁻¹ de inositol y como medio gelificante 2 gL⁻¹ de phytigel; el pH se ajustó a 5.7 empleando un potenciómetro (Hanna Instruments 211) y se esterilizó empleando una autoclave (Evar EV30) a una temperatura de 122°C por 15 min. (Equivalente a 1.5 Kg de presión).

Tratamientos de extracto de vainilla (*V. planifolia*).

Después de esterilizar el medio se suplementó con el extracto de vainilla dentro de campana de flujo laminar, cuando el medio de cultivo aún permanecía sin solidificar. Se ensayaron 4 tratamientos, adicionando 25, 50, 75 y 100 μL por cada 250 mL de medio de cultivo, más un tratamiento testigo con ausencia de extracto. Una vez adicionados se mezclaron de manera circular y se distribuyeron en frascos previamente esterilizados y etiquetados.

En condiciones de absoluta esterilidad y en campana de flujo laminar, se fraccionaron las plántulas de clavel, cempasúchil y chilcuague en esquejes con una longitud aproximada de un centímetro. Las condiciones de incubación se controlaron a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura, bajo un fotoperiodo de 16 h luz y a una intensidad lumínica de $36 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Se realizaron 20 repeticiones en cada uno de los tratamientos ensayados. Realizando cuatro evaluaciones durante un mes de cultivo. La variable a evaluar fue la altura desarrollada, medida por medio de un vernier en centímetros de las plantas cultivadas, para poder comprobar el efecto estimulante del extracto de vainilla adicionado.

La evaluación estadística se realizó empleando el programa estadístico MINITAB 15 con un análisis de varianza para determinar la significancia de los efectos del extracto de vainilla aplicado al medio de cultivo con respecto a los explantes ensayados.

Resultados y discusión

Durante las evaluaciones realizadas, se observó el efecto estimulante del extracto de vainilla sobre el crecimiento de las vitroplantas de clavel, cempasúchil y chilcuague; donde el crecimiento de los explantes cultivados en el medio enriquecido con el extracto fue mayor en todos los casos a las del tratamiento testigo.

Los Diagramas de Cajas y Alambres, son herramientas estadísticas que sirve para visualizar el comportamiento de todos los tratamientos en una sólo gráfica, con la finalidad de poder saber cuál de ellos genera el máximo valor en la variable de respuesta. En el eje de las x 's se muestran los diferentes tratamientos utilizados, el eje de las y 's contiene a las mediciones de las alturas u observaciones realizadas por cada tratamiento, en este caso, fueron 20 repeticiones por tratamiento.

La caja coloreada en color naranja, es el tratamiento de control o blanco, medio de cultivo que carece de la adición del extracto de vainilla; se cambió de color para que pudiera ser más fácil observar cuál tratamiento se parece más a él y cuál (es) no son semejantes.

Se debe recordar que los alambres o bigotes de las cajas miden, en el caso del alambre inferior, el mínimo valor observado y en el caso del alambre superior, el máximo valor observado de cada tratamiento. La línea horizontal que se encuentra en el interior de cada caja, indica el valor de la mediana (valor que divide al conjunto de datos exactamente al 50%) y que los asteriscos (*) son los llamados valores raros o "outliers" que son valores tan alejados del conjunto de datos que ya no pertenecen estadísticamente a la población y que para futuros estudios lo más conveniente sería eliminarlos.

Con respecto a clavel, el tratamiento que proporcionó los mejores beneficios es donde se adicionó de 75 μL de extracto de vainilla al medio de cultivo, observándose desde las primeras semanas del experimento que este tratamiento ejercía un efecto estimulante. El análisis de varianza señala que si el valor de p (en el one-way ANOVA) es menor a 0.05, se rechaza H_0 , y por tanto concluimos que, al menos uno de los tratamientos es diferente. La figura 1, señala a través del Diagrama de Cajas y Alambres, donde el mejor tratamiento es el que contiene 75 μL de extracto de vainilla, debido a que presentó la mayor altura de 2. cm (dato que se observa en el cuartil 3 de la caja (Q3)), y en promedio obtuvo un valor de 1.73958.

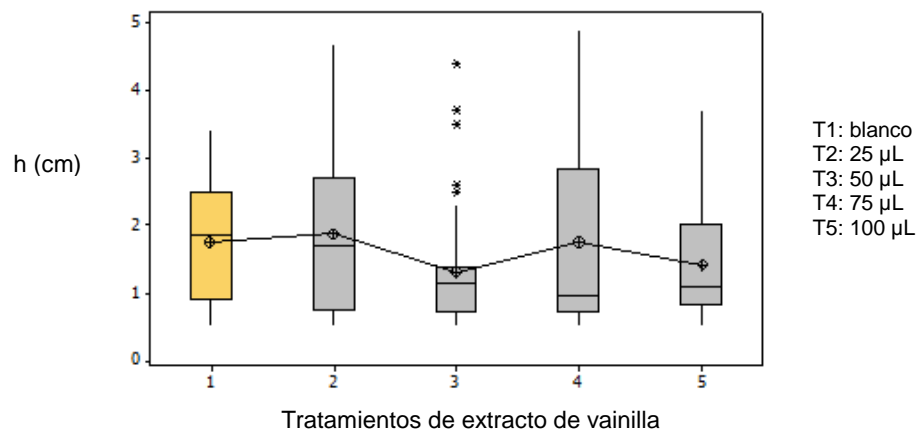


Figura 1. Diagrama de cajas y alambres para el cultivo de clavel

En relación al cultivo de cempasúchil, durante las dos primeras semanas el comportamiento de los tratamientos fue muy homogéneo, a partir de la tercera semana empiezan a notarse diferencias, presentándose la mejor respuesta al adicionar 100 µL de extracto de vainilla. El análisis de varianza confirma esta observación y como se muestra en la figura 2 por medio del Diagrama de Cajas y Alambres, éste presentó una altura de 2.1 cm (dato que se observa en el cuartil 3 de la caja (Q3)), y en promedio obtuvo un valor de 1.655

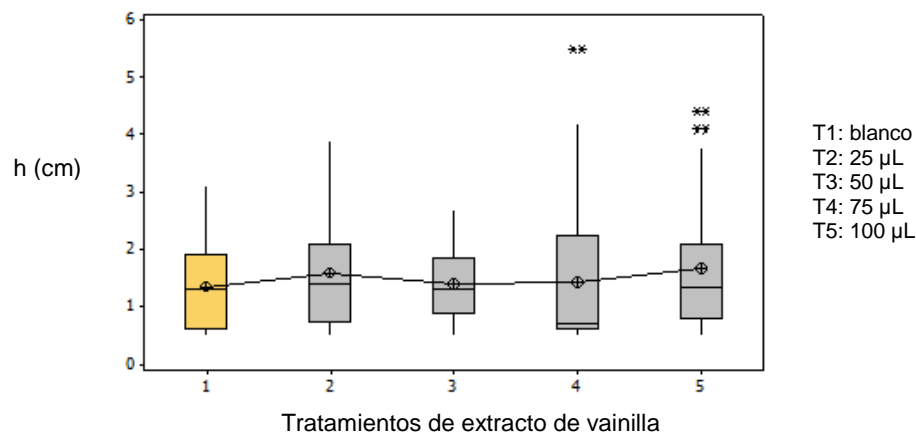


Figura 2. Diagrama de cajas y alambres para el cultivo de cempasúchil

En lo que se refiere al cultivo de chilcuague, el análisis de varianza señala que el valor de p (en el one-way ANOVA) es menor a 0.05, por tanto concluimos que, al menos uno de los tratamientos es diferente. En la figura 3, se muestra que el mejor tratamiento es aquel donde se adicionó al medio de cultivo con 25 µL de extracto de vainilla, esto debido a que las vitroplantas desarrollaron alturas mayores a las que se presentaron con los otros tratamientos; éste desarrolló una altura de 2.7 cm (dato que se observa en el cuartil 3 de la caja (Q3)), y en promedio obtuvo un valor de 2.06. Aunque el vigor no es una variable que pueda evaluarse de manera tangible durante este experimento se observa el crecimiento de plantas vigorosas, bien desarrolladas, con equilibrio intermodal.

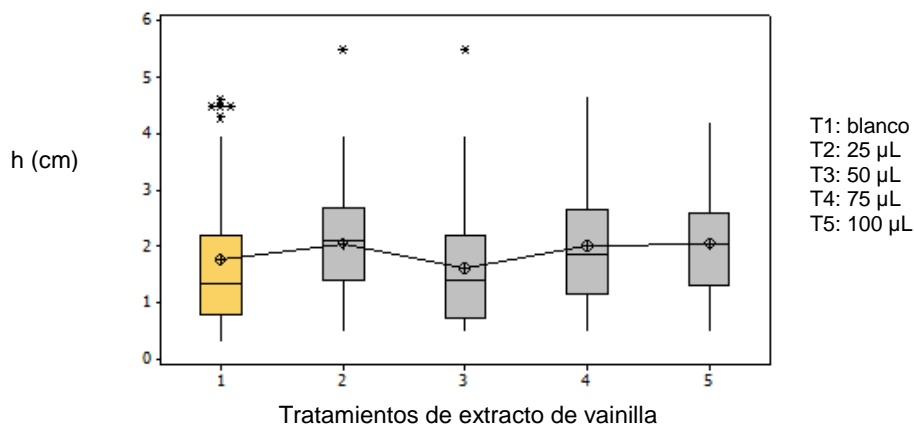


Figura 3. Diagrama de cajas y alambres para el cultivo de chilcuague

Optimizar el procedimiento de micropropagación de especies con interés agronómico como es el caso del cempasúchil, cultivo que no solo se utiliza como ornamental sino a partir del cual se obtienen colorantes utilizados en la industria alimentaria; farmacológico en relación al chilcuague, cultivo del cual se han reportado innumerables beneficios por la gran cantidad de alcaloides que contiene y ornamental como el clavel, considerado el segundo cultivo de mayor importancia como flor de corte; ofrece la oportunidad de elevar la tasa de crecimiento y reducir el tiempo experimental.

Esta metodología es importante porque permite la obtención de plantas sanas, con la posibilidad de reintegrarse al mercado, si a este hecho se le añade la posibilidad de reducir costos al evitar el uso de fitohormonas, sustituyéndolas por productos naturales, el beneficio aun es mayor, sumado al hecho de que un cultivo de origen regional adquiere mayor rentabilidad al aprovecharse de manera diferente a la que se utiliza comúnmente.

La adición de extractos de origen natural al medio de cultivo, es una estrategia que se ha desarrollado con otros productos como capsaicina y alcaloides, (Guevara –Valencia, 2010; López-Bucio, 2007; Bernal A., 2005; Herrera–Estrella, 2004; Molina –Torres, 2001) entre otros y los resultados reportados señalan un campo de oportunidad para continuar en la búsqueda de compuestos que eleven el desarrollo de los explantes cultivados.

Conclusiones

La adición del extracto de vainilla favorece el desarrollo vitroplantas de clavel (*Dianthus caryophyllus*), chilcuague (*Heliopsis longipes*) y cempasúchil (*Tagetes erecta*); con mayor altura y vigor que las del tratamiento testigo.

El cultivo de clavel desarrolló una altura de 2.8 cm con la adición de 75 µL, el cultivo chilcuague consiguió una altura de 2.7 cm con la adición de 25 µL y el cultivo de cempasúchil mostró una altura promedio 2.1 cm con la adición de 100 µL.

Los resultados obtenidos en este trabajo son una importante aportación demostrarse la alelopatía positiva de los compuestos presentes en el extracto de vainilla al influir positivamente en el crecimiento, de las vitroplantas ensayadas.

Referencias

- Bernal A. 2005 Actividad Biológica de los capsicum. Revista Mexicana de fitoquímica, Julio-diciembre, año/vol. 23, No. 002 Sociedad Mexicana de fitopatología A.C. ciudad Obregon México pp 140-146.
- Dignum Mark J. W., Heijden Rob van der, Kerler Josef, Winkel Chris y Verpoorte Rob, 2004. *Identification of glucosides in green beans of Vanilla planifolia Andrews and kinetics of vanilla β-glucosidase*. Food Chemistry, 79: 165-171.
- Guevara Valencia M., González Arnao T., Pastelín Solano M., Ortega Jiménez R. y Bulas Mendoza R. 2010. Aplicación de capsaicina al cultivo in vitro de *Anthurium andreanum* L. variedad *Anthapck*. Memorias VII encuentro participación de la Mujer en la Ciencia.
- Herrera-Estrella Luis; Molina-Torres Jorge; López-Bucio José; Ramírez-Chávez Enrique, 2004. *Alkaloids Isolated from Plants Promote Growth and Alter Root Development in Arabidopsis*. Plant Physiology 134:1058-1068.

5. Hurtado M. D. y Merino, 2000. Cultivo de tejidos vegetales. Trillas, México.
6. López-Bucio José, 2007. *Alcamidas: hacia la nueva era agrícola*. Ciencia y Desarrollo, Marzo del 2007
7. Molina-Torres, J. y García-Chávez A. 2001 Alcamidas en plantas: distribución e importancia. Avance y perspectiva, Vol. 20, 377.
8. Murashige T. & F. Skoog. 1962. *A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures*. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
9. Perez-Silva, A.; Odoux, E.; Brat, P.; Ribeyre, F.; Rodriguez-Jimenes, G.; Robles-Olvera, V.; Garcia-Alvarado, M. A.; Gunata, Z., 2006. GC-MS and GC-olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson) beans. *Food Chemistry* 99 (4) 728–735
10. Sinha AK, Sharma UK, Sharma N., 2008. A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents. *Int J. Food Sci Nutr.*;59(4):299-326.
11. Viveros Grajales, B. 2007. Evaluación de la extracción de vainilla, mediante la adaptación de un dispositivo Soxhlet. Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla.
12. <http://www.amc.edu.mx/biotecnologia/biotecnologia.htm>. 9/02/2011 2:00 P.M.
13. http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2004/ad_382.pdf. 14/05/2010 3:00 P.M.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Implementación de un control de temperatura en cascada para un cristalizador de vidrio por lotes

E. Bolaños Reynoso^{1*}, J. Barojas Huerta^{1*}, A.M. Ortiz de Montellano-Nolasco^{2*}, E. Morales Polanco^{1*} A.E. Luna Perez^{1*}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852, Col. E. Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, MÉXICO

²Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 s/n entre 22 y 28 Chiná, Campeche, MÉXICO.

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se realizó una optimización de parámetros en el dominio de Laplace utilizando MATLAB y SIMULINK minimizando la diferencia de cuadrados del modelo y datos experimentales para representar el sistema Julabo, simulando calentamiento y enfriamiento para determinar las funciones de transferencia y parámetros PID del sistema en lazo cerrado. Se calculó la función de transferencia de lazo abierto del cristalizador mediante un modelo de identificación. Se calcularon los parámetros PID para un controlador servo con una conformación en cascada minimizando la integral absoluta del error. Se implementó el lazo de control en el sistema de cristalización utilizando LabVIEW y una computadora central. Los resultados muestran una reproducción satisfactoria del sistema para calentamiento y enfriamiento, teniendo la misma tendencia en temperatura interna y utilización del poder de calentamientos obtenidos de forma experimental. El controlador de temperatura se comporta de forma satisfactoria permitiendo realizar cambios de temperatura con un punto de ajuste variable.

Palabras clave: Control, temperatura, PID, cascada.

Abstract

An optimization parameter in Laplace's domain was performed using MATLAB and SIMULINK minimizing the difference of squares of the model and experimental data to represent the system Julabo, simulating heating and cooling to determine the transfer functions and parameters PID closed loop system. We calculated the transfer function of the open loop crystallizer through a model of identification. PID parameters were calculated for a servo controller in a cascade formation minimizing the integral absolute error. We implemented the control loop in the crystallization system using LabVIEW and a central computer. The results show a satisfactory reproduction of the heating and cooling system, with the same trend in internal temperature and heating power utilization obtained experimentally. The temperature controller performs satisfactorily allowing temperature changes with a setpoint variable.

Introducción

La cristalización es la conversión de una sustancia o algunas sustancias de un estado sólido amorfo, líquido o gas al estado cristalino [1]. Sin embargo también puede presentarse de forma espontánea en la naturaleza. La miel de abeja puede cristalizarse de forma espontánea, ya que esta es susceptible a los cambios de temperatura, este fenómeno es considerado indeseable por algunos productores de miel, sin embargo existen algunos mercados en los cuales es apreciada la miel cristalizada. Por esta razón se decidió cristalizar la miel para así darle una alternativa a los productores y diversificar la presentación de la miel. Existen diversas características que determinan la calidad de la miel tales como la humedad, contenido de diastasa e hidroximetilfurfural, tipo de miel así como agentes añadidos a la miel [2]. Por esta razón se optó por la cristalización por enfriamiento debido a que permite cristalizar la miel sin alterar los factores que determinan su calidad. La concentración es inversamente proporcional a la temperatura, por esta razón al enfriar una solución

aumenta la sobresaturación propiciando la cristalización. El manejo de la temperatura es un factor determinante en la cristalización por enfriamiento.

Este trabajo propone la utilización de un controlador de temperatura para un cristizador de vidrio, utilizando un baño de recirculación con temperatura programable acoplándolo a un lazo de control en cascada [3]. El desarrollo del trabajo consiste en la reproducción del comportamiento del baño de recirculación Julabo mediante un algoritmo de optimización tanto para calentamiento como enfriamiento. La simulación permite introducir valores de punto de ajuste y se obtiene la repuesta del controlador, la utilización del elemento final de control (% de poder de calentamiento) y la variable manipulada (temperatura interior del baño) los cuales se ajustan a valores experimentales. Posteriormente se acopla el sistema a un lazo de control en cascada para determinar los parámetros PID por medio de la minimización de la integral absoluta del error (IAE). Calculados los parámetros del controlador secundario se acoplan en el sistema SCADA del cristizador para su posterior evaluación de desempeño.

Metodología

Materiales

Se cuenta con un cristizador por lotes hecho de vidrio operado a presión atmosférica el cual cuenta con una chaqueta de enfriamiento – calentamiento conectado a un baño de recirculación programable, así como a un sistema de agitación variable, un densímetro digital y dos sensores de temperatura. Los dispositivos utilizados para controlar el sistema son detallados en la Tabla 1.

Tabla 1. Material utilizado

Cant	Descripción
1	Cristizador de vidrio de 6 L, chaqueta de calentamiento-enfriamiento de 2.55 L, dimensiones del cristizador: altura 35 cm y diámetro interno de 14.4 cm, altura domo inferior de 1.8 cm y altura domo superior (tapa hermética) de 5 cm.
2	Termopar tipo J. 0 a 760 °C, cable-cuerda: 3 m
1	Termo pozo de cobre de 14 in (longitud) y 1/2 in de diámetro.
1	Baño de recirculación programable Julabo F-34, con rango de temperatura de -34 at 200 °C, con bomba de recirculación de 15 L/min, volumen del baño de 14 a 20 L, 120 VCA/60 Hz.
1	Tarjeta de adquisición de datos: PCI-232/485.2CH. National Instruments, Inc.
1	Tarjeta de adquisición de datos: PCI-6025E. National Instruments, Inc.
1	Modulo portador blindado: SC-2345. National Instruments, Inc.
2	Módulo de acondicionamiento de señales: SCC-TC02. National Instruments, Inc.
1	Computadora central: microprocesador Intel CORE 2 QUAD Q8400, disco duro de 750 GB, memoria RAM: 2 GB, 5 slots PCI, 4 puertos USB, tarjeta de red Ethernet 10/100, gabinete media torre, sistema operativo Windows XP.

El sistema de adquisición de datos funciona registrando los valores de temperatura de los termopares, recibiendo la señal en los módulos de acondicionamiento de señales para su posterior transformación digital, la cual es recibida por las tarjetas de National Instruments. Para posteriormente ser recibidas en la computadora central por medio de LabVIEW.

Identificación del modelo del baño de recirculación Julabo

Para identificar el modelo se consideró un modelo tentativo en lazo cerrado controlado por un PID. Se realizaron dos simulaciones en SIMULINK, una para el sistema de control y otra para determinar la respuesta de la temperatura. Se estableció un esquema en donde el enfriamiento está dado por un sistema de primer orden, el enfriamiento se ve afectado por la temperatura. Se introduce una retroalimentación para compensar la no linealidad del sistema (ecuación 2), el calentamiento esta expresado por un sistema de primer orden (ecuación 1), el cual tiene como entrada el porcentaje de poder utilizado para calentar el agua; la diferencia de ambos sistemas es introducida a una tercera función de transferencia de primer orden (ecuación 1) que tiene como salida la temperatura interior del baño. La repuesta del controlador es introducida a una función de transferencia de primer orden (ecuación 1) siendo la salida de ésta el porcentaje de poder utilizado para el calentamiento del

agua. Se establecieron cuatro parámetros para evaluar el sistema de temperatura y cinco parámetros para evaluar el sistema de control. Se realizaron dos simulaciones de forma simultánea, una de calentamiento y otra de enfriamiento. Posteriormente, se utilizó el comando *fminsearch* para encontrar el valor de los parámetros realizando la minimización de la diferencia de cuadrados entre los valores calculados y los datos experimentales, para ambas simulaciones.

$$F(s) = \frac{k}{\tau s + 1} \quad (1)$$

$$F(s) = \frac{1}{\tau s + 1} \quad (2)$$

Identificación de la función de transferencia del cristizador de vidrio

Se estabilizó la temperatura interna del cristizador así como la del baño de recirculación. Se llevó la miel a la temperatura deseada tomando ésta como la temperatura cero. Se interrumpió el flujo de agua en el cristizador y se enfrió el agua a la temperatura final. Se reanuda el flujo de agua para así inducir un escalón en la temperatura de entrada del sistema. Se adquirieron los datos de tiempo y temperatura tomando como tiempo cero el instante en el que se reanuda el flujo. Se utilizó un modelo de primer orden con tiempo muerto (ecuación 3) realizando una optimización de los tres parámetros reduciendo la diferencia de cuadrados entre el modelo y los datos experimentales. Se usó el comando *fminsearch* de MATLAB.

$$F(s) = \frac{k}{\tau s + 1} e^{-t_0} \quad (3)$$

Diseño y elección del controlador

Utilizando SIMULINK se estableció el modelo del cristizador así como el modelo calculado para el sistema de enfriamiento dándole un arreglo en cascada, en el cual el controlador primario es el que controla la temperatura interna del cristizador y el controlador secundario es el controlador interno del baño de recirculación. Se utilizó un controlador PID continuo (ecuación 4). Se introdujeron cambios escalón negativos debido a que el controlador fue diseñado para llevar a cabo rutas de enfriamiento. Para el cálculo de los valores óptimos para el controlador se utilizó el criterio IAE (ecuación 5). Minimizando la integral absoluta de la diferencia del punto de ajuste y la variable manipulada. La optimización de los parámetros se llevó a cabo utilizando una función en MATLAB acoplada a SIMULINK utilizando el comando *fminsearch*.

$$C(s) = K_P \left(1 + K_I \frac{1}{s} + K_D \frac{1}{\frac{1}{s} + 1} \right) \quad (4)$$

$$IAE = \int_0^{t_f} |r(t) - y(t)| dt \quad (5)$$

Creación de los instrumentos virtuales y acoplamiento al panel central

La creación de los instrumentos virtuales se llevó a cabo en LabVIEW. Se creó un instrumento virtual para el controlador PID, estableciendo como variable controlada la temperatura interna del cristizador y el punto de ajuste del controlador interno del baño de recirculación como la variable manipulada. El controlador se acopló al baño de recirculación por medio de un driver de Julabo programado en LabVIEW, el cual permite utilizar el controlador interno del baño e introducir un punto de ajuste para manipular la temperatura interna del mismo [4]. El controlador acoplado al cristizador de vidrio y al baño de recirculación fue sometido a pruebas de enfriamiento, mediante la ejecución de escalones unitarios negativos para determinar el desempeño del sistema de control.

Resultados y discusión

Identificación del modelo del baño de recirculación Julabo

Se observa en la Figura 1, el diagrama de bloques elaborado en SIMULINK el cual representa el comportamiento del baño de recirculación. Cuenta con un controlador PID, dos restricciones y cuatro funciones de transferencia. Los parámetros calculados de las funciones de transferencia se representan en la Tabla 1. En la Figura 2 se observa una gráfica que representa una ruta de enfriamiento y tres cambios escalón positivo de dos unidades. Se puede observar que el modelo reproduce los datos experimentales de forma satisfactoria.

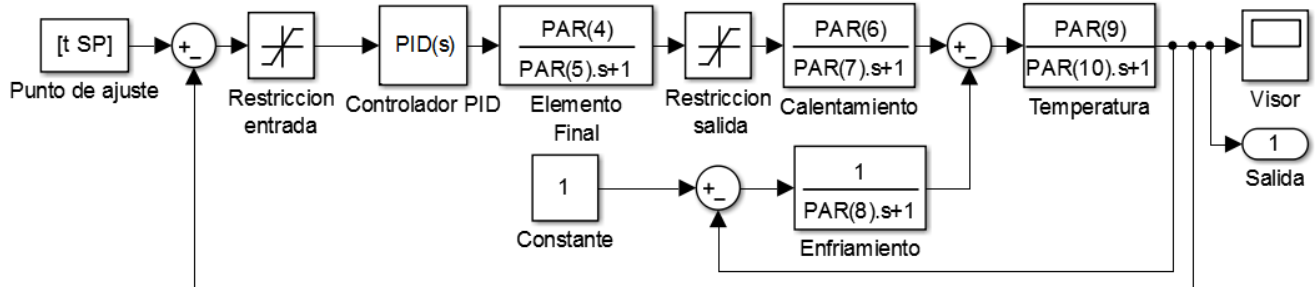


Figura 1 Diagrama de bloques del lazo cerrado del Julabo

Tabla 1 Constantes calculadas para las funciones de transferencia propuestas

Función de transferencia	K	Tao	cte
Temperatura	0.4015	0.7366	1
Enfriamiento	1.0913	5484.30	1
Calentamiento	0.9030	3566.15	1
Elemento final	3.9156	103.0343	1
Controlador	KP	KI	KD
	17.278	3.1323e-7	0.13005

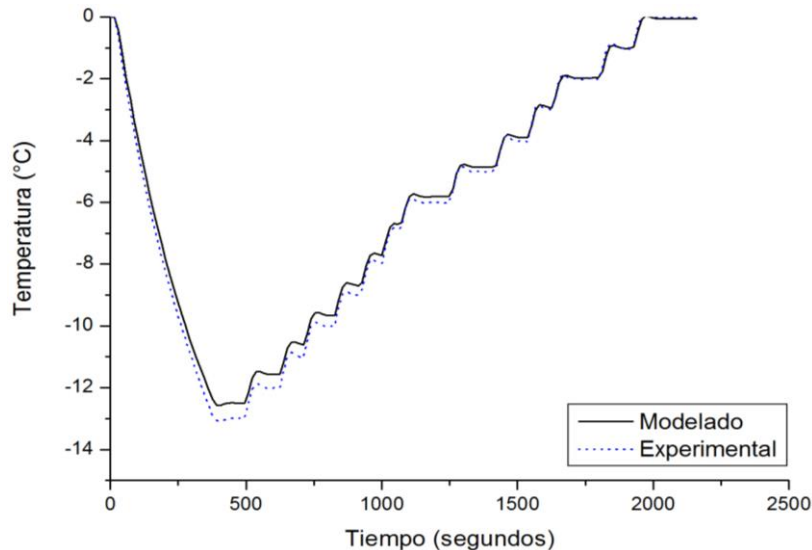


Figura 2 Gráfica comparativa del modelo (—) y datos experimentales (---)

Identificación de la función de transferencia del cristizador de vidrio

Se obtuvo una ecuación de transferencia (ecuación 6). Se ajustó satisfactoriamente a un modelo de primer orden con tiempo muerto. Cuenta con una ganancia inferior a uno, lo cual sugiere que el sistema gana calor a

través de la temperatura ambiente. La función de transferencia tiene como entrada la temperatura interna del baño de recirculación y como salida la temperatura interna del cristalizador. La respuesta del Julabo es más rápida que la respuesta del cristalizador.

$$G_{P_{crist}} = \frac{0.9636}{704.2252 s + 1} e^{-245 s} \quad (6)$$

Diseño y elección del controlador

Se calcularon los parámetros del controlador utilizando un esquema de control en cascada (Figura 3). Se propusieron controladores del tipo P, PI y PID para una respuesta regulatoria. El controlador que presentó un mejor desempeño fue el PID. En la Tabla 2, se muestran los parámetros optimizados para los controladores. En la Tabla 3, se ilustra una comparativa de la integral absoluta del error para cada tipo de controlador.

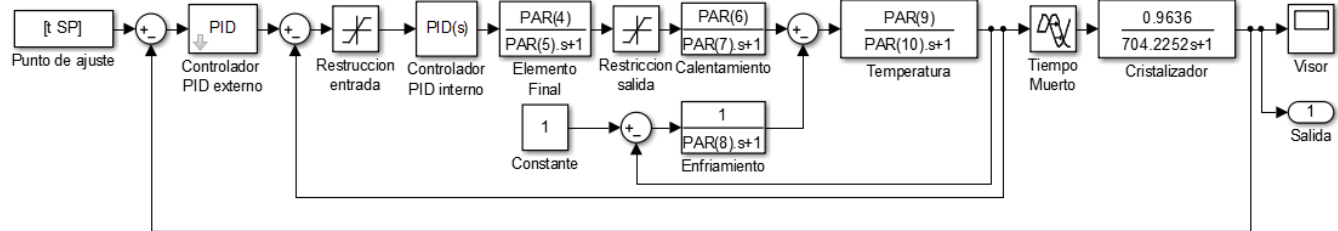


Figura 3 Esquema de control en cascada

Tabla 2. Parámetros PID optimizados

Controlador	KP	KI	KD	IAE
P	1.58921	----	----	1239
PI	1.67349	0.00716	----	1752
PID	0.88115	0.00083	1.63255	974

Creación de los instrumentos virtuales y acoplamiento al panel central

El instrumento virtual está conformado por un lazo cerrado que utiliza la temperatura interior del cristalizador (Figura 4). Este se acoplo al bloque del controlador del Julabo. Se extrajo un sub-bloque de un esquema *event structure* y se re-direccionaron los cables al mismo esquema. En el panel frontal se acopló el controlador externo utilizando los parámetros para el control tipo PID de la Tabla 2. El cual fija el punto de ajuste para a temperatura interna del cristalizador, el controlador suministra el valor del punto de ajuste interno (Figura 5). La configuración en cascada descrita fue evaluada como un sistema regulatorio, cumpliendo satisfactoriamente el control.

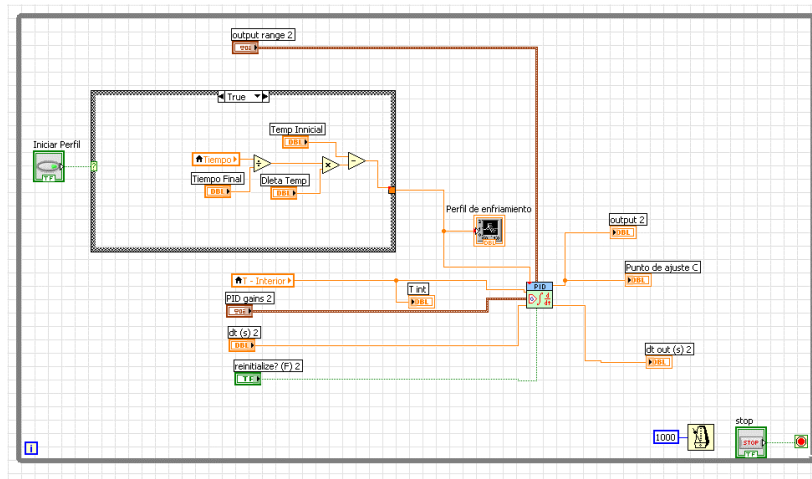


Figura 4. Diagrama de bloques del controlador externo

En la Figura 5 observamos el panel del controlador interno del lazo de control el cual se comunica con el baño de recirculación, la línea roja indica la temperatura interna del baño de recirculación, las líneas blancas indican

el punto de ajustes interno del controlador el cual proviene del controlador externo del lazo. Esto permite cambiar el punto de ajuste del baño de recirculación de forma automática. La Figura 6 muestra la respuesta del sistema de lazo cerrado. Cumpliendo satisfactoriamente el cambio de 5 unidades.

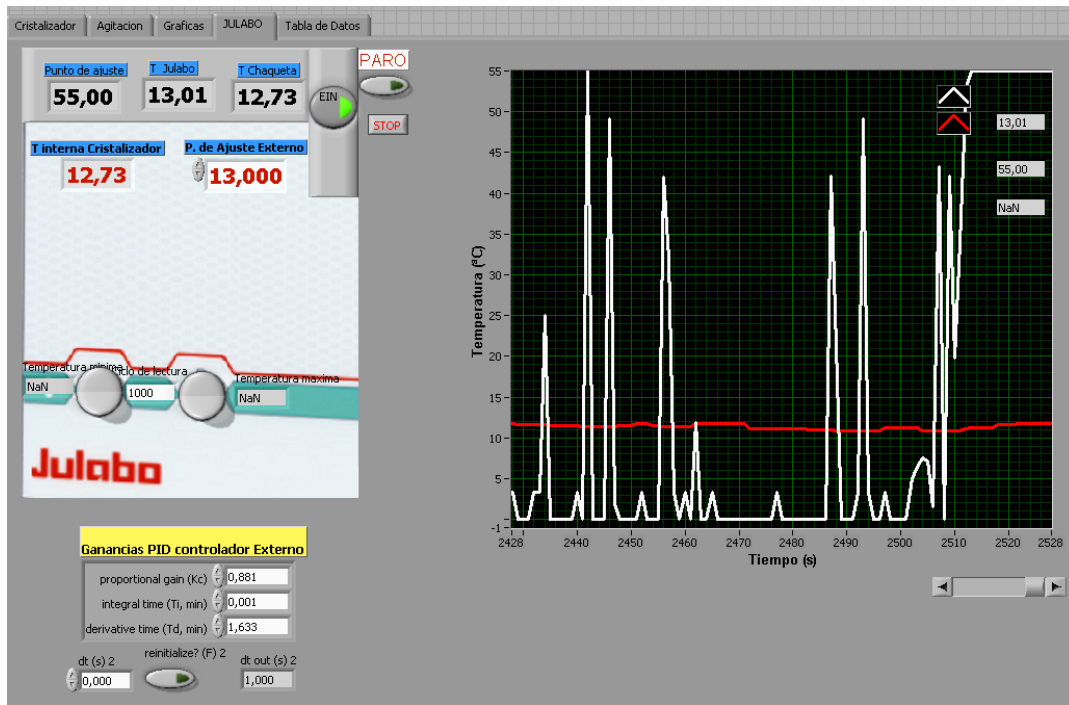


Figura 5. Panel del controlador Interno

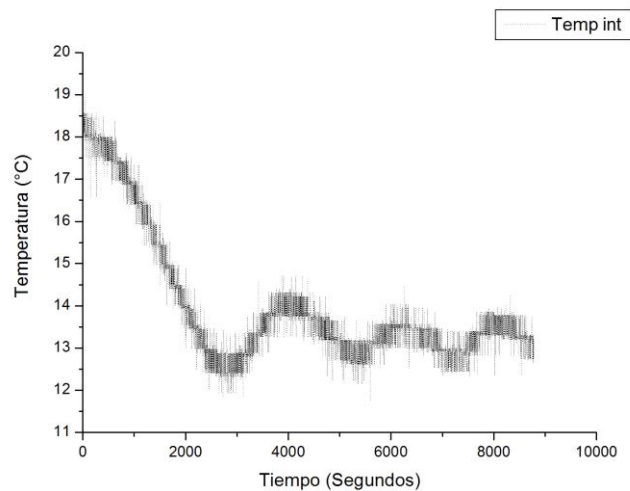


Figura 6. Respuesta de lazo cerrado a un cambio escalón

Trabajo a futuro

Realizar la evaluación del esquema de control utilizando puntos de ajuste variables para las rutas de enfriamiento natural, lineal y cubico. Así como ajustar los parámetros del controlador real para mejorar su eficiencia y reducir las oscilaciones en el punto de ajuste del controlador interno.

Conclusiones

El sistema de control permite cambiar la temperatura interna del cristizador y posteriormente mantenerla en un valor nominal de forma satisfactoria. La implementación del control secundario permite utilizar el controlador primario de forma automática el desempeño del sistema presenta una mejoría significativa en comparación con el sistema en lazo abierto.

Agradecimientos

A dios por darme fuerza y paciencia

Referencias

1. Bolaños, E. (2000). Control y optimización de las condiciones de operación de cristalizadores batch por enfriamiento.
2. NORMEX. (2000). Norma Mexicana de miel.
3. Smith C.A.; Corripio A.B. (1991). Control automático de procesos teoría y práctica. 439-447
4. JULABO. (2012). Operating Manual LabVIEW Driver.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Identificación y caracterización de metabolitos secundarios de las semilla de *Ageratina cylindrica*

E. Sánchez Pavón^{1*}, M.E. Márquez López¹, J. S. Calderón², L. Quijano², D. Hernández Romero¹

¹LADISER Química Orgánica y Biotecnología Químicas, Universidad Veracruzana, Prolg. de Oriente 6 No. 1009, C.P.94340, Orizaba Ver., Méx. ²Instituto de Química, Universidad nacional Autónoma de México (UNAM) Circuito exterior s/n Ciudad Universitaria. Coyoacán CP 04510. D.F México.

*esmesanchez@uv.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se realizó la extracción de los metabolitos secundarios de la planta de *Ageratina cylindrica*. Los metabolitos secundarios se extrajeron a través de una maceración de las semillas en hexano y acetona. El extracto hexánico se separó por cromatografía en columna, y cromatografía en capa fina preparativa.

Del extracto hexánico de las semillas se identificaron dos compuestos el ácido 2- α -(α -metilbutiriloxi)-ent-labda-8(17)-en-15-oico (**1**) y el ácido 2- α -hidroxi-ent-labda-8(17)-en-15-oico (**2**). Igualmente se obtuvieron ocho derivados semisintéticos mediante diferentes reacciones químicas. Los compuestos obtenidos se sometieron a pruebas biológicas mediante el bioensayo de edema en oreja de ratón inducido con TPA. Los productos naturales mostraron tener mayor actividad antiinflamatoria que sus derivados semisintéticos. Todos los compuestos obtenidos se caracterizaron por técnicas espectroscópicas de IR, RMN y masas.

Palabras clave: *Ageratina cylindrica*, metabolitos secundarios, técnicas espectroscópicas, bioensayo.

Abstract

Secondary metabolites from *Ageratina cylindrica* plant were extracted. The seeds were macerated using hexane and acetone. The extract obtained from the hexanic phase was eluted through chromatographic column preparative thin layer chromatographic.

From this chromatographic separations two compounds were identified the acid 2- α -(α -methylbutiriloxi)-ent-labda-8(17)-en-15-oico (**1**) and the acid 2- α -hydroxi-ent-labda-8(17)-en-15-oico (**2**). Further chemical reactions were performed yielding eight semisynthetic derivatives. All compound obtained were used for biological trials on bio-test over mouse's ear edema induced with TPA. The natural products observed higher anti-inflammatory behavior than semisynthetic derivatives. All the compounds obtained were characterized by spectroscopic techniques of IR, NMR and Mass.

Introducción

Desde el inicio, el hombre ha recurrido a la naturaleza para poder satisfacer sus necesidades, utilizando animales y plantas como fuente de alimento pero también como una fuente alternativa en la búsqueda de curas o tratamientos para eliminar o paliar las enfermedades que lo afectan.

Las plantas nos ofrecen una diversidad de productos o metabolitos, que con el avance de la ciencia y la tecnología, se han podido aislar, identificar, sintetizar y aplicarlos de manera racional y específica en el tratamiento de ciertos padecimientos.

En la actualidad, las plantas se consideran una alternativa ilimitada de reserva, para la búsqueda de nuevos agentes terapéuticos que potencien una mayor efecto no solo para mitigar los síntomas sino para curar el origen de la enfermedad.

México posee una amplia diversidad de plantas medicinales que son estudiadas en la medicina tradicional o alternativa, razón por lo cual la química de los productos naturales en México representa un área de interés primordial.

La familia de las Compuestas (Asteraceae), se localiza en el sureste (Chiapas, Oaxaca y Veracruz) y oeste (Jalisco, Michoacán y Zacatecas) de México [Villaseñor 1998] es una de las más representativas de la inmensa diversidad de la flora mexicana, reúne más de 23,000 especies en todo el mundo por lo que son la familia de

angiospermas con mayor riqueza y diversidad biológica. Son plantas herbáceas anuales o perennes, y raramente arbustos o árboles. Presentan hojas generalmente alternas y en algunas ocasiones en roseta basal pudiendo tener espinas. Se caracterizan por presentar las flores agrupadas en capítulos en inflorescencia que funcionalmente se comporta como una flor, de donde se originó el nombre de Compuestas, para la familia. Las flores se caracterizan por ser pequeñas, hermafroditas y funcionalmente unisexuales o estériles (también conocidas como neutras).

Todas las compuestas poseen el mismo tipo de inflorescencia, el capítulo que consta de un conjunto de flores dispuestas sobre el extremo aplanado de los tallos y que está rodeado de brácteas que constituyen el involucre. [King, R.M y Robinson, H. 1987]. La inflorescencia consiste en una estructura ensanchada (receptáculo) donde se sitúan desde una a cientos de flores rodeada por las brácteas del involucre. El receptáculo puede ser plano, cóncavo y tener escamas o pelos entre las flores (Figura 1).

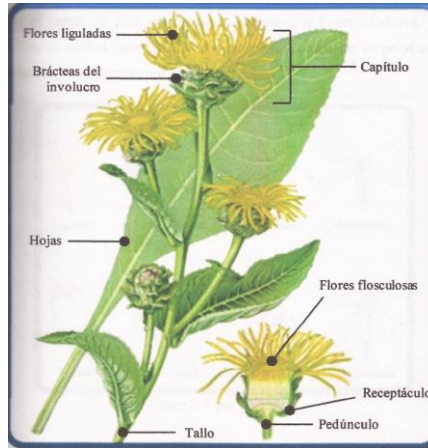


Figura 1. Partes características de la familia de las compuestas

Dentro de la familia Astereacea se encuentra la planta *Ageratina cylindrica* (Figura 2), una especie del género *Ageratina* perteneciente a la tribu *Eupatorieae*, la distribución de esta especie en México se limita a los estados de Jalisco, Morelos y D.F (Figura 3) [Villaseñor y col. 1998].

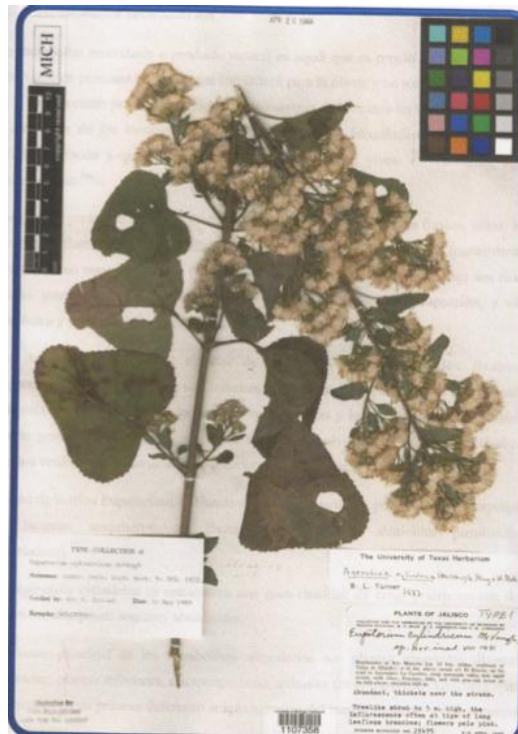


Figura 2. Ejemplar de *Ageratina cylindrica* (sinónimo *Eupatorium cylindricum*)⁵

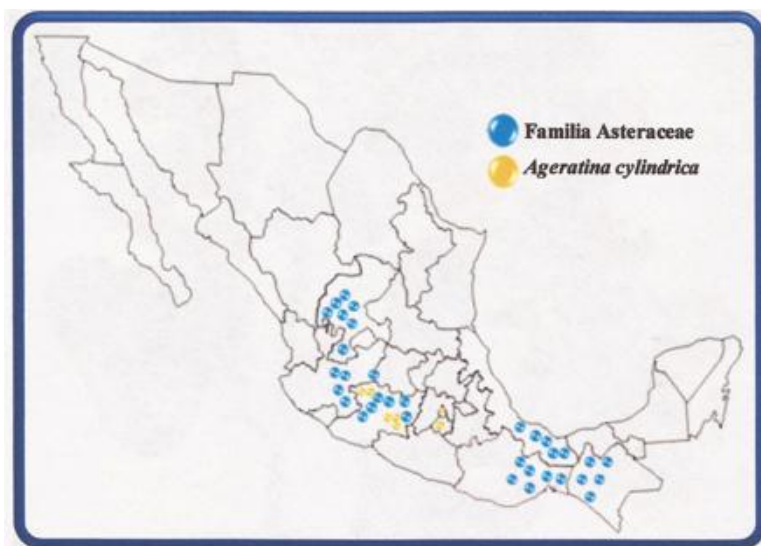


Figura 3. Distribución de la familia Asteraceae en México

Dentro de la tribu Eupatorieae hablando del género *Ageratina*, predominan los terpenoides, monoterpenos (timoles y sus derivados), las lactonas sesquiterpénicas, flavonoides y algunos alcaloides pirrolizidínicos (citotóxicos). [García, G. y col. 2010].

El género *Ageratina*, está constituido por 290 de especies aproximadamente. En la actualidad existen varios estudios químicos de diferentes especies de plantas del género *Ageratina*, sin embargo, estudios sobre *Ageratina cylindrica* son escasos, con el fin de contribuir al conocimiento químico y enriquecer la información sobre dicho género, este trabajo tiene como objetivo aislar e identificar algunos de sus metabolitos secundarios y derivados semisintético; y realizar a los compuestos obtenidos pruebas preliminares de actividad antiinflamatoria, mediante el bioensayo de edema en oreja de ratón inducido con 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA)

Metodología

Materiales y reactivos

Se utilizaron 101 g de semillas (primer extracto) y 135.4 g (segundo extracto) de *Ageratina cylindrica*, hexano, acetona, cloruro de metileno (DCM), acetato de etilo, cloroformo, éter etílico, N-metil-N-nitrosourea, sulfato cérico, sulfato de sodio anhidro, óxido de cromo, cromatofolios de sílica gel de 0.20 mm con indicador fluorescente UV 254 (ALUGRAM^R SIL G/UV254), Columnas cromatográficas, sílica gel 60 (35-70 mesh ASTM), sílica gel 60 (230-400 mesh ASTM).

Recolecta y acondicionamiento del material Vegetal

La planta *Ageratina cylindrica* fue recolectada en la ciudad de México D.F. en terrenos de Ciudad Universitaria Nacional Autónoma de México. En el 2009 el material botánico se recolectó por poda, incluyendo tallo, hojas y semillas. De la planta que tenía semilla se separaron estas obteniendo 101.8 gr de semillas. Y en una segunda recolecta se obtuvieron 135.4 g de semillas.

Obtención de los extractos

Primer extracto de semillas

En un matraz erlenmeyer de 2L se colocó 101.8 g de semillas de *Ageratina Cylindrica* se dejó macerando durante 10 minutos en hexano (mezcla de hidrocarburos) y después otros 10 min en acetona realizando posteriormente sus respectivas extracciones, obteniendo así 3.929 g del extracto hexánico y 2.845 g de extracto de acetona.

A ambos extractos se les realizaron pruebas de solubilidad en acetona observando que el extracto hexánico formaba una disolución parcial quedando pequeñas partículas blancas en el fondo, por lo que se filtró para eliminar las ceras.

Después se realizaron placas cromatográficas en capa fina a dichos extractos disueltos en acetona, empleando como fase móvil hexano:acetato de etilo en proporción 1:1, revelando con luz ultravioleta (UV) y posteriormente con sulfato cérico $Ce(SO_4)_2$, con el objetivo de observar los R_f de los productos más abundantes.

Los R_f del primer extracto (en hexano) mostraba tener metabolitos de interés además de ser más abundantes y de mayor facilidad de separación en comparación con los del extracto de acetona, por lo que se decidió trabajar solo con el primero. (Extracto hexánico 1)

Purificación por cromatografía en columna (CC)

El extracto hexánico se fraccionó en CC, preparando en primer lugar el punto de aplicación se disolvió la muestra (extracto) en acetona y se mezcló con sílica gel del número 35/70 mesh en proporción 3:1 en relación al peso de la muestra (10 g aprox), se eliminó el disolvente en un rotavapor hasta sequedad. En una columna cromatográfica se colocó un tapón de algodón y se rellenó con sílica gel 230/400 mesh, se pesó 30 g de sílica por cada 1 g de muestra. Una vez empacada la sílica, se agregó una pequeña capa de aproximadamente 2 cm de sulfato de sodio Na_2SO_4 y sobre ésta con mucho cuidado se fué agregando poco a poco el punto de aplicación de tal manera que se distribuyera uniformemente; por último se cubrió con otra capa de Na_2SO_4 .

El extracto se fraccionó iniciando con hexano aumentando constantemente la polaridad con acetato de etilo se recolectaron fracciones de 600 ml aproximadamente, se obtuvieron 9 fracciones.

La Fracción C (220 mg) obtenida de la columna, se pasó por una segunda cromatografía en columna, siguiendo la metodología antes mencionada, con una fase de hexano:acetato de etilo, iniciando al 100% con hexano y aumentando la polaridad con acetato de etilo, de esta columna se obtuvieron 41 fracciones de 150 ml, aproximadamente.

Posteriormente se realizó otro extracto de semillas de *Ageratina cylindrica* (135 g) para obtener más cantidad de los compuestos naturales, se maceró por 10 min en hexano repitiendo una segunda vez, se obtuvo 5.58 g de residuo, los cuales se disolvieron en acetona y se mezclaron con 12.36 g de sílica gel 35/70 mesh, ésta mezcla se concentró en un rotavapor, agregando este punto de aplicación en una columna cromatográfica previamente montada como se describió anteriormente.

Esta columna se eluyó con una mezcla de hexano:acetato de etilo en proporción 1:1 obteniéndose 32 fracciones de 200 ml aproximadamente. En la fracción C se obtuvo 2022 mg.

Se efectuó una cromatografía en columna de la fracción "C" (solo 467.7 mg), obtenida del segundo extracto, eluyendo con una mezcla de hexano:acetato de etilo en proporción 1:1, obteniéndose 26 fracciones de 250 ml, aproximadamente.

Metodologías generales para las reacciones químicas de los metabolitos secundarios aislados.

Reacción de Hidrólisis

En un matraz balón de 50 ml se colocó el producto a hidrolizar, este se disolvió en metanol absoluto, posteriormente se adicionó una solución de NaOH disuelto en una mezcla de agua:metanol 1:1. Al matraz balón se le adapta un refrigerante y se dejó a reflujo a 40°C por 12 h aproximadamente.

La reacción se monitoreo mediante cromatografía en placa fina (CPF), usando una mezcla apropiada. Una vez que se observa la ausencia de materia prima, se le adicionó HCl al 5% gota a gota hasta pH ácido. La mezcla de reacción se vertió en un embudo de separación y se le adicionó 20 ml de agua destilada y 20 ml de acetato de etilo, la mezcla se agitó y se dejó en reposo hasta la separación de las fases. La fase orgánica se secó con Na_2SO_4 y el disolvente se evaporó a sequedad a presión reducida. El residuo obtenido se purificó mediante CPF.

Reacción de acetilación

La muestra a acetilar se colocó en un matraz balón de 50 ml y dentro de una campana de extracción, se le adicionó piridina y posteriormente anhídrido acético. La mezcla de reacción se dejó reposar aprox. 2 h, monitoreando la reacción mediante cromatografía en capa fina, empleando como fase móvil hexano:acetona. Después del tiempo se eliminó el exceso de piridina y anhídrido acético, mediante una bomba de alto vacío. Una vez eliminados el residuo obtenido se purificó mediante CPF usando una mezcla adecuada de disolventes.

Reacción de Esterificación

Por cada 1 mg de materia a esterificar se pesan 2 mg de reactivo N-metil-N-nitrosourea. La muestra se disuelve en 20 ml de éter etílico en un matraz balón de 50 ml y se tapa con pape parafilm hasta el momento de su utilización.

Por otro lado, en un embudo de separación se colocó 90 ml de NaOH al 40% frío y se adicionó 40 ml de éter etílico formándose 2 fases. Posteriormente con mucho cuidado se agregó poco a poco y con una espátula, pequeñas cantidades del reactivo N-metil-N-nitrosourea formando así una película homogénea entre ambas fases, esperando a que el desprendimiento de diazometano termine, una vez terminado la formación de diazometano (solución amarilla) en el embudo de separación, se separó la solución de NaOH y la solución etérea de diazometano se adicionó al matraz balón que contiene la muestra disuelta en éter etílico. La mezcla de reacción se dejó reposar por una hora y el disolvente se evaporó en un rotavapor sin usar vacío, el residuo obtenido se purificó mediante CPF.

Reacción de oxidación

La muestra se disolvió en acetona en un matraz balón de 50 ml, y en seguida se colocó dentro de un baño de hielo. Posteriormente con una pipeta Pasteur se adicionó gota a gota 0.5 ml de reactivo de Jones agitando la mezcla constantemente hasta tomar una coloración roja con la subsecuente formación de un precipitado verde tras agregarle agua destilada.

Después, gota a gota se adicionó etanol para eliminar el exceso de reactivo. Esta mezcla se vierte en un embudo de separación donde se le hacen tres lavados con acetato de etilo a la fase acuosa, recolectando las fases orgánicas en un matraz Erlenmeyer. Posteriormente, se agregó una cantidad de Na₂SO₄ anhidro. La solución se filtra a través de papel filtro a un matraz balón de 50 ml y se concentró en un rotavapor. El residuo obtenido se purificó mediante CPF utilizando una mezcla de disolventes adecuados.

Resultados y discusión

Los metabolitos secundarios aislados de las semillas de la planta *Ageratina cylindrica* del primer extracto hexánico y del segundo extracto así como sus derivados semisintéticos, obtenidos por reacciones químicas. (Figura 4).

El compuesto **1** se logró aislar del primer extracto de la fracción C y una segunda purificación mediante CC, su estructura fue corroborada por IR observando una banda ancha entre 3550-2600 cm⁻¹ característica para un hidroxilo de un grupo -COOH, además presentó dos bandas agudas en 1700 y 1727 cm⁻¹, atribuidas a un carbonilo de ácido y un carbonilo de un grupo éster saturado. La presencia de un metileno exocíclico en la molécula de **1**, se confirmó en el espectro de RMN ¹³C, el cual mostró un carbono vinílico no protonado en 147.8 ppm

El compuesto **1**, se esterificó con diazometano, obteniéndose el correspondiente éster metílico **5**, en su espectro de RMN ¹H, se observa una nueva señal simple en 3.66 ppm, el cual se atribuye al grupo metoxilo del grupo éster, este éster fue aislado previamente de la planta *Fleischmannia viscidipes*.⁶

El compuesto **1**, se hidrolizó con una solución acuosa-metanólica de NaOH, obteniéndose el correspondiente alcohol secundario **3** como un sólido, su estructura fue corroborada por RMN ¹H.

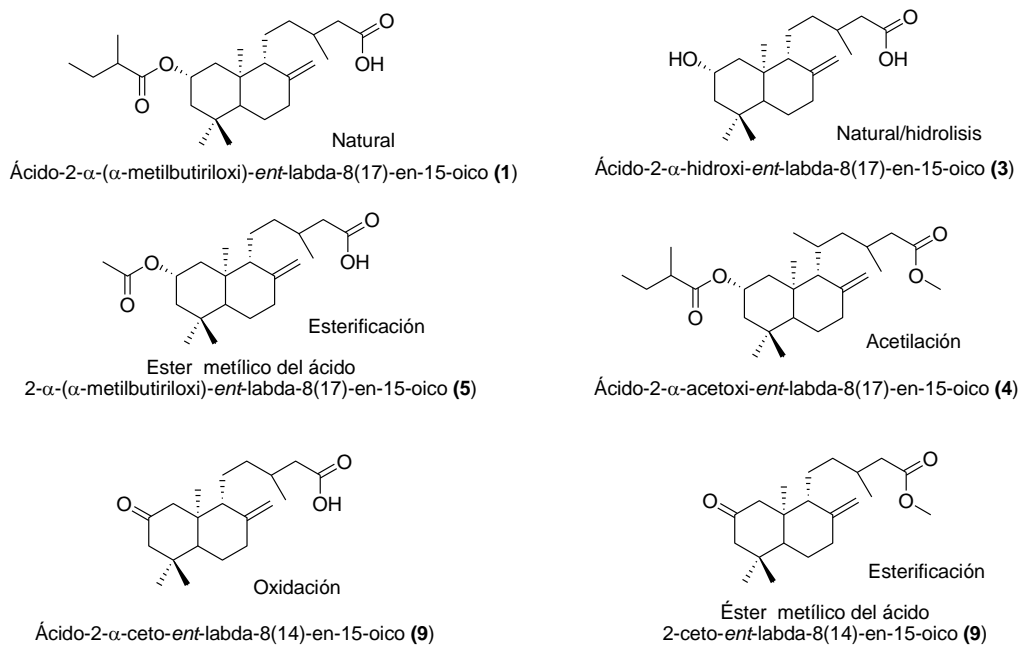


Figura 4. Producto naturales **1**, **3** y sus derivados semisintéticos.

El grupo hidroxilo secundario en **3** se confirmó químicamente, al hacerlo reaccionar con anhídrido acético y piridina a temperatura ambiente obteniéndose el derivado acetilado **4**, observándose en su espectro de RMN ^1H que la señal 4.17 ppm asignada a la base del grupo hidroxilo se desplazó a campo bajo (5.16 ppm) y además se observa una nueva señal simple en 2.03 ppm para el grupo metilo del acetato.

El compuesto **3** fue oxidado con reactivo de Jones, obteniéndose el compuesto **7**, el cual se identificó por RMN ^1H , no se observa la señal de 4.17 ppm, lo que sugiere su oxidación a un grupo carbonilo de cetona. E igualmente se confirma la obtención del compuesto por RMN de ^{13}C observando una nueva señal en 211.9 ppm

La esterificación del compuesto **7**, con una solución etérea de diazometano, dió el correspondiente éster metílico **9**, el cual fue identificado por diferentes técnicas mono y bidimensionales a 300 MHz.

De la fracción O del primer extracto y de la fracción I del segundo extracto de las semillas de *Ageratina cylindrica*, se aisló el compuesto **2**, como un líquido viscoso e incoloro, su estructura fue corroborada por RMN de ^1H y ^{13}C .

La presencia del ácido carboxílico en el compuesto natural **2** se confirmó al hacerlo reaccionar con una solución de diazometano para formar el éster metílico **6**.

De igual forma el grupo hidroxilo secundario en el compuesto **2** se confirmó al hacerlo reaccionar con reactivo de Jones, obteniendo la correspondiente cetona **10**, observándose en su espectro de RMN ^1H que la señal en 3.46 ppm asignada a la base del grupo hidroxilo no aparece.

La esterificación del ácido presente en el compuesto cetónico **10** con solución de diazometano, dió el correspondiente éster metílico **8**.

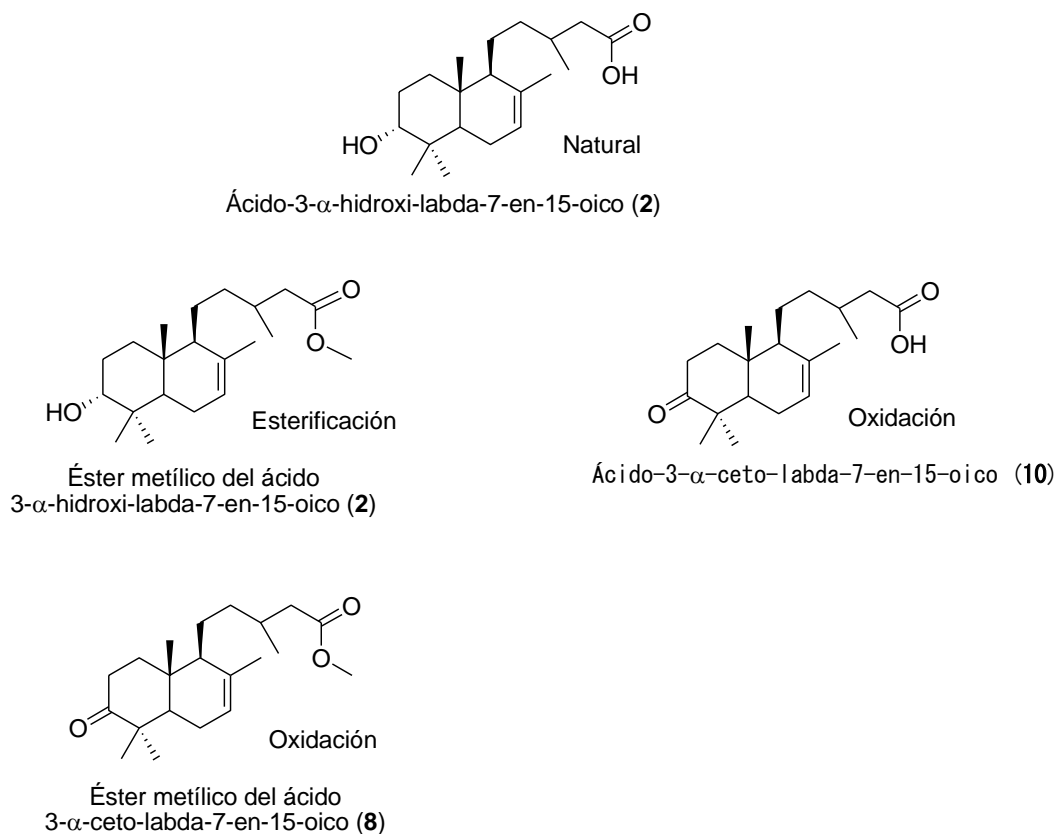


Figura 5. Producto naturales 1, 3 y sus derivados semisintéticos.

A los compuestos naturales 3, 2, 1 y semisintéticos 4, 5 se les evaluó la actividad antiinflamatoria mediante el bioensayo de edema en oreja de ratón inducido con TPA, (muestra de 4 ratones). Observando que presentaban mayor inhibición los compuestos naturales que los semisintéticos.

Trabajo a futuro

El reporte de la actividad antiinflamatoria es preliminar, falta corroborar la actividad antiinflamatoria en una población mayor de ratas; así como realizar otras pruebas biológicas *in vitro* de los metabolitos secundarios y compuestos semisintéticos obtenidos.

Conclusiones

Del extracto hexánico de las semillas de la planta *Ageratina cylindrica* se aislaron los compuestos 1,2 y 3. Se sintetizaron ocho derivados semisintéticos, de los cuales tres son del tipo labdano, compuestos 6,10 y 8; y cinco del tipo ent-labdano, compuestos 3,4,5,7 y 9.

Se determinó la asignación total e inequívoca de los hidrógenos y carbonos de todos los compuestos obtenidos y semisintéticos, mediante técnicas espectroscópicas mono y bidimensionales de RMN de ^1H y ^{13}C .

Los compuestos 3,2 y 1 mostraron tener una mayor actividad antiinflamatoria que los compuestos 4 y 5. Lo que establece que los productos naturales mostraron una mayor actividad que sus derivados semisintéticos, así también, se concluye que los ácidos son más activos que los ésteres y los alcoholes son más activos que las cetonas.

Referencias

1. García Gutiérrez, V., Muñoz Monjaraz, F. (2010). Aislamiento y determinación estructural de metabolitos secundarios de *Ageratina ramireziorum*. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Orizaba, México
2. King, R.M and Robinson, H. (1987). The genera of the Eupatorieae (Asteraceae) Monographs in systematic Botany. Missouri Botanical Garden **(22)**, 1-581.
3. Villaseñor, J. L (1983). La familia Astereaceae en Mexico. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 117-125.
4. Villaseñor, J. L, Ibarra G., Ocaña D. (1998). Strategies for the Conservation of *Asteraceae* in México *Conservation Biology*. Vol. 12, No. 5 John Wiley & Sons, pág. 1066-1075. Article Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2387580> 10.2307/2387580
5. Collection University of Michigan Herbarium Vascular Plant Type Collection with Specimen Images <http://quod.lib.umich.edu/h/herb2ic/x-mich1107358/mich1107358.tif> (Fecha de consulta 3-sep-2013)
6. Bohlmann, F. Grenz M., Jakupovic, J. King R.M, Robinson, H. (1984) New labdane derivatives and other constituents from *fleischmannia viscidipes*. *Rev. Lat. Quím. México*, vol. 15, No1, 1-3

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Diseño, fabricación y automatización de un destilador solar de alto rendimiento.

S. O. García Díaz^{1*}, H. A. Moreno Casillas², F.G. Flores García¹, G. A. Valles López¹, M. G. Vera Medina².

¹Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna, Blvd. Revolución y Calz. Cuauhtémoc S/N. Centro, C.P. 27000. Torreón, Coahuila.

²Departamento de Química, Instituto Tecnológico de la Laguna, C.P. 27000. Torreón, Coahuila.

*sary_oly@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el Instituto Tecnológico de la Laguna se ha utilizado un destilador solar desde 1987, con una producción de 30 litros por día (lpd), ha surtido de agua desmineralizada a sus laboratorios. La demanda ha aumentado.

El objetivo es analizar los datos obtenidos de la experiencia de uso del equipo para diseñar y construir un destilador solar incorporando mejoras que permitan aumentar la producción y con el que se puedan realizar estudios avanzados de destilación solar. Se busca diseñarlo como módulo, para poder acoplar dos o más unidades; incluir en el diseño paredes desmontables; precalentamiento de agua, operación automática, monitoreo de las variables principales del proceso (presión, conductividad eléctrica, temperatura y nivel) y registro en computadora de las mismas. El equipo propuesto es tipo "dos vertientes". No genera costos salvo la inversión inicial y su impacto ambiental es positivo. Se fomenta el uso de las energías renovables y favorece la vinculación con las empresas locales.

Palabras clave: Destilador Solar, destilación, Radiación Solar.

Abstract

The Instituto Tecnológico de la Laguna (ITL) has used a solar still since 1987, with an output of 30 liters per day of demineralized water. It has supplied ITL's laboratories. The demand has increased.

The aim is to analyze the knowledge obtained from the experience in using that equipment to design and build a solar still incorporating improvements that enable to increase the production and pursue advanced studies about solar distillation. It was designed as a module, coupled to two or more units, with removable walls, stage of preheating water, automatic operation, monitoring of the main process variables (pressure, electrical conductivity, temperature and level) and computer registration thereof. The proposed device is "two sides" type. It doesn't generate costs unless initial investment and its environmental impact is positive. It encourages the use of renewable energy and promotes links with local businesses.

Key Words: Solar Still, distillation.

Introducción

La destilación solar es uno de los métodos más antiguos y más factibles para obtener agua pura a partir de agua insalubre. Es más que evidente la necesidad de desarrollar e implementar nuevas tecnologías que favorezcan el aprovechamiento de la energía disponible, como lo es en éste caso la radiación solar.

Según la Asociación Internacional de Desalación (IDA), la capacidad mundial de desalación contratada ha aumentado notablemente durante los últimos 2 años, alcanzando los 77,4 millones de metros cúbicos por día. Esto significa un total de casi 16.000 plantas de desalación instaladas alrededor de todo el mundo [Pankratz, 2011]. La desalación del agua por vía solar es una práctica bien conocida en el mundo. Los equipos utilizados para este tipo de proceso son llamados destiladores solares, y son objeto de estudio y análisis para el diseño de una estructura que logre resultados de destilación convenientes para su posterior aplicación al interior del Instituto Tecnológico de la Laguna (ITL).

La calidad del agua producto determina el uso que se le puede dar en diferentes ámbitos. Es importante resaltar que la eficiencia de los destiladores dependerá de los materiales con los que se construyan.

En los países centro y sur-americanos, los destiladores solares se han venido desarrollando y aplicando como una alternativa potencial para el abastecimiento de agua en zonas con altos niveles de radiación solar. Se ha observado que son las universidades las instituciones que han servido de nicho para el estudio de estos equipos. Por citar algunos desarrollos tecnológicos recientes, cuyas características de construcción y aplicación son similares al equipo que la presente investigación propone, se mencionan los siguientes: en octubre de 2011 la Facultad de Ingeniería de la UNNE en Buenos Aires Argentina dio a conocer un equipo destilador solar de agua para el Instituto de Microbiología y Zoología Animal (IMyZA) del INTA Castelar, de la Provincia de Buenos Aires; a partir de un acuerdo de cooperación con el Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER) de dicha universidad [Diario Chaco, 2011], mientras que en la Universidad de El Salvador se presenta como trabajo de investigación en el año 2012 un proyecto que incluye el diseño, construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química donde se avala que el equipo es factible de utilizarse para surtir los laboratorios[Huezo, 2012].

La Comarca Lagunera es un lugar privilegiado para el aprovechamiento de la energía solar, debido a su conveniente radiación solar representa una alternativa potencial para el abastecimiento de agua, que es un problema creciente en esta región desértica. En los últimos años en la región lagunera se han realizado proyectos de mejoramiento en el abastecimiento de agua, como eliminar arsénico por ejemplo y que es responsable de muchas de las enfermedades de la población. Además del interés de promover la investigación y la vinculación con la industria, el ITL busca también promover tecnologías verdes y el uso de energías renovables que minimicen el impacto ambiental y disminuyan el efecto invernadero.

En el ITL se ha venido utilizando un destilador solar desde 1988, el cual ha surtido de agua desmineralizada para análisis químicos a los laboratorios de la carrera de Ingeniería Química, al Centro Integrado de Manufactura (CIM) y al Laboratorio de Ingeniería Mecánica, también en ocasiones al CONALEP. El material de construcción del destilador ha cambiado, inicialmente la charola era de fibra de vidrio, después se cambió a lámina galvanizada y actualmente es de acero inoxidable, es el material que ha dado mejores resultados. Además del cambio de material también se han hecho cambios en el diseño lo que ha permitido subir la producción de 8 lpd a 30 lpd. El agua desmineralizada es requerida en todos los laboratorios de análisis cuantitativo por lo que la demanda ha venido en aumento, por ello surge la necesidad de crecer la producción.

Se busca entonces, analizar los datos obtenidos de la experiencia de uso del destilador solar existente y sus modificaciones para luego tomar decisiones en el diseño y construcción de un nuevo destilador solar incorporando mejoras como operación automática, monitoreo de variables del proceso (temperatura, conductividad eléctrica y nivel), purga automática, alarmas de fallas y etapa de precalentamiento que permitan subir la producción con las mismas dimensiones y que además prevenga todos los inconvenientes que se han presentado en los 20 años de operación.

El agua desmineralizada es importante no únicamente para los análisis de laboratorio, también tiene uso en la fabricación de soluciones, en la reposición de agua en baterías, para planchas domésticas e industriales, para la generación de vapor a micro, pequeña y gran escala. El agua desmineralizada o destilada se produce con diferentes equipos tales como evaporadores, plantas desmineralizadoras, plantas de osmosis inversa, por electrodiálisis, etc. Todos estos métodos requieren de energía. La desmineralizadora además requiere de productos químicos peligrosos como la sosa caustica y ácido sulfúrico que demandan de grandes tanques de almacenamiento y de resinas de intercambio iónico, estos productos son caros. La osmosis inversa además requiere de equipos costosos que trabajan a altas presiones, y las membranas utilizadas en el proceso no tienen una vida muy larga y también son muy caras. El destilador solar que se propone requiere únicamente de la energía solar para el proceso.

Metodología

Producción del agua destilada

Agua destilada es aquella a la que se le han eliminado las impurezas e iones mediante la separación de los componentes líquidos de una mezcla. La conductividad del agua destilada es casi nula (dependiendo del grado de destilación) pues a diferencia del agua de grifo común, carece de muchos iones que producen la conductividad, tales como cloruros, magnesio y fluoruros [Solsona, 1983].

La desalación del agua puede realizarse por medio de diversos procedimientos, entre los que se destacan los siguientes: Ósmosis inversa, congelación, evaporación relámpago, formación de hidratos y destilación. Los requerimientos energéticos de la desalación varían en función de la tecnología empleada, aunque hay una tendencia hacia su reducción, gracias a los avances tecnológicos.

La desalinización por ósmosis inversa se alcanza al hacer pasar el agua que se va a tratar a través de membranas, donde las partículas del agua son retenidas o permeadas en función de su tamaño físico una vez que pasan por varias etapas de filtrado. Para ello se aplican diferencias de presión moderadas. Todo el sistema es mecánico y requiere energía eléctrica. Son comunes las incrustaciones en la superficie de la membrana lo que aumenta la resistencia al flujo de permeado y disminuye su eficiencia. Requiere inyección de aire permanente para evitar dichas incrustaciones. Es difícil determinar costos para estos equipos, pues dependen del país y de la comunidad en donde se han de instalar. En todos los casos, esos costos son considerados altos y como regla general se calculan costos de capital para la ósmosis inversa en ocasiones hasta casi \$1,000.00 US/m³ de agua a tratar [Mourato, 2004].

Empleando el proceso de ósmosis inversa y contando que el líquido producto debe ser bombeado a los lugares de destino, el gasto energético es de entre 3 y 4 kWh/m³ [Torres, 2004].

En la desalación por congelación se forman unos cristales de hielo que se separan y se lavan y así se obtiene el agua dulce. Mientras que mediante evaporación relámpago, gotas de agua se introducen en una cámara a presión baja y se convierten inmediatamente en vapor, que son posteriormente condensadas, obteniendo agua desalada. El agua residual somete a presiones más bajas y mediante el mismo proceso se obtiene más agua desalada. Este proceso se repetirá, hasta que se alcancen los valores de desalación deseados.

La desalación mediante formación de hidratos que son moléculas de hidrógeno con algún metal. Este método no se utiliza a gran escala.

Electrodiálisis consiste en el fenómeno mediante el cual, si se hace pasar una corriente eléctrica a través de una solución iónica, los iones positivos (cationes) migrarán hacia el electrodo negativo (cátodo), mientras que los iones negativos (aniones) lo harán hacia el electrodo positivo (ánodo). Si entre ambos electrodos se colocan dos membranas semipermeables que permiten selectivamente solo el paso del Na⁺ o del Cl⁻, el agua contenida en el centro de la celda electrolítica se desaliniza progresivamente, obteniéndose agua dulce.

Estos sistemas presentan costos considerables que van de \$1,000.00 US en más. El costo final depende del tamaño, del caudal a desinfectar y de los equipos auxiliares. En lo que respecta al costo de operación además del costo de las membranas debe considerarse el costo de la energía eléctrica. Los costos de producción y mantenimiento son altos, porque los electrodos necesarios se desgastan relativamente rápido [Reiff, 1995].

La desalación por destilación se realiza mediante varias etapas, en cada una de las cuales una parte del agua salada se evapora y se condensa en agua dulce. Es una técnica costosa energéticamente pero que es común en lugares donde no hay una fuente de agua potable asequible o el agua que se puede obtener no es apta para consumo.

La destilación es un proceso físico de separación que se basa en los diferentes puntos de ebullición de los compuestos, en el que se evapora parcialmente una mezcla de productos, de forma que los compuestos más ligeros se concentran en la fase vapor y los más pesados se concentran en la fase líquida.

La destilación solar

La destilación solar se presenta como una alternativa atractiva para producir agua potable y el uso de los destiladores solares ha recibido considerable atención a partir de 1960 en muchos países y además es de esperar que este interés aumente rápidamente en los próximos años [Nandwani, 2009].

3.8×10^{24} joules de radiación solar es absorbida por la tierra y la atmósfera por año. La energía solar donde la atmósfera entra en contacto con el sol es de 1017 watts y la demanda total es de 1013 watts. Por lo tanto el sol nos proporciona 1000 veces más energía de la que requerimos. Si se usara el 5% de esta energía, sería 50 veces lo que el mundo requerirá. La energía radiada por el sol en un día soleado es de 4 a 7 KWh / m² [Kumar, 1989].

El sistema de destilación solar de agua, también llamado “Solar Still” o “Destilador Solar”, puede purificar de manera efectiva el agua de mar e incluso aguas negras. Los destiladores solares pueden remover efectivamente sales y minerales (Na, Ca, As, Fe, Mn), bacterias como E.coli, Cholera y Botulinus, parásitos, metales pesados y sólidos disueltos totales (TDS) [Kumar, 1989].

El principio de destilación solar sigue el mismo principio que el ciclo del agua, empezando por un calentamiento del agua del estanque o depósito debido a la radiación solar que llega a su superficie a través de los cristales o lámina transparente que se destine como cubierta. Esto provoca la evaporación del agua, en la cual se eliminan las sales iónicas que contiene. Después el vapor se condensa en los cristales y se desliza en forma de gota hacia los canales de recuperación de destilado, para después llevarlos a través de tubería hacia los contenedores o tanques de almacenamiento.

Destilador solar de Dos Vertientes

Existen varios diseños de destiladores. El más simple consiste en una caseta de vidrio a dos aguas, con una inclinación de alrededor de 20° o 30° con respecto a la horizontal.

La radiación solar incide en el interior del destilador y provoca que el agua salada eleve su temperatura, las altas temperaturas provocan la evaporación y la atmósfera en el interior del destilador se vuelve muy húmeda, el ambiente se satura de humedad lo que provoca que el agua evaporada se condense al contacto con la superficie interior del vidrio, las gotas de condensación se acumulan y empiezan a deslizarse por la propia inclinación de los vidrios hacia la parte inferior, los canales en los costados de la charola recogen el agua dulce destilada que se ha deslizado. En este modelo la captación de energía solar es más eficiente ya que no existen paredes que puedan proyectar sombras al interior de la caja. Por lo general este es un destilador solar de gran tamaño con geometría triangular.

Diseño y construcción

El destilador solar que abastecía de agua destilada a los laboratorios de Análisis del ITL, venía funcionando desde 1987. Se trataba de un destilador solar de dos vertientes con dimensiones aproximadas de 5.5 m x 1.5 m con una charola de 20 cm de altura. Sufrió algunos mantenimientos mayores, el último en 1997 en el cual se reparó la charola de fibra de vidrio se hizo cambio de membrana y del aislamiento térmico, pero a partir del año 2000 se presentaron algunos problemas como fugas de la charola del destilador debida a la compresión y deformación del aislamiento de nieve seca por el peso de la charola de fibra de vidrio y del agua, reportes de alta conductividad del destilado por la obstrucción de la línea de purga y la acumulación de sales en el agua de la charola y baja producción de agua destilada por fallas en el sello en juntas de vidrios del destilador. Se llevó a cabo una remodelación del Destilador Solar en el año 2002, que incluía el cambio de la charola y canaletas de fibra de vidrio por lámina galvanizada, instalación de sistema de purga, instalación de soportes para la charola y para el aislamiento térmico y sellado de juntas.



Fig. 1. Destilador solar al 2002

La producción aumentó a 31 lpd o 2.4 l/m² día. En los siguientes años se observó la formación de escamas de sales en la charola, fuga en la línea de alimentación y corrosión en las canaletas de lámina galvanizada. Para el año 2007 el material de la charola se cambió a lámina de acero inoxidable. Y en el 2008 se instalaron nuevos vidrios y el sellado de la estructura con silicón, se hizo una instalación de las líneas de alimentación con flotador para control de nivel y purga del destilador, cambio del sello barométrico y de la línea de llegada al tanque de almacenamiento, así como la instalación de temporizador para la operación automática de la misma, puesta en operación con una producción de 14 lpd. La producción durante los siguientes años osciló entre 21 y 30 lpd, con algunos mantenimientos mayores como el cambio de flotador por uno de plástico y con varilla de acero inoxidable pero sin modificación significativa a su proceso.



Fig. 2. Destilador solar al 2008

Analizando los datos obtenidos de la experiencia de uso del destilador solar existente en el Instituto Tecnológico de la Laguna y sus modificaciones se diseñó un equipo de destilación solar tipo dos vertientes basado en el modelo con las mismas dimensiones.

Charola de acero inoxidable calibre 18 de aproximadamente 5 m x 2 m x 0.020m con canaletas laterales a 10 cm de separación de las paredes. Cubierta transparente con 10 vidrios de 3mm de espesor, tubería de acero inoxidable de 1/2" calibre 18 y 3 válvulas clamp de gatillo de inoxidable, 2 puertas laterales desmontables con empaque. La base para el destilador se diseñó en ángulo de acero de 2" x 2" x 1/8", de dimensiones generales 5.25m x 2m x 1.28m , refuerzos en semiflecha de 1/4" y pintura epóxica . Se diseñó e implementa el sistema de instrumentación para el control y monitoreo de las variables de proceso: conductividad y nivel en la charola y los tanques de almacenamiento, temperatura en la entrada y salida del precalentador y temperatura en la charola.



Fig. 3. Prototipo terminado de destilador solar de alto rendimiento con canalización y cableado del sistema de instrumentación y la etapa de precalentamiento.

Resultados y discusión

Funcionamiento

El modelo experimental de destilador solar construido es el de dos vertientes, con un ángulo de inclinación del sistema de condensación (vidrio) de 30°. Se realizaron y registraron mediciones diarias de conductividad y nivel del sistema, durante el primer semestre del primer año de funcionamiento. El destilador inicia operación el 25 de Enero con el enjuague del sistema completo. La tabla 1 muestra solo algunos de los registros de conductividad a partir del vigésimo día de operación, tiempo que tardó en estabilizarse el sistema después de la primera limpieza.

FECHA	CONDUCTIVIDAD (mS/m)				PRODUCCION			RADIACIÓN PROMEDIO	EFICIENCIA			OBSERVACIONES
	Tanque diario	Tanque Almacén General	Agua Cruda / l	Purga / l	Producción (l)	Media	Desviación estándar		%	PROMEDIO	Desviación estándar	
09-02-13	38.0	30	88.4	99.8	16.8	9.5	7.6	5720.34	19.67	17.3	7.0	Inicia Operación
11-02-13	17.9	37	93.2	90.2	13.2	8.1	7.5	5891.72	15.01	7.5	0.5	
20-02-13	19.0	16.0	98.6	109.4	8.0	14.5	4.9	4663.26	11.49	12.6	5.9	frio
25-02-13	5.0	16.3	103.4	119.5	17.2	15.6	4.6	5438.66	21.19	18.7	0.5	frio
01-03-13	2.4	12.5	96.4	110	26.4	17.9	5.4	6429.20	27.51	21.2	0.9	
05-03-13	2.9	6	100.7	116.8	23.2	18.1	5.2	6234.14	24.33	24.2	2.4	
11-03-13	3.5	5	100.9	104	17.6	17.6	4.7	6718.98	17.55	16.0	0.2	
15-03-13	3.7	7.2	96.9	108.3	20.0	17.8	4.5	5792.83	23.13	21.2	0.7	
20-03-13	22.0	18	106.5	135	24.0	18.6	4.8	7112.91	22.60	23.1	0.4	
25-03-13	5.6	11.3	93.2	127.4	27.7	19.6	5.3	7171.52	25.90	26.6	1.0	
01-04-13	7.0	7.1	102.3	129.4	25.6	20.2	5.4	8342.36	20.56	22.4	1.3	
06-04-13	3.8	8.4	95.4	142.5	23.2	21.1	5.7	8508.63	18.27	22.3	0.6	Ventiladores en Funcionamiento
10-04-13	12.3	20	119.3	171.1	33.6	22.1	6.3	8262.44	27.24	27.4	0.7	Fractura en vidrio lado norte
15-04-13	3.3	7	119.3	171	33.6	23.1	6.7	8422.64	26.72	28.0	3.8	
17-04-13	3.1	5.8	109.2	160.9	47.2	23.9	7.7	8425.51	37.53	34.1	2.9	
19-04-13	2.9	6	100.7	116.8	34.4	24.4	7.9	7851.59	29.35	28.4	0.9	nublado
25-04-13	2.8	7	125	176	33.6	25.3	7.9	8740.35	25.75	24.4	0.8	
30-04-13	2.8	5	110.7	147.3	32.8	25.7	7.9	8484.35	25.90	29.3	2.2	
05-05-13	3.0	8.8	112.4	159	32.8	26.1	7.9	8025.12	27.38	27.7	1.0	
10-05-13	2.8	4.6	102.7	137	20.0	26.5	8.0	7741.22	17.31	27.6	1.6	nublado
13-05-13	2.7	4.8	85.5	120.8	25.3	26.5	7.9	4469.04	37.37	25.3	6.7	Lluvia ligera
14-05-13	19.7	5.9	87.8	130.8	13.6	26.2	8.0	7153.01	12.73	15.8	5.7	Falla sello silicon
20-05-13	2.6	12.1	97.2	136.4	36.0	26.8	8.0	7410.81	32.54	16.3	0.4	
21-05-13		6.6	120	103	0.0	26.4	8.6	8444.20	0.00	16.9	11.1	Valvula abierta
22-05-13	2.4	6.6	120	103	40.0	26.6	8.7	7928.77	33.79	32.6	1.6	
25-05-13	2.6	7.7	138.5	177.9	36.0	26.9	8.7	6922.23	34.84	31.0	0.4	
31-05-13	2.8	2.8	108.6	143.3	40.0	27.5	8.7	8441.08	31.74	31.9	3.0	
05-06-13	2.3	3.1	101.3	138	39.2	27.8	8.8	8354.38	31.43	31.1	1.1	
10-06-13	5	2.9	105.1	131.9	30.4	28.3	8.8	7366.86	27.64	26.6	1.2	Nublado / lluvioso
14-06-13	4	3.1	109.3	131.1	28.0	28.5	8.6	7821.55	23.98	25.8	0.9	Lluvia
20-06-13	17	3.3	99.8	112.9	43.9	28.6	9.1	8643.05	34.02	34.7	1.7	
25-06-13	3.7	3.6	102.4	123.3	39.9	29.3	9.4	8470.56	31.55	33.4	0.4	
01-07-13	3.3	3.7	106	124.4	40.0	29.8	9.5	4689.41	57.14	59.8	12.3	
13-07-13	2.8	3.8	115.2	115.2	52.0	29.7	10.0	8539.52	40.79	38.4	0.3	
22-07-13	2.6	3.5	104.6	105.1	22.0	29.6	10.0	4510.14	32.68	32.7		

Tabla 1. Registro de producción, conductividad y cálculo del porcentaje de eficiencia.

La media y la desviación estándar están calculadas con el total de los datos (diarios). Posteriormente, se calculó el porcentaje de eficiencia del destilador de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ef} = \left[\frac{(\text{Producción l}) * (627)}{(\text{ÁreaDS m}^2) * (\text{Radiación promedio})} \right] * 100 \quad (1)$$

La cantidad 627 en la ecuación 1 se refiere a la constante de vaporización del agua, mientras que el área del destilador corresponde a 9.36 m² correspondiente al área de la charola.

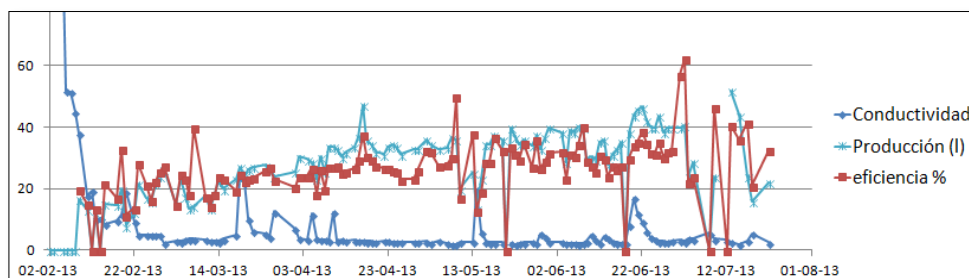


Fig. 4. Conductividad, producción y eficiencia.

Análisis de resultados

Para la demanda proyectada de aumentar el volumen de producción a más de 30 lpd, se obtuvo un valor promedio de 29.7 litros de agua destilada, como podemos observar este valor es menor al proyectado, sin embargo hay que tomar en cuenta que los datos recopilados consideran 3 de los meses fríos del año (Febrero, Marzo y Abril) ya que el destilador inició operaciones a finales de Enero, como se mencionó anteriormente. Además de observar una producción de más de 40 litros diarios de Mayo a Julio, cantidad que cumple con el objetivo de producción y que demuestra que “es posible obtener entre 3 y 5 litros diarios por m² de destilador, en días soleados [Huezo, 2012]”.

Cabe mencionar que la conductividad del agua producto fue de 12 mS/m (de 2002 a 2012). La conductividad promedio de la alimentación es de 1030 mS/m durante 2013. El valor de la conductividad del agua producto del destilador se encuentra entre 2.4 y 5.6 mS/m en condiciones normales de operación por lo que cumple con el criterio establecido para agua destilada, sin embargo se pudieron observar algunos incrementos pero por factores del entorno. Si la calidad del agua cruda fuera mejor se tendría una menor conductividad en el agua destilada. La calidad del agua obtenida es óptima para usarla en los procesos de los laboratorios de análisis donde la calidad requerida por es de 20 mS/m máximo.

Se puede afirmar que el costo promedio del agua producida es de aproximadamente \$ 20.00 M.N. / m³. Este último cálculo se obtiene amortizando el costo inicial del destilador a lo largo de su vida útil y relacionándolo con la producción total esperada para ese periodo. El costo inicial del proyecto está en función del costo de los materiales y la técnica de construcción utilizados, para el destilador mencionado el costo de fabricación fue de \$130,000.00 M.N. que incluye sensores y material de cableado y canalización del sistema de instrumentación y control. Cabe mencionar que el costo del agua destilada disminuye con el tamaño del destilador. Debido a la sencillez del equipo, no se requirió de personal altamente calificado para su manejo, mantenimiento ni reparación para las fallas que se presentaron.

Trabajo a futuro

De acuerdo a la documentación técnica que se ha consultado y a los experimentos realizados se sabe que la mayor radiación se da en horas de la tarde, por lo tanto la máxima producción del destilador puede ser cuando los vidrios ya no reciben la radiación solar y bajan la temperatura de sus caras exteriores, lo que propicia una mayor condensación en el interior del equipo. Es importante pues para este proyecto buscar otras técnicas de enfriamiento de los vidrios después de la jornada de sol además de la implementación de los ventiladores.

Conclusiones

Los niveles de conductividad en las muestras del agua producto (destilada) correspondientes a los primeros días de operación, se reportaron con un alto nivel de mS/m, mayor que el del agua de entrada (agua de grifo), debido a las impurezas que quedaron en el equipo y la tubería después de su fabricación.

El mayor valor de temperatura se da en horas de la tarde, por lo tanto la máxima radiación solar en el equipo se recibe después de las 13:00 horas. Además, la mayor producción de agua destilada no se observó en los días con mayor radiación solar promedio, si no en aquellos donde la temperatura ambiente bajo después de la jornada de radiación solar tal como se muestra en la tabla 1. Los datos obtenidos del primer semestre de validación del equipo nos muestran que ningún día es igual a otro, aunque se reciba casi la misma cantidad de radiación, la producción depende de otros factores climáticos como precipitaciones y nubosidad, condiciones que provocan un aumento en la diferencia de temperatura entre las caras internas y externas de los vidrios, lo que contribuye al proceso de condensación del agua vapor de agua dentro del destilador. Se concluye que el enfriamiento de los vidrios una vez que los rayos del sol ya no inciden sobre ellos, favorece la condensación del vapor de agua, es por ello la implementación la línea de ventiladores sobre los cristales resultó favorecedor para el proceso aunque no de manera significativa, se buscarán sistemas alternativos de enfriamiento. Al mantener el hermetismo del sistema, la presión interna aumenta y favorece la disminución de la temperatura de ebullición del agua por lo que se puede obtener un proceso más eficiente generando agua destilada en menor tiempo.

El agua obtenida en el destilador solar puede ser utilizada en todos los procesos que se llevan a cabo en los laboratorios de química y mecánica, así como en el CIM del Instituto Tecnológico de la Laguna, ya que los costos resultan accesibles y el volumen de producción de agua destilada cubre el ciento por ciento de la demanda.

Si comparamos el precio del agua desmineralizada en el mercado de la región que es de \$43.43 pesos por metro cúbico, datos proporcionados en la Central Termoeléctrica de Lerdo CFE y cuyo precio no incluye costos por energía eléctrica ni mano de obra; con el costo promedio del agua producida por el Destilador Solar De Alto Rendimiento que es de \$20 pesos por metro cúbico, resulta inferior en poco más de un 50%. Sin embargo, como el proyecto no pretende la comercialización del agua destilada, el ahorro energético resultante de la aplicación de la tecnología para el ITL es óptimo, ya que no consume electricidad para su funcionamiento, y al compararlo con otros procesos de destilación convencional como equipos eléctricos y osmosis inversa se puede decir que el costo es mínimo, pues solo se consideraría la inversión inicial para su construcción.

Para los lugares que presentan condiciones de radiación favorables donde no existen otras opciones, se recomienda ampliamente el uso de la energía solar para la purificación del agua a través de estos equipos, se concluye que es la mejor opción debido a que el uso de una fuente renovable de energía y no petróleo o sus derivados, importados y no reemplazables, etc., favorece a la comunidad

Referencias

- [1] Pankratz, T., 2011. IDA Desalination Yearbook 2011-2012, Media Analytics Ltd, Oxford, UK.
- [2] Fuente: Diario Chaco. Número de Registro de la Propiedad Intelectual: 830014. Registro de Marca Nro. 2.513.865 del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial. Empresa Comercializadora: Loster S.R.L. - Mitre 572 - Resistencia - Chaco (3500). Octubre de 2011.
<http://diariochaco.com/noticia/116979/Ingenieria-diseno-equipo-Destilador-Solar-de-agua-para-el-INTA.html>
- [3] Mourato, D. "Aplicaciones de las membranas de microfiltración y nanofiltración en el área de agua potable". Trabajo presentado en el Simposio OPS: Calidad de Agua, Desinfección Efectiva. 1998. Disponible en la OPS/CEPIS.
- [4] Torres M. "Avances Técnicos en la Desalación de Aguas, en ambiente". Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX). España 2004.
- [5] Reiff, F., Witt, V. "Guía para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe". Documento OPS/OMS, Serie Técnica No. 30. 1995.
- [6] Nandwani S. "Destilador solar: construcción, funcionamiento y uso", Seminario Las Aplicaciones Prácticas de la Energía Solar, Universidad Nacional Heredia, Costa Rica, pp.29, 2009.
- [7] Kumar A., Sootha G. D., Chaturvadi P., "Performance of a multi-stage distillation system using a flat-plate collector", Extended Abstract, ISES Solar World Congress, Kobe, Japan, 1989.
- [8] Solsona F., Mendez J. P. "Desinfección del agua". Agencia Ambiental de los Estados Unidos de América USEPA, OPS, CEPIS. EUA 1983.
- [9] Huevo Bautista F.R.; Morán Urrutia J. I. "Diseño, construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química", Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de Ingeniería. San Salvador, Mayo de 2012.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Síntesis y caracterización de material SBA-15 impregnado con Pd y su aplicación en la adsorción de etano y etileno.

P.E. Cobos Barragán¹, M.A. Pérez Cruz², M.V.R. Hernández Huesca², E. Rodríguez Castellón³

¹ Maestría en Ciencias Químicas, BUAP. Prisco_18@hotmail.com

² Centro de Investigaciones de la Facultad de Cs. Químicas BUAP

³ Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, España.

Área de Participación: Ingeniería Química

Resumen

Se sintetizó material de sílice mesoporoso del tipo SBA-15 siguiendo el método de Gómez-Cazalilla y col., el cual utiliza silicato sódico como fuente de sílice. El material se impregnó con cloruro de paladio(II) por humedad incipiente, obteniendo las muestras 0.5PdSBA-15, 1PdSBA-15 y 1.5PdSBA-15. Las muestras se caracterizaron y se realizó el estudio de adsorción total y reversible para los gases etano-etileno, donde los resultados muestran una selectividad mayor hacia el gas etileno. Los estudios de reversibilidad de la adsorción indican que las muestras se regeneran un 100% a la temperatura de trabajo, por lo cual las muestras se pueden reutilizar repetidas veces sin que se desactiven.

Palabras Clave: SBA-15, Paladio, Sílice Mesoporosa

Abstract

A mesoporous silica material of SBA-15 type was synthesized following the method of Gómez-Cazalilla et al., which uses sodium silicate as source of silica. The material was impregnated with palladium(II) chloride by incipient wetness, obtaining samples 0.5PdSBA-15, 1PdSBA and 1.5PdSBA-15. The samples were characterized and an study of total and reversible adsorption for ethane-ethylene was performed. The results show a higher selectivity towards ethylene gas, and a total reversibility of the adsorption at the operating temperature, whereby the samples can be reused repeatedly without observing deactivation.

Introducción

La separación de mezclas de gases olefinicas-parafinicas es un caro e importante proceso dentro de la industria petroquímica. Una de las separaciones más difíciles de olefinas-parafinas son las mezclas binarias de etano-etileno, debido a que dichas moléculas presentan una similitud existente en el tamaño y en su cercana volatilidad. La destilación criogénica se usa desde hace más de 60 años para esta separación, actualmente, hay tecnologías alternativas que están siendo investigadas [Keller y col., 1992].

La técnica de adsorción es una alternativa promisoría, ya que es una operación simple de ingeniería y es un proceso en el cual se tiene un considerable ahorro de energía. La búsqueda de un adsorbente adecuado y selectivo es el objetivo primario de muchas investigaciones [Safarik y col., 1998]. La tecnología recurrente más aplicada a la adsorción de compuestos orgánicos ha sido la adsorción en carbón activado y zeolitas hidrofóbicas. Sin embargo, el carbón activado presenta serias desventajas como el riesgo de incendio, taponamiento de poros y problemas en su regeneración, contrario a las zeolitas hidrofóbicas, por lo que generó un avance en este proceso.

En los últimos años se ha tenido un gran avance en la síntesis, caracterización y desarrollo de estos materiales de silicio, de los cuales destacan los materiales MCM-41 y SBA-15, debido a sus múltiples usos como adsorbentes o catalizadores soportados para la adsorción de gases, separación de fases y catálisis, por lo cual, pueden ser una opción viable y económica para separar esta mezcla de gases [Yun y col., 2002; Zhao y col., 1998 y Chen y col., 2008].

Por lo antes mencionado, en este trabajo se propone el uso de materiales basados en sílice impregnados con un metal para la separación de las mezclas olefinicas-parafinicas, en este caso etano-etileno, como alternativa viable al proceso típico de destilación criogénica.

Metodología

Síntesis de Materiales SBA-15

La síntesis de las muestras mesoporosas SBA-15 se llevó a cabo siguiendo el método sintético de Gómez-Cazalilla y Col., usando silicato de sodio como fuente de silicio y bloques de copolímeros anfifílicos como agente en la formación de la estructura [Gómez-Cazalilla y col., 2009 y Reyes-Carmona y col., 2011].

Los reactivos químicos empleados en la síntesis y preparación de los adsorbentes fueron los siguientes: ácido sulfúrico al 95% de pureza de la marca VWR PROLABO, PLURONIC 123 (Poly(ethylene Glycol)-block-Poly(Propylene Glycol)-block- Poly (ethylene Glycol) de la marca ALDRICH, hidróxido de sodio al 98% de la marca PROLABO REACTAPUR, solución de silicato sódico $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_x \cdot x\text{H}_2\text{O}$ de la marca SIGMA-ALDRICH, cloruro de paladio(II) al 60% de la marca PRESSURE CHEMICAL Co.

Impregnación de Materiales SBA-15

Los adsorbentes a estudiar se obtuvieron impregnando con la sal de paladio (II) por el método de impregnación a humedad incipiente. El volumen de impregnación del adsorbente fue de 1 ml/gr de material. Se impregnaron materiales SBA-15 con PdCl_2 y porcentajes nominales de 0.5%, 1% y 1.5%. La sal precursora usada para la preparación de nuestro soporte fue cloruro de paladio(II) (PdCl_2) [Reyes-Carmona y col., 2011].

Caracterización

Las muestras se caracterizaron por: difracción de rayos X (DRX), espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS), adsorción-desorción de nitrógeno, reducción termoprogramada con hidrógeno (TPR), espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP) y microscopia electrónica de transmisión (TEM).

Estudio de Adsorción Total y Reversible

La medición de la capacidad de adsorción de los adsorbentes sintetizados se realizó en un sistema volumétrico de alto vacío, construido en su totalidad de vidrio Pyrex y equipado con válvulas de teflón libres de grasa que regulan el paso de los gases y/o separan las distintas secciones del sistema. Dicho sistema consta de dos secciones: una de medición, la cual consta de dos manómetros para la medición de las presiones de los gases (alta y baja presión) y una de alto vacío la cual consta de 2 bombas que realizarán el vacío en el sistema. Los gases usados en el estudio de adsorción fueron etano y etileno al 99% marca Infra.

Medición de Isotermas de Adsorción Total

Previo a la medición de la isoterma, el material se activó a 300°C, con el fin de eliminar impurezas y termostatizado a la temperatura de trabajo. Una vez hecho este procedimiento el gas de estudio se colocó en la sección de medición del sistema, a una determinada presión y se puso en contacto con el adsorbente. A medida que la adsorción progresó, la presión disminuyó hasta llegar a un punto de equilibrio en donde la presión se mantuvo invariable.

La cantidad de gas adsorbido a la presión de equilibrio fue dada por la diferencia entre la cantidad de gas introducida y la residual en el espacio alrededor del adsorbente, es decir, en el volumen "muerto" a la presión de equilibrio. Con la ley de los gases ideales, se calculó la cantidad de gas adsorbido (mmol/g) y posteriormente se dividió entre la cantidad de adsorbente que está disponible en el porta muestras, obteniendo de esta manera el primer punto de la isoterma. El procedimiento anterior se repitió un número determinado de veces para nuevas presiones de gas introducidas; sumando sucesivamente la cantidad de gas adsorbido, se construyó la isoterma de adsorción.

Medición de Isotermas de Adsorción Reversible

Cuando por primera vez, después de haber activado un adsorbente, se lleva a cabo la determinación experimental de la cantidad de una sustancia que este sólido puede alojar en su superficie, se dice que el proceso es una adsorción total. Si se realiza nuevamente la medición, posterior a la desgasificación del adsorbente a la misma temperatura experimental de la primera medición, entonces se trata de una adsorción reversible. A la diferencia entre la adsorción total y la reversible se le llama adsorción irreversible, es decir, la cantidad de adsorbato que no es posible desorber a la temperatura de trabajo. La evaluación de la adsorción irreversible es importante para el proceso de regeneración de los adsorbentes en la separación y purificación de gases.

Reducción de Estados de Oxidación.

Para la muestra de 1.5PdSBA-15 con carga metálica de 1.5% de paladio, se realizó la reducción del estado de oxidación original (Pd^{2+}) a los estado de Pd^{1+} y Pd^0 mediante la reducción en ambiente con hidrogeno a temperaturas de 0°C y 100°C [Tidahy y col., 2008].

Resultados y Discusión.

La caracterización fisicoquímica de las muestras sintetizadas se inició con la DRX, la cual nos permitió visualizar la estructura periódica o estructura cristalina de las muestras. Los difractogramas a bajo ángulo de la muestra pura y de las muestras modificadas se presentan en la Figura 1. Todos los difractogramas exhiben un pico de difracción intenso 2θ entre 0.8° y 1.1° y otros 2 picos menos intensos entre 1.9° - 2.3° y 2.8° - 3.1° , los cuales pueden ser indexados en los planos cristalográficos (100), (110) y (200), respectivamente y se asocian a una simetría hexagonal. Estos resultados son consistentes con otros reportados en donde se utilizó silicato sódico y copolímeros anfifílicos (Pluronic 123) [Gómez-Cazalilla y col., 2009; Reyes-Carmona y col., 2011 y Wang y col., 2008].

Los difractogramas a alto ángulo se muestran en la Fig. 2, donde podemos observar la presencia de picos correspondientes al óxido de Paladio (PdO), siendo la muestra de paladio al 0.5%, la que presenta menos presencia de PdO , por lo tanto una mejor dispersión del metal en los poros del material en comparación con las muestras al 1% y 1.5% donde el metal se aglomero en la superficie, como lo han reportado otros autores [Wang y col., 2008; Yin y col., 2008; Wan Ying y col., 2009 y Wang Houpeng y col., 2011].

Los valores de espaciado d_{100} , parámetro de celda y el grosor de las paredes de los materiales se muestran en la Tabla 1, así como la concentración total del metal en las muestras. Con estos datos se pudo observar que el material SBA-15 con la presencia de 0.5% de carga metálica, incrementa sus parámetros de celda y al aumentar la carga metálica, los parámetros antes mencionados disminuye.

En la Tabla 2, se muestran las principales propiedades obtenidas a partir del análisis de fisisorción de N_2 , en donde se pudo observar que la superficie específica y el volumen de poro disminuyen conforme incrementa la carga de metal, sin embargo el diámetro de poro se mantiene. Para todas las muestras, las isotermas fueron de tipo IV de acuerdo con la clasificación de la IUPAC, lo que es característico de materiales mesoporosos, además se observó un ciclo de histéresis del tipo H1 el cual nos indica la presencia de mesoporos estrechos [Safarik y col., 1998 y Greg y col., 1982].

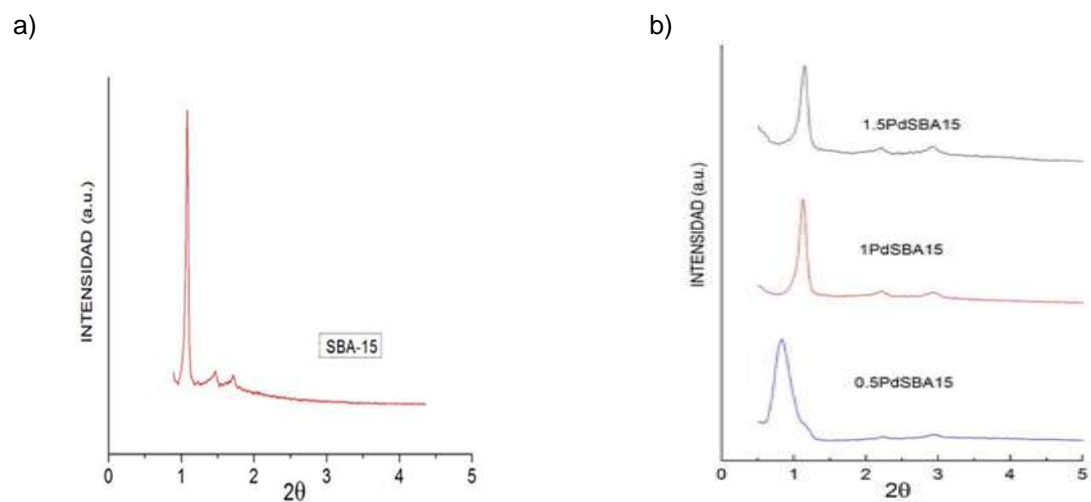


Fig. 1.- Difractogramas de rayos X bajo ángulo para las muestras: a) SBA-15 pura, b) SBA-15 impregnada con Pd.

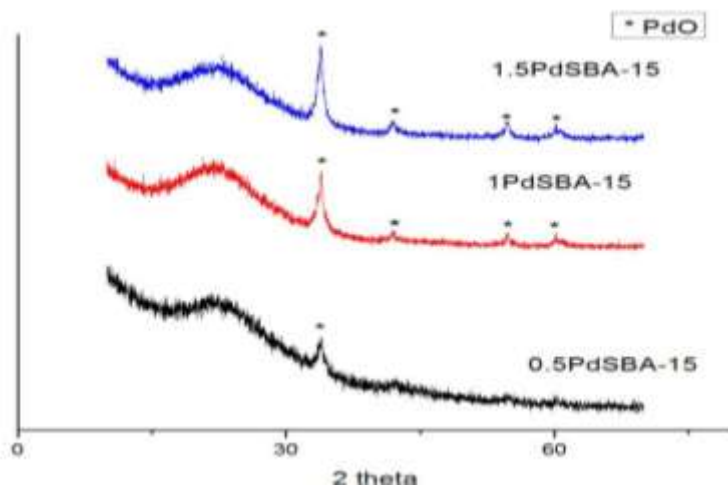


Fig. 2.- Difractogramas de rayos X alto ángulo para las muestras PdSBA-15.

Por otro lado la determinación del número de especies reducibles en la muestra, y la temperatura en que ocurren estas reducciones, se realizó mediante el análisis de Reducción Termoprogramada en flujo de hidrógeno (H_2 -TPR), Fig. 3a) donde, los picos de reducción observados para las muestra con paladio fueron atribuidos, fundamentalmente a la reducción del metal. En las curvas obtenidas en las muestras con paladio se observó un consumo negativo de H_2 que se atribuye a la desorción de hidrógeno adsorbido en el paladio metálico [Tidahy y col., 2008; Yin y col., 2008 y Kargol y col., 2005]. En la Fig. 3b) se muestra el estudio de XPS a la muestra de 1.5PdSBA-15 donde el análisis indica la presencia de Pd^{2+} como especie mayoritaria del correspondiente a la presencia de PdO y contribuciones mínimas de Pd^0 y Pd^{2+} pertenecientes al enlace Pd-Cl debido a trazas de la sal precursora $PdCl_2$ [Hasik y col., 2002].

TABLA 1. Propiedades fisicoquímicas obtenidas por XRD e ICP.

MUESTRA	PORCENTAJE REAL DE METAL EN MUESTRA	ESPACIADO d100 (Å)	PARAMETRO DE CELDA a_0 (Å)	GROSOR DE PARED t_w (Å)
SBA-15	-----	87	101	63
0.5PdSBA-15	0.555%	110	127	86
1PdSBA-15	1.19%	80	93	52
1.5PdSBA-15	1.862%	80	93	53

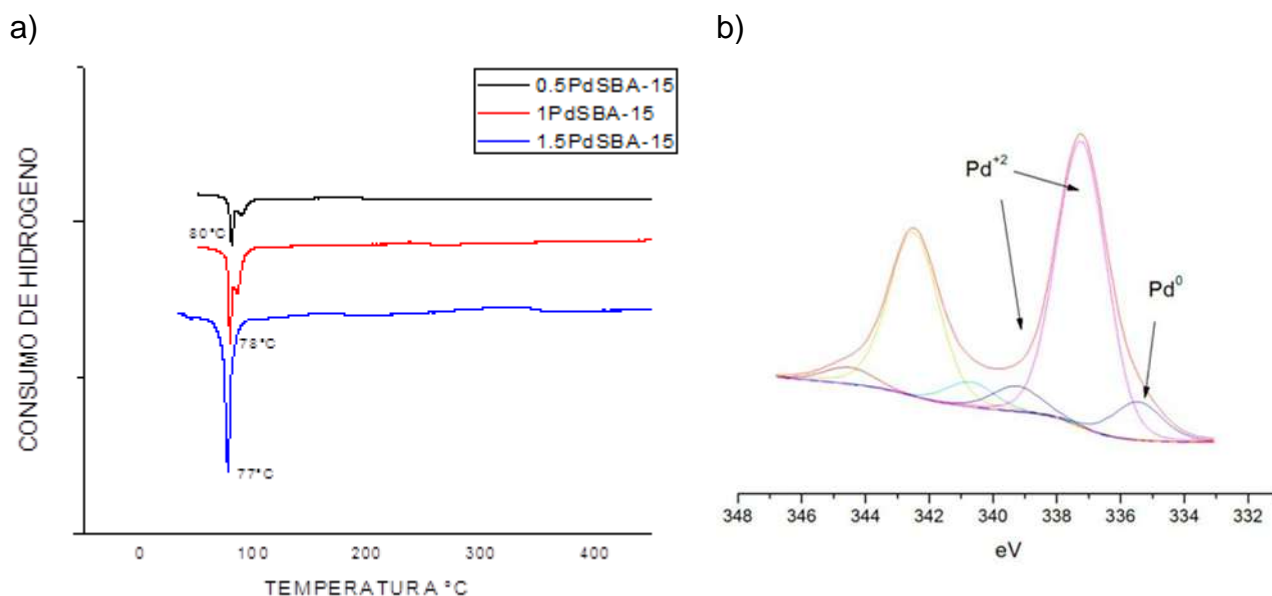


Fig.3.-a) Perfiles de reducción H_2 -TPR de SBA-15 con paladio, b) espectro XPS para 1.5PdSBA-15.

TABLA 2. Propiedades texturales SBA-15 y SBA-15 modificadas.

MUESTRA	SUP DE BET S_{BET} (m^2/g)	SUP MICROPOROSA S_{MICRO} (m^2/g)	SUP MESOPOROSA S_{MESO} (m^2/g)	VOLUMEN DE PORO V_P cm^3/g	DIAMETRO DE PORO D_{BJH} Å
SBA-15	666	285	381	0.52	39
0.5 PdSBA-15	489	170	319	0.40	41
1PdSBA-15	411	140	271	0.40	41
1.5PdSBA-15	417	29	388	0.40	42

Las micrografías TEM de SBA-15 pura y la impregnada con paladio se muestran en la Figura 4. Las imágenes confirman los parámetros estructurales y texturales que se han deducido de los estudios de difracción de rayos X y de adsorción de N_2 . En las imágenes se observó que la superficie no es uniforme, sino que presenta diversas texturas. Se pudo apreciar la estructura hexagonal de los poros del soporte mesoporoso, típica de la SBA-15. Se distinguen zonas grises donde probablemente se encuentre una mayor concentración de óxidos de paladio. Por último, hay zonas más oscuras. Estas zonas permiten intuir grandes aglomeraciones de óxidos. La razón podría ser la elevada dispersión en la superficie del catalizador y el reducido tamaño de partículas.

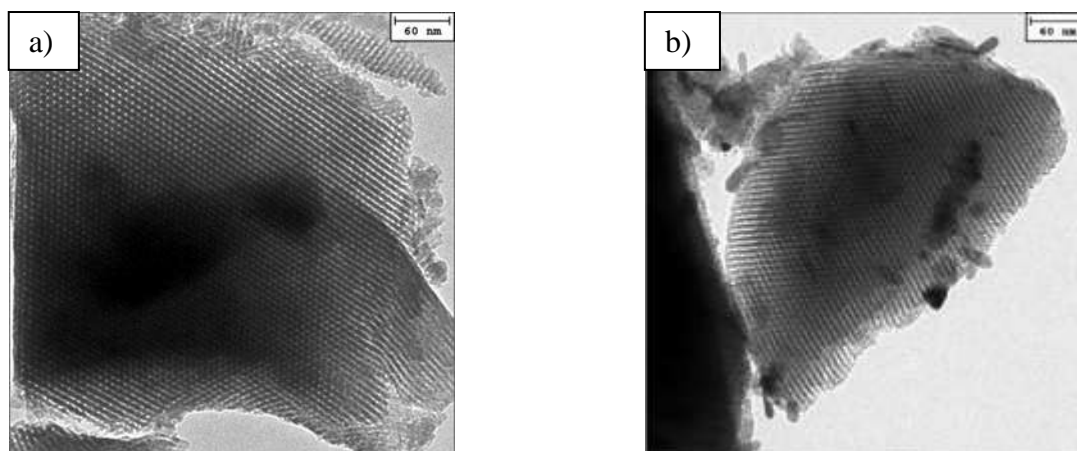


Fig.4.- Micrografías de Trasmisión TEM para la muestra a) SBA-15 pura y b) 1.5PdSBA-15.

Estudio de Adsorción

Se realizaron estudios de la capacidad de adsorción (total y reversible) de los gases etano y etileno con la muestra 1PdSBA-15 a $0^\circ C$, $20^\circ C$, $40^\circ C$ y $60^\circ C$; para la muestra 1.5PdSBA-15 se llevó a cabo a $20^\circ C$ y a diferentes estados de oxidación del paladio (Pd^{2+} , Pd^{1+} , Pd^0). En las Figs. 5, 6, 7 y 8 se observó que la cantidad de sustancia adsorbida disminuyó con el incremento de la temperatura debido a que el proceso de adsorción es exotérmico. Teniendo una capacidad máxima de adsorción en la monocapa de 0.71 mmol/g para el etileno y de 0.45 mmol/g para el etano a $0^\circ C$. En la comparación entre isotermas totales de etano y etileno (Fig. 5), se denota la selectividad de la muestra hacia el etileno, debido a que la adsorción se llevó a cabo por complejación π del doble enlace del etileno [Padin y col., 2000 y Nophasinthu y col., 2010].

La cantidad de sustancia adsorbida irreversiblemente es un dato importante para la etapa de regeneración de los adsorbentes en la separación y purificación de gases. La adsorción irreversible es la cantidad de sustancia adsorbida que no pudo ser desorbida a la temperatura de trabajo. En la Fig. 6 se observa que las isotermas totales y reversibles son similares, y presentan una reversibilidad del 100% con margen de error dentro del límite (3%) aún utilizada repetidas veces no pierde su efectividad.

Para la muestra del 1.5% en peso de paladio, se llevó a cabo el estudio de adsorción para ambos gases a $20^\circ C$ y a distintos estados de oxidación (Fig. 7), con este experimento se pudo observar que la muestra Pd^{1+} presenta

una mayor adsorción para el etileno (0.6556 mmol/g), respecto a la muestra en su estado de oxidación +2 (0.41mmol/g); este resultado es similar al reportado para sílices mesoporosas tipo HSM [Newalkar y col., 2003], aunque menor comparado con otros materiales como la alúmina y arcilla modificadas [Nettem col, 2002]. Por otro lado la separación entre las isotermas de etileno y etano es mayor en comparación con las muestras Pd²⁺ y Pd⁰.

En la comparación de los estudios de adsorción entre las muestras de 1PdSBA-15 y 1.5PdSBA-15 a 20°C, (Fig. 8) se observó, que la muestra con mayor capacidad de adsorción es la muestra con mayor concentración metálica, en este caso la muestra con 1.5% de paladio. Por otro lado se encontró que la muestra más efectiva tanto en la capacidad de adsorción de etileno, como el porcentaje de separación de la mezcla etano-etileno (52%) es la muestra 1.5PdSBA-15 con el estado de oxidación de Pd¹⁺.

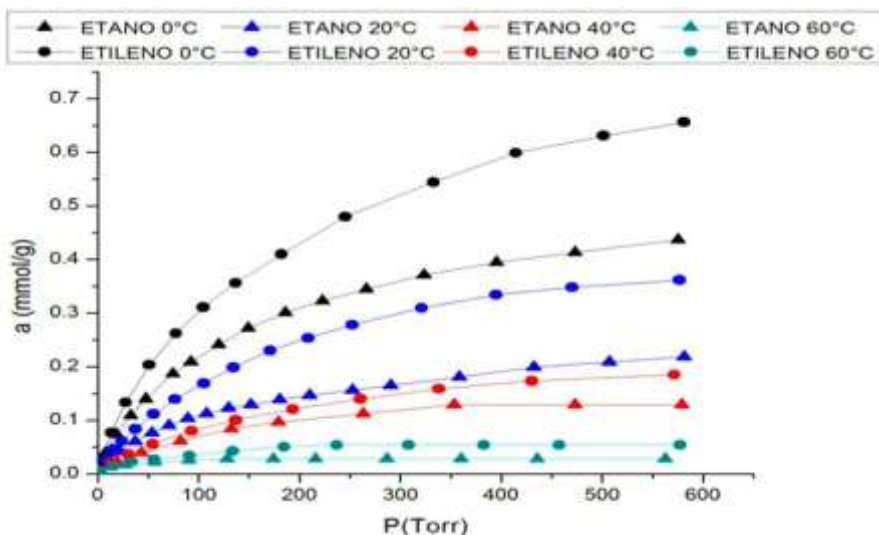


Fig.5.- Isotermas de adsorción totales de etano y etileno en 1PdSBA-15 a distintas temperaturas.

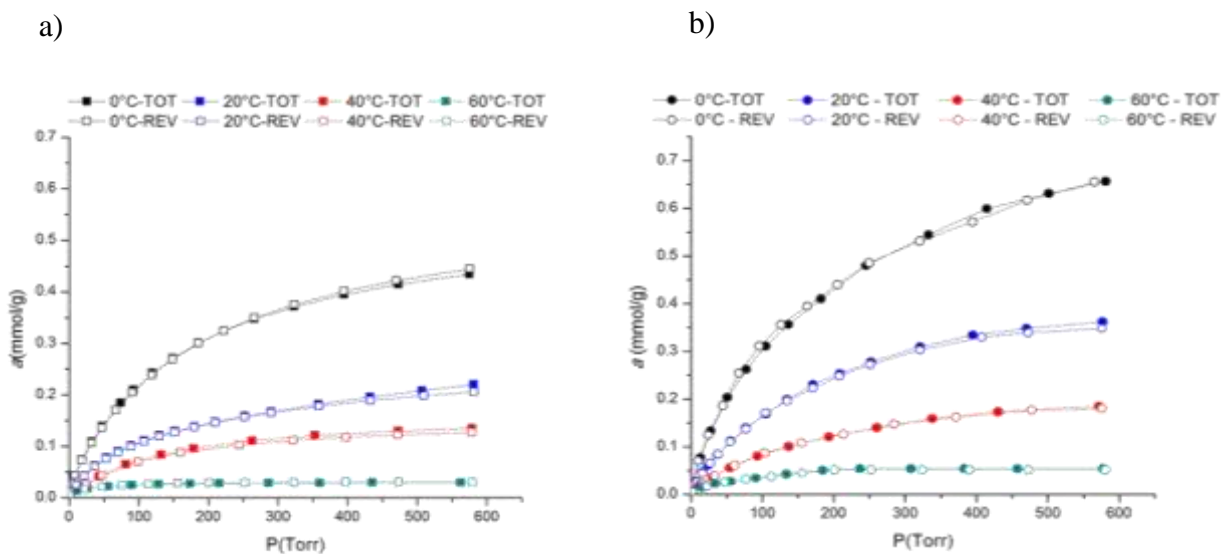


Fig.6.- Isotermas de Adsorción totales y reversibles de a) etano y b) etileno en 1PdSBA-15 a distintas temperaturas.

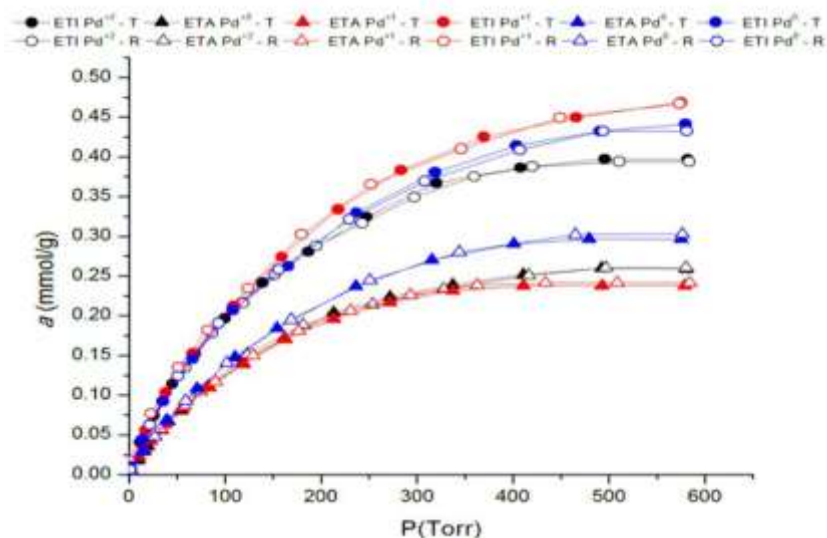


Fig. 7.- Isotermas de Adsorción total y reversibles de etano y etileno en 1.5PdSBA-15 a distintos estados de oxidación.

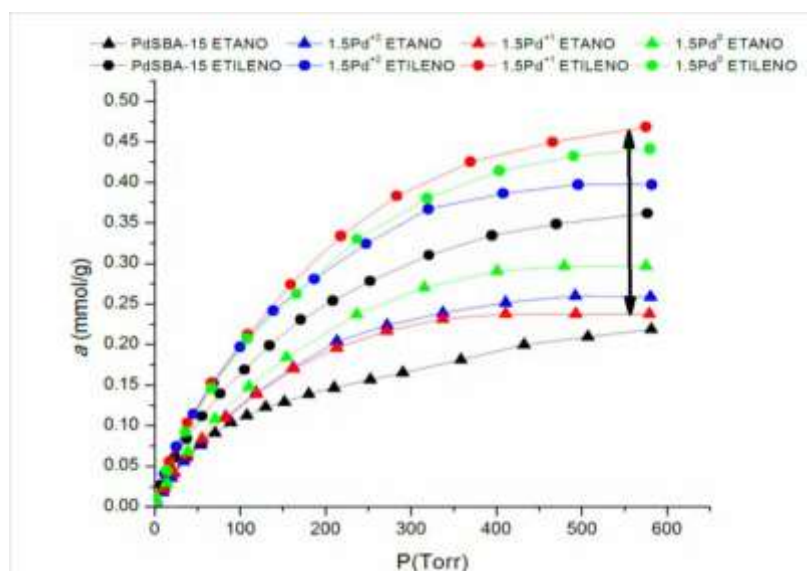


Fig. 8.- Comparación de Isotermas de Adsorción total de etano y etileno en 1PdSBA-15 y 1.5PdSBA-15 a 20°C.

Conclusiones

1. La dispersión del metal en el soporte fue muy buena a bajos porcentajes de carga metálica, mientras que en las muestras con carga metálica alta, se presentaron aglomeración en la superficie, sin embargo el material mantuvo su estructura cristalina; aunque su superficie disminuyó con el aumento de la carga. .
2. De acuerdo al análisis XPS, el paladio se encuentra en mayor proporción como Pd²⁺.
3. Las dos muestras estudiadas presentaron una mayor selectividad hacia el etileno respecto al etano, lo cual se atribuye a la interacción de los cationes del paladio con el doble enlace del etileno.
4. Las muestras estudiadas presentaron una reversibilidad del 100 ±3% sin perder efectividad con el uso continuo.
5. La capacidad de adsorción en las muestras PdSBA-15 aumenta conforme disminuye la temperatura (60°C < 40°C < 20°C < 0°C), con el aumento de la carga y la capacidad de adsorción tiene el siguiente orden según el estado de oxidación del paladio: Pd²⁺ < Pd⁰ < Pd¹⁺.
6. El material 1.5PdSBA-15, con Pd¹⁺, es un material adecuado para su uso en la separación de la mezcla etano-etileno.

Agradecimientos

Dra. María Ana Pérez Cruz y Dra. Ma. Verónica del Rosario Huesca Hernández del Centro de Investigación de la Facultad de Cs. Químicas BUAP, Laboratorio de Adsorción y Catálisis Proyecto VIEP-BUAP.00337.

Dr. Enrique Rodríguez Castellón del Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, España, Proyecto Nacional Español MAT2009-10481.

Beca CONACYT No. 388578

Referencias

1. Chen Le; Liu Xiaoqin. (2008). π -Complexation Mesoporous Adsorbents Cu-MCM-48 for Ethylene-Ethane Separation. *Chin. J. Chem. Eng.*, (16), 570-574.
2. Choudary N.V., Kumar P., Bhat T. (2002). Adsorption of Light Hydrocarbon Gases on Alkene-Selective Adsorbent., *Ind. Eng. Chem. Res.* (41), 2728-2734
3. Gómez-Cazalilla M., Mérida-Robles J.M., Gurbani A., Rodríguez-Castellón E., Jiménez-López A. (2007). Characterization and acidic properties of Al-SBA-15 materials prepared by post-synthesis alumination of low-cost ordered mesoporous silica. *J. Solid State Chem.* (180), 1130-1140.
4. Gregg S. J. and Sing K. S. W. (1982). Adsorption, surface area and porosity. Academic Press, Inc. 2a edition, London,
5. Hasik M., Bernasik A., Drelinkiewicz A., Kowalski K., Wenda E., Camra J. (2002). XPS studies of nitrogen-containing conjugated polymers-palladium systems. *Surface Sci.*(507), 916-921.
6. Kargol M., Zajac J., Jones D.J.; Roziere J., Steriotis Th., Jiménez-López A. and Rodríguez Castellón, E. (2005). Copper- and Silver-Containing Monolithic Silica-Supported Preparations for Selective Propene-Propane Adsorption from the Gas Phase. *Chem. Mater.* (17), 6117-6127.
7. Keller, G. E.; Marcinkowsky, A. E.; Verma, S. K.; Williamson, K. D. (1992). Olefin Recovery and Purification via Silver Complexation. In Separation and Purification Technology; Li, N. N., Calo, J. M., Eds.; Marcel Dekker, New York.
8. Newalkar B.L., Choudary N.V., Turaga U.T., Vijayalakshmi R.P., Kumar P., Komarnen S., Bhat T.S.G. (2003). Adsorption of light hydrocarbons on HMS type mesoporous silica. *Micropor. Mesopor. Mater.*(65), 267-276.
9. Nophasanthu P., Tipaporn S., Kunwadee R., Sunantha H. (2010). Ethylene adsorption on cationic surfactant modified zeolite NaY. *Micropor. Mesopor. Mater.*,(131), 97-102.
10. Padin J, Yang R. T. (2000). New sorbents for olefin/paraffin separations by adsorption via pi-complexation: synthesis and effects of substrates. *Chem. Eng. Sci.*,(55), 2607-2616.
11. Reyes-Carmona A., Arango-Díaz A., Moretti E., Talon A., Storaro L., Lenarda M., Jiménez-López A., Rodríguez-Castellón E. (2011). CuO/CeO₂ supported on Zr doped SBA-15 as catalysts for preferential CO oxidation (CO-PROX). *J. Power Sources*(196), 4382-4387.
12. Safarik D. J. and Eldridge R. B. (1998). Olefin/Paraffin Separations by Reactive Absorption: A Review. *Ind. Eng. Chem. Res.* (37) 2571-2581.
13. Tidahy H.L.; Hosseni M.; Siffert S.; Cousin R.; Lamoniér J.F.; Aboukais A.; Su B.L.; Giraudon J.M. and Leclercq G. (2008). Nanostructured macro-mesoporous zirconia impregnated by noble metal for catalytic total oxidation of toluene. *Catal. Today*(137), 335-339.
14. Wan Y., Wang H., Zhao Q., Klingstedt M., Terasaki O., and Zhao D. J. (2009). Ordered Mesoporous Pd/Silica-Carbon as a Highly Active Heterogeneous Catalyst for Coupling Reaction of Chlorobenzene in Aqueous Media. *J. Am. Chem. Soc.* (131), 4541-4550.
15. Wang H., Liu Ch. (2011). Preparation and characterization of SBA-15 supported Pd catalyst for CO oxidation, *Appl. Catal. B: Environ.*,(106), 672-680
16. Wang Z.; Xie Y. and Liu C. (2008). Synthesis and Characterization of Noble Metal (Pd, Pt, Au, Ag) Nanostructured Materials Confined in the Channels of Mesoporous SBA-15. *J. Phys. Chem. C.* (112), 19818-19824.
17. Yin F.; Ji S.; Wu P.; Zhao F. and Li C. (2008). Deactivation behavior of Pd-based SBA-15 mesoporous silica catalysts for the catalytic combustion of methane. *J. Catal.*(257), 108-116.
18. Yun J., Duren T., Keil F. J. and Seaton N. A. (2002). Adsorption of Methane, Ethane, and Their Binary Mixtures on MCM-41: Experimental Evaluation of Methods for the Prediction of Adsorption Equilibrium *Langmuir* (18). 2693-2701.
19. Zhao X. S, Ma Q. and Lu G. Q. (1998). VOC Removal: Comparison of MCM-41 with Hydrophobic Zeolites and Activated Carbon. *Energy Fuels.* (12)1051-1054.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Preparación y caracterización de carbones microporosos con compuestos de calcio para la captura de CO₂

V. S. Ubario Martínez^{1,*}, V. Hernández Montoya¹, M.A. Pérez Cruz², A. Bonilla Petriciolet

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Av. Adolfo López Mateos No. 182 Ote., Fracc. Bona Gens, C.P.20256. Aguascalientes, Ags., Tel. (449) 9-10-50-02, Ext. 159 y 182. Fax. (449) 9-70-04-23

²Laboratorio de Adsorción y Catálisis. Facultad de Ciencias Químicas, Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 14 Sur CP 72000.

*virginia.hernandez@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el presente trabajo se prepararon materiales carbonosos con compuestos de calcio para la captura de CO₂. Los materiales fueron obtenidos a partir de residuos fibrosos como el aserrín, huesos de mango y vaina de flamboyán. La preparación comprendió dos etapas, la primera fue la carbonización empleando dos temperaturas (700 y 900 °C) y la segunda etapa fue la impregnación de los materiales con CaCl₂ utilizando tres diferentes concentraciones (0.05, 0.25 y 0.5 M). Las muestras impregnadas y sin impregnar fueron caracterizadas mediante análisis elemental y SEM/EDX. Finalmente, las muestras de carbón fueron utilizadas como material de empaque en columnas cromatográficas con la finalidad de determinar la interacción carbón-CO₂. Los resultados obtenidos permiten determinar que el tiempo de retención del CO₂ es mayor cuando se utiliza como material de empaque carbones activados con óxidos de calcio.

Palabras clave: Carbón, calcio, Dióxido de carbono

Abstract

In this work were prepared carbonaceous materials with calcium compounds for CO₂ capture. The materials were obtained from fibrous vegetal wastes such as sawdust, mango husk, and flamboyant. The preparation comprises two stages, the first was the carbonization using two carbonization temperatures (700 and 900 °C) and the second was the impregnation of the materials with CaCl₂ employing three different concentrations (0.05, 0.25 and 0.5 M). The samples impregnated and without impregnation were characterized using elemental analysis and SEM/EDX analysis. Finally, the samples of carbon were used as packing material in chromatographic columns with the purpose to determine the interaction carbon-CO₂. The obtained results are indicating that the residence time of CO₂ is high when is used as packing material the carbons with calcium compounds such as calcium oxides.

Introducción

Los gases de efecto invernadero se han convertido en un problema mundial grave, siendo el dióxido de carbono el gas que potencialmente puede causar cambios severos en el clima a nivel mundial [Afsaneh-Somy y col., 2009]. En este sentido, es interesante resaltar que la reducción de las emisiones de dióxido de carbono puede ocurrir como resultado de aumentar la eficiencia energética y sustituir los combustibles fósiles por biocombustibles o implementar métodos de captura y almacenamiento de CO₂ [Witton, 2011]. En la actualidad se reconoce que el CO₂ en la atmósfera contribuye al efecto invernadero, calentando el planeta gradualmente. En este caso, los esfuerzos globales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han provocado una intensa investigación en los métodos de captura de gases [Duo y col., 2010]. Específicamente, el CO₂ es el gas de efecto invernadero más importante y se considera el principal responsable del calentamiento del planeta. Por lo tanto, se están tomando medidas para reducir sus emisiones. Una de las opciones más viables para la reducción de carbono consiste en la captura y almacenamiento de CO₂ en grandes fuentes estacionarias, como las centrales eléctricas, plantas de cemento, refinerías, entre otras [Pevida y col., 2008; Wang et al., 2008]. En

particular, el proceso de captura de CO₂ es uno de los métodos más eficaces para bajar el nivel de sus emisiones en la atmósfera y es importante mencionar que en la mayoría de los casos, éste gas se encuentra mezclado con otros contaminantes. En este sentido, se puede mencionar que existen cuatro métodos principales para la separación de CO₂ de otros gases, los cuales incluyen: el proceso criogénico, la purificación con membranas, absorción de líquidos y la adsorción utilizando adsorbentes sólidos [Gun-Ko y col., 2013; Hornbostel y col., 2013]. Particularmente, la adsorción se considera una de las opciones más atractivas de captura de CO₂, sin embargo, se requiere que los adsorbentes tengan una alta capacidad de adsorción y gran selectividad [Pevida y col., 2008]. En este caso, se pueden obtener adsorbentes de CO₂ que presenten una alta capacidad de adsorción, gran selectividad, buenas propiedades mecánicas, facilidad de regeneración, estabilidad en el proceso y bajo costo de operación, siempre y cuando se utilice el precursor y las condiciones de preparación adecuadas [Martín y col., 2010; Plaza y col., 2010; Caglayan y col., 2013].

Es importante mencionar que el carbón activado es uno de los adsorbentes más utilizados en el tratamiento de agua y aire. Recientemente, también se ha utilizado para la captura de CO₂ y con el fin de mejorar la capacidad de adsorción de este gas, se han modificado carbones activados con diferentes tipos de aminas tales como dietilentriamina, pentaetilenhexamina y polietilenimina [Martín y col., 2010; Plaza y col., 2007; Yang y col., 2012], obteniendo carbones micro y mesoporosos. Con dichos resultados se propone a la aminación como una alternativa de activación convencional para producir adsorbentes eficaces para la captura de CO₂; teniendo como ventajas, mayores rendimientos de carbón con un menor tiempo de impregnación [Plaza y col., 2010].

Por otro lado, los adsorbentes a base de óxido de calcio obtenidos a partir de la piedra caliza, el cascarón de huevo o óxido de calcio comercial (CaO), han sido los materiales más prometedores para la captura de CO₂ y actualmente varias investigaciones se centran en mejorar la capacidad de adsorción del CaO mediante tratamientos que implican la impregnación del CaO con epóxido de titanio, tetrahidrato de nitrato de calcio [Park y col., 2011] o mediante tratamientos térmicos a diferentes temperaturas, mismos que permiten un incremento en la porosidad y superficie específica del CaO y por ende, un incremento en la adsorción del CO₂ [Vieille y col., 2012; Witoon y col., 2011; Florin y col., 2011; Dou y col., 2010]. En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo preparar carbones activados microporosos con una alta superficie específica a partir de diversos residuos lignocelulósicos con estructuras fibrosas y empleando como agente modificante el cloruro de calcio, para la captura efectiva de CO₂.

Metodología

Preparación del carbón

La preparación de las muestras de carbón se llevó a cabo de acuerdo con un diseño de experimentos factorial 2² para cada uno de los precursores (hueso de mango: HM, aserrín de pino: AP y flamboyán: FF), es decir se utilizaron 3 diseños de experimentos para obtener un total de 12 muestra (ver Tabla 1). Las muestras fueron carbonizadas en un horno tubular Carbolite Eurotherm 2416CC, modelo CTF 12/65/550. Aproximadamente, 15 g de residuos fueron colocados en un tubo de cuarzo y posteriormente el tubo fue colocado en el horno tubular donde se siguió el siguiente programa de temperatura: *Rampa 1*: De temperatura ambiente hasta 70 °C y *Rampa 2*: de 70 °C hasta 700 ó 900 °C, a una velocidad de calentamiento de 5 °C/min con un flujo de nitrógeno de 500 ml/min. Una vez concluido el proceso de carbonización, las muestras fueron impregnadas con una solución de cloruro de calcio empleando reactores intermitentes con agitación constante (150 rpm), una relación masa – volumen de 30 g l⁻¹ a 50 °C y durante un tiempo de 24 h. Además, con la finalidad de determinar el efecto de la concentración de calcio se utilizaron tres diferentes concentraciones de CaCl₂ (0.05, 0.25 y 0.5 M). Las muestras previamente impregnadas fueron tratadas térmicamente en el horno tubular a 600°C usando una velocidad de calentamiento de 5 °C/min y sin control de la atmósfera para favorecer la formación de óxidos. Finalmente, las muestras obtenidas fueron lavadas con agua desionizada durante repetidas ocasiones hasta que el pH fue constante y posteriormente, fueron secadas a 110 °C durante 24 h y tamizadas (mallas 35-40) para homogeneizar el tamaño de partícula. En total se prepararon 12 muestras de carbón impregnadas con calcio por cada precursor y también un carbón de referencia o blanco fue obtenido con la finalidad de comparar la adsorción de CO₂ en muestras con y sin calcio.

Tabla 1. Diseño factorial 2² empleando en la síntesis de carbón activado a partir del aserrín de pino (AP), hueso de mango (HM) y residuos de flamboyán (FF)

Factor A (Temperatura)	Factor B (Atmósfera)	
	N ₂	CO ₂
700 °C	700-N ₂	700-CO ₂
900 °C	900-N ₂	900-CO ₂

Caracterización de las muestras de carbón

El contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre de las muestras de carbón se determinó empleando un analizador elemental LECO CHNS – 932 y el contenido de oxígeno fue obtenido con un analizador LECO VTF – 900. La morfología y composición superficial fue determinada mediante análisis SEM/EDX usando un Microscopio FE-SEM (Quanta FEG 650, FEI).

Estudios de adsorción de CO₂

Las muestras de carbón fueron utilizadas en ensayos de cromatografía inversa de gases. Los estudios se realizaron en un Cromatógrafo de gases VARIAN, modelo CP-3800. Los ensayos se llevaron a cabo en columnas de cobre de 2 mm de diámetro interno y 40 cm de largo, las cuales fueron empacadas con las muestras de carbón preparadas previamente. Una vez empacado el sólido en la columna, ésta fue colocada en el cromatógrafo de gases y previo a la realización de los experimentos, la columna fue activada con un flujo de Helio de 15 ml/min a una temperatura de 200 °C por un tiempo de 3h, con la finalidad de tener una superficie libre de impurezas. Posteriormente, se analizó la interacción de CO₂/carbón, inyectando 0.25 ml de CO₂ a 30°C utilizando He como gas acarreador, con un tiempo de corrida de 10 minutos donde los picos del cromatograma fueron reproducibles en cada una de las inyecciones con respecto al tiempo de retención.

Resultados

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno de los carbones sin impregnación obtenidos en atmosfera de nitrógeno (blancos) y de los obtenidos con la concentración más alta de CaCl₂ (0.5 M), con la finalidad de observar los principales cambios en la composición elemental de dichos materiales. Se puede observar que en general, las muestras presentan un contenido de carbono alto, sin embargo, las muestras obtenidas mediante impregnación con CaCl₂ poseen un porcentaje menor de éste elemento, debido a la presencia de compuestos de inorgánicos como el CaCO₃ y CaO. Congruentemente con esos resultados, se puede observar que el oxígeno se encuentra en mayor cantidad en las muestras obtenidas mediante impregnación y estos resultados son atribuidos a la formación de óxidos y de carbonatos de calcio en la superficie de los carbones como se puede observar en los resultados obtenidos mediante análisis SEM/EDX.

En la Figura 1 se muestran las imágenes SEM de los materiales de carbón obtenidos del aserrín de pino, tanto los blancos como los obtenidos mediante impregnación con CaCl₂ (0.5 M). En este caso se puede observar que la morfología de los carbones obtenidos a 700 °C y 900 °C es fibrosa con poros internos definidos y es muy similar entre ambas muestras (Ver Figura 1a y 1c). No obstante, la composición superficial cambia cuando las muestras fueron tratadas con CaCl₂ ya que se identificaron depósitos blancos constituidos principalmente de calcio en las muestras AP700-3 y AP900-3 (Ver Figura 1b y 1d).

Tabla 2. Resultados de análisis elemental de las muestras de carbón denominadas blancos y de las obtenidas con una concentración de CaCl₂ 0.5 M

Muestra	C	H	N	S	O
AP700-B	93.42	1.68	0.31	0.06	4.52
AP700-3	78.72	1.52	0.48	0.09	15.31
AP900-B	96.13	0.58	0.31	0.03	2.98
AP900-3	90.34	0.75	0.31	0.12	6.91
FF700-B	89.18	1.46	0.85	0.07	6.37
FF700-3	82.32	1.4	0.79	0.12	11.01
CF900-B	91.16	0.55	0.85	0.03	3.57
FF900-3	84.54	0.6	0.54	0.08	8.42
HM700-B	96.62	1.62	0.19	0.01	2.52
HM700-3	92.87	1.65	0.14	0.1	4.86
HM900-B	94.06	0.57	0.45	0.02	4.79
HM900-3	90.2	0.67	0.32	0.07	4.95

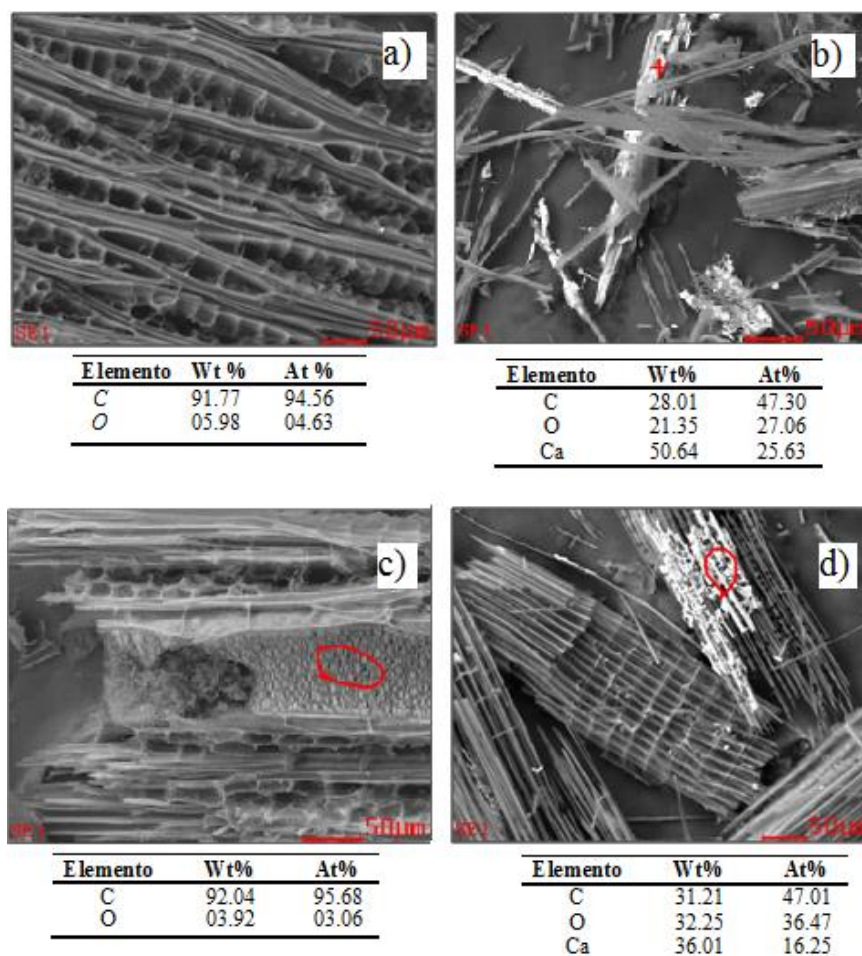


Figura 1. Imágenes SEM y resultados del análisis EDX de AP700-B (a), AP700-3 (b), AP900-B (c), AP900-3 (d)

Para los frutos de flamboyán y el hueso de mango se realizaron los mismos análisis que para las muestras de aserrín, obteniendo resultados similares en composición y morfología. Con propósitos ilustrativos en la Fig. 2 se muestran las imágenes SEM de las muestras de flamboyán.

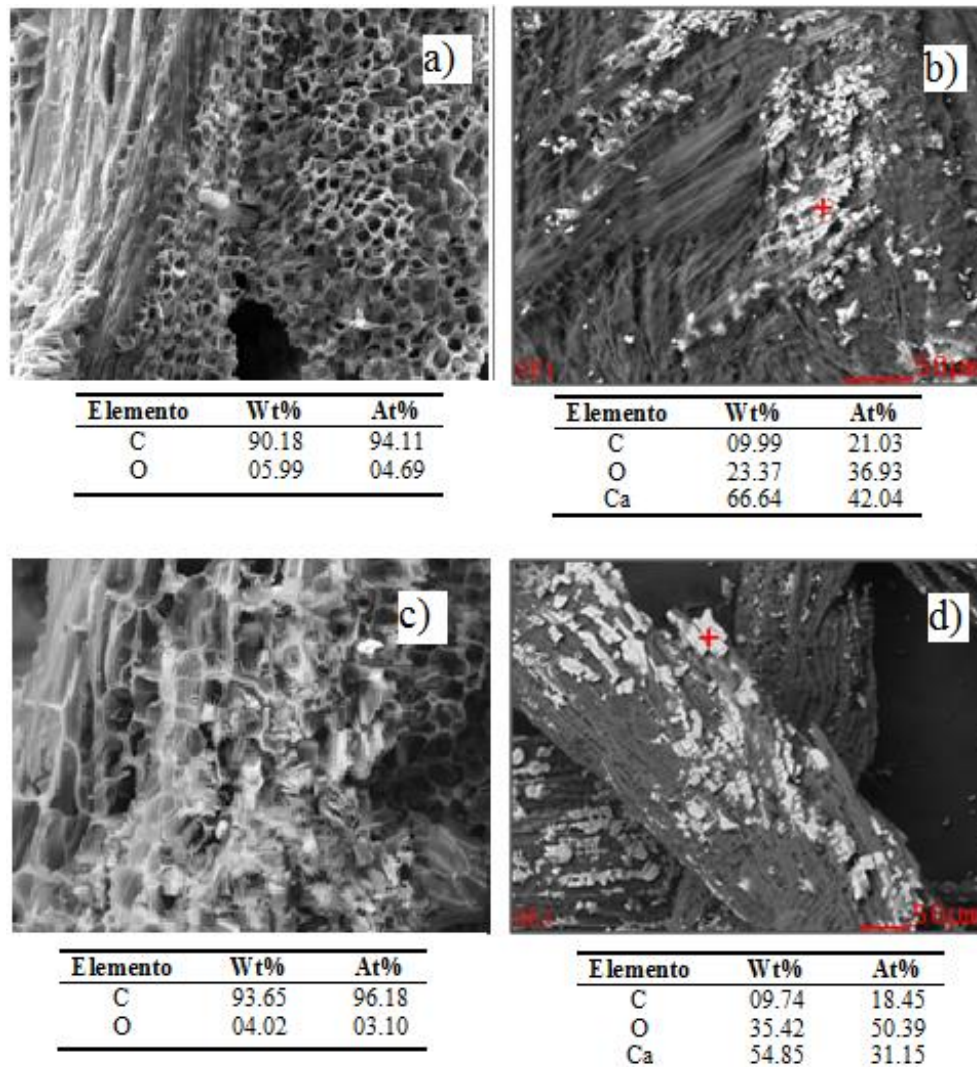


Figura 2. . Imágenes SEM y resultados del análisis EDX de FF700-B (a), FF700-3 (b), FF900-B (c) y FF900-3 (d)

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados del volumen de retención de CO_2 , empleando los carbones preparados en el presente trabajo en atmósfera de nitrógeno, con y sin impregnación con CaCl_2 . Los resultados muestran que los adsorbentes más eficaces para la captura de CO_2 fueron los obtenidos a partir del aserrín carbonizado a $700\text{ }^\circ\text{C}$ e impregnado con CaCl_2 . Además se observó un incremento en el volumen de retención al aumentar la concentración de CaCl_2 para esas muestras. Por otro lado, para las muestras preparadas a partir del flamboyán se observó un efecto significativo en el volumen de retención de CO_2 cuando incrementó la concentración de CaCl_2 , tanto para las muestras obtenidas a 700 como a $900\text{ }^\circ\text{C}$. Finalmente, para las muestras obtenidas a partir del hueso de mango no se observó efecto significativo en el volumen de retención de CO_2 , cuando las muestras fueron impregnadas con CaCl_2 .

Considerando lo anterior, es interesante resaltar que en la literatura existen adsorbentes que tiene una capacidad de adsorción de $100\text{ cm}^3/\text{g}$ como lo es el caso del carbón obtenido a partir de la cáscara de almendra [Plaza y col., 2010] y las polimelaminas, las cuales registran capacidades de adsorción de $89\text{ cm}^3/\text{g}$ [Lui y col., 2013]. Sin embargo, es interesante resaltar que los volúmenes de retención para algunas muestras de carbón

sintetizadas en este trabajo son superiores, pero los resultados son preliminares y por lo tanto los resultados no se pueden comparar homogéneamente.

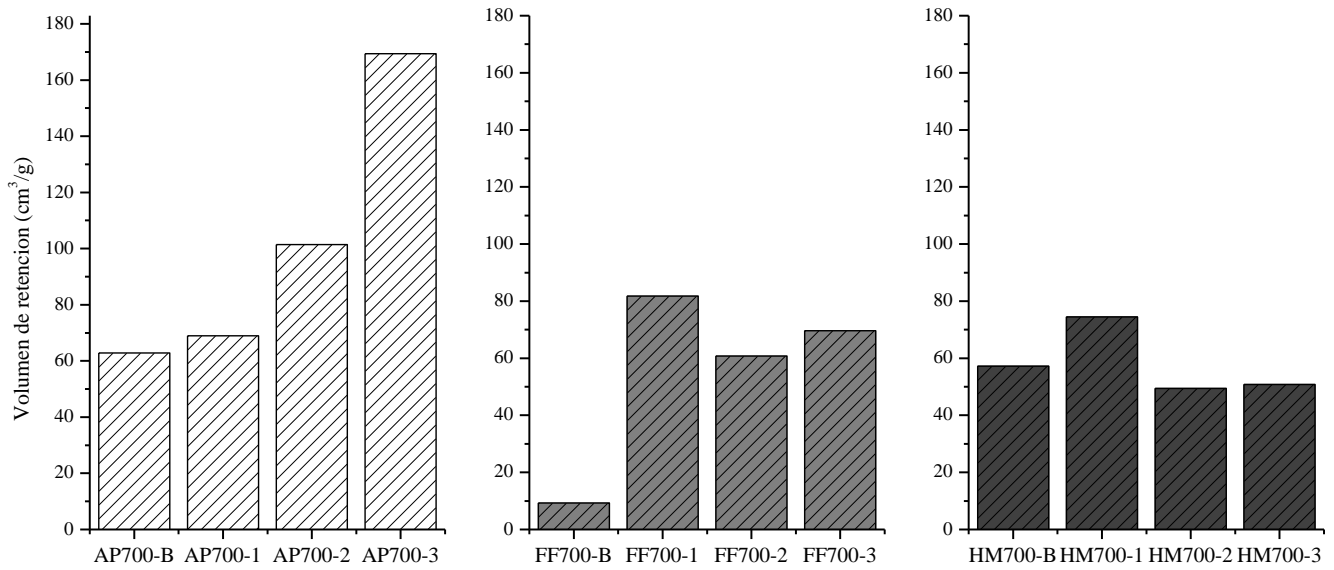


Figura 3. Resultados de volumen de retención neto de CO₂ empleando carbón sintetizado a 700°C con y sin impregnación con CaCl₂

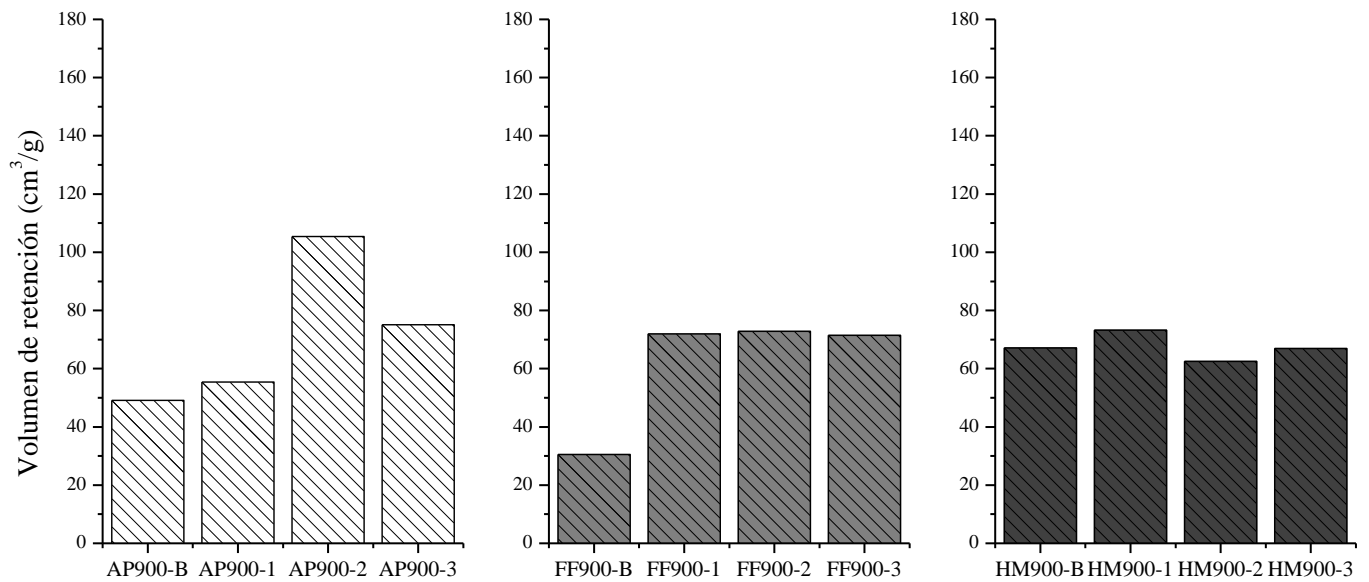


Figura 4. Resultados de volumen de retención neto de CO₂ empleando carbón sintetizado a 900°C con y sin impregnación con CaCl₂

Conclusiones

Mediante la realización del presente proyecto de investigación se demostró que es posible obtener carbones eficaces para la captura de CO₂ mediante el uso de CaCl₂ como agente activante, resaltando las muestras de aserrín en las que la concentración de CaCl₂ mostro una relación directa con el volumen de retención de CO₂. Sin embargo, es necesario realizar las isotermas de adsorción de CO₂, para obtener la máxima capacidad de adsorción y poder realizar un comparativo con respecto a materiales reportados en la literatura.

Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo brindado a través del proyecto CB-2009-01 No. 129725.

Referencias

1. Caglayan, B.S. and Aksoylu, A. E. (2013). CO₂ adsorption on chemically modified activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*. **(252-253)** 19-28.
2. Dou, B.; Song, Y.; Lui, Y. and Feng, C. (2010). High temperature CO₂ capture using calcium oxide sorbent in a fixed-bed reactor. *Journal of Hazardous Materials*. **(183)**759-765.
3. Florin, N. and Fennell, P. (2011). Synthetic CaO-based Sorbent for CO₂ Capture. *Energy Procedia*. **(4)** 830–838.
4. Gun-Ko, Y.; Lee, H.; Oh, H. and Choi, U. (2013). Amines immobilized double-walled silica nanotubes for CO₂ capture. *Journal of Hazardous Materials*. **(250-251)** 53-60.
5. Hornbostel, M.D.; Bao, J.; Krishnan, G.; Naga, A.; Jayaweera, I.; Kobayashi, T.; Sanjurjo, A.; Sweeney, J.; Carruthers, D.; Petruska, M. A. and Buboiss, L. (2013). Characteristics of an advanced carbon sorbent for CO₂ capture. *CARBON*. **(56)** 77-85.
6. Lui, L.; Li, P.; Zhu, L.; Zou, R. and Zhao, Y. (2013) Microporous polymelamine network for highly selective CO₂ adsorption. *Polymer*. **(54)** 596-600.
7. Martín, C.F.; Plaza, M.G.; Pis, J.J.; Rubiera, F.; Pevida, C. and Centeno, T.A. (2010). On the limits of CO₂ capture capacity of carbons. *Separation and Purification Technology*. **(74)** 225-229.
8. Park, J. and Yi, K. (2012). Effects of preparation method on cyclic stability and CO₂ absorption capacity of synthetic CaO-MgO absorbent for sorption-enhanced hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*. **(37)** 95-102.
9. Pevida, C.; Plaza, M.G.; Arias, B.; Feroso, J.; Rubiera, F. and Pis, P.P. (2008). Surface modification of activated carbons for CO₂ capture. *Applied Surface Science*. **(254)** 7165-7172.
10. Plaza, M.G.; Pevida, C.; Arenillas, A.; Rubiera, F. and Pis, J.J. (2007). CO₂ capture by adsorption with nitrogen enriched carbons. *Fuel*. **(86)** 2204-2212.
11. Plaza, M.G.; Pevida, C.; Martín, C.F.; Feroso, J.; Pis, J.J. and Rubiera, F. (2010). Developing almond shell-derived activated carbons as CO₂ adsorbents. *Separation and Purification Technology*. **(71)** 102-106.
12. Somy, A.; Reza- Mehrnia, M.; Delavari-Amrei, H.; Ghanizadeh, A. and Safari, M. (2009). Adsorption of carbon dioxide using impregnated activated carbon promoted by Zinc. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. **(3)** 249-254.
13. Vieille, L.; Govin, A. and Grosseau, P. (2011). Improvements of calcium oxide based sorbents for multiple CO₂ capture cycles. *Powder Technology*. **En prensa**.
14. Wang, Y.; Zhou, Y.; Liu, C. and Zhou, L. (2008). Comparative studies of CO₂ and CH₄ sorption on activated carbon in presence of water. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. **(322)** 14-18.
15. Witoon, T. (2011). Characterization of calcium oxide derived from waste eggshell and its application as CO₂ sorbent. *Ceramics International*. **(37)** 3291-3298.
16. Yang, R.; Liu, G.; Li, M.; Zhang, J. and Hao, X. (2012). Preparation and N₂, CO₂ and H₂ adsorption of super activated carbon derived from biomass source hemp (*Cannabis sativa* L.) stem. *Microporous and Mesoporous Materials*. **(158)** 108-116.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

1	Information Technology Six Sigma Team Project (Tecnología de Información de Equipo Seis Sigma)	358
	<i>Carlos Alberto Zamora García, Juan Baldemar Garza Villegas</i>	
2	Adopción de la norma ISO 14001 de las empresas manufactureras y de servicios en México	367
	<i>Roberto González Acolt, Felipe de Jesús Salvador Leal Medina</i>	
3	Diseño e implementación de una metodología para un SGC en una empresa de giro marítimo	375
	<i>Ivan Omar Notario Martínez, Alberto Aguilar Laserre, Guillermo Cortés Robles, Gabriela Cabrera Zepeda, Mauricio Romero Montoya</i>	
4	Pymes: capacidades y sistema local de innovación en Aguascalientes, el clúster de alimentos	383
	<i>Maribel Feria Cruz, Sasi Herrera Estrada, María Angélica Rodríguez Esquivel, Rodolfo Benjamín Sierra Ortíz, Gerardo Armando Mejía Bernal</i>	
5	Inversiones Socialmente Responsables en micro, pequeñas y medianas empresas de Aguascalientes.	391
	<i>Felipe de Jesús Salvador Leal Medina, Laura Romo Rojas, Roberto González Acolt</i>	
6	La gestión del capital intelectual en el desempeño de las MiPyMES de Tehuacán	398
	<i>Armando Heredia González, José Javier Suárez Pérez, Miriam Silvia López Vigil, Ramón Matías López, María Elena Heredia Mendoza</i>	
7	Las redes sociales en las empresas como estrategia de comunicación con sus clientes. Caso: “Best Western” Xalapa, Ver.	406
	<i>Javier Martín García Mejía, Ivonne Arlette Guillén Rendón</i>	
8	El trazo del camino hacia la consolidación por medio del diseño y medición de estrategias	416
	<i>Octavio Espinosa Bonilla, Fernando Aguirre y Hernández, Maricela Gallardo Córdova, María Cristina Sánchez Romero</i>	
9	Herramientas para el diagnóstico externo e interno en la Dirección Estratégica de una Empresa Comercial.	423
	<i>Heira Georgina Valdéz Bocanegra, Claudia Nitzi Vázquez Ortiz, Laura Romo Rojas</i>	
10	Emprendedurismo como estrategia nacional.	431
	<i>Perla Gabriela Baqueiro López, José Manuel Baqueiro López, Heidy Paulina Romero Durán, Limberth Agael Peraza Pérez</i>	
11	Marketing de alimentos orgánicos en nichos de mercado para Latinoamérica.	439
	<i>Elimar Piña Soto, Alexis Segovia Suarez</i>	
12	Elaboración de fertilizante orgánico para cultivo de hortalizas.	449
	<i>Marco Antonio Santos Cantoriano, Erik Tlecuil Cuahutepitzi, Claudia Sánchez Melos, Lizet Patricia Vázquez Monzón, Irán Benavides Moran</i>	
13	Igualdad en un entorno laboral con un enfoque de marketing social	456
	<i>Luis Antonio Pereda Jiménez, Dunstano Díaz Linares</i>	

Information Technology Six Sigma Team Project (Tecnología de Información de Equipo Seis Sigma)

Carlos Alberto Zamora García & Juan Baldemar Garza Villegas
UDEM, México. jbg.villegas@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

Este estudio muestra la necesidad de las empresas para implementar sistemas de mejora continua a través de métodos específicos para reducir los costos, reclamaciones y la variabilidad del proceso. Se mostrará en este estudio un proyecto donde se aplica la mejora continua, utilizando la metodología DMAIC para la resolución de los problemas en el departamento de TI de una empresa mexicana.

Palabras Claves: DMAIC, FMEA, Hoshin Kanri, Pareto, QFD.

Abstract

This study will show the need for companies to implement continuous improvement systems through specific methods to reduce costs, customer complaints and process variability. It will show a case study of a continuous improvement project, using DMAIC methodology for problem solving applied in IT department in a Mexican company

Key words: DMAIC, FMEA, Hoshin Kanri, Pareto, QFD.

Introducción

In most cases, Six Sigma has been applied in production areas. In this case study Six Sigma was applied in an IT department.

There are two methodologies to implement with Six Sigma: DMAIC and DMADV. DMAIC methodology is Define, Measure, Analyze, Improvement and Control and should be used when a product or process is in existence at a company but it does not achieve customer specification or is not performing adequately. DMADV methodology is Define, Measure, Analyze, Design, and Verify and should be used when a product or process is not in existence at your company and needs to be developed. Identifying problems is the beginning for people who manage continuous process improvement and make effective changes. For example, Toyota explicitly teaches people how to improve, however, not expecting them to learn strictly from personal experience. (Spear, S. y Bowen, K. 2000). The rule of the Toyota Production System (TPS) stipulates that any improvement to production activities must be made in accordance within a prescribed scientific method. This study is an example of a project guided by a scientific method. Six Sigma is a disciplined, data-driven approach and methodology for eliminating defects (driving toward Six Sigma standard deviation between the mean and the nearest specification limit) in any process, from manufacturing to transactional and from product to service. The symbol of σ denoted by the Greek letter means standard deviation and explains the dispersion in a set of data.

The Six Sigma level is where the performance at each function, process or operation is nearly perfect, generating a defect rate of .000034% or only 3.4 defects per million. To compare Six Sigma at the third level of performance, it generates 66,807 defects per million as indicated in the (Table 1) below.

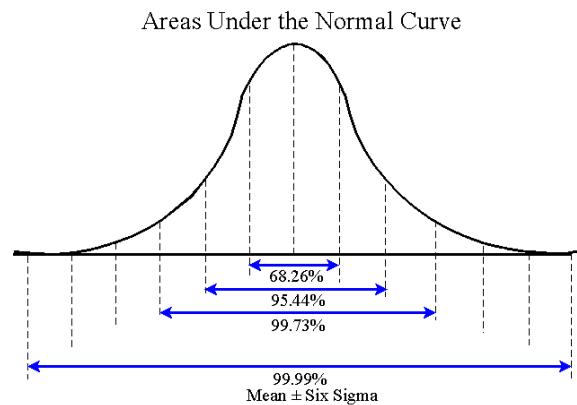
Table 1. Sigma and defects per million and long term yield.

Sigma*	Defects per million	Long term yield %
3	66,807	93.32
4	6,210	99.379
5	233	99.9767
6	3.4	99.999966

Source: Lind, Marchal, Wathen, 2008

A sigma is a statistical unit of measure referred to a standard deviation (Figure 1)

Figure 1. Central limit theorem



Source: Lind, Marchal, Wathen, 2008
Figure 1.3 Six Sigma Symbol

For a symmetrical, bell-shaped frequency distribution, approximately 68% of the observations will lie within plus and minus one standard deviation of the mean; about 95% of the observations will lie within plus and minus two standard deviations of the mean; and practically all (99.7%) will lie within plus and minus three standard deviations of the mean.

DMAIC Methodology

Definition

For the selection of this project the company analyzed their mission as a department for their guideline. The observed a negative trend in quality indicators. The challenge for the department was reducing the amount of complaints. Their goal was to dramatically reduce costs as a result of rework while providing the highest standards of quality. For the selection of the project they revisited and analyzed the goals of the corporation using a tool called Hoshin-Kanri translating these goals into clear and well defined objectives and operation levels. Using a priority matrix they compared operation goals with quality objectives and determined the main goals of the project. The first step was to define, meaning to describe the problem and its impact on customer satisfaction -- the problem should be on a specific area, such as, complaint data, reject rates, waste, inventory control or downtime. In this case the problem was associated with the downtime on the production lines. The production lines could stop for different reasons such as lack of materials, personnel, operational equipment, hardware and software, etc. The Information Technology department is responsible for computers, scanners and printers that are working on different stations to control the correct components assembly and receiving test from different machines. So when the production line stopped for IT the supervisor calculate the units that should be assembly during the stop line and the result of that data is lost units, after this the supervisor get into a system

that controls all stop lines causes and registered event, each department obtain information from the system and the result is a pareto chart.
 Pareto's concept, often called the 80–20 rule, is that 80 percent of the activity is caused by 20 percent of the factors. By concentrating on 20 percent of the factors, the managers can attack 80 percent of the problem (Lind, Marchal, Wathen, 2008). The Pareto chart is for detect root causes and improvement process. (Figure 2)

Figure 2. Pareto Chart.

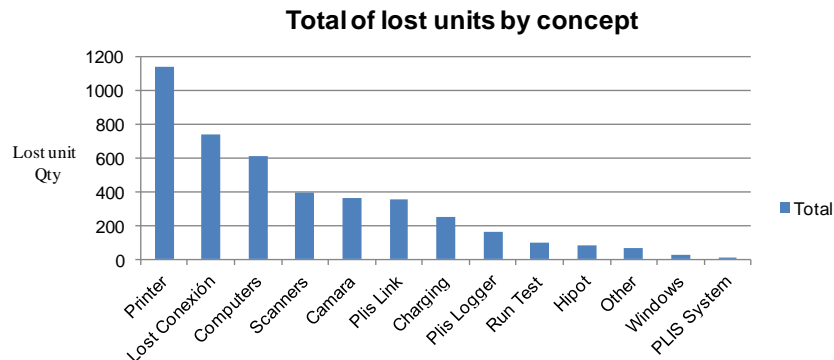


Figure 2.2 Pareto Chart

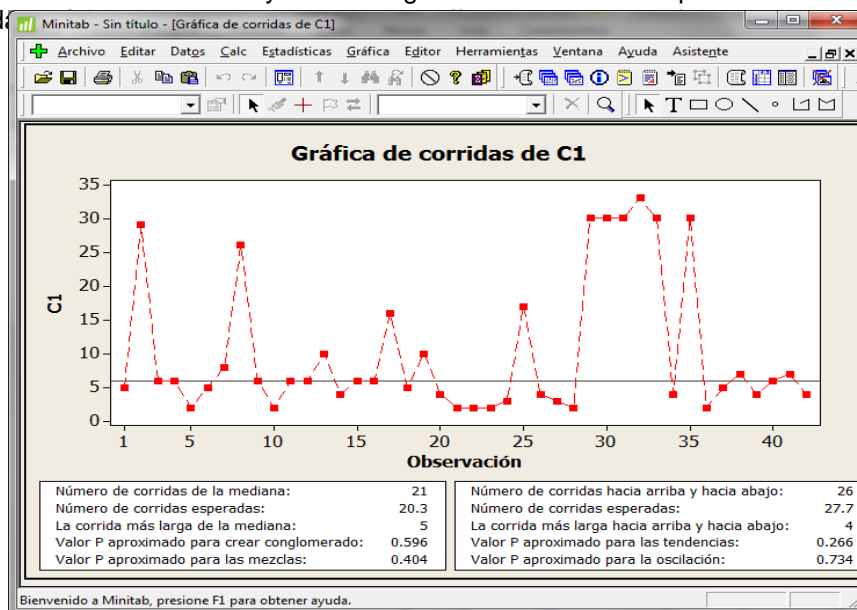
Source: Prepared by the authors.

This graph describes a Frequency distribution that is a grouping of data into mutually exclusive categories showing the number of observations in each class. The goal is to organize qualitative data into a frequency table.

Measure

Each important step in the process is measured: flow rate, inventory level, cycle time, defect, rate and many other measures may be used. The measure phase involves more numerical studies and data analysis than the Define Phase, this phase focuses on measurement system validation and gathering root causes. The attribute gauge study requires 30 samples. The variable gauge study only requires 10 samples, shown later. This is due to the higher information content of variable data. The output of an attribute R&R (Repeatability & Reproducibility) is an estimate of the fraction of times that the gauge (or inspector) is consistent and correct, according to a standard. In this case they found a higher number for the inspectors.

In this case, the data was analyzed using hypothesis test with Minitab software.



Source: Prepared by the authors using Minitab.

Figure 3.3 Hypothesis test

A run chart is a simple time series plot. By itself it can give some idea of control. The Run Chart plots the subgroup means or medians and connects them with a line. The two tests for nonrandom detect trends, oscillation, mixtures, and clustering within the data. In this case the four tests are not significant at the 0.05 level. The 0.05 level of significance was chosen for illustrative purposes, because it is commonly used in many fields. This level allows the user to evaluate the significance of tests for nonrandom patterns at any level. When the p-value displayed is less than the chosen level of significance, the user rejects the null hypothesis of a random sequence of data - in favor of one of the alternatives.

The user can improve visual inspection with visual standards. The goal for effectiveness of inspectors should always be 100%. This means true effectiveness is probably something less than 100% and will degrade with time. Within industry performance it is very difficult to keep an inspection processes performing above 80% effectiveness. Some issues to consider may be poor lighting conditions, eye sight of the inspectors, availability of visual standards, regular training, inspector turnover issues, product changes, customer specification modifications, etc.

Analyze

To analyze the problem the cause effect diagram (Figure 4) is used. First, the user identifies the problem and writes it into the box on the right of the diagram and continues with the possible causes through the factors. Then the user analyzes the type and the level of impact that the project will have on each stakeholder.

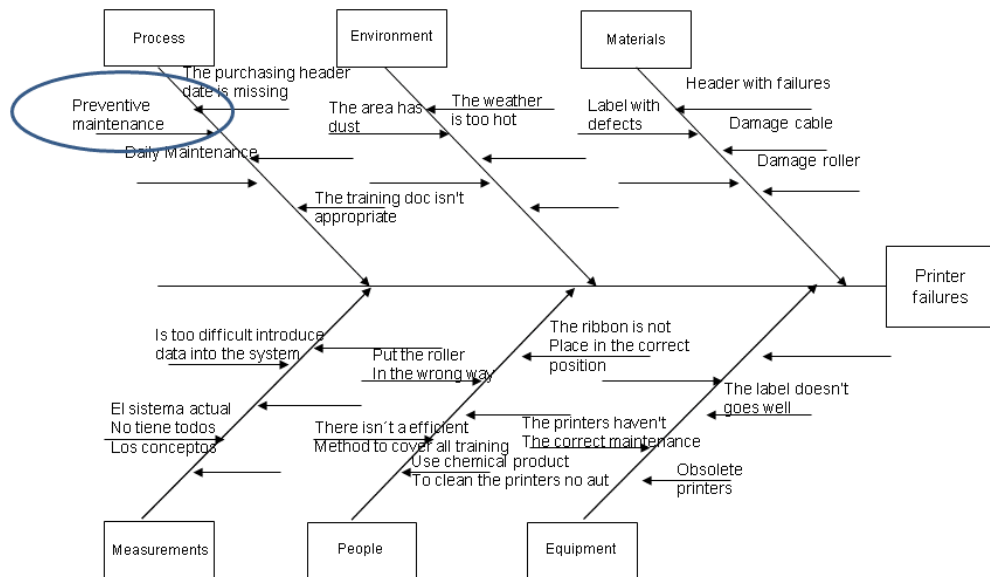
At the external level the impact will be high, since it will significantly reduce the level of complaints and returns. As far as the shareholders are concerned, the impact will also be higher since that amount of waste will decrease dramatically due to a reduction in damaged finished product.

Lastly, regarding personnel in the area, the impact will also be high due to the changes in the process and methodology in general. There are a variety of diagnostic techniques available to investigate quality problems. Two of the more prominent of these techniques are Pareto charts and fishbone diagrams.

These diagrams are useful to help organize ideas and to identify relationships. It is a tool that encourages open brainstorming for ideas. By identifying these relationships we can determine factors that are the cause of variability in the process. Lind, Marchal, Wathen. (2008).

To validate, an Ishikawa diagram was developed for brainstorming, with the solid objective of defining sources of variation in the process.

Figure 4. Cause and Effect Diagram.



Source: Prepared by the authors.

Improvement

The Improvement Phase will help determine the relationships and amounts of these key variables to the project "Y" and lead to optimal improvement ideas. Table 2 shows the planned improvement.

Table 2. Plan improvement.

		Task Name	Duration (days)	Start	Finish	Predecesor	% Complete	Resource Name
1	<input type="checkbox"/>	Integral Preventive Maintenance Project	26	10/09/12	15/10/12		100%	Team
2	<input type="checkbox"/>	Define preventive maintenance process	5	10/09/12	14/09/12		100%	Team
3	<input type="checkbox"/>	Formats to use	2	17/09/12	18/09/12	2	100%	Team
4	<input type="checkbox"/>	Review team proposed process	1	19/09/12	19/09/12	3	100%	Team
5	<input type="checkbox"/>	Piloting	3	20/09/12	24/09/12	4	100%	Team
6	<input type="checkbox"/>	Make adjustment if necessary	1	25/09/12	25/09/12	5	100%	Team
7	<input type="checkbox"/>	Implement the entire plant	2	26/09/12	27/09/12	6	100%	Team
8	<input type="checkbox"/>	Tracking	10	28/09/12	11/10/12	7	100%	Team
9	<input type="checkbox"/>	Check Metric Key Indicator	2	12/10/12	10/09/12	8	100%	Team

Source: Prepared by the authors.

The conclusions of the brainstorming were translated to the affinity diagram which relates each and every phase of the project.

Before beginning with the project the goal was to fix what was obvious. A wide variety of tools were used to analyze the root causes of the damage. As a result of this analysis, the principal root causes were identified. The data was validated through the correlation of each one of the root causes with statistical tools such as: Pareto diagrams analysis of variance, among others.

The next step of the project is carrying out the plan of action through the definition and implementation of the corrective measures. To implement corrective measures the effect mode analysis of the fault (FMEA) was used. System FMEAs are used as the first step in a sequential analysis. The top level function is analyzed first, resulting in the subsystems that require the most attention. These subsystems are then analyzed at a high-level to identify the critical processes. Each of these processes can then be analyzed by a process FMEA. The purpose of this tool is to detect possible corrective measures in order to find and identify each defect. The data used was the results of the NRP or Risk Priority Number. The criteria used to select the corrective action are closely linked to the general strategy of the business, in other words, the solution has to be easy to implement, at a low cost and it is also meant to create a significant impact in the key business indicators. The last deliverable is the review of key indicators' standardization and control of the actual improvement obtained. Through the chain of value model, as defined by the internal stakeholders, the following was developed.

The human resource of our company, the organization, shareholders and as external stakeholders we selected our clients. There are also different ways and methodologies when it comes to the actual operation. We all ended working together to implement every corrective measure adopted. Lastly, as far as the acquisition is concerned, we have monthly feedback sessions to update the project status. For our team, the feedback from our stakeholders was very important since all corrective measures taken were based on them. With the solid purpose of avoiding repetition of mistakes and keeping any improvements from being forgotten we proceeded to change and adjust actual process in a permanent fashion as well as for our client. In this chart we can observe, as a summary, the project indicators, the expected goal of improvement and the actual improvements achieved.

The costing methodology has its origin with Dr. Juran (Juran, 1967) which established that the total cost of quality is the sum of all the costs of quality plus the cost of poor quality. In this case the economic impact is based on this theoretical process costing method.

We increased the capacity of the process. The results are: for the year 2012 with a reduction of 21% lost units approx. value, was \$119,000 dollars. And so far this year 2013 is \$7,400 dollars.

The performance indicator percentage of lost units in a comparative analysis of years, we can see a significant decrease in that percentage.

The success of our project was sharing with each stakeholder in the following:

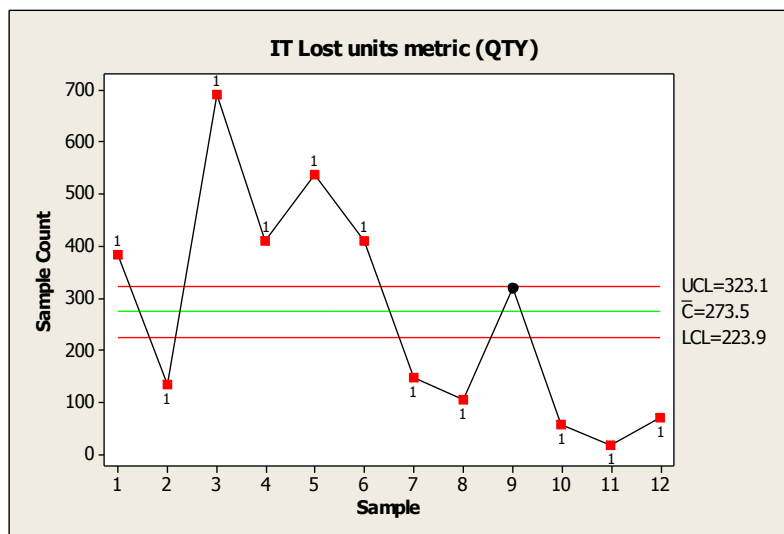
- With our personnel through weekly team meetings
- With shareholders through the use of key performance indicators
- With our clients
- Reviews carried out by managers and publications in the intranet

Control

The Control phase is the conclusion of the team journey, once the process has been improved, it must be standardized. This may include writing a procedure and training the participants. The control step may include statistical process control or mistake proofing.

The attribute charts are usually reserved for outputs. Remember, the goal is to have zero defects in the outputs by controlling the inputs. In this case we use the *c*-chart or the *c*-bar chart to control the number of defects per unit. The *UCL* (Upper Control Limits) and *LCL* (Lower Control Limits) are found by: $UCL \text{ and } LCL = \bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$ (1)

Figure 5. Control Chart “C”



Source: Prepared by the authors, using minitab.

While controlling inputs is the Six Sigma goal, many projects also have monitors on the outputs. Output monitors are often the first controls established on the process. Ideally, they can be replaced with input controls once the defining equation for the process is established. Often the output monitors are continued for a while to verify the effectiveness of the input controls.

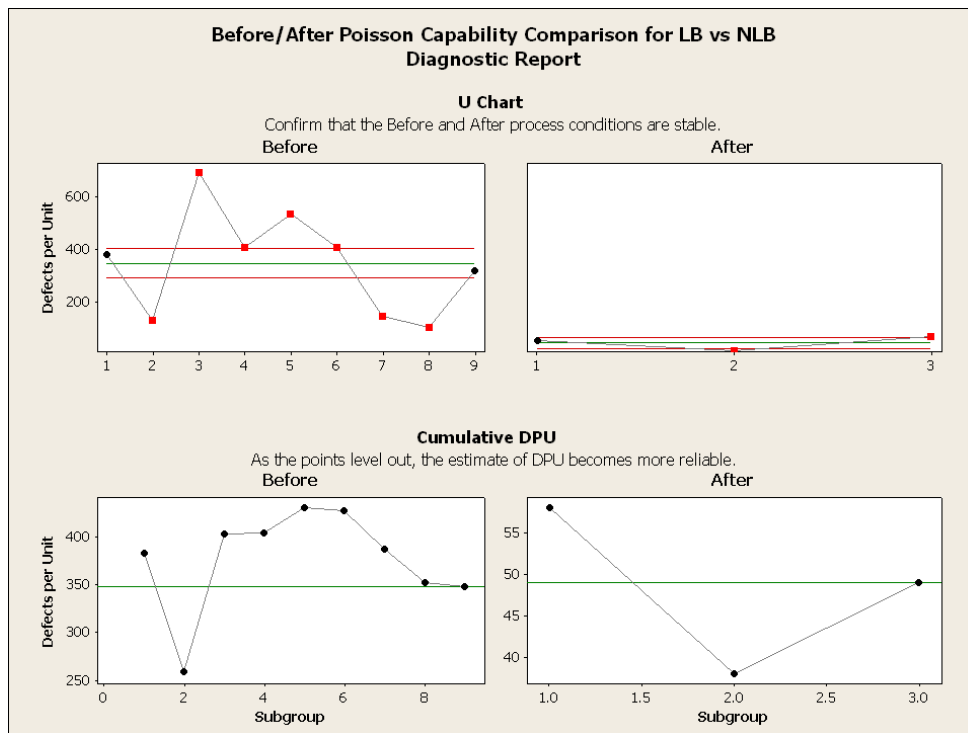
Table 3. Control Plan

Process Step	What's Controlled?	Input or Output?	Spec. Limits/Requirements	Measurement Method	Control Method	Sample Size	Frequency	Who/what Measures	Where Recorded
Label Printer	Training	Input	New Hire	Compare trained workers vs total hires	100% monitoring	Each worker should be	Month	IT Department	Chart
Printers Renewal	More efficient printing	Input	New Printer	Total Renewal	100% monitoring	By Printer	Month	IT Department	Excel File
Implement TPM to the operators	Quality Label	Output	TPM	TPM by station	Visual inspection	Per Station	Week	IT Department	Visual aid control

Source: Prepared by the authors.

The Control Plan is the document that is used to tie in all of the control actions within the scope of the project. Table 3 shows the Control Plan. This includes preventative maintenance activities. A control plan should be a controlled document that can be referenced for the most up-to-date information on the state of the control systems for this process. People will tend to feel motivated when they perceive the company as an entity looking to boost their competencies. This means professional growth and represents new ways to make things better and so the work routine is broken. The result is a healthier community environment with given opportunities of continuous learning experience. Finally there are many ways to analyze and display the data, all of which describe a great deal about the process. Figure 6 is the perform capability analysis and shows the reduction of defects per unit as a result of the project.

Figure 6. Before/After DPU's.



Source: Prepared by the authors, using Minitab.

Deliverables:

- 1.1. Define
 - 1.1.1. *Problem Definition*
 - 1.1.2. *Goal / objective statement*
 - 1.1.3. *Soft savings estimates*
- 1.2. Measure
 - 1.2.1. *Process Map*
 - 1.2.2. *Cause & Effect Diagram (Fishbone)*
 - 1.2.3. *Cause & Effect Matrix*
 - 1.2.4. *Gauge R&R Analysis*
 - 1.2.5. *Baseline Capability Analysis*
 - 1.2.6. *FMEA*
- 1.3. Analyze
 - 1.3.1. *Multi-Vari Analysis*
 - 1.3.2. *Tests of Hypothesis*
 - 1.3.3. *Correlation & Regression Studies*
- 1.4. Improve
 - 1.4.1. *Revised Process Settings*
- 1.5. Control
 - 1.5.1. *Metrics Reporting Plan (Control Chart C)*
 - 1.5.2. *Process Owner Responsible for on-going control*

Discussion and Results

Conclusions: presented was an IT project using the DMAIC methodology, identifying the different tools used to present a case study in order to involve more areas of a company in the systematic process improvement.

The potential implication of each stakeholder in the election of the project was:

- At external: the unsatisfied level is represented by actual complaints and returns.
- Within the operation area: the non-favorable tendency of key indicators.
- For shareholders: Loss of profit and excessive amount of cost due to returns and notes of credit.

References

- Akao, Yoji (1997) QFD: *Past, Present, and Future, International Symposium on QDF '97*. Linkoping, Sweden.
- Akao, Yoji (1991). *Hoshin Kanri: Policy Deployment for Successful TQM*. Productivity Press, Portland, OR.
- Asmita, S. J. (2008) *Six Sigma Implementation using DMAIC Approach*. Sandip Institute of Technology and research Centre, Nashik.
- Eric R. (2008). *Strategic Sigma for Champions*. Milwaukee: ASQ

- Ishikawa, K. (1998) *¿Qué es Control Total de Calidad?*
- Juran, J.M. (1967). *Quality-Control Handbook*, 2a. Edición. New York: McGraw Hill Inc.
- Kerlinger, F.N. y Lee, H.B. (2002). *Investigación del Comportamiento: Métodos de Investigación en ciencias sociales*. México: McGraw-Hill InterAmérica Editores.
- Liker, J.K. (2004). *The Toyota WayFree*. Press Simon & Shuster, Inc, NY.
- Liker, J.L. (2006). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Barcelona: Gestión 2000.
- Lind, Marchal, Wathen. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*, Mc Graw Hill. ISBN 970106674X.
- Long, Ch. T. (2007). *Fortification of Six Sigma: Expanding the DMAIC Toolset*. Singapore. 23:3-18.
- Mendoza, J. & Garza, J.B. (2009). *La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad*. *Innovaciones de Negocios*. 6 (1), 17-32. UANL.
- Praveen G. (2007). *Six Sigma Business Scorecard*. New York: McGraw-Hill.
- Rama S. (2009). *Process improvement using Six Sigma: a DIMAC guide*. Milwaukee: ASQ.
- Robin H. (2011). *Six Sigma Quality Improvement with Minitab*. United Kingdom: John Wiley & Sons Inc.
- Schonberger, R. (2008). *Best practices in lean six sigma process improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Software Minitab v16
- Spear, S. & Bowen, K. (2000). *La decodificación del ADN del Sistema de Producción Toyota*. Harvard Business Review. The President and Fellows of Harvard College.
- Sung H. P. (2009). *A new paradigm of Six Sigma: Knowledge-based Digital Six Sigma*. North Caroline, Vol.20, No.9
- Sven D. (2006). *Six Sigma for IT Management*. Amersfoort: Wilco.
- T.N. Goh. (2010). *Six Sigma in Industry: Some observations after Twenty-five Years*. DOI: 10.1002/qre. 1093.
- Womack, J.P., D.T. Jones & D. Roos (1991). *The machine that change the world: The story of lean production*. New York: Harper Perennial.
- Womack, J P. & D.T. Jones (1996). *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your Corporation*. New York: Simon & Schuster.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Adopción de la norma ISO 14001 de las empresas manufactureras y de servicios en México

R. González Acolt^{1*}, F.J.S. Leal Medina²

¹*Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Avenida Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes., México*

²*Departamento de Administración Financiera, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, Aguascalientes., México*

**rgonza@correo.uaa.mx*

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

Se realiza una breve contextualización sobre el crecimiento de la norma ISO 14001 en el periodo 1999-2011, posteriormente, para los años 2000-2011 se muestran por tamaño de empresa y actividad económica – manufactura y servicios- el número de empresas que se han certificado con esta norma y se contrasta la información expuesta con estudios de investigaciones vinculadas al tema, con el propósito de profundizar en el análisis de los datos presentados. Los resultados revelan que entre 1999-2011 el número de certificaciones aumentó considerablemente. En el sector manufacturero y de servicios son las grandes y medianas empresas las que cuentan con un mayor número de establecimientos con la norma ISO 14001, muy probable esto se explique por los recursos económicos, sociales, intelectuales y políticos con que cuentan, lo que les permite adoptar la ISO 14001.

Palabras clave: esquemas voluntarios ambientales, norma ISO 14001, sector manufacturero, sector servicios.

Abstract

We make a brief contextualization of the growth of ISO 14001 in the period from 1999 to 2011, then for the years 2000 to 2011 are shown by enterprise size and economic activity, manufacturing and services, the number of companies that have been certified with the ISO 14001 and the information presented is contrasted with research studies related to the subject, in order to deepen the analysis of the data presented. The results show that between 1999-2011 the number of the ISO 14001 increased significantly. In manufacturing and services are large and medium enterprises that have a greater number of facilities with the ISO 14001, likely this is explained by the resources economic, social, intellectual, and political at their disposal, allowing them to adopt the ISO 14001.

Introducción

Existen un conjunto de instrumentos de políticas ambientales desarrollados por las sociedades de los diferentes países que han sido empleados para controlar o abatir la contaminación que generan las empresas y sus distintos sistemas de producción y que para el caso de México pueden distinguirse cinco de estos instrumentos, cada uno de los cuales se detallan a continuación. (Belausteguigoitia, Merino & Samaniego, 2001)

1.- Comando y control

Consiste en el uso y aplicación de leyes, normas, permisos o reglamentos de carácter obligatorio por parte del gobierno federal o estatal que deben adoptar las empresas que incurran en incumplimientos en materia de ordenamiento ambiental y en los que, en caso de que aquéllos no sean llevados a cabo, los empresarios se verán sancionados con multas económicas o castigos (O'Connors, 1999). Estos instrumentos son los de mayor aplicación en el mundo y para México no son la excepción, pues definen las condiciones mínimas a cumplirse de las actividades y procesos de producción para las empresas en materia de contaminación, ya sea atmosférica, del agua o de residuos peligrosos y de los aspectos generales de ordenamiento ecológico y de impacto ambiental. (Belausteguigoitia et. al., 2001). Sin embargo, podemos observar que existen algunas limitaciones en estos esquemas que estriban principalmente en la inflexibilidad en cuanto a su aplicación,

revisión y control, así como a su dificultad para poder reglamentar fuentes no específicas de contaminación, además de que desmotiva la innovación tecnológica con fines de mejora en infraestructura ecológica y ambiental. (Romo, Romero & Samaniego, 2005),

2.- Instrumentos Económicos (IE)

Estos instrumentos buscan influir en la conducta de los contaminadores, mediante un cambio en los precios relativos y/o transferencias financieras (Barde; 1994), por lo cual son conocidos, también, como instrumentos basados en incentivos, dentro de los principales tipos de IE se encuentran (Goulder y Parry, 2008):

- a) Impuestos o cargos a las emisiones de contaminantes. Son los de mayor aplicación, principalmente en los países desarrollados, abarcan, por ejemplo, los cargos por desechos industriales, impuestos y cargos por contaminación del aire, cargos por ruido (Barde, 2004, 10).
- b) Permisos comerciables. Se sustentan en el principio de que un aumento en una emisión contaminante en un área específica puede ser compensada con una disminución o, a veces, en mayor cantidad por otra equivalente (Barde, 2004, 11). Su funcionamiento implica que las empresas deben contar con permisos donde se define la cantidad de emisiones contaminantes que puede generar. Existe un mercado para estos permisos, donde las empresas pueden vender –si su actividad productiva conlleva no utilizar todos sus permisos- o comprar –si sus permisos son insuficientes-. Es el gobierno quien expide el número total de permisos indispensables para lograr una meta de emisiones contaminantes en un área geográfica (Barde, 1994; Romo, et al 2005).
- c) Subsidios por abatimiento de la contaminación. Las empresas son recompensadas por cada unidad de emisión contaminante que reduzcan por debajo de un nivel de referencia (Goulder & Parry, 2008).
- d) Impuestos a los insumos o bienes asociados con emisiones. Uno de los más comunes son los impuestos a la gasolina.

3.- Inversión Pública en Infraestructura

Belausteguigoitia, et. al. (2001), refiere tres casos en la que la infraestructura pública juega un papel relevante para la política ambiental:

- a) En sectores donde la iniciativa privada tiene limitada o prohibida su participación.
- b) Puede permitir el uso de tecnologías de control de la contaminación con rendimientos crecientes de escala
- c) Cuando se tenga un bien público

Dos son las elecciones mediante el cual la inversión gubernamental influye en sobre la calidad del medio ambiente (Romo et. al. 2005)

- a) Obras públicas para la recolección y tratamiento de desperdicios, como plantas tratadoras de agua o construcciones para el tratamiento o disposición final de residuos peligrosos.
- b) Apoyos a industrias para que inviertan en tecnologías ambientalmente más limpias.

4.- Información y difusión

En este apartado se puede incluir la educación y la cultura ecológica como elementos centrales que influyen en el comportamiento ambiental de las empresas, por ejemplo, una población más educada a favor de un medio ambiente más limpio podría exigir y elegir comprar productos ambientalmente más limpios o boicotear la compra de bienes que sean elaborados por firmas contaminantes (O'Connor, 1999).

5. Esquemas voluntarios

De acuerdo a la OECD (1999), los esquemas voluntarios son programas en los cuales las empresas se comprometen a mejorar su desempeño ambiental más allá de los requerimientos legales. Los rasgos relevantes de estos esquemas son su flexibilidad, eluden las exigencias de las regulaciones ambientales y los costos que implican la adopción de cierto tipo de instrumentos económicos (Romo, et. al.2005).La OECD (1999) distingue cuatro formas de enfoques voluntarios:

- a) Los programas públicos voluntarios: Programas diseñados por la autoridad ambiental y donde las empresas individuales están invitadas a participar en éste. Ejemplos: programa 35/50 de USA, Eco-Gestión y Auditorías Ambientales en la Unión Europea (EMAS), el Programa Nacional de Auditorías Ambientales en México.
- b) Los acuerdos negociados: Son compromisos de protección ambiental establecidos entre las autoridades públicas ya sea con un sector industrial o empresas individuales.

- c) Los compromisos unilaterales: La industria, sin la intervención de alguna autoridad gubernamental, establece acciones de mejoramiento en su desempeño ambiental. Ejemplos: Programa de Cuidada Responsable por parte de la industria química y la certificación del ISO 14001.
- d) Los acuerdos privados: Negociaciones entre los agentes privados: los contaminadores (empresas) y los afectados por la contaminación (trabajadores, habitantes de la localidad, clientes, ONG's, etcétera).

El sistema de administración ambiental (Environmental Management System-EMS-) está integrado por una serie de políticas internas, planes, evaluaciones e implementación de acciones por la empresa y que afectan su comportamiento ambiental. La ISO 14001 contiene una serie de procedimientos que las empresas podrían adoptar en su EMS, creada en 1996 por la International Organization for Standardization y organizaciones no gubernamentales (Arimura, Darnall, Katamaya; 2011). ISO 14001 es una norma voluntaria y de consenso con una duración de tres años, donde la empresa acuerda reducir sus impactos ambientales y mantener su compromiso. Son cinco los factores obligatorios que la empresa debe reunir bajo el esquema ISO 14001 (Arimura, Hibiki, Katayama; 2007; Cascio, Woodside & Mitchell; 1997).

- a) Definición de una política ambiental. Donde se plasme intenciones y principios en función de su desempeño ambiental global que proporciona un conjunto de acciones para constituir los objetivos y metas.
- b) La planificación. Que requiere del establecimiento de procedimientos para determinar aspectos ambientales y legales, de la creación de objetivos y metas ambientales en cada función y nivel de la empresa, y del sostenimiento de un programa de administración ambiental.
- c) Implementación y Operación. Siete son los elementos a considerar para evaluar la práctica y operación de un EMS bajo ISO 14001: a) estructura y responsabilidad, b) capacitación, concientización y competencia, c) comunicación, d) documentación EMS, e) control de documentos, f) control operacional, y g) preparación y respuesta para emergencias.
- d) Verificación y acción correctiva. Los aspectos que considera la norma ISO 14001 en este apartado son "la vigilancia y medición del EMS; manejo e investigación de inconformidades; puesta en práctica de acción correctiva y acción preventiva; mantenimiento de registros ambientales y establecimiento y mantenimiento de un programa de auditoría EMS" (Cascio et al. 1997, p. 129)
- e) Revisión de la dirección. La dirección tiene que evaluar los resultados y asegurarse de que el EMS es conveniente, adecuado y efectivo, con la intención de lograr los objetivos y metas ambientales.

En países como México ¿Cómo ha evolucionada la aplicación de esta norma? Este trabajo pretende responder a este cuestionamiento al estudiar las características de la adopción de la norma ISO 14001 de las empresas ubicadas en el sector manufacturero y servicios en México en el periodo 2000-2011.

Metodología

El trabajo se sustenta en datos provenientes de la International Organization for Standardization –ISO- (2011); Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología –CONACYT- (2011), y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía –INEGI- (2008; 2013). Concretamente, para conocer la tendencia de crecimiento de la norma ISO 14001 entre 1999-2011 en México nos basamos en la información de la ISO (2011), los datos se muestran en una gráfica y se utilizan para estimar la tasa de crecimiento anual de esta certificación, mediante una regresión simple de la forma siguiente:

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + u_t, \quad (1)$$

donde $\ln Y_t$ =es el logaritmo del número de certificados ISO 14001 del periodo; $t = 1999, 2000, \dots, 2011$; u_t = término de perturbación.

Además se comparó el desarrollo de la norma en México con Estados Unidos, Canadá y Brasil, por medio de la siguiente regresión múltiple.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{1t} + \beta_2 D_{2t} + \beta_3 D_{3t} + u_t, \quad (2)$$

donde $\ln Y_{it}$ = logaritmo del número de certificados ISO 14001 del país i en el periodo 1999-2011, D_{it} es una variable Dicotómica que toma valor de 1 para México y cero para el resto de los países (EU, Canadá y Brasil),

D_{2t} variable dicotómica con valor de 1 para Canadá y D_{3t} variable binaria que toma valor de 1 para Brasil. El país de comparación es EU y se expresa en la intercepción β_0 .

Posteriormente, se utilizó las estadísticas de CONACYT (2011) para saber el número de empresas certificadas ISO 14001 por tamaño de empresa en el sector manufacturero y de servicios, se escogieron estas actividades económicas dado que son las principales en contar con el mayor monto de empresas adheridas a esta norma. Debido a que los datos de INEGI (2008; 2013) muestran que la industria manufacturera incurre en altos costos por degradación del ambiente, se profundizó el análisis de este sector con el apoyo de información de otras investigaciones y del estudio de la adopción de la certificación ISO 14001 a nivel de rama industrial. En nuestro estudio intentamos analizar los factores que contribuyen a que las industrias adopten esquemas voluntarios ambientales como la norma ISO 14001, mediante la utilización de información proveniente de estudios vinculados al tema. Conocer estos factores determinantes permitirá comprender las razones que llevan a que algunas empresas mexicanas incorporen estos esquemas voluntarios y si realmente, estas acciones que toman se ven reflejadas en una mejor conducta ambiental por parte de ellas. En este sentido, la investigación puede aportar elementos que conduzcan a entender la efectividad de los compromisos unilaterales ambientales de carácter ambiental por parte de las empresas.

Resultados y discusión

Considerando la información de la ISO (2011), La figura 1 muestra la tendencia de los certificados ISO 14001 en México durante 1999-2011, en términos generales, la tendencia es aumentar con una tasa anual de crecimiento aproximada de 18% -calculada por medio de la ecuación 1- y prácticamente a partir de 2007 se duplicó su número, sin embargo, en comparación con Estados Unidos, Canadá y Brasil en el lapso referido, el país en promedio –estimado mediante la ecuación 2- tuvo una cantidad menor de estos certificados en 200%, 103% y 100% respectivamente.

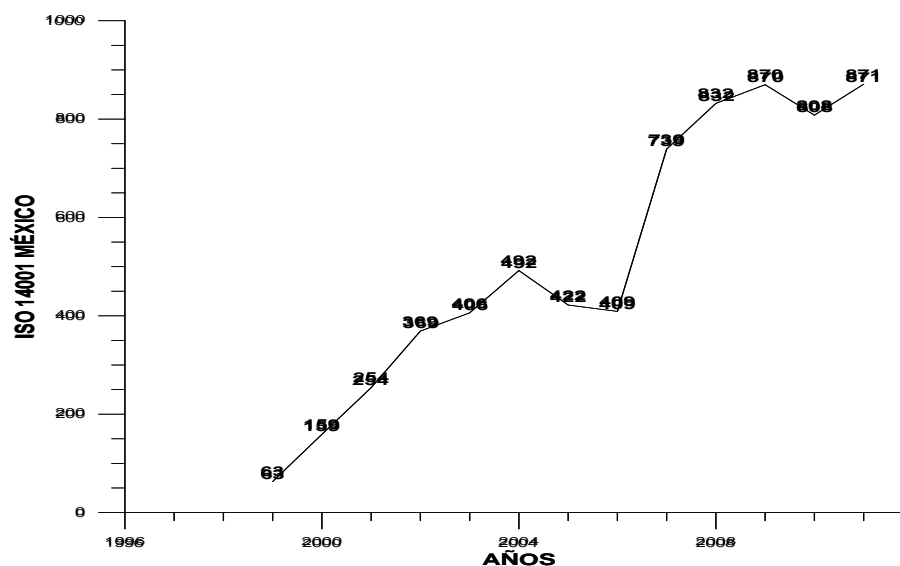


Figura 1. ISO 14001 en México (1999-2011)

Dentro de los sectores económicos, es el manufacturero el que tiene el mayor número de establecimientos medianos y grandes con certificados ISO 14001 (Figura 2). Esta tendencia confirma los análisis hechos en el estudio de Dasgupta, Hettige & Wheeler (2000), donde muestran como las grandes empresas manufactureras en México tienen una mayor probabilidad de adoptar políticas encaminadas a mejorar su desempeño ambiental y las que se certifican con ISO 14001 presentan mejores prácticas ambientales. Por su parte, en el trabajo de Montiel y Husted (2009) se destaca que es muy probable que las empresas grandes agrupadas en pequeñas organizaciones industriales, comparadas con las empresas pequeñas que están integradas a grandes cámaras y asociaciones empresariales, tengan los recursos suficientes (económicos, sociales, intelectuales, políticos, etcétera) para comportarse como empresas institucionales y adoptar programas de administración ambiental como el ISO 14001.

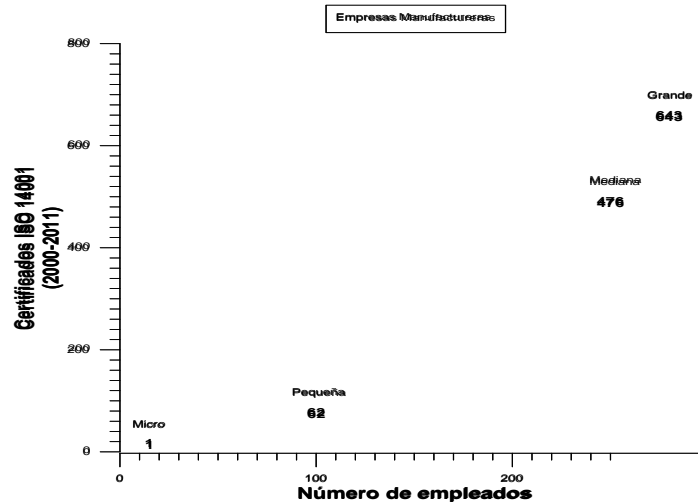


Figura 2. Establecimientos manufactureros por tamaño con ISO 14001 (2000-2011)

Por otra parte, en la misma figura 2 se observa el otro contraste, la poca participación en la norma ISO 14001 de las micro y pequeñas empresas manufactureras en México. Domínguez (2003), con base en unas encuestas en la zona metropolitana del valle de México, agrega que las micro y pequeñas empresas mostraron un desempeño ambiental más bajo que las grandes empresas, siendo las micro y pequeñas industrias manufactureras las que contaron con índices menores en promedio en el cuidado ambiental. Se puede observar que existe una relación de las industrias más contaminantes del sector manufacturero (Tabla 1) con el número de certificados ISO 14001 por rama de ese sector (Figura 3), sin embargo a este nivel de estudio no se puede establecer la dirección (positiva, negativa o nula) de las variables. Lo que sí se puede realizar, es mostrar mediante algunos estudios o casos por rama industrial alguna evidencia del comportamiento ambiental con la norma certificadora.

Tabla 1. Industrias más contaminantes

RAMAS INDUSTRIALES
Pulpa de madera, papel y cartón
Sustancias químicas industriales básicas
Refinerías de petróleo
Cemento, cal y yeso
Industrias básicas de hierro y acero
Industrias básicas de metales no ferrosos

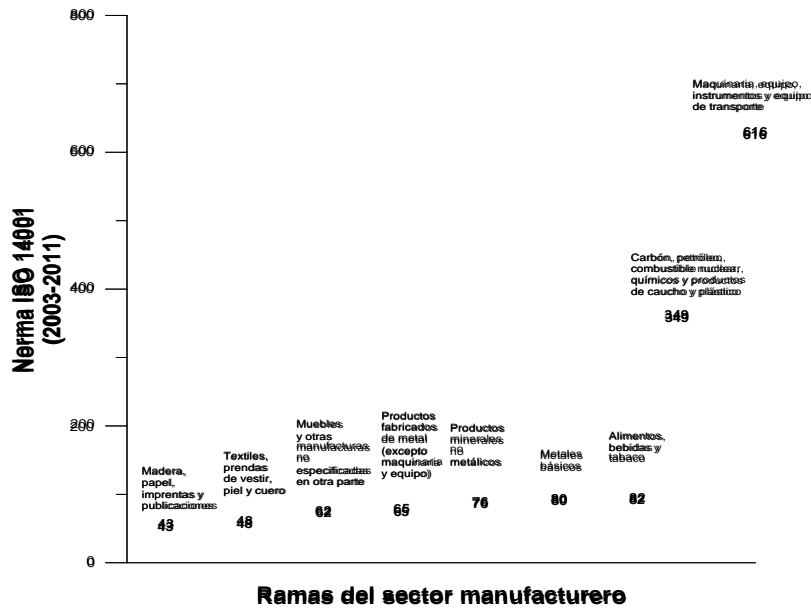


Figura 3. Certificados ISO 14001 por ramas del sector manufacturero (2000-2011).

Por ejemplo, Romo et al. (2005) refieren que las industria del acero (industria metálica básica) y del cemento (fabricación de productos a base de minerales no metálicos).se caracterizan por establecer procesos de concertación ambiental con la autoridad reguladora. Por su parte, la industria del cemento suscribió dos documentos con organismos federales, en el primero, la industria participa en programas de manejo y coprocesamiento de materiales y residuos, conservación y mejoramiento del ambiente, y aprovechamiento óptimo de los recursos naturales; en el segundo, se pretende sanear predios contaminados con llantas de desecho en los municipios de la frontera norte. Por su parte, la industria del acero concertó con la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) un marco técnico normativo que le dio mayor certeza jurídica en el manejo ambiental, y apoyo del gobierno para simplificar las gestiones ambientales. Darnall (2003), argumenta que las empresas que demuestran experiencia en el mejoramiento continuo de su gestión ambiental, serán las primeras en adoptar esquemas de certificación ISO 14001. No obstante, el comportamiento ambiental favorable de ciertas empresas o industrias del sector manufacturero en los recientes años, todavía se observa que una de las actividades económicas que más contribuyen a los costos por degradación del ambiente es la manufacturera (Figura 4). Específicamente, la producción de bienes en estas industrias está acompañada de una creciente contaminación del agua –descargas de aguas residuales no tratadas a lagos, lagunas, ríos, estuarios, etcétera- y del aire –emisiones de contaminantes por fuentes fijas-.

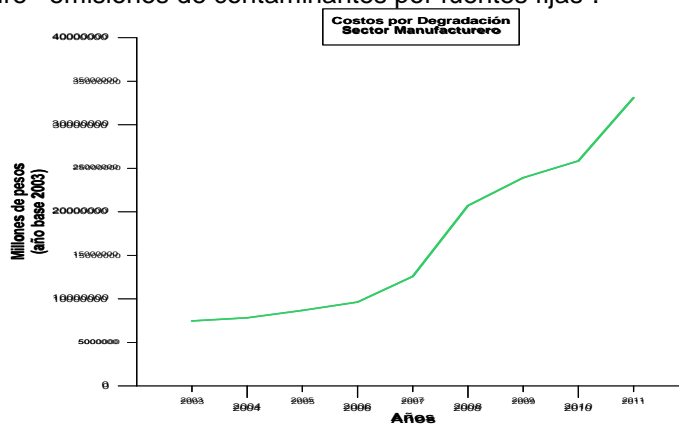


Figura 4. Costos por degradación en millones de pesos de las industrias manufactureras (2003-2011).

En la figura 5 se presenta el caso del sector servicios, ramas como el transporte aéreo, ferroviario, marítimo, autotransporte de carga, autotransporte de pasajeros; hoteles y restaurantes; hospitales; empresas de servicios de manejo de residuos y desechos o de tratamiento de residuos peligrosos, suelen ocasionar desechos y emisiones de contaminantes. “Su contribución (servicios) a la contaminación de aguas freáticas y suelos puede ser considerable y quizá comparable con la de la industria; sin embargo, es curioso que se conozca poco sobre ella” (Mercado, 1999, p. 239). Idéntico al sector manufacturero, son las medianas y grandes empresas las que cuentan con el mayor número de certificaciones ISO 14001, y también este estrato de establecimientos son los que presentan un promedio mayor en su desempeño ambiental (Domínguez, 2003).

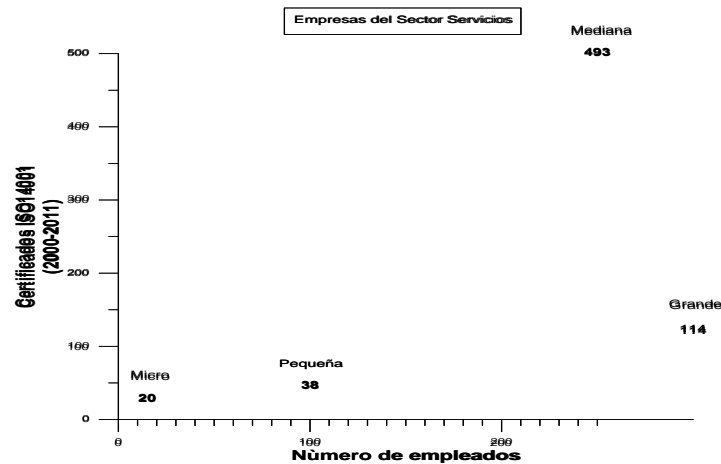


Figura 5. Establecimientos de servicios por tamaño con norma ISO 14001 (2000-2011)

Trabajo a futuro

Analizar qué factores contribuyen a que las pequeñas y medianas empresas en México casi no adopten esquemas voluntarios ambientales, específicamente la norma ISO 14001.

Conclusiones

A México le falta mucho camino por recorrer en cuanto al número de empresas certificadas por la ISO 14001, dado que se encuentra muy por abajo en relación con otros países industrializados del primer mundo y de Brasil; además es necesario una mayor participación dentro de estos esquemas de la micro y pequeña empresa, pues es la mediana y gran empresa las que cuentan con una mayor aportación en la cantidad de empresas certificadas con esta norma. A pesar del crecimiento positivo en los últimos años en la adopción de la ISO 14001 por parte de las empresas manufactureras, no se ha reflejado en menores costos por degradación del ambiente en el conjunto del sector. Este hecho se ve reforzado con el estudio de Blackman (2011), quien demuestra que en promedio las plantas certificadas con esta norma no tuvieron un mejor desempeño en el cumplimiento de las regulaciones ambientales que las empresas no certificadas, lo cual se explique, según el autor, por que el efecto de la ISO 14001 sobre el cumplimiento fue limitado o temporal.

Referencias

1. Arimura, H.T., Darnall, N. and Katayama, H. (2011). Is ISO 14001 a gateway to more advanced voluntary action? The case of green supply chain management. *J. Environ. Econ. Manage.* (61) 170-182.

2. Arimura, H.T., Hibiki, A. and Katayama, H. (2008). Is a Voluntary Approach an Effective Environmental Policy Instrument? A Case for Environmental Management Systems. *J. Environ. Econ. Manage.* **(55)** 281-295.
3. Barde, J-P. (1994). *Economic instruments in environmental policy: lesson from the OECD experience and their relevance to developing economies*. OECD Development Centre, Technical Paper 92.
4. Belausteguigoitia, J. C., Merino, G. y Samaniego, R. (2001). *La inserción de la gestión ambiental en las políticas sectoriales de Latinoamérica y el Caribe: El caso de los sectores energético e industrial en México* (Versión final) Ciudad de México, México: Instituto Tecnológico Autónomo de México, Centro de Investigaciones en Políticas Públicas.
5. Blackman, A. (2011). Does Eco-Certification Boost Regulatory Compliance in Developing Countries? ISO 14001 in Mexico. *J. Regul. Econ.* **(42)** 242-263.
6. Cascio, J., Woodside, G. y Mitchell, P. (1997). *Guía ISO 14000. Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental*. Distrito Federal, México: McGraw-Hill.
7. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). (2011). Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica (SIICYT). Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp>
8. Darnall, N. (2003). Why firms certify to ISO 14001: An institutional and resource based view. *Academy of Management Proceedings One*. A1-A6
9. Dasgupta, S., Hettige, H. and Wheeler, D. (2000). What Improves Environmental Performance? Evidence from Mexican Industry. *J. Environ. Econ. Manage.* **(39)** 39-66
10. Domínguez, L. (2003). Necesidades ambientales de bienes y servicios ambientales en las micro y pequeñas empresas: el caso mexicano. Santiago de Chile, Serie Medio Ambiente y Desarrollo No. 61. Comisión Económica para América Latina.
11. Goulder, L. H. & Parry. W. H. (2008). Instrument Choice in Environmental Policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2 (2), 152-174.
12. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2008). SCNM: Sistema de Cuentas Nacionales de México: Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2003-2006: base 2003. México, INEGI.
13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013). Sistema de Cuentas Nacionales de México: cuentas económicas y ecológicas de México 2007-2011: año base 2003. México, INEGI.
14. International Organization for Standardization (2011). The ISO survey 2011. Recuperado de <http://www.iso.org/iso/survey2011.pdf>
15. Mercado, A. (1999) Las decisiones ambientales de las empresas prestadoras de servicios. En A. M. García (Ed.) *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México* (pp. 239-264) Distrito Federal, México: Fondo de Cultura Económica.
16. Montiel, I. y Husted, B. W. (2009). The Adoption of Voluntary Environmental Management Programs in Mexico: First Movers as Institutional Entrepreneurs. *J. Bus Ethics.* **(88)** 349–363
17. O'Connor, D. (1999). La aplicación de instrumentos económicos en países en vía de desarrollo: de la teoría a la implementación. En A. M. García (Ed.) *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México* (pp.43-105). Distrito Federal, México: Fondo de Cultura Económica.
18. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (1999) *Voluntary Approaches for environmental policy: an assessment*. Paris, Francia: OECD Publications Service.
19. Romo, M d., Romero, H. O. y Samaniego B. R. (2005) *Industria y medio ambiente en México: hacia un nuevo paradigma para el control de la contaminación*. Distrito Federal, México: Miguel Ángel Porrúa.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Diseño e implementación de una metodología para un SGC en una empresa de giro marítimo

I. O. Notario Martínez¹, A. A. Aguilar Laserre¹, G. Cortes Robles¹, G. Cabrera Zepeda¹, M. Romero Montoya¹

¹Departamento de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba. Oriente 9 número 852, col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver. México

*omar4notario@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Administrativa- Administración de la Calidad

Resumen

Hoy en día la calidad es de vital importancia para la empresa que desea seguir compitiendo en el mercado, ya que en estos tiempos es determinante la satisfacción de cliente, para poder cumplir con calidad, existen normas internacionales que regularizan procedimientos laborales, obteniendo calidad en su producto o servicio. Basándose en la norma internacional ISO 9001:2008, se puede asegurar la calidad del producto y/o servicio, ampliando el mercado nacional e incluso el mercado internacional.

En el presente trabajo da a conocer la metodología que se creó para implementar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en el área administrativa de una empresa marítima dedicada a remolques de altura, para conseguir la mejora y control de sus actividades administrativas, como son: control de procesos, mejor toma de decisiones, agilidad en documentos, mejor atención al cliente entre otros. A través de la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001-2008.

Palabras clave: Calidad, ISO 9001-2008, SGC

Abstract

Today quality is of vital importance to the company you want to stay competitive in the market, because in these times is determining customer satisfaction, quality to meet, there are international standards regularizing labor procedures, obtaining quality in their product or service. Based on the international standard ISO 9001:2008, we can ensure the quality of the product and / or service, expanding the domestic market and even the international market.

In the present study presents the methodology that was created to implement the administrative area of a maritime company dedicated to trailers high, for improved control and administrative activities, such as: process control, better decision making, agility documents, best customer service among others. Through the implementation of a Quality Management System based on ISO 9001-2008.

Introducción

La calidad en el producto y/o servicio se ha considerado como uno de los asuntos más importantes en el mundo de los negocios en la actualidad. El objetivo principal es cumplir los requerimientos del cliente y cerciorarse que todos los procesos de la organización, contribuyan a satisfacer sus necesidades. Si los clientes están satisfechos con el producto o servicio obtenido retomarán al mismo proveedor una y otra vez para todas sus adquisiciones.

Para ser competitivos en el mundo actual hay que brindar bienes y servicios de alta calidad. Si se proporciona calidad a estos, se obtendrá un incremento de satisfacción al cliente. Actualmente, la calidad es una característica muy apreciada por el consumidor. Éste busca rapidez, confiabilidad, eficiencia y garantía como algunas cualidades esperadas en la adquisición de un bien o servicio.

Es por ello que la calidad se toma un papel cada vez más importante, y se utiliza como objetivo estratégico para lograr la fidelidad del cliente sobre la empresa, así también ampliando la cuota del mercado sobre las base de la satisfacción, afectando de manera positiva el resultado final del producto o servicio por la implantación de SGC

Un Sistema de Gestión de Calidad se define como: Conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan para establecer la política, los objetivos y controlar una organización con respecto a la calidad (Norma ISO 9000 fundamentos y vocabulario)

Los sistemas de gestión de calidad se adoptan en las empresas sin importar su giro con el propósito de controlar y mejorar los procesos que intervienen en su producto y/o servicio, logrando la mejora de la calidad en estos.

La adopción de un SGC debería ser una decisión estratégica que tome la alta dirección de la organización. El diseño y la implementación en una organización están influenciados por diferentes necesidades, objetivos particulares, los productos que proporciona, los procesos que emplea y el tamaño y estructura de la organización. El propósito de una organización es (ISO, 2000)

Según Jackson y Asthon (1996) un Sistema de Gestión de Calidad es y va más allá que tener documentos. La calidad bien planeada y los manuales de procedimientos son vitales, y no con menos importancia el sistema depende a su vez de la personas que lo implantan. El personal, incluso el que tiene trabajos gerenciales con alguna especialización en calidad, determina el sistema ha tenido éxito o no.

La metodología propuesta para implementar el SGC se diseñó exclusivamente para un área específica de la empresa de giro marítimo la cual es el área de administración y finanzas, decidiéndose así por motivos de carácter gerencial, teniendo como la implementación en esta área un prueba piloto para que tiempo después sea proyectada a las demás áreas que componen a la empresa, teniendo como objetivo final el logro de una certificación bajo la norma ISO 9001-2008.

La presente metodología sirve como base para la implementación del SGC permitiendo la satisfacción de sus clientes al ofrecer servicios de calidad, al ofrecer servicios de calidad, posicionándose como una organización líder en un entorno cada vez más competitivo.

El objetivo principal de la implementación de la metodología en la empresa de giro marítimo, es obtener un SGC bajo la norma ISO 9001-2008 en el área administrativa, con la finalidad de identificar adecuadamente los procesos, estandarizar los procedimientos del área y lograr la satisfacción de cliente.

Metodología

La metodología que se describe en el presente trabajo (ver fig. 1) consta de nueve fases divididas en dos partes para su implementación. La primera parte trata sobre el diseño y cumplimiento de los requisitos que debe cumplir la empresa, además de establecer la mentalidad que necesita el recurso humano para trabajar bajo los conceptos de calidad. Esta primera parte de la metodología consta de fases en paralelo como son: "Desarrollo de documentos de calidad - Análisis y diagnóstico de conocimientos", "Establecer variables para medir la calidad – Desarrollo de un plan de capacitación", el desarrollo de las fases en paralelo son simultáneas, y al desarrollarlas no interfieren una con otra entre sí, teniendo la oportunidad de hacer a la metodología práctica y de rápida aplicación.

La segunda parte de la metodología refiere a la implementación y seguimiento del SGC con su fase de auditorías para poder evaluarlo. Así también se muestran las conclusiones y recomendaciones pertinentes para poder llevar a cabo la implementación, en alguna otra área de la empresa de giro marítimo.

A continuación se representa de manera gráfica la metodología propuesta (ver fig. 1) donde se muestran el orden de las fases para su implementación. Posteriormente se llevará a cabo una descripción de cada fase de la metodología

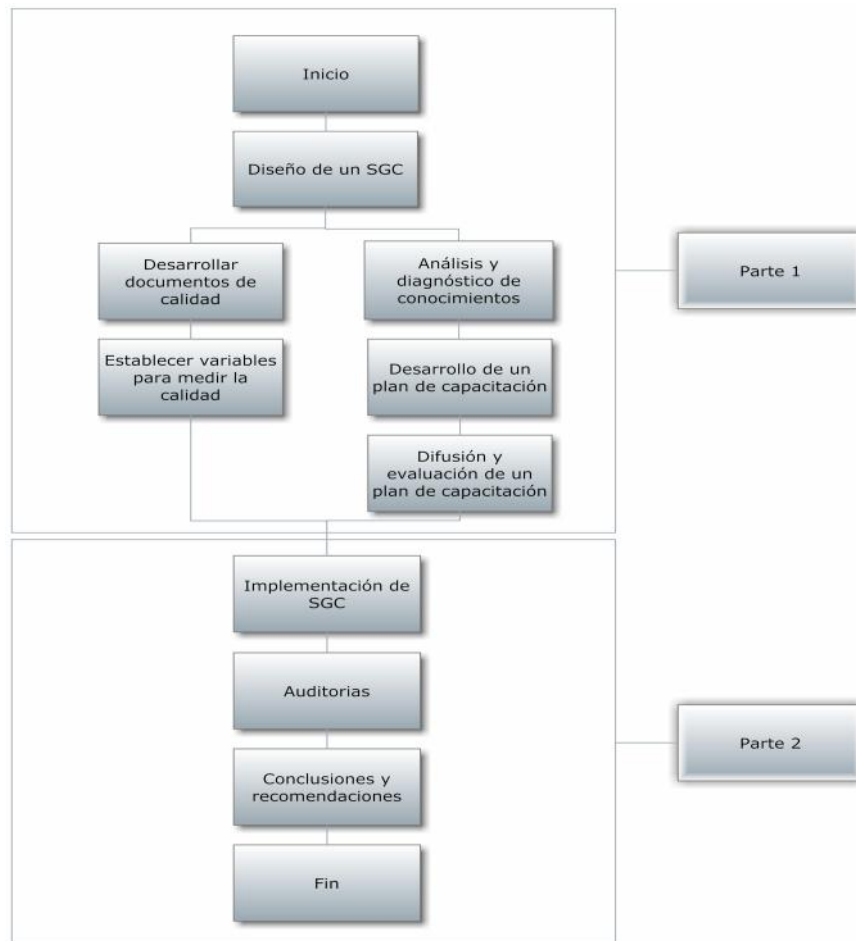


Figura 1. Metodología para el desarrollo de un SGC en el área administrativa de una empresa de giro marítimo. Fuente: propia.

La etapa 1; Primera parte de implementación.

Esta etapa conjunta solo las fases de planeación, desarrollo y análisis de la metodología, obteniendo la satisfacción de las necesidades que requiere el SGC para la empresa de giro marítimo.

Fase 1: Diseño de un SGC

En esta primera fase trata de la creación del diseño del SGC del área administrativa de la empresa de giro marítimo, satisfaciendo los requisitos necesarios para que posteriormente se pueda implementar el SGC, dando así la estructura de la metodología a implementar. A partir del buen diseño dependerá el funcionamiento y éxito del SGC.

Fase 2: Desarrollar documentos de calidad.

Esta fase consiste en la creación de todos los documentos de calidad y procesos que la empresa de giro marítimo necesita para poder iniciar la implementación del Sistema Gestión de Calidad. Los documentos de calidad son:

- Manual de calidad.
- Manual de procedimientos del área administrativa.

Fase 3: Análisis y diagnóstico de conocimientos.

En paralelo al desarrollo de documentos de calidad se plantea un diagnóstico situacional en el área administrativa de la empresa de giro marítimo través de entrevistas y la aplicación de encuestas sobre los conocimientos de los trabajadores acerca de temas de calidad, normas, procedimientos e instructivos de trabajo.

Fase 4: Establecer variables para medir la calidad

Se determinaron las variables de medición de la calidad para el área administrativa de la empresa de giro marítimo. Estas variables permiten definir los conceptos operacionales para calificar los procedimientos del área administrativa, dándole control y sirviendo para su la evaluación mediante el SGC.

Fase 5: Desarrollo de un plan de capacitación.

Una vez detectadas las principales necesidades de capacitación en la fase anterior, se propone un plan de capacitación para el personal involucrado en cada proceso. Esta capacitación inicial se enfocará a temas exclusivos de calidad y sistemas de gestión de calidad.

Fase 6: Difusión y evaluación del plan de capacitación.

La difusión de la capacitación se desarrolla en vinculación con la alta gerencia, siendo de vital importancia para su funcionalidad y éxito. Los puntos a cubrir en la difusión que se realizaron son:

- Anuncios
- Memorándums
- Invitaciones personales

Con el objetivo de promover el plan de capacitación y así mismo difundir todos los conceptos de calidad al personal del área administrativa.

La evaluación del plan de capacitación consiste en evaluaciones correspondientes al contenido de cada tema de acción sobre los trabajadores, a través de cuestionarios. Con esto se asegura la comprensión de los temas impartidos ya que se tiene en ellos una retroalimentación.

La etapa 2; Segunda parte de implementación.

Esta etapa se conjunta solo las fases de desarrollo y evaluación de la metodología, obteniendo la satisfacción de las necesidades que requiere el SGC para la empresa de giro marítimo.

Fase 7: Implementación del SGC.

Se pondrá en marcha el Sistema Gestión de Calidad en el área administrativa de la empresa de giro marítimo. En esta fase, el personal participará activamente en cumplir con lo establecido en los procedimientos y/o instructivo de trabajo que le concierne, generando y llevando un control de los registros de calidad que se requieran.

Fase 8: Auditorías.

En esta fase de auditorías se evaluará la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad en el área administrativa a través de un programa de auditorías internas donde participara el personal de la empresa para verificar el cumplimiento de los procesos de trabajo establecidos, así como el funcionamiento del SGC. Con esto se podrán corregir los errores del sistema, y así obtener un funcionamiento adecuado del SGC.

Fase 9: Conclusiones y recomendaciones (Metodología)

Por último, se realiza las conclusiones y recomendaciones pertinentes con base en los resultados obtenidos de la implementación del Sistema Gestión de Calidad en el área administrativa de la empresa de giro marítimo.

Resultados y discusión

De acuerdo a las fases de implementación de la metodología, estas fases arrojan resultados por cada una de ellas. A continuación se presentaran los resultados pertinentes de cada fase sujeta a análisis de resultados

Análisis y situacional de la empresa

A continuación se presenta la gráfica 1 hecha a partir de un análisis situacional previo al área administrativa de la empresa de giro marítimo.



Gráfica 1. Personal capacitado del depto. del área administrativa.

Se observa en la gráfica 1 que en el área administrativa de la empresa de giro marítimo, no tienen una cultura de calidad, ya que pocos son los trabajadores que han recibido algún tipo de capacitación (11%) sobre temas de calidad. Y el demás personal no ha tenido ningún tipo de capacitación (89%)

De acuerdo a la fase 3 “Análisis y diagnóstico de conocimientos” los trabajadores del área administrativa de la empresa de giro marítimo fueron evaluados determinando los conocimientos relacionados con los temas de calidad. Esta evaluación de conceptos determina los cursos a desarrollar e implementar en el plan de capacitación (fase 5, primera parte de la metodología). A continuación se presenta la tabla 1 el concentrado de calificaciones de conceptos evaluados para determinar cursos a implementar en el área administrativa.

Concepto evaluado	Calificación en porcentaje
Conocimientos de términos sobre procesos	0.75
Conocimiento relacionado a la gestión	0.72
Metas en el área de trabajo	0.71
Conocimientos generales sobre calidad	0.71
Conocimiento relacionado a la gestión de calidad	0.67
Procedimientos	0.57
Actividades	0.56
Objetivos de calidad	0.51
Política de calidad	0.51
Procesos relacionados con el servicio	0.42

Tabla 1. Concentrado de calificaciones de conceptos evaluados para determinar cursos a implementar en el área administrativa.

De acuerdo a la fase 5 “Desarrollo de un plan de capacitación” se implementaron distintos cursos para poder implementar el SGC en el área administrativa. La tabla 2 muestra los cursos implementados en el área administrativa con duración en minutos nos muestra los cursos implementados y su duración en min que cada uno tuvo.

Cursos implementados en el área administrativa	Minutos
Calidad	120
Normas ISO	100
Procedimientos	120
Conocimientos Calidad en el servicio	100
Calidad y mejora continua	100
Presentación del SGC	120
Auditoría interna	120
Cómo recibir una auditoría	100

Tabla 2. Cursos implementados en el área administrativa con duración en minutos.

La implementación de los cursos tuvo un impacto fuerte en el entendimiento de los trabajadores en temas de calidad, implementación el SGC y la fase de auditorías, reflejándose en la facilidad de desarrollo de las mismas.

Impacto de la implementación del SGC

A continuación se presentan las figuras 2 y 3, donde puede observar que la implementación del SGC tuvo impacto en el organigrama general de la empresa ya que se creó el nuevo departamento de SGC de la empresa de giro marítimo.

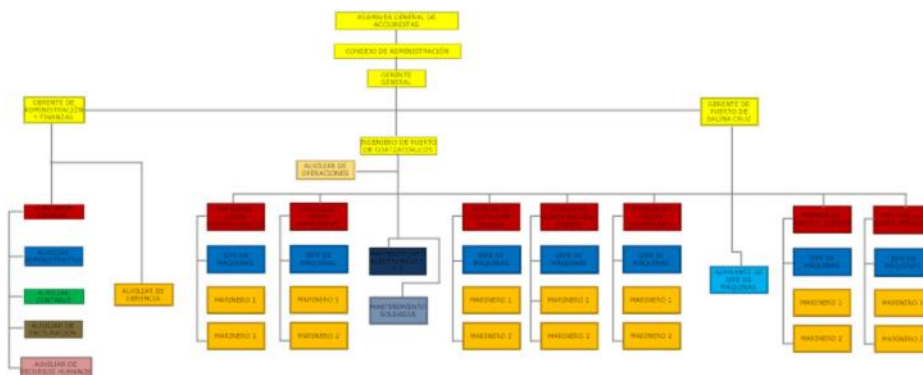


Figura 2. Organigrama de la empresa de giro marítimo antes de la implementación del SGC. Fuente: Manual de Calidad de la compañía de giro marítimo. Versión 1.

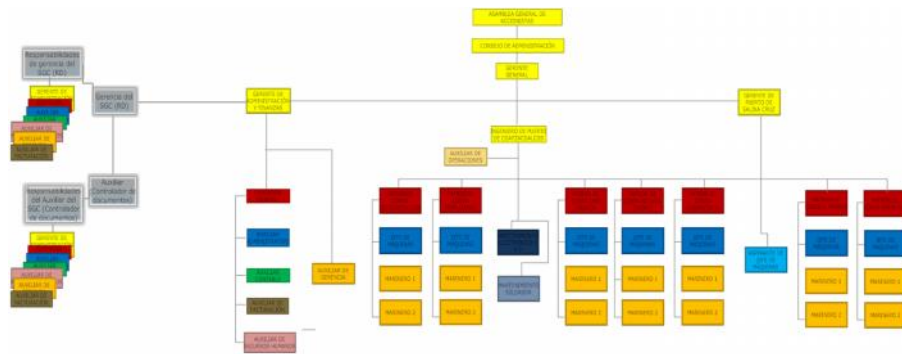


Figura 3. Organigrama de la empresa de giro marítimo, después de implementación del SGC fuente: manual de Calidad de la compañía de giro marítimo. Versión 2.

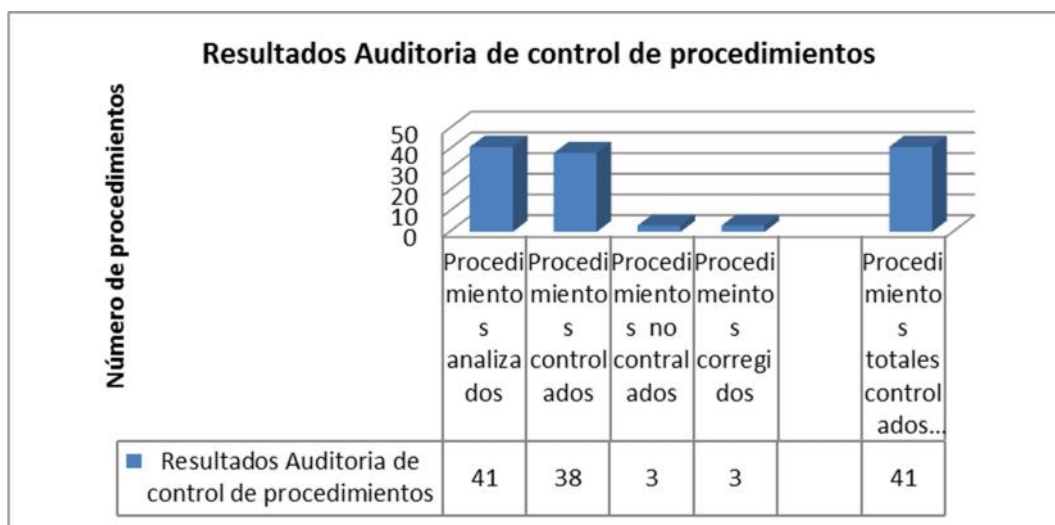
El establecimiento del nuevo departamento del SGC propició a una nueva estructura de la empresa, dando formalidad a la implementación del SGC, así también, tuvo impacto en la generación de nuevos puestos de trabajo por lo cual benéfica a la sociedad de la ciudad donde la empresa desarrolla sus actividades laborales. Los puestos de trabajo que se generaron son:

- Gerente del departamento del SGC (Representante de la dirección)
- Auxiliar del SGC (controlador de documentos)

Cabe señalar que los puestos de trabajo del departamento del SGC y los del área administrativa vinculan entre ellos mismos. En el organigrama se muestra a través de colores la relación que hay entre cada uno de ellos. (se determinó un color a cada puesto de trabajo y/o jerarquía de mando)

Resultados de la auditoría

La implementación del SGC es controlada a partir de la fase de auditorías, teniendo como prioridad el control de los procedimientos, ya que estos son los que directamente afectan a la satisfacción del cliente. A continuación se presenta la gráfica 2 que muestra los resultados de la auditoría del control de procedimientos.



Gráfica 2. Resultados de auditoría de control de procedimiento.

Conclusiones

La comprensión de la metodología propuesta para este proyecto es determinante para la implementación del SGC en la empresa de giro marítimo, ya que se necesitó crear una metodología exclusivamente para la empresa en su área administrativa, satisfaciendo las necesidades que esta presentaba, así bien cada fase tiene su propósito propio, las cuales son necesario cumplirlas exitosamente, para que el SGC sea funcional.

Es fundamental poder implementar la primera parte de la metodología con éxito, y en cada una de sus fases, ya que para la segunda parte (implementación del SGC y auditorías) se verá reflejado en los conocimientos adquiridos por los trabajadores en los temas de calidad, así como la creación de los documentos de calidad que es el sustento que da orden y apego a la empresa con la norma ISO 9001-2008.

En la segunda parte de la metodología, la fase de implementación del SGC y la fase de auditorías se concluyen satisfactoriamente los resultados, ya que en estos se demuestra que existe control de todas las actividades que se realizan en el área administrativa. Y al tener éxito en la fase de auditorías se comprueba que el SGC fue bien implementado, y que los trabajadores comprendieron su funcionalidad en la empresa.

Agradecimientos

A Dios por no hacerme perder fuerzas, ni el camino.

A mi primogénito, que motiva mi vida.

A la empresa por el financiamiento del proyecto y prestar todos los recursos necesarios (información, tiempo e instalaciones).

Referencias

1. Norma ISO 9000 fundamentos y vocabulario
2. ISO (2000). Norma Internacional ISO 9004:2000. Sistemas de gestión de la calidad- Directrices para la mejora del desempeño. México.
3. Jackson, Peter y Asthon, David, Implemente calidad de clase mundial, Editorial Limusa, México, 1996.
4. Manual de Calidad de la compañía de giro marítimo. Versión 1.
5. Manual de Calidad de la compañía de giro marítimo. Versión 2.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

PYMES: capacidades y sistema local de innovación en Aguascalientes, el clúster de alimentos

M. Feria Cruz^{1*}, S. Estrada Herrera¹, M. A. Rodríguez Esquivel¹, R. B. Sierra Ortiz² y G.A. Mejía Bernal³

¹Departamento Económico-Administrativo, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Av. Tecnológico #1801.

Fracc. Bona Gens, C.P. 20256 Aguascalientes, Ags.

¹*fericruz@prodigy.net.mx

²Departamento de Ingeniería Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, C.P. 20256 Aguascalientes, Ags.

³Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, C.P. 20256 Aguascalientes, Ags.

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

La importancia del trabajo radica en que permite identificar la formación y consolidación de la capacidad innovativa de las PYMES del clúster de alimentos en contextos territoriales y económicos específicos, caracterizando su nivel de desarrollo y proporcionando evidencia de este conglomerado mediante la forma en que las empresas operan, se vinculan y construyen su capacidad innovativa para generar condiciones que produzcan procesos de innovación.

Los resultados arrojan problemas para generar procesos de desarrollo local virtuosos, en base a perfiles de especialización productiva centrados en una creciente respuesta a demandas de los mercados globales y con impulso en las innovaciones. Se recomienda la articulación de una oferta integral de servicios y estímulos de apoyo a la innovación, que consideren estrategias pertinentes a cada sector empresarial generando un esquema efectivo de vinculación con la comunidad científica-tecnológica, incluyendo la creación de unidades de vinculación y transferencia del conocimiento tanto para las Pymes como por cadena productiva.

Palabras clave: Clúster, capacidad de innovación, procesos de innovación.

Abstract

The importance of the work lies in its ability to identify the formation and consolidation of innovative capacity of SMEs food cluster in specific territorial and economic contexts, characterizing their level of development and providing evidence of this cluster by the way in which businesses operate are linked and build their innovative capacity to generate conditions that produce innovation processes.

The results show trouble generating virtuous local development processes, based on specialization profiles centered response to growing demands of global markets and innovations momentum. It is recommended that the articulation of a comprehensive range of services and incentives to support innovation, consider strategies business sector relevant to each cash generating scheme links with scientific and technological community, including the creation of linkage units and knowledge transfer both SMEs as chain.

Introducción

El desarrollo económico en el mundo responde a cambios en las estructuras sociales y específicamente a los movimientos del mercado, las nuevas formas en que se conforman las estrategias productivas son el elemento clave para responder a las necesidades de los consumidores, por ello, surgen los complejos productivos llamados clusters. Estos conglomerados industriales pueden ser la respuesta a la búsqueda de mayores niveles de innovación y competitividad de las empresas a través de un proceso de integración y asociatividad entre cada uno de los elementos que conforman la agrupación. En este escenario marcadamente global, la capacidad

endógena tecnoproductiva de los agentes y el grado de desarrollo del territorio en el que actúan se han convertido en elementos clave para la construcción de ventajas competitivas y donde la capacidad de innovación cobra vital importancia (Boscherini y Poma, 2000; Feria, 2005).

En el nuevo esquema competitivo se torna importante la manera en como las empresas responden ante esta situación y cómo idean, planifican y realizan desarrollos y mejoras de productos y procesos, que los llevan a cambios organizativos dirigidos a nuevas formas de vinculación en el mercado. Así, los agentes del sistema tratan de aumentar su *capacidad innovativa*, entendida como la potencialidad de los agentes para transformar conocimientos genéricos en específicos a partir de su acervo de competencias, lo que involucra aprendizajes formales e informales, codificados y tácitos (Boscherini y Yoguel, 2000).

Los cambios producidos en las últimas décadas han provocado importantes transformaciones en el escenario mundial lo cual ocasiona un aumento de la presión competitiva y de las incertidumbres estratégicas que enfrentan los agentes. Los cambios en los paradigmas tecnoorganizativos, intensivos en información y conocimiento han acelerado la globalización de los mercados y sobre todo la competitividad (Feria, 2005). La consecuencia que provoca este conjunto de cambios conduce también a una modificación de la concepción anterior de la competitividad, considerada como un fenómeno exclusivamente de naturaleza macroeconómica determinada por ventajas comparativas estáticas o influida por la dotación factorial. Las políticas industriales del Gobierno del estado de Aguascalientes han estado enfocadas al desarrollo de la competitividad de la planta productiva estatal y la formación de clusters ha sido una de las estrategias aplicadas para dicho fin.

En este trabajo, los clusters se definen como “una aglomeración territorial de industrias estrechamente relacionadas entre sí, y en su mayoría nacen debido a una coincidencia histórica” (Meyer-Stamer y Harnes-Liedtke, 2005:1). A nivel internacional el desarrollo de clusters ha significado un incremento en los niveles de innovación, productividad y competitividad, por ello es importante realizar un diagnóstico de la situación de la manera en que establecen sus relaciones las diversas empresas que conforman el clúster de alimentos en Aguascalientes, mediante la construcción de su capacidad innovativa.

El contexto territorial tiene una fuerte influencia sobre la evolución y difusión del conocimiento y las innovaciones. El carácter tácito de la difusión de conocimiento, es el conjunto de elementos difíciles de codificar y, por lo mismo, de difundir formalmente. Cuando estos elementos tácitos se incrementan dentro de la base de conocimiento, la acumulación tecnológica se empieza a basar más en la experiencia y en los contactos interpersonales. Además de las diferentes interrelaciones que se crean entre todos los integrantes del clúster y de la influencia del factor territorial y la difusión de conocimientos existen alicientes que fomentan las integraciones industriales, los principales incentivos para la formación de clúster y alianzas han sido la reducción de los costes de transacción, el desarrollo de nuevas habilidades, y la aceleración del proceso de aprendizaje (Scott y Storper, 2003).

En este contexto, se destaca cada vez más el papel del territorio (Boscherini y Poma, 2000) y, por consecuencia, el contexto social, económico e institucional en el que operan las empresas. En este sentido el papel que desempeñan en el nivel local los agentes institucionales y sociales para el fortalecimiento de la capacidad innovativa de las empresas (Boscherini y Yoguel, 2005), se manifiesta a través de la capacidad de generación de conocimientos tecnológicos, organizativos y de mercado, y del desarrollo de mecanismos que ayudan a su disseminación a lo largo del tejido productivo.

De esta forma, el trabajo que aquí se presenta pretende estimular tanto a los productores como a los administradores del desarrollo sobre las ventajas de construir los procesos de innovación que dejan de ser un fenómeno de carácter individual y se transforman en un fenómeno colectivo en donde lo esencial se manifiesta tanto en la capacidad de interactuar y cooperar, como en la presencia de una estructura institucional adecuada y capaz de promover las actividades innovativas de los agentes económicos.

Así, la característica central, común a estas instituciones (en el marco de un sistema innovativo), es su integración en estructuras reticulares (redes) para desarrollar capacidades tecnológicas, niveles de competitividad y relaciones de cooperación dentro de un espacio económico común. En este trabajo, se entiende por acervo de competencias, “al conjunto de conocimientos, rutinas y habilidades tecnológicas y organizativas (formales e informales) que tienen las firmas” (Boscherini y Yoguel, 2005: 272), para llevar a cabo el desarrollo de la capacidad innovativa. Este acervo de competencias no se reduce sólo a información y equipos sino que también incluye un conjunto de capacidades organizativas, perfiles de conducta y rutinas que influyen en el proceso de toma de decisiones y en el comportamiento innovativo de las empresas. En este

sentido, las capacidades de innovación pueden proveer ventajas competitivas si están basadas sobre una sucesión de rutinas, habilidades que son difíciles de imitar o transferir y, sólo puede entenderse en su conjunto lo que adquiere sentido territorialmente. Es decir, para comprenderla se necesita conocer todo el contexto donde actúan o se construyen por eso se habla de un entorno específico y sistémico (Bianchi, *et al.*, 2005:413).

Así, el presente estudio se ubica en el estado de Aguascalientes, el objetivo del trabajo fue tratar de identificar la manera en que las empresas que conforman el clúster de alimentos de Aguascalientes establecen sus relaciones desde la perspectiva de su integración en redes en cuanto a su forma de operar y vincularse de manera que sus esfuerzos se dirijan hacia la construcción de la capacidad innovativa, a fin de caracterizarlo, detectar su nivel de desarrollo y apuntar algunas causas de sus problemas, sus debilidades y fortalezas.

La pregunta básica que subyace bajo estos grandes lineamientos es: ¿cuál es la relación que existe entre las empresas que integran el clúster de alimentos en Aguascalientes y su nivel de desarrollo en cuanto a la forma de operar y a la manera como se vinculan para que generen la construcción de capacidades de innovación necesarias para su desempeño innovativo y por ende sean más competitivas?. La hipótesis inicial parte de que existe una relación significativa positiva entre las empresas que integran el clúster de alimentos en Aguascalientes y su nivel de desarrollo, pero esta relación, presenta un bajo nivel de integración y por ende una baja capacidad innovativa, lo que está relacionado con bajos niveles de desarrollo de sus entrelazamientos en red, debido al comportamiento desigual de los actores respecto a varios factores como son: el conocimiento y aprovechamiento del sistema de incentivos e instrumentos de apoyo; la capacidad de interacción de todos los actores para producir, adaptar, gestionar, intercambiar y difundir el conocimiento, así como para desarrollar las capacidades tecnológicas necesarias a la creación de un entorno favorable.

El presente trabajo expone, los resultados y evidencias que apoyan la hipótesis planteada, a efectos de lo cual se estructura de la siguiente manera: el apartado 1 presenta de manera condensada el estado del conocimiento en este campo de estudios; el apartado 2 describe los procedimientos metodológicos seguidos para someter a prueba la hipótesis; el apartado 3 presenta el análisis de los datos de campo y discute los resultados obtenidos; el último de ellos, el 4, menciona las conclusiones que se desprenden de la problemática abordada.

Metodología

Materiales y Métodos

El estudio se deriva de un proyecto de investigación más amplio¹, la información se recolectó entre 2012 y 2013 fue procesada y analizada posteriormente. El trabajo es un estudio de caso, se caracteriza por ser transversal, diagnóstico-descriptivo, de tipo exploratorio y correlacional, realizado a través de un cuestionario estructurado con preguntas cerradas mediante la escala Likert (Ganzaroli, *et al.*, 2006).

Para el acopio de la información se utilizó la técnica de encuesta, para lo cual se diseñó y aplicó un cuestionario al sector empresarial con muestreo no probabilístico, considerando criterios seleccionados por el investigador por tamaño de empresa dirigidos a gerentes o dueños de la empresa. El instrumento incluyó 48 preguntas, cerradas, distribuidas en seis apartados, relativos al tipo de relaciones que se tienen en el territorio, mercado, vinculación, cooperación, colaboración, sistema de competitividad y actividades de innovación entre las empresas y con otras instituciones.

Los resultados alcanzados son producto de la metodología cuantitativa con una estrategia estadística no paramétrica para variables clasificatorias con nivel de medición nominal en la que se usó la *Rho de Spearman*, que permite ver el grado de relación respecto a las variables clave que tienen injerencia en la construcción de la innovación y colaboración de las empresas en el entorno.

Caracterización de la muestra

El tamaño de la muestra que fue de 60 PYMES que integran el clúster de alimentos en Aguascalientes; de las cuales 60.4% son pequeñas y 39.6% son medianas con fundamento en la clasificación de empresas del Diario Oficial de la Federación (2009).

¹ Feria Cruz Maribel. (2009). "Capacidades de innovación. Un estudio comparativo de tres clusters. El caso de Aguascalientes". Proyecto autorizado por la DGEST del SNEST.

De la muestra seleccionada para este estudio, el 30% de las empresas son familiares y el 70% son pequeñas y medianas empresas. Del total del 30% de las empresas familiares, el 20.1% son pequeñas y el 9.9% son medianas. Del total del 70% que representan las empresas institucionales, el 41.7% son pequeñas y el 33.3% son medianas.

Identificación y análisis de los micro clusters más representativos

Según la SEDEC para la aplicación del modelo en CIATAC, primero se llevó a cabo un análisis estructural del sector industrial de los alimentos y su tecnología, utilizando el modelo de Porter (1998), con lo cual se obtuvo una visión integral de los principales subsectores industriales y de las fuerzas competitivas.

La información aborda al clúster no solo dentro del sector industrial, sino también desde el enfoque producto / mercado. Este enfoque posibilita analizar la influencia de las empresas en la formulación de sus estrategias competitivas para determinar sus posibilidades a futuro así como el o los segmentos estratégicos en los que compiten fuera de su territorio.

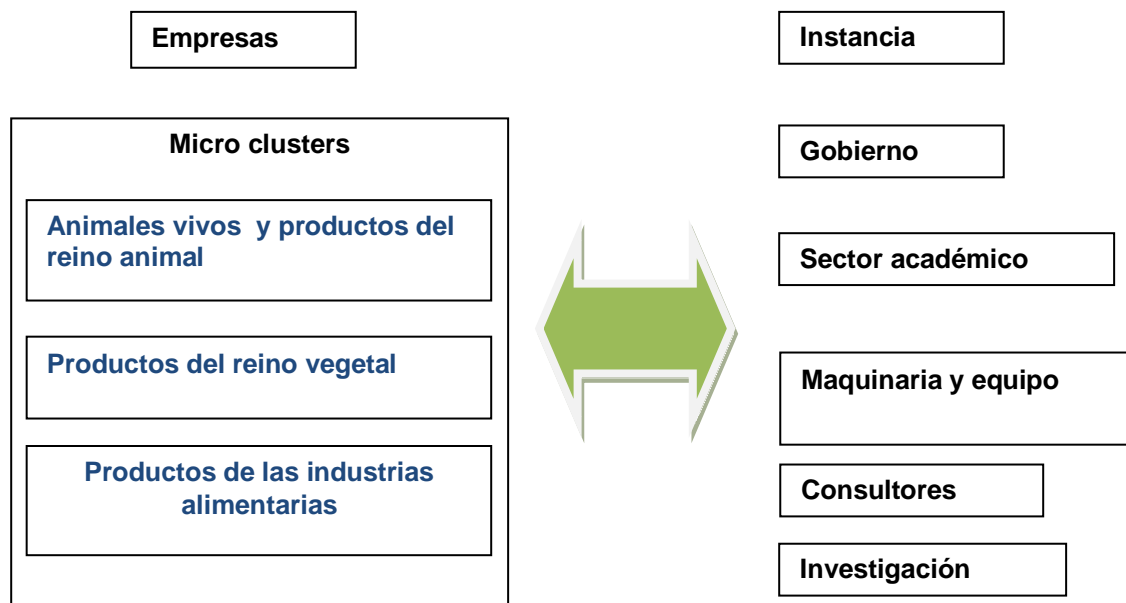


Figura 1. Representación de los micro clúster de CIATAC

Fuente: Elaboración propia con datos de SEDEC (2009) e INEGI (2009).

Por ello, al analizar los principales productos fabricados, su importancia en cuanto a volumen de producción y el valor agregado generado en el proceso, se clasificó a las empresas en segmentos estratégicos, siendo posible identificar los grupos de empresas del territorio que producen bienes o servicios que tienen mayores posibilidades competitivas, tanto de los productos que fabrican como de sus habilidades y conocimientos. De esta forma, aparecen en él tres grandes segmentos estratégicos genéricos (ver figura 1): el de los animales vivos con los productos del reino animal, el de los productos del reino vegetal y el de los productos de las industrias alimentarias (SEDEC, 2010).

Los cuales fueron considerados como micro clusters por su interrelación con el conjunto de sus proveedores, clientes inmediatos, empresas e instituciones relacionadas. De esta forma, el Clúster CIATAC quedó dividido en tres micro clusters como se describe a continuación (ver figura 1).

a) Micro cluster de animales vivos y productos del reino animal. Formado por todas aquellas empresas de productos cárnicos industriales o comerciales, cuyos productos están directa o indirectamente relacionados con alguna de las fases de producción derivada de los animales vivos o productos del reino animal para ser utilizados tanto por el usuario final, como por otros micro clusters. Aquí se encuentran empresas productoras de carne, de leche, huevo, y miel, entre otros productos.

b) Micro clúster de productos del reino vegetal. Se encuentra integrado por todas aquellas empresas alimenticias con fases productivas relacionadas tanto en forma directa como indirecta con alguna de las etapas

de producción derivada del reino vegetal. En este micro clúster se agrupan semillas, pasto y frutas como los principales productos.

c) Micro clúster de productos de las industrias alimentarias. Este micro clúster conjunta a la faceta tecnológica industrial del proceso de producción de alimentos, tiene como proveedores fundamentalmente a los otros micro clusters y a empresas ubicadas tanto en la localidad como en otros territorios geográficos.

Ahora bien, se puede considerar a un producto generado por la industria alimentaria cuando tiene componentes industriales facturados o semi facturados de otros productos o procesos: deshidratación, purificación, tecnificación de la producción, etc.

Según la SEDEC el micro clúster está compuesto por el conjunto de empresas con fases productivas relacionadas con la producción, comercialización y distribución de este tipo de artículos. En este micro clúster se agrupan empresas de purificación de agua, dulces, derivados de carne y leche principalmente.

Resultados y discusión

El estado de Aguascalientes es el más claro ejemplo de desarrollo industrial planificado. La conformación de agrupamientos industriales o clusters ha sido una de las respuestas para poder hacer frente a la competencia buscando a través de la asociatividad mayores niveles de competitividad y por lo tanto de participación en los mercados (SEDEC, 2007).

El Clúster de la Industria de los Alimentos y su Tecnología (CIATAC), fue creado en mayo de 2005 como una asociación civil compuesta por industriales del sector de alimentos del estado de Aguascalientes, de universidades y del apoyo del Gobierno del estado a través de la Secretaría de Desarrollo Económico. Su finalidad consiste en unir objetivos entre los sectores privado, académico y gubernamental, para el desarrollo y posicionamiento de la industria alimenticia regional. Con ello, se genera un nuevo modelo de desarrollo basado en la interrelación entre los actores de los tres sectores: académico, empresarial y gubernamental cuya actividad principal sea la integración productiva y desarrollo de redes empresariales.

Así, en el caso en específico del clúster de Alimentos lo que se detecta es que todavía se encuentra en una etapa de formación de relaciones y acoplamiento entre empresas y demás actores, en donde los actores gubernamentales tienen un papel fundamental para generar los mecanismos necesarios e indispensables mediante la construcción de políticas públicas. Como se demostró en otro trabajo (Feria, 2005), los enlaces establecidos siguen siendo débiles e incluso inexistentes en algunas Instituciones de Educación Superior en términos de redes de conocimiento que impliquen trabajo conjunto en investigación y desarrollo.

Los resultados de la prueba de hipótesis muestran una correlación significativa positiva en las dimensiones de interacciones del mercado y la empresa en las subdimensiones de relevancia del sistema productivo local, producción, relevancia de tecnología e innovación y recursos humanos en cuanto a su capacidad de interacción y generación de conocimiento, como se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de actividades de innovación: dimensiones entre las interacciones del mercado y la empresa		
Dimensiones de interacciones del mercado y la empresa		Desarrollo de actividades de innovación de nuevos productos, procesos, organización o comercialización y la realización de mejoras a los productos o servicios que ofrece la empresa.
Relevancia del sistema productivo local	Repartición geográfica de ventas	0.433**
	Posicionamiento de mercado	0.757**
	Interacción del cliente con la producción	0.782*
	Interacción de la empresa con el cliente producción	0.744**
Producción	Estrategia de producción	0.734**
	Planificación de la producción	0.679**
	Puntualidad en la entrega	0.618**
	Capacidad de desarrollo de nuevos productos	0.267**

	Mejoramiento en la calidad de los productos mediante adquisición de certificados de calidad	0.483**
Relevancia de tecnología e innovación	Relevancia de tecnología sist. Prod. Local c/sis. Prod externo	0.615**
	Relevancia de tecnología sis. Prod. Ext./relevancia de invest	0.800**
	Relevancia de invest. sist. Prod. Local/relevancia de tecnología	0.675**
	Relevancia de investigación sistema productivo externo	0.681**
		0.467**
Recursos humanos	Capacidad de negociación con proveedores	0.731**
	Capacidad para generar alianzas con proveedores	0.730**
	Capacidad de proporcionar capacitación a los empleados	0.636**
		0.415*

* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral). Fuente: Elaboración propia.

La relativa juventud de las instituciones que realizan investigación científica y tecnológica en Aguascalientes influye en la debilidad de su posición dentro del estado, por la precariedad de los recursos económicos que se le destinan y la poca relevancia que la ciencia y la tecnología tienen en la cultura estatal. La modernización de las empresas locales exitosas se ha logrado mediante un ajuste industrial ocurrido preferentemente a través de innovaciones de proceso y cambios organizacionales. De hecho, las actividades de investigación y desarrollo se orientan principalmente a la modernización de los procesos de producción, a mejoras en la organización de las mismas y a la calidad de los productos.

Dentro del análisis de las empresas de la región acerca de la variable “resultados obtenidos por el desarrollo de actividades de innovación” con la variable de “rubro de capacitación recibido por trabajadores” existe una relación significativa positiva aunque se destaca que este desarrollo de actividades de innovación es sólo una parte de lo que abarca el rubro de innovación por lo que este tipo de actividades no han sido lo suficientemente impactantes para generar las externalidades positivas que necesita la región.

La débil integración y articulación con el conjunto de actividades industriales crea un círculo vicioso, cuyas características, referidas a la innovación, remiten a la mera adaptación de tecnologías desarrolladas a nivel internacional. Así, el potencial para apropiarse de conocimientos tecnológicos e innovativos por parte de subsectores que dependen de capitales externos es muy limitado, pues está supeditado casi exclusivamente a las fuentes de cada sector, en donde la cooperación intersectorial es reducida, lo que también limita las redes de conocimiento interno, la capacidad innovativa de las empresas y debilita el funcionamiento del Sistema productivo local. De hecho los beneficiarios de los incentivos de políticas públicas en su mayoría son empresas grandes y transnacionales.

Trabajo a futuro

Un trabajo futuro sería replicar el mismo estudio en las PYMES de otros estados de la República Mexicana y contrastar los resultados para obtener un mayor soporte en la investigación realizada.

Conclusiones

La falta de información, la duplicación de actividades y, sobre todo, la falta de motivación entre los empresarios para apoyar, solicitar y colaborar en programas de capacitación, impiden consolidar un comportamiento asociativo entre la industria y el sistema educativo técnico que permita utilizar productivamente estos servicios.

Es imprescindible lograr una articulación de intereses e integración en el sentido de incrementar una mayor colaboración entre las empresas y las instituciones públicas y privadas que provean la formación y capacitación de recursos humanos y la producción de conocimientos para la generación de ciencia y tecnología e innovación acorde a las necesidades del entorno.

La respuesta a la hipótesis inicial fue validada al establecerse una correlación significativa positiva entre las variables; sin embargo, se encuentra también un comportamiento desigual entre las empresas estudiadas. El objetivo del trabajo se cumplió, en éste se detectó que sí existe relación entre las variables pero que la manera de funcionar dista mucho de la manera de vincularse con otras empresas lo que obstaculiza el grado de integración y desarrollo de los mismos.

Los factores diferenciadores de la capacidad innovativa de los agentes que integran las diferentes PYMES bajo estudio son los esfuerzos de capacitación, la proporción de ingenieros en los equipos de desarrollo y el grado de alcance de sus actividades, estos factores junto con la escasa cooperación tecnológica, pone de manifiesto que los procesos de innovación se sustentan fundamentalmente en esfuerzos individuales de las empresas.

En cuanto a las capacidades innovativas dentro del sistema local de innovación en Aguascalientes, las PYMES que conforman el clúster de alimentos tienen un comportamiento desigual a pesar de que la construcción de esa capacidad de innovación se está produciendo falta todavía el conocimiento y la acumulación de aprendizajes diversos para generar las fortalezas que requiere la región y sobre todo el estado.

Las PYMES ofrecen ventajas de flexibilidad, rapidez y escasos niveles jerárquicos. En esta dirección, la formación de clusters permite desarrollar perfiles de especialización al nivel de la planta y obtener rendimientos a escala elevados lo que favorece el flujo de los cambios tecnológicos.

El reto para las PYMES del sistema local de innovación en Aguascalientes será lograr un modelo de gestión gubernamental y estado de derecho que propicien el entorno de innovación y competitividad de las empresas.

Así, para aprovechar las externalidades generadas por un ambiente “local” se necesitan ciertas competencias mínimas sin las cuales es imposible complementar los conocimientos faltantes, disminuir las incertidumbres dinámicas, potenciar los procesos de aprendizaje y contrarrestar las debilidades de la cultura organizativa. La circulación del conocimiento a partir de prácticas informales de cooperación entre agentes e instituciones es un factor vital que favorece la generación de competencias. Además, existen otros factores que también son determinantes para poder diferenciar distintos niveles de capacidad innovativa entre las PYMES como: la cooperación tecnológica, el aseguramiento de la calidad y los esfuerzos de capacitación, relaciones que se encuentran todavía débiles en el estado de Aguascalientes.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Aguascalientes, al Conacyt y a la DGEST por el apoyo brindado y de manera muy especial a todas aquellas empresas que nos abrieron sus puertas en el estado de Aguascalientes para que este proyecto fuera realizado.

Referencias

1. Bianchi, P., Parrili, M., Sugden, R., (2005). *Alta Tecnología, productividad y redes*. México: El Colegio de Tlaxcala-Institute di Politica per los vluppo industriale, Italia.
2. Boscherini, F. y Poma, L., (2000). “Más allá de los distritos industriales: el nuevo concepto de territorio en el marco de la economía global”. *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas*. Buenos Aires: Miño y Dávila. 23-38.
3. Boscherini, F. y Yoguel, G., (2000). “Aprendizaje y competencias como factores competitivos en el nuevo escenario: algunas reflexiones desde la perspectiva de la empresa”. *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas*. Buenos Aires: Miño y Dávila. 131-162..
4. Boscherini, F. y Yoguel, G., (2005). “El desarrollo de la capacidad innovativa de las firmas y el rol del sistema territorial”. *Redes, jerarquías y dinámicas productivas*. FLACSO, OIT, Buenos Aires: Miño y Dávila. 271-311. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Relationship between substructure resistance and gas separation properties of defect-free integrally skinned asymmetric membranes, *Ind. Eng. Chem. Res.* **(30)** 1837-1845.
5. Fera, M. (2005). *Redes interinstitucionales, la construcción de un sistema de innovación en Aguascalientes*. México: UAA-ITA.
6. Ganzaroli, A., Ficato, G. and Pilotti, L., (2006). A scoreboard to evaluate clusters'. Competitiveness in the knowledge-based economy. An empirical study on Emilia Romagna Region. Working Paper, Università Studi di Milano, 30 (10): 42-64.

7. Meyer-Stamer, J. and Harnes-Liedtke, U., (2005). *Como promover clusters*. De http://www.mesopartner.com/publications/mp-wp8_cluster_s., 2 oct. 2006.
8. SEDEC (Secretaria de Desarrollo Económico de Aguascalientes). De: http://www.aguascalientes.gob.mx/sedec/organismos/f_agr/default.aspx, 12 feb. 2012.
9. Scott, A. and Storper, M., (2003). Regions, globalization, development. *Regional Studies*, 37 (6&7): 579-593.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Inversiones Socialmente Responsables en micro, pequeñas y medianas empresas de Aguascalientes

F. J. S. Leal Medina^{1*}, L. Romo Rojas¹, R. González Acolt¹.

¹Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Cp. 20131, Aguascalientes, Ags,

*fjlealmedina@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa.

Resumen

Las inversiones de calidad de vida de la sociedad y el entorno en general, ha despertado en el sector empresarial un sentido de conciencia y responsabilidad social, para impulsar el desarrollo de instrumentos y estrategias por lo que la finalidad es identificar en las MiPyMES del sector industrial y comercial del Estado de Aguascalientes, el nivel de conocimiento e involucramiento que tienen en los diferentes ámbitos de inversiones socialmente responsables así como la fuente de financiamiento y frecuencia con que se realiza. La metodología tipo encuesta, descriptiva, se aplicó a una muestra de 40 MiPyMES, del Estado de Aguascalientes, de corte transversal. Resultados: Perfil de las empresas 47.5% micro, 27.5% tiene registro ante una organización de cuidado al medio ambiente. En ISR, en el ámbito laboral se invierten 32.5% semanalmente a medidas de seguridad e higiene en la empresa. Ámbito social 12.5% anualmente a programas preventivos de salud. Ámbito medioambiental 40% semanalmente a reciclaje de residuos. Conclusiones: En cuanto al financiamiento la empresa utiliza recursos propios para las inversiones y 80% señalaron que si realizan ISR, y el enfoque de las inversiones está hacia los trabajadores más que al medio ambiente y social.

Palabras clave: Inversiones Socialmente Responsables, Financiamiento, Responsabilidad Social.

Abstract

Investments in quality of life of the society and the environment in general, has awakened in the business a sense of awareness and social responsibility, to promote the development of tools and strategies so that the purpose is to identify in the MiPyMES (Micro, small and medium enterprises) of the industrial and commercial sector of the State of Aguascalientes, the level of knowledge and involvement they have in the different areas of socially responsible investments and the funding source and often it is done. The methodology is survey descriptive type, applied to a sample of 40 MiPyMES in the State of Aguascalientes. Results: Profile of micro enterprises 47.5%, 27.5% are registered with an organization of environmental care. In ISR, in the workplace are invested 32.5% weekly in health and safety measures in the company. Social Domain: 12.5% invested in annually preventive health programs. Environmental aspects: 40% invested to recycling weekly. Conclusions: In terms of financing the company uses its own resources for investment and 80% said that they perform ISR, and the focus of investment is on workers rather than the social environment.

Keywords: Socially Responsible Investment, Financing.

Introducción

En investigaciones consultados como “Compartiendo la Responsabilidad Social Empresarial a las Pequeñas y Medianas Empresas de la Industria Petrolera de Ciudad del Carmen, Campeche” de Zalthen, L. (2011) et al.; “Análisis y evaluación de la Responsabilidad Social como una cultura de gestión en una mediana empresa Metalmeccánica hidalguense” de Espinosa, E. (2011) et al., y el trabajo “El control interno, factor de capacidad competitiva y Responsabilidad Social, en microempresas dedicadas a un mismo giro, en el municipio de Ensenada, B. C.” de Moreno, J. (2011) et al.; así como el Coloquio y Seminario Doctoral Internacional ISEOR con el trabajo denominado “L’Institutionalisation Efficace Et Efficiente de la Responsabilité Sociale de L’Entreprise” de Bouyouud, F. (2008), Université Jean Moulin Lyon 3, France y “El Impacto de la Estructura Organizacional en la salud de los trabajadores de una empresa industrial como Responsabilidad Social” de Robles, J. (2008) et al., se han abordado temas acerca de Responsabilidad Social en las PyMES de diferentes

sectores y estados de la República y de otros países, en donde algunos autores abordan dicha temática a nivel petróleo, metalmecánica, etc., pero como se observa únicamente desde el punto de vista de la Responsabilidad Social, por lo que esta investigación abordará si las empresas hacen Inversiones Socialmente Responsables, lo que lleva a incursionar en este tema incipiente, como un coadyuvante para la Responsabilidad Social.

Las inversiones con responsabilidad social son de índole voluntaria y va más allá de las obligaciones legales, y la armonía con la ley. En fin, la responsabilidad social exige el respeto de los valores universalmente reconocidos y del marco legal existente. Además, la misión de las inversiones en la empresa es contribuir al desarrollo del país al maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales de sus actividades principales; realizando aportaciones sociales y estratégicamente involucrándose en la discusión de políticas públicas a nivel local, nacional e internacional, entre otras muchas labores.

Por tanto es conveniente que el desarrollo económico y social extienda la mejora en el sentido de la calidad de vida del país, alcanzando condiciones favorables en los espacios económicos, sociales y medio ambientales, para la construcción de una sociedad más justa y una economía sostenible, dependiendo en gran parte de los negocios, la ejecución de aportaciones que permitan alcanzar las metas fijadas, convirtiéndose ahora en indicadores, cuantitativos y cualitativos, que servirán de base para que la empresa y sus actores establezcan las medidas necesarias para hacer más efectiva y eficiente la manera en que las inversiones en responsabilidad social se integren a sus estrategias competitivas, lo que lleva a la siguiente pregunta de investigación ¿En qué medida las MiPyMES de Aguascalientes, tienen conocimiento e involucramiento de los diferentes ámbitos de inversiones socialmente responsables así como de prácticas de Responsabilidad Social?.

Objetivo: Identificar en las MiPyMES del sector industrial y comercial del Estado de Aguascalientes, el nivel de conocimiento e involucramiento que tienen en los ámbitos: Laboral, Social y Medio ambiental con inversiones socialmente responsables.

Inversiones Socialmente Responsables (ISR)

En Europa la Red Española del Pacto Mundial de Naciones Unidas a finales del 2009 presento la iniciativa ligada al Pacto Mundial, Principles for Responsible Investment (PRI), esta iniciativa promueve la ISR, como una guía para la adopción progresiva de las consideraciones éticas, sociales y medioambientales en las inversiones financieras. Para Frankal (2010), Director de Comunicación del Principles for Responsible Investment (PRI), *“si el mundo quiere evitar que se repitan los daños causados por una crisis financiera, debemos construir unos mercados de capitales más sostenibles. La inversión responsable moderna tiene un gran papel en la consecución de este objetivo”*. Una de las causas de las crisis financieras ha sido, comenta el citado Director. *“la falta de gobierno corporativo y los riesgos que los gestores han tomado en algunas de las mayores entidades financieras del mundo”*.

Otra consideración en la Revisión de la literatura, es que la ISR, al igual que la Responsabilidad Social de las Empresas (RSE), tiene su origen en la primera mitad del siglo XX, pero no ha sido hasta estos últimos años cuando ha empezado a acuñarse este término. El mercado principal de la ISR son los fondos de pensiones, compañías de seguros, bancos, corporaciones, fundaciones y otros sistemas de financiación de la jubilación. Sin embargo, igualmente los particulares comienzan a tener en cuenta cuestiones de ISR a la hora de invertir su capital. Es así que Sombría (2010), integra a la definición de ISR *“aquella que considera los aspectos éticos, sociales y medioambientales, junto a las financieras, en la toma de decisiones de inversión, tanto por la empresa como por los agentes inversores externos y todo ello sin descuidar los objetivos de riesgo y rentabilidad financiera*

Según Lydenberg (2000), son cuatro los aspectos fundamentales que caracterizan las ISR: **inversión, compromiso, transparencia y colaboración**. Este primer aspecto de inversión consiste en invertir los activos financieros siguiendo unos criterios sociales y medioambientales. El compromiso es que los accionistas realmente tengan una implicación en la dirección de las empresas que lleven a promover el cambio social positivo. La transparencia es recopilar, publicar y evaluar los datos sobre los efectos de las empresas en nuestra vida cotidiana. Por último la colaboración es la cooperación entre el gobierno y las empresas en

proyectos sociales y medioambientales. Se trata de que el gobierno utilice medios distintos de las leyes y normativas para influir en que las empresas emprendan el cambio social positivo.

En una empresa el término financiamiento implica el obtener los recursos indispensables y los medios para cubrir sus necesidades de nuevos proyectos, o bien para la adquisición de los elementos necesarios y suficientes para el adecuado cumplimiento de sus objetivos. La función del financiamiento se define como el esfuerzo para proporcionar los fondos que necesita la empresa en las más favorables condiciones a la luz de los objetivos del negocio. De tal manera, las ISR conllevan a una adecuada gestión financiera, tomando en cuenta el comportamiento de la empresa con los diferentes grupos de interés y el compromiso del inversor ético puede consistir en la decisión de exclusión o inclusión de determinadas empresas cuando decide en donde invertir, como sería el suponer una implicación más directa en el desarrollo social y sostenible de determinadas comunidades, participando con capital en proyecto que apoyen a dichas comunidades y que a futuro deberán redundar en un impacto positivo para la empresa.

Para identificar la manera que intervienen las finanzas en las inversiones socialmente responsables, es necesario definir o conocer algunos conceptos acerca de las finanzas. Andrade (2005), define a las finanzas de dos maneras: la primera menciona que es una actividad económica en la cual el dinero es la base de las diferentes realizaciones, sean éstas inversiones en bolsa, inmuebles, empresas industriales, construcción, desarrollo agrario, etc.; y la segunda menciona que es el área de economía en la que se estudia el funcionamiento de los mercados de capitales y la oferta y el precio de los activos financieros. Para Bodie y Merton (2003), las finanzas estudian la manera en que los recursos escasos se asignan a través del tiempo, además mencionan que dos características que distinguen a las decisiones financieras de otras decisiones de asignación de recursos son: en primer lugar que los costos y beneficios de las decisiones financieras se distribuyen a lo largo del tiempo; en segundo lugar generalmente no son conocidos con anticipación por los encargados de tomar decisiones ni por nadie más. Para Ferrel y Geoffrey (2004), el término finanzas se refiere a todas las actividades relacionadas con la obtención del dinero y su uso eficaz. Por tanto, las finanzas y los estudios financieros dirigen los caminos en los cuales los individuos, los negocios y las organizaciones reúnen, destinan y usan recursos monetarios a través del tiempo, tomando en cuenta los supuestos riesgos en sus proyectos.

Metodología

Investigación descriptiva, tipo encuesta, de corte transversal. Se describió la situación prevaleciente en el momento en que se realizó el estudio, asimismo es de corte transversal porque la información que se obtuvo fue en un periodo determinado mediante la aplicación de la encuesta. La hipótesis planteada es la siguiente: “Si las MiPyMES del Estado de Aguascalientes realizan inversiones que cubran el ámbito laboral, ámbito social y ámbito medio ambiental, con diferentes fuentes de financiamiento entonces son empresas que realizan inversiones socialmente responsables”

Para esta investigación se tomó una muestra por conveniencia, donde contestaron solamente 40 empresas del estado de Aguascalientes, de los siguientes sectores: Industriales 22 empresas, de Comercio 17 empresas y de Servicios 1 empresa. El cuestionario cubre dos dimensiones la primera es el Perfil de la empresa, la segunda son las Inversiones socialmente responsables, considerando a su vez la fuente de financiamiento y frecuencia con que se realiza la inversión.

Se elaboró un cuestionario estructurado con preguntas dicotómicas y de opción múltiple, el cual se validó para aplicarlo a las 40 empresas. La aplicación de la encuesta fue el 31 de mayo y terminó el 29 de junio del 2012. El instrumento fue validado de acuerdo a las dos dimensiones más significativas de la encuesta: Inversiones socialmente responsables, en las cuales se aplicó la prueba para validación “Alpha de Cronbach” obteniendo los siguientes resultados de .946735

Una vez aplicado el cuestionario se procedió a capturar la información en una matriz de datos para ser procesada con el software Statistica versión 10, con un análisis descriptivo.

Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados de la investigación, mostrando los indicadores más destacados por cada una de las dimensiones estudiadas.

Perfil de la Empresa

Respecto al tamaño micro 47.5%, 27.5% pequeña empresa, 15% mediana empresa y 7.5% empresa grande. 65% no tiene registro ante una organización de cuidado del medio ambiente, en cuanto al giro de la empresa 55% industrial, 42.55% comercial y 2.5% servicios.

Inversiones socialmente responsables y financiamiento

A continuación se presenta el cuadro Núm. 1 con los resultados obtenidos en el Ámbito Laboral

Cuadro Núm. 1 Ámbito Laboral

INDICADOR	%	RESULTADOS
Capacitación	25.0	Semanal
	22.5	Anual
	15.0	Semestral
	10.0	Mensual
Fuente de Financiamiento	57.5	Recurso de la empresa
Charlas informativas sobre seguridad en las instalaciones	30.0	Semanal
	17.5	Mensual
	15.0	Semestral
	10.0	Anual
Fuente de Financiamiento	57.5	Recurso de la empresa
Medidas de seguridad e higiene en la empresa	32.5	Semanal
	20.0	Mensual
	15.0	Semestral
	10.0	Anual
Fuente de Financiamiento	65.0	Recurso de la empresa
Planea programas que apoyen la formación de profesionales	17.5	Semestral
	10.0	Semanal
	5.0	Mensual
Fuente de Financiamiento	25.0	Recurso de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Inversiones Socialmente Responsables y financiamiento

En el **ámbito laboral**, las inversiones las hacen semanalmente: Medidas de seguridad e higiene en la empresa 32.5%, charlas informativas sobre seguridad en las instalaciones 30%, y capacitación 25% todo ello con más del 50% de recursos propios. El menor porcentaje es el referente a programas que apoyen al desarrollo profesional 17.5%

Cuadro Núm. 2 Ámbito Social

INDICADOR	%	RESULTADOS
Programas preventivos de salud	12.5	Anual
	10.0	Semanal
	7.5	Mensual
	5.0	Semestral
Fuente de Financiamiento	25.0	Recurso de la empresa
Apoyo económico a actividades sociales de la colonia	10.0	Anual

	7.5	Semanal
	5.0	Mensual
	5.0	Semestral
Fuente de Financiamiento	15.0	Recurso de la empresa
	2.5	Fondos de gobierno
Apoyo económico a obras de beneficencia a la colonia	12.5	Anual
	7.5	Semanal
	2.5	Semestral
Fuente de Financiamiento	15.0	Recurso de la empresa
Programas preventivos de adicciones	10.0	Semanal
	7.5	Anual
	2.5	Mensual
Fuente de Financiamiento	10.0	Recurso de la empresa
	2.5	Créditos bancarios
	2.5	Fondos de gobierno

Fuente: Elaboración propia

Inversiones Socialmente Responsables y financiamiento

En el **ámbito social**, destacan inversiones semanales en cuanto a programas preventivos de adicciones con el 10%, y anualmente 12.5% a programas preventivos de salud, 12.5% apoyo económico a obras de beneficencia a la colonia

Cuadro Núm. 3 Ámbito medioambiental

ÁMBITO MEDIOAMBIENTAL	%	FRECUENCIA DE INVERSIÓN
Tiene convenio con la CFE para el ahorro de energía	10.0	Mensual
	7.5	Semanal
	5.0	Anual
Fuente de Financiamiento	12.5	Recurso de la empresa
	2.5	Fondos de gobierno
Reciclaje de residuos (papel, plástico, material de desperdicio)	40.0	Semanal
	15.0	Mensual
	5.0	Anual
Fuente de Financiamiento	45.0	Recurso de la empresa
	2.5	Fondos de gobierno
Medidas para el ahorro de agua	25.0	Semanal
	7.5	Mensual
	2.5	Anual
Fuente de Financiamiento	25.0	Recurso de la empresa
Programas de capacitación para prácticas medioambientales	7.5	Semanal
	5.0	Anual
	2.5	Mensual
	2.5	Semestral
Fuente de Financiamiento	10.0	Recurso de la empresa

Fuente: elaboración propia

En el **ámbito medio ambiental**, las inversiones semanales son en reciclaje 40%, en ahorro de agua 25% y en programas de capacitación para prácticas medioambientales 7.5% y mensualmente 10% tiene convenio con la Comisión Federal de Electricidad para el ahorro de energía.

La hipótesis “Si las MiPyMES del Estado de Aguascalientes realizan inversiones que cubran el ámbito laboral, ámbito social y ámbito medio ambiental, con diferentes fuentes de financiamiento entonces son empresas que realizan inversiones socialmente responsables” Los porcentajes de respuesta de las empresas hacen inversiones socialmente responsables en los ámbito laboral, ámbito social y ámbito medio ambiental y el mayor porcentaje es con recursos propios.

Conclusiones

Partiendo de la cita de los autores Allenby y Richards (1994), en su libro “The Greening of Industrial Ecosystems” “...el desarrollo sostenible representa la búsqueda de la economía en equilibrio con los recursos y ecosistemas naturales de la tierra. El desarrollo sostenible armoniza la calidad ambiental y el crecimiento económico, no los pone en conflicto. Es un concepto que reconoce que las actividades y las consideraciones ambientales necesitan integrarse por el bienestar a largo plazo de la humanidad” Por los resultados obtenidos se observa que ámbito en el cual se hacen más frecuentemente inversiones es en el ámbito ambiental, en cuanto al reciclaje de residuos 40% semanal y utiliza 45% recursos propios de la empresa y al que menos se le apoya es al ámbito social, con un 12.5% en apoyo económico a la comunidad e invierte 15% anualmente con recursos propios. Limitantes de la investigación es el tamaño de la muestra y que fue por conveniencia, se tendrá que continuar el estudio para ampliarla y comparar con empresas de otros diferentes sectores así con políticas de los gobiernos para apoyo de acciones ambientales y el financiamiento a las empresas para dichos rubros.

Referencias

1. Allenby, B. and Richards, D. (1994). The Greening of Industrial Ecosystems. Washington, D.C.: Editores The National Academy Press, National Academy of Engineering.
2. Andrade, S. (2005). Diccionario de Economía. 3a. ed., México: Editorial Andrade.
3. Bodie, Z. and Merton, R., (2003). Finanzas Corporativas. 2a. ed., México: Editorial Prentice Hall.
4. Bouyoud, F. (2008) “L’Institutionalisation Efficace Et Efficiente de la Responsabilité Sociale de L’Entreprise”. Coloquio y Seminario Doctoral Internacional en partenariat avec l’Academy of Management Division <Organization Development and Change> ISEOR (págs. 219-229). Lyon, France.
5. Espinosa Arellano, Erik Daniel; Vargas Vega, Teresa De J. ; Moreno Uribe, Heriberto. (2011). Análisis y evaluación de la Responsabilidad Social como una cultura de gestión en una mediana empresa Metalmecánica hidalguense. XV Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas (ACACIA) (págs. 407-419). Veracruz: ACACIA
6. Ferrel, C.; Geoffrey, H.; Ramos L.; Adriaenséns, M. and Flores, M. (2004). Introducción a los Negocios en Un Mundo Cambiante. 4a. ed., EUA: McGraw-Hill
7. Frankal, E. (03 de Junio de 2010). Inversión Socialmente Responsable. Red Pacto Mundial España. De <http://www.pactoglobal.cl/2010/inversion-socialmente-responsable/>
8. Lydenberg, S. (2000). La inversión socialmente responsable: pasado, presente y futuro. Ponencia presentada en el Foro sobre Economía y Responsabilidad Social Empresarial. Zaragoza, España.
9. Moreno Neri, José de Jesús; García Martínez, Clementina Enriqueta; Palafox Toscano, Elizabeth (2011).El control interno, factor de capacidad competitiva y Responsabilidad Social, en microempresas dedicadas a un mismo giro, en el municipio de Ensenada, B. C. XV Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas (ACACIA) (págs. 450- 461). Veracruz: ACACIA
10. Robles, J. (2008). “El Impacto de la Estructura Organizacional en la salud de los trabajadores de una empresa industrial como Responsabilidad Social”. Coloquio y Seminario Doctoral Internacional en partenariat avec l’Academy of Management Division <Organization Development and Change> ISEOR (págs. 1349-1367). Lyon, France.
11. Sombría, M. – CIES. (Octubre del 2005). La inversión socialmente responsable, Boletín electrónico

12. Zalthen Hernández, Lorena; López Noriega, Myrna Delfina; Liñán González, Leticia (2011). Compartiendo la Responsabilidad Social Empresarial a las Pequeñas y Medianas Empresas de la Industria Petrolera de Ciudad del Carmen, Campeche. XV Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas (ACACIA) (págs. 270-279). Veracruz: ACACIA

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

La gestión del capital intelectual en el desempeño de las MiPyMES de Tehuacán

A. Heredia González¹, J. J. Suárez Pérez², M.S. López Vigil³, R. López Matías⁴, M.E. Heredia Mendoza⁵
¹DEPI, Instituto Tecnológico de Tehuacán, ²Maestro en Administración, ³DEPI, Instituto Tecnológico de Tehuacán, ⁴DEPI, Instituto Tecnológico de Tehuacán, ⁵Estudiante de la Maestría en Administración.

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen.

El presente trabajo tiene como propósito analizar la manera en que el capital intelectual influye en el funcionamiento de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES) de Tehuacán y su región se revisa la literatura de las corrientes teóricas más importantes sobre capital intelectual, se analiza cada una de las dimensiones del capital intelectual (capital humano, estructural y relacional) y su incidencia en las MiPyMES objeto de estudio. De los resultados obtenidos, en cuanto a la incidencia de las diferentes dimensiones del capital intelectual en el desempeño de las MiPyMES de Tehuacán y su región se observa la carencia de una persona (*estratega*) cuya visión defina el rumbo más adecuado para el desarrollo de la organización vinculando y cohesionando al capital humano, estructural y relacional; y que al aplicarse en MiPyMES ser el catalizador que impulse a este sector de empresas a ser competitivas.

Palabras clave: Gestión, Capital Intelectual, MiPyMES

Abstract

This paper aims to analyze the way in which intellectual capital influences the functioning of micro, small and medium enterprises (MiPyMES) region Tehuacan and review the literature of the major theoretical trends on intellectual capital; we analyze each of the dimensions of intellectual capital (human, structural and relational) and its impact on the micro, small and medium enterprises (MiPyMES) under study. From the results obtained, in terms of the incidence of the different dimensions of intellectual capital in the performance of MiPyMES region and Tehuacan revealed the lack of a person (strategist) whose vision defines the most appropriate direction for the development of the and cohesive organization linking human capital, structural and relational, and that when applied to MSMEs be the catalyst that drives this sector enterprises to be competitive.

Antecedentes

Uno de los problemas esenciales para las empresas en nuestro país es la de analizar qué elementos deben integrarse a su funcionamiento para incrementar su competitividad. Existen nuevas estrategias empresariales con base en la adaptación a un mercado globalizado, donde los sistemas de comunicación mundial y las condiciones económicas, especialmente aquellas relacionadas con la movilidad de los recursos financieros y comerciales, son las tendencias que marcan el futuro de la empresa y de la economía nacional.

Desde el punto de vista formal o tradicional la empresa es el ente económico que usando capital y trabajo, genera bienes y servicios que se ofrecen en el mercado. Para este propósito necesita: tecnología (maquinaria y equipo), recursos financieros o capital, recursos técnicos (sistemas de gestión de información) y recursos humanos, básicos e indispensables porque de ellos depende el uso de los demás recursos. En la búsqueda de nuevos paradigmas o formas de administrar una organización, surgen en muchos países conceptos tales como: aprendizaje organizacional, gestión del conocimiento y capital intelectual, dichos términos afirman que en la

empresa existen valores intangibles o invisibles, es decir, que no se pueden contabilizar y que por su propia naturaleza, tienen mayor facilidad para convertirse en activos estratégicos que aseguren ventajas sostenibles con el tiempo.

Por otro lado, existen varias clasificaciones de empresas: por su actividad o giro, por el origen de su capital y por la magnitud, esta última es de las más aceptadas, y de acuerdo al tamaño de la misma se establece que puede ser micro, pequeña, mediana o grande.

En Tehuacán y su región, el desarrollo empresarial se fue adaptando a los nuevos cambios en el entorno, las empresas tradicionales como las embotelladoras, y la jarcia que fueron dinámicas a mediados del siglo pasado, ceden su paso a la empresa avícola y en la última década del siglo XX, a las empresas de maquila de ropa. La región experimentó un auge, basado en la dinámica de esta industria que se vio reflejado en el crecimiento de establecimientos comerciales y de servicios para satisfacer las necesidades, cada vez más demandantes; situación que dio origen a un gran número de micro empresas cuya creación fue producto de la improvisación basada más, en la finalidad de cubrir la necesidad, que de un plan preconcebido, pensado, analizado con fin de generar un negocio que prospere, perdure y permanezca, con la capacidad de adaptarse a los pautas de la economía global.

La importancia de analizar las MIPYMES surge por el hecho de que son muy grandes en número y tienen las mismas necesidades de un gran conglomerado; sus requerimientos en conjunto abarcan los de una gran empresa. Algunos ejemplos de MIPYMES son: ferreterías, cadenas de farmacias, mini súper o tiendas de conveniencia, talleres de maquila de ropa, etc. La página del Sistema Empresarial Mexicano (SIEM) dentro de las estadísticas indica 10 298 empresas para el estado de Puebla; por lo que el listado considera 192 empresas en la región de Tehuacán, de las cuales la gran mayoría se pueden considerar como micro, pequeñas o medianas empresas con base en la clasificación del Sistema de Apertura Rápida de Empresas (SARE), padrón de empresas del SARE, H. Ayuntamiento de Tehuacán periodo 2004-2007.

En los últimos años la economía de la región de Tehuacán, que había estado sostenida básicamente por la industria maquiladora se ha debilitado; sin embargo, nuevas cadenas de tiendas departamentales se han instalado en la ciudad logrando impactar el sector comercial. Esta situación pone de manifiesto una economía que no es muy clara de identificar, pero que evidentemente existe. Las diversas cámaras empresariales de Tehuacán y la región, de manera informal comentan que hay un pequeño sector de microempresas con base en talleres caseros y familiares que por situaciones fiscales y de pago de impuestos, prefieren mantenerse en el anonimato. Este último punto hace difícil tratar de inculcar una cultura administrativa en éste tipo de empresas, donde una estructura de tipo lineal o militar es la que prevalece en la mayoría de ellas, y donde el jefe, el dueño; es generalmente el jefe de familia. Finalmente un medio para generar una cultura emprendedora como una alternativa viable, con base en una capacitación para el éxito contribuirá a solucionar la situación problemática de la pymes en la región de Tehuacán.

Objetivo general.

- Analizar la gestión del capital intelectual y su impacto en el desempeño de las MIPYMES de Tehuacán y su región.

Marco Teórico

Este apartado tiene como objetivo dar el sustento teórico a la investigación con base en información relacionada con el concepto de capital intelectual, su origen, las clasificaciones más comunes de acuerdo a los modelos más aceptados y reconocidos.

En la década de los años noventa, principalmente finalizar el siglo XX, hacen su aparición conceptos tales como: aprendizaje organizacional, gestión del conocimiento y capital intelectual, dichos términos afirman que en la empresa existen valores intangibles o invisibles, es decir, que no se pueden contabilizar y que por su propia

naturaleza, tienen mayor facilidad para convertirse en activos estratégicos que aseguren ventajas sostenibles con el tiempo.

Roos, Roos, Dragonetti y Edvinsson (2001), señalan que en 1969 el economista John Kenneth Gilbraith acuñó el término de capital intelectual, en el sentido de acción intelectual más que mero conocimiento o puro intelecto considerándolo tanto como una forma de creación de valor como un activo en su sentido tradicional.

La teoría del capital intelectual tiene su origen en la Teoría de Recursos y Capacidades que surge a mediados de la década de los ochentas, y cuyos exponentes más citados son Amit y Shoemaker (1993). La Teoría de Recursos y Capacidades, investiga y fundamenta los recursos de una empresa, entendiéndose como los factores disponibles que son poseídos y controlados por la empresa, así como la capacidad que tiene ésta para gestionar estos recursos y hacer cumplir los objetivos. Amit y Schoemaker (1993) definen los activos estratégicos de la empresa como “el conjunto de recursos y capacidades difíciles de intercambiar, imitar o sustituir, escasos, complementarios, duraderos, apropiables, y que varían con los cambios en el conjunto relevante de factores estratégicos de la industria que confieren a la empresa su ventaja competitiva”.

Para Dalmau, Hervás y Borja (2003; 3) argumentan que el desempeño de la empresa no depende tanto del sector como de los factores internos de la empresa, en concreto, de unos recursos y capacidades que son las principales fuentes de ventaja competitiva sostenible para la empresa. En este sentido, los recursos y capacidades de la empresa constituyen una base sólida sobre la que formular la ventaja competitiva.

Por una parte, los recursos son el stock de factores de los que dispone la empresa, mientras que las capacidades se entienden como la habilidad de gestionar el conjunto de recursos que trabajan en común, sobre todo de los recursos intangibles, esto es, el capital intelectual. Dentro de la teoría del conocimiento, el conocimiento generado por las organizaciones creará activos intangibles denominados capital intelectual y que tienen incidencia en la competitividad de las empresas. Por lo tanto, el conocimiento es la base para que se genere, se mantenga y se desarrolle aquellos intangibles que conforman el propio capital intelectual de una organización. (Dalmau y Hervás, 2005; 42).

Brooking (1997), justifica sus argumentos en el hecho de que las “*nuevas empresas del tercer milenio*” tendrán como perfil el conocimiento o *know how*, con base en las comunicaciones electrónicas, los ordenadores y el internet. Stewart (1998) nos comenta que crece una nueva economía propia de la era de la información, cuyas fuentes de riqueza son el conocimiento y las comunicaciones. Ross, J. Ross, G., Dragonetti, N.C. y Leif E. (1997) nos dicen que en “*El nuevo mundo de los negocios*” el valor de mercado de las empresas tendrá implícito un valor oculto: el capital intelectual.

Para Edvinson y Malone (1999), el capital intelectual clasifica a la empresa bajo tres bloques, básicamente: el capital humano, que son las capacidades y destrezas que posee cada miembro de la organización; el capital estructural que es la infraestructura que incorpora, forma y sostiene al capital humano; y el capital cliente que sugiere que las relaciones de la empresa con los clientes es distinta al trato de empleados y socios estratégicos y que esta relación es importante para la empresa.

Steward (1997) define el Capital Intelectual como material intelectual, conocimiento, información, propiedad intelectual, experiencia, que puede utilizarse para crear valor. Es fuerza cerebral colectiva. Es difícil de identificar y aún más de distribuir eficazmente. Pero quien lo encuentra y lo explota, triunfa. El mismo autor afirma que en la nueva era, la riqueza es producto del conocimiento. Éste y la información se han convertido en las materias primas fundamentales de la economía y sus productos más importantes.

En definitiva, el Capital Intelectual lo podemos definir como el conjunto de Activos Intangibles de una organización que, pese a no estar reflejados en los estados contables tradicionales, en la actualidad genera valor o tiene potencial de generarlo en el futuro (Euroforum, 1998). Los conocimientos de las personas clave de la empresa, la satisfacción de los empleados, el know-how de la empresa, la satisfacción de los clientes, etc., son activos que explican buena parte del valor que el mercado concede a una organización y que, sin embargo, no son recogidos en el valor contable de la misma.

Metodología

La investigación se realizó tomando en consideración las empresas de la región de Tehuacán empadronadas en la base de datos SARE, cuyo registro es hasta diciembre de 2007. De las 219 empresas del padrón, se observaron 20 como grandes; 26 como medianas, 46 como pequeñas y 127 como microempresas. La información se recopila a través de un cuestionario dirigido a la parte gerencial de las empresas que conforman el padrón SARE.

Universo

De acuerdo al padrón SARE existen 219 empresas registradas. En el campo de TIPO, la base clasifica a las empresas como micro, pequeña, mediana y grande.

Determinación de la muestra

El tamaño de la muestra se determinó con base a la clasificación anterior que toma en cuenta el número de empleados y en el estrato de la empresa. Algunas consideraciones fueron:

- Se cuenta con una población pequeña (menor a 10 mil elementos, este número es más bien convencional; algunos autores consideran como una población pequeña a menores de 5 000 elementos);
- Varios grupos entre los que se fijó la muestra; y
- Se consideró que las características de cada una de las clasificaciones son propias por lo que fue necesario aplicar un muestreo aleatorio estratificado con la siguiente fórmula.

$$n \approx \frac{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2}{ND + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2} \quad \text{y} \quad D = \frac{B^2}{3}$$

Dónde:

n= tamaño de la muestra del total de los estratos.

Ni= Número de elementos del iésimo estrato.

σ^2 = Varianza poblacional.

D= Grado de precisión.

N= Total de elementos.

B = Error.

P= Variabilidad positiva.

(1-p) = Variabilidad negativa.

Cuando se desconoce la varianza poblacional se ocupa $\sigma^2 = p(1-p)$ dando como resultado 0.25 y donde

$$D = \frac{(0.05)^2}{3} = \frac{0.0025}{3} = 0.0008333$$

Luego entonces:

n=?

N= 199 empresas consideradas MiPymes

N₁= 26 empresas consideradas como medianas.

N₂= 46 empresas consideradas como pequeñas.

N₃= 127 empresas consideradas como micros.

$\sigma^2 = 0.25$

D= 0.0008333

B²= (0.05)²

$$n \approx \frac{\sum_{i=1}^L ((26)(0.25) + (46)(0.25) + (127)(0.25))}{(199)(0.0008333) + \frac{1}{199} \sum_{i=1}^L ((26)(0.25) + (46)(0.25) + (127)(0.25))}$$

n = 120 empresas MiPymes.

Al aplicar esta fórmula se obtuvo un total de 120 empresas MiPymes a encuestar. Posteriormente se calculó el tamaño de la muestra por estratos de la siguiente forma:

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

Dónde:

n = Total de la muestra.

n_i = Muestra por cada estrato.

N = Total de elementos de los estratos en estudio.

N_i = Total de elementos del i ésimo estrato.

$$N_1 = 141 \quad n_1 = 120 \left(\frac{26}{199} \right) = 15.68 \approx 16$$

$$N_2 = 30 \quad n_2 = 120 \left(\frac{46}{199} \right) = 27.73 \approx 28$$

$$N_3 = 16 \quad n_3 = 120 \left(\frac{127}{199} \right) = 76.53 \approx 77$$

La fórmula anterior dio como resultado 16 empresas en la categoría de mediana empresa, 28 en la categoría de pequeña empresa y 77 empresas que caen en la categoría de microempresas, dichos cálculos se realizaron con un nivel de confianza de 95% y para conservar la proporción de la muestra se seleccionaron las empresas aleatoriamente, aplicándose un cuestionario al nivel gerencial de cada una de éstas.

El cuestionario está conformado con base preguntas relacionadas con las variables de capital intelectual, descritas en el marco teórico anterior con la finalidad de distinguir a los indicadores que más impactan a las MiPyMES, es decir, están enfocadas a responder: si el microempresario sabe el fin de su empresa, si planea antes de emprender algún nuevo proyecto, si está consciente del impacto de las tecnologías de la información y la forma en que están proyectan a los negocios y más aún si está dispuesto a invertir en ellas y hasta qué punto o simplemente cómo contrata a su personal o cuál es el filtro o método que usa para contratarlo.

Resultados

La primera situación que llama la atención es que del total de empresas encuestadas el 44% fueron pequeñas empresas, el 32% medianas y un 24% fueron microempresas. Un aspecto que justifica el auge de las empresas comerciales se ve reflejado en que el 64% está consciente de que la capacitación constante de sus trabajadores es un factor determinante en el incremento de su productividad y competitividad. Paradójicamente, en la práctica, éste tipo de empresas considera a la capacitación como un gasto no una inversión ya que sólo el 36% de ellas capacita a sus empleados. El surgimiento de las empresas no parte de un plan preconcebido, sino más surgen de la improvisación como lo refleja el 76% de las empresas encuestadas que nacen como una idea familiar e improvisada. En cuanto a las dimensiones que integran el capital intelectual se obtuvieron los siguientes resultados.

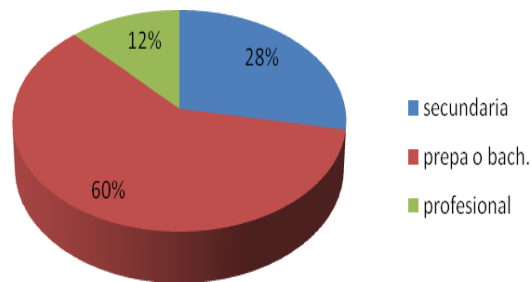
El **capital humano** es uno de los factores importantes en la generación de recursos intangibles contribuyendo a la creación de valor en las organizaciones. Actualmente el capital humano en empresas exitosas es el factor que asegura las ventajas competitivas y la permanencia de la empresa en el mercado. En este sentido es vital el que cuenten con mano de obra calificada, reflejada en un mayor nivel educativo y capacitación.

En el caso de las empresas analizadas en esta investigación, un índice que llama la atención es el hecho de que el 88 % de la mano de obra tiene niveles educativos de secundaria y preparatoria, en cambio sólo 12% cuenta con estudios profesionales. (Ver figura 1). Tomando como referencia la información del párrafo anterior podemos considerar que las empresas encuestadas no invierten en contrataciones de profesionales, que le podrían significar diferencias y ventajas competitivas respecto a otras empresas de su sector, y que se ve reflejado en una lenta dinámica de desarrollo.

En cuanto a estímulos al trabajador podemos observar que prácticamente una cuarta parte no recibe ningún tipo de estímulo y que el 52% recibe un estímulo mínimo, el decir, el 76% de trabajadores no reciben un

estímulo que en verdad impacte en un deseo a superarse personalmente y a aportar valor agregado a la empresa.

Figura 1. Nivel educativo



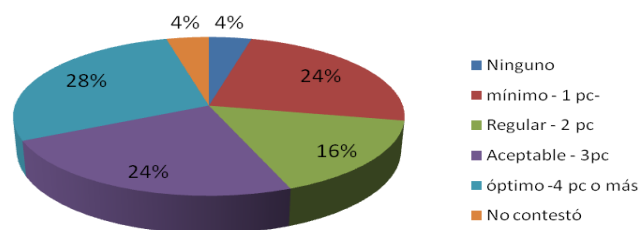
El **capital estructural** tiene que ver con aspectos internos de la organización, principalmente lo que se refiere a manuales de procedimientos, sistemas informáticos, usos de tecnologías aplicadas a diferentes procesos de la organización, cultura y estructura organizacional. La misión y visión son los principios fundamentales sobre los que las diferentes organizaciones deben de tener plenamente clarificados para que les permita establecer la razón de ser de la empresa y a qué niveles de desarrollo y competencia se visualiza la empresa a futuro.

En este caso se encontró que aproximadamente el 60% de ellas, si sabían quiénes eran y hacia donde querían llegar, es decir, tienen clara la misión y la visión, sin embargo, sólo el 40% tienen claro su filosofía, que es el fundamento ético (valores) sobre el que descansan los objetivos organizacionales.

El desarrollo empresarial en la actualidad está íntimamente ligado a los avances en las tecnologías de la información y comunicación. Estas tecnologías se sustentan en el uso de la computadora. En este estudio se encontró que la mayoría de las empresas utilizan computadoras y prácticamente la mitad de ellas, la utilizan básicamente, como procesador de palabras y hoja de cálculo. Por lo que se refiere al uso de software administrativo el 80% utiliza algún sistema básico para el manejo de datos.

En el balance, el uso de la computadora es positivo, sin embargo, no se visualiza como una herramienta que permita hacer más eficientes los procesos administrativos e influya de manera determinante en la toma de decisiones. (Ver figura 2).

Figura 2. Número de computadoras por empresa



El **capital relacional** se manifiesta en el trato que se tienen con los clientes y cómo visualizan éstos a la empresa; una herramienta básica son las bases de datos. Una base de datos se conceptualiza como un reservorio de información, tal como un directorio telefónico; de acuerdo a este criterio las empresas, encuestadas en éste apartado manifestaron tener una base de datos de clientes en un 72%. Aunque este porcentaje es alto, no es contundente para estas empresas porque no existe un sistema de administración de cómputo que proporcione información para la toma de decisiones, que le permita a la organización contar con una perspectiva de cuáles son las tendencias de consumo de sus clientes, de qué manera las fluctuaciones de la actividad económica, moda, gustos, etc., influyen en el comportamiento de los clientes.

Conclusiones

Con relación al capital humano de las empresas analizadas en este estudio se observa que un alto porcentaje del personal que las integra tiene un nivel educativo básico; sólo una tercera parte de ellas se preocupan por capacitar a su personal; los estímulos son mínimos; prácticamente no existe un trabajo en equipo, por lo tanto, resulta evidente que existe una corta visión por parte de los propietarios de estos negocios, y no les permite visualizar ventajas competitivas que aseguren la permanencia de la empresa a futuro, en un contexto globalizado de elevada incertidumbre.

Por lo que se refiere a su capital estructural, las empresas encuestadas no llevan un proceso integral de planeación estratégica, no cuentan con una cultura organizacional, no definen objetivos, políticas y mucho menos procedimientos en algún tipo de manual. Es evidente la poca disposición a invertir en tecnologías de la información y comunicación, desperdiciando oportunidades de posicionamiento en el mercado que a largo plazo se reflejará en repercusiones negativas en su desarrollo.

Por último, en el caso del capital relacional no existe una política específica que atienda las necesidades y satisfacción de los clientes, por esta razón se observa una alta rotación de ello. Los dueños de estas empresas no han visualizado a internet como una herramienta estratégica para potencializar el mercado, bajo este sentido tampoco ven en el servicio, el valor agregado que les permita contribuir a la generación de ventajas competitivas. Estas empresas pierden oportunidades, y no se han preocupado por entender que una manera de mantenerse vigente y ser más competitivo, en estos tiempos de recesión económica, es también a través de alianzas estratégicas, de participación en programas de responsabilidad social y de participación en programas de fomento productivo.

Con base en los resultados obtenidos en cuanto a la incidencia de las diferentes dimensiones del capital intelectual se observa la carencia de una persona (que hemos llamado *estratega*) cuya visión defina el rumbo más adecuado para el desarrollo de la organización vinculando y cohesionando al capital humano, estructural y relacional; y que al aplicarse en MiPyMES puede ser el catalizador que impulse a este sector de empresas a ser competitivas.

La actividad del *estratega* en cuanto al capital humano es concentrar y acumular talento donde se necesite mediante una selección de personal apegada a las tareas previa y claramente definidas en el perfil del puesto, un perfil bajo o básico, no tiene muchas expectativas de desarrollo, por ello la habilidad del *estratega* para descubrir las destrezas en aquellos trabajadores con potencial, capacitarlos, hacerlos más competentes, generar en ellos un sentido pertenencia a un grupo, lograr un equipo de trabajo, y por ende lealtad y compromiso con la empresa.

La función del *estratega* en el capital estructural es de vital importancia porque da sentido a los valores institucionales. Tiene que tener claros los objetivos para plantear las políticas acordes a la misión de la empresa e identificar objetivamente hasta dónde se quiere llegar, para poder planear estratégicamente las etapas y los alcances en cada una de ellas. La creación y revisión de perfiles será elemental para obtener a la persona adecuada en el lugar adecuado; la misma importancia tendrá, la validación de los manuales de procedimientos donde se reconozcan aquellos procesos vitales susceptibles de hacer eficientes por medio de sistemas de información: compras, inventarios, ventas, etc.

El aspecto del capital relacional el desarrollo del personal se refleja en el compromiso hacia la empresa por parte del trabajador y será proyectado en el trato al cliente y el esmero por ofrecer un buen servicio, por generar clientes leales, convencidos con la calidad del producto, así mismo, la habilidad del *estratega* se pondrá de manifiesto al proponer sistemas de información centrados en la atención al cliente, seguimiento por teléfono y bases de datos de productos vía internet, entre otros.

Bibliografía

- Ángeles X. 2007. *Pymes. Modernización tecnológica o quiebra*. Grupo Edit ISEF. 1ra reimpresión. México.
- Broklin A. 1997. *El capital intelectual*. Ediciones Paidós Ibérica. España.

- Dalmau J. I. P. y Hervás J.L.O. 2005. *Sistemas de Intangibles Regionales. R.I.S. Regional Intangibles System*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Dalmau J. I. P. , Hervás J.L.O. y Borja T. R. F. 2003. *Propuesta de un marco conceptual integrador para el análisis de los distritos industriales: de los recursos y capacidades a los intangibles empresariales*. Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Edvison, L. y Malone S. 1999. *El capital intelectual*. Ed. Gestión 2000. España.
- Roos, J., Roos, G., Dragonetti C. N., Edvinsson, L. 2001. *Capital Intelectual. El valor intangible de la empresa*. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. Barcelona.
- Miles, J. y Quintillán, I. 2005. *Autoevaluación del capital intelectual en la pequeña y mediana empresa*. Revista Electrónica FCE (facultad de Ciencias Empresariales). Universidad Católica del Uruguay. Agosto.
- Stewart, T. A. 1998. *La nueva riqueza de las organizaciones: el capital intelectual*. Ediciones Granica. Argentina.
- Tseng, CH.Y. y James Y.J.G. 2005. *Intellectual capital and corporate value in an emerging economy: empirical study of Taiwanese manufacturers*. R&D Management 35, 2, 2005. r Blackwell Publishing Ltd, 2005. Published by Blackwell Publishing Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK and 350 Main Street, Malden, MA 02148, USA.
- Ulrich, D. 1998. *Capital intelectual=capacidad X compromiso*. Ed. Harvard Deusto Business Review. No. 86. Julio-agosto.

Autorización y Renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba(ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido no por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Las redes sociales en las empresas como estrategia de comunicación con sus clientes. Caso: “Best Western” Xalapa, Ver.

J. M. García Mejía ^{1*}, I. A. Guillén Rendón²

¹Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico s/n, C.P. 75770, Tehuacán, Puebla, México.

² Departamento de Gastronomía y Turismo, Universidad del Valle de Puebla, Campus Tehuacán, Carretera Federal Tehuacán-San Marcos Necoxtla # 6900, Tehuacán, Puebla, México

*posgrados10@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Administrativa.

Resumen

La industria turística se está enfrentando a un escenario de comunicación diferente, este aspecto ha venido a modificar las tendencias del sector antes las demandas de un mercado que requiere conceptos flexibles del servicio turístico. Ante esta situación, las empresas necesitan orientar su modelo de gestión de negocio en las necesidades de sus clientes para poder afrontar los retos. Resulta fundamental que se orienten hacia las redes sociales para obtener información valiosa que sirva de apoyo a directivos y empleados para mejorar la comunicación en la gestión del negocio.

La presente investigación está en desarrollo y muestra un análisis de los primeros resultados extraídos del estudio de caso en el ramo hotelero, sobre una temática en la que hay pocas investigaciones documentadas; en la que se pretende conocer más sobre la participación de hoteleros y público en las redes sociales como estrategia de comunicación para eficientar la calidad del servicio.

Palabras clave: *redes sociales, comunicación, gestión de negocios, calidad del servicio.*

Abstract

The tourism industry is facing a different communication scenario; this aspect has come to change the trends of the sector before the demands of a market that requires flexible tourist service concepts. Faced with this situation, companies need to orient its management model of business needs of its clients to be able to meet the challenges. It is essential that they oriented towards social networks for valuable information that serves as support to managers and employees to improve communication in the management of the business.

This research is developing and an analysis of the results extracted from the case study in the hotel industry, on a topic where there is little documented research; which seeks to learn more about the participation of hoteliers and public social networks as a communication strategy for more efficient quality of service.

Introducción

El éxito de una empresa depende, en gran medida, de las relaciones que mantiene con sus clientes, y estas formas de relación, están cambiando. Las redes sociales *online* están adquiriendo una gran notoriedad a la hora de dar a conocer una marca, un producto o un servicio. Social media representa una buena herramienta para que las empresas ya sean grandes o pequeñas e independientemente del sector en el que se encuentren, aumenten su red de contactos, reciban información de sus clientes, se relacionen con ellos de una forma más rápida y directa, les hagan llegar información relevante sobre sus capacidades, marcas, productos o servicios. Tanto la promoción como la comunicación a través de la web 2.0, consiste en la utilización de la tecnología web basada en comunidades de usuarios y otros servicios como las redes sociales, los blogs o los wikis que fomentan la

colaboración y el intercambio ágil y eficaz de información entre los usuarios de la comunidad o la red social. Estas nuevas herramientas son aplicables a las empresas y destinos turísticos, así, muchos de estos ya se anuncian a través de Youtube y Facebook, o hacen uso de otras herramientas como Twitter, Wikis, RSS, Flickr, Código QR, etc. Los usuarios turísticos del futuro son los usuarios actuales de ese tipo de herramientas, por lo que conocer sus hábitos en la búsqueda de información es crucial para el futuro de empresas de este giro como son restaurantes y hoteles. (Olmos Juárez & García Cebrián, 2011). Fundamentalmente, las redes sociales son usadas por las empresas turísticas para mejorar las comunicaciones con los clientes, ya que a través de este tipo de acceso se puede establecer un canal de comunicación seguro y privado que permite solicitar una reserva de hospedaje, cotizar sus precios, consultar el nivel de calidad, enviar sugerencias y quejas e incluso llegar hasta una transacción de compra, así como mejorar las comunicaciones con los proveedores habilitando un nuevo sistema de enlace que permita agilizar los trámites. La comunicación humana es interacción social, es compartir. Una buena comunicación con otra persona conlleva que se es capaz de entenderlo, de ponerse en su lugar, de interpretar con mucha certeza sus estados de ánimos o lo que puede pensar en un momento dado, por sus gestos o actitudes.

Así pues, se puede afirmar que se mantendrá una comunicación mejor con aquellos con los que comparten gustos, maneras de ver las cosas, con los que se tiene afinidades sociales o culturales. Conectan mejor con aquello que se adecua a vuestras expectativas, motivaciones, deseos e intereses. (Baez, 2000) La comunicación es un proceso psico-social que comprende toda forma de transmisión o intercambio de ideas, sentimientos, actos voluntarios y vivencias en general; La palabra, el gesto, la mímica, el grito y el silencio, el hacer y el no hacer. Son expresiones comunicantes que de alguna forma u otra capta el cliente, lo asimila y cambia su estado de ánimo, para tomar una decisión o elección. (Navarro, 2006). A partir de que surgió Internet, las computadoras que se utilizaban como ayuda personal, se transformaron en la "herramienta" esencial para recibir y enviar información a cualquier parte del mundo, por lo que se puede afirmar que esta impresionante telaraña de información, se ha convertido en un medio masivo de comunicación. (Pérgola, 2010). Hoteles "Best Western", es la primera organización hotelera internacional de operación independiente, que ha posicionado su marca como la más reconocida en la industria de la hospitalidad a nivel mundial, dominando en forma prominente el mercado masivo turístico y comercial desde su fundación en 1946. Best Western es LA CADENA DE HOTELES MAS GRANDE DEL MUNDO®, con casi 4,200 hoteles de operación independiente y operados en más de 100 países. Tiene sus oficinas centrales en Phoenix y tiene un registro de más de 2,000 hoteles Operando en Estados Unidos y Canadá. En México, Centroamérica, Panamá y Ecuador cuenta con un inventario de 88 hoteles en 72 destinos turísticos. También cuenta con un programa de Marketing que incluye la colocación de puntos de acceso Wi-Fi libre en todos sus hoteles. Best Western cobra una tarifa que se basa en un costo inicial más una cuota por cada habitación adicional. Best Western también publica una lista de las normas que cada hotel tiene que mantener. Los hoteles les permiten mantener su identidad independiente. A pesar de que deben utilizar mejor señalización occidental pero también que se identifican como un hotel Best Western, se les permite la opción de usar su propio nombre independiente como parte de su identidad (por ejemplo, *Best Western Adobe Inn*). El cometido de Best Western alrededor del mundo es que sus huéspedes gocen de una experiencia en cada uno de sus viajes. Esta es una de las razones del por qué Best Western renueva completamente sus programas de marketing incluyendo sus nuevas promociones, los programas de Viajero Frecuente, su sitio Web para el consumidor y un programa de lealtad inmensamente enriquecido.

Metodología

Diseño de la investigación

La investigación realizada para esta investigación será no experimental, ya que se estudia a los sujetos sin realizar deliberadamente algún tipo de manipulación de las variables y sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para un análisis posterior. La presente investigación tiene un enfoque mixto ya que se considera cualitativa, por el uso de herramientas (entrevistas y cuestionarios) con las que se obtienen resultados de opiniones de trabajadores, administradores y clientes y por otro lado, en el ordenamiento e interpretación de los resultados se utilizan herramientas cuantitativas que sirven de apoyo para hacer un mejor análisis del objeto de estudio. Se lleva a cabo un diagnóstico inicial sobre el uso de las redes sociales como canal de comunicación efectiva que pretende eficientar el servicio de hospedaje en el hotel "Best Western" de la Ciudad de Xalapa, Veracruz. Análisis que se realiza desde el punto de vista de dos escenarios coincidentes, por un lado los empleados del hotel que

son los que están en contacto directo con la opinión del cliente sobre diversos aspectos (entre ellos el que interesa en la investigación que es: la forma en que se enteraron del hotel, como contactaron su reservación y como mejorar el servicio actual) y por otro lado la opinión al respecto de los clientes cuya edad está en la posibilidad de usar redes sociales y de tomar la decisión de hacer uso formal de ellas para ser cliente del hotel. Es un estudio con diseño transeccional o transversal ya que se obtiene la información durante el periodo comprendido de Marzo a Agosto del 2013, tiene como finalidad identificar y describir el uso de las redes sociales como canal de difusión/comunicación efectiva de la información, que se lleva a cabo en la gestión del modelo de negocio.

Específicamente el estudio es explicativo, ya que **en esta etapa** se lleva a cabo un diagnóstico sobre la opinión de los administradores/colaboradores del negocio y de los clientes, cuya información gira sobre **el uso de las redes sociales como estrategia de comunicación organizacional y su efecto en la mejora del servicio de hospedaje integral**, a fin de conseguir los objetivos empresariales, al tiempo en que los empleados usan la información obtenida para **mejorar** el servicio hacia los clientes y por ende como estrategia de obtención de utilidades.

Es por ello que en este estudio inicial el análisis se presenta de forma directa, a través de la recopilación, uso e interpretación de resultados obtenidos de los instrumentos de investigación (cuestionarios) y su análisis inicial correspondiente, para posteriormente continuar con la segunda fase de la investigación que será las acciones administrativas para consolidar el uso de las redes sociales en esta organización hotelera.

Diseño de la muestra y recolección de información en la investigación.

El universo en esta investigación, está constituido por los 53 empleados que laboran en el hotel Best Western de Xalapa, Ver., cuya función es: 1 Gerente; 4 Recepcionistas; 6 botones; 16 Camaristas; 10 Personal de aseo; 2 Bar; 14 Personal de restaurant. Se les aplicará el cuestionario a todos los empleados porque en diferentes momentos entran en contacto con los clientes que llegan al hotel a hacer uso de sus diferentes servicios y son el mejor canal receptor de la comunicación sobre: el uso de las redes sociales que hacen los clientes para conocer sobre el hotel y sus servicios. Cabe mencionar que todos los empleados conocen de la existencia y uso de las redes sociales (por sondeo previo) y tienen un constante manejo de éstas ya que es personal relativamente joven y que está en contacto con la tecnología informática básica, algunos de ellos las utilizan como parte de su actividad laboral, destacando que todos ellos las manejan en situaciones personales.

La técnica que servirá para obtener la información directamente de los 53 empleados que laboran en el hotel Best Western de Xalapa, Ver., será la encuesta por medio de 10 preguntas cerradas usando la escala de Likert, escritas y organizadas en un cuestionario impreso. La logística de recolección de datos es: se asistirá al hotel Best Western de Xalapa, Ver., para llevar a cabo la aplicación del instrumento de la presente investigación a sus empleados. Se acudirá al hotel, con el propósito de realizar la aplicación de los cuestionarios a los clientes; para de esta manera obtener los datos necesarios. El horario de aplicación será de 1:00 pm hasta las 7:00 pm por el horario que tienen los de área de recepción. La forma de aplicación del instrumento será de la siguiente manera se le entregará a los empleados del hotel y se les pide que lo contesten. No tiene que ser aplicado en un lugar específico, el único requisito es que cumplan con las indicaciones necesarias para la investigación.

Por otra parte, la muestra es de 40 clientes, en el presente estudio se elegirá el muestreo no probabilístico o de juicio, eligiendo los clientes que van a conformar la muestra seleccionando a aquellos que cumplan con la característica de tener entre 18 a 35 años (que serán los clientes frecuentes en el futuro inmediato), por su familiaridad con el uso de las redes sociales, puesto que son los que están en contacto con las redes sociales ya sea por tener una o más cuentas personales con las que se comunican con sus amistades; por otra parte identifican y utilizan las redes sociales para comprar productos, vender artículos de casa o por negocio, o bien consultar constantemente cualquier duda haciendo uso de la tecnología electrónica en general como el internet o bien de las redes sociales en particular. Es por ello, en esta parte inicial del estudio, no se considerará la opinión del cliente promedio del hotel (30 a 55 años) ya que la información que proporcionaría no correspondería a la que es el objeto de estudio. Posteriormente se continuará el estudio ampliando el rango a los de mayor edad, segmento al que corresponden los clientes que también contratan los servicios de este hotel.

Se utilizarán una encuesta con preguntas similares a la que se aplica a los empleados consistente en 12 preguntas cerradas a través de la escala de Likert, las cuales aportarán información para la recolección, concentración de las respuestas proporcionadas por el universo de estudio en la base de datos. En cuanto a los clientes, con el objeto de que estén en la mejor disposición de responder a cada una de las cuestiones planteadas, se creará un clima de confianza, exponiéndoles el objetivo de la investigación y dando lectura a las instrucciones, después de aclarar dudas planteadas. Se les pedirá que respondan en forma individual. Para el manejo de la información, se utilizan tablas concentradoras informativas, que se adaptan a la información requerida, para hacer el vaciado de los resultados se visualizan en gráficos circulares o gráficos de rebanadas de pastel con valores de porcentajes ubicadas en lugares estratégicos en ellas.

Finalmente se correlacionan los resultados (expresados en los gráficos) relativas a las opiniones en extenso vertidas por los administradores/empleados y clientes, con los procesos de comunicación que tradicionalmente utiliza la organización para conocer las opiniones y comentarios de sus clientes, haciendo un mejor análisis cualitativo de los resultados, así como para conocer la tendencia de uso de las redes sociales en México por parte de sus clientes.

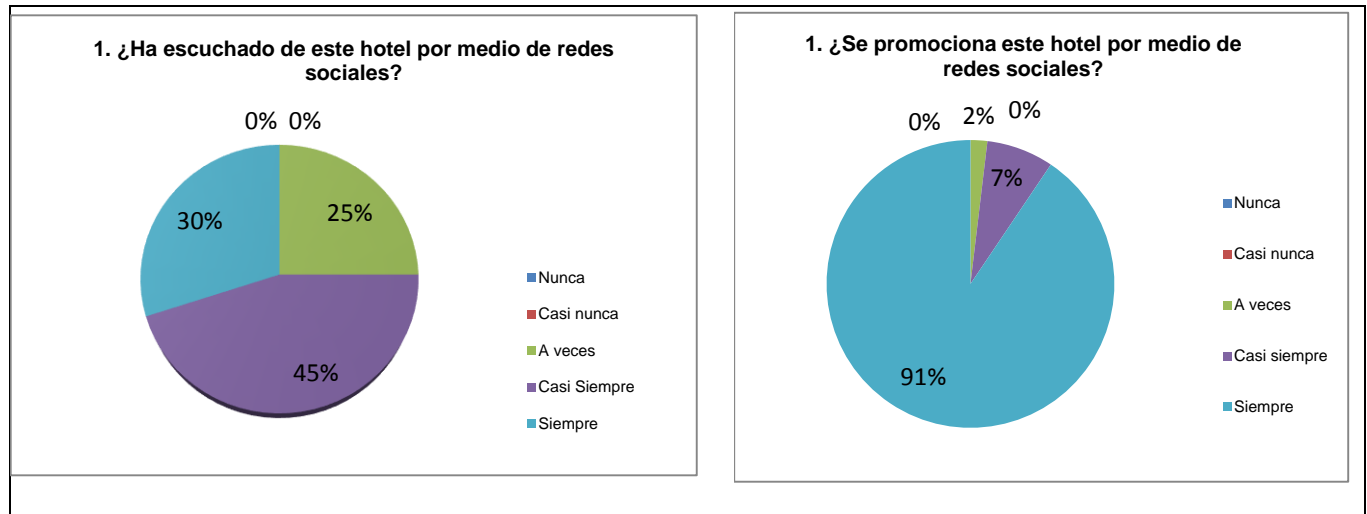
Resultados y discusión

A continuación se muestran como ejemplo de los resultados del estudio la tabla concentradora de la opinión de los clientes así como su interpretación:

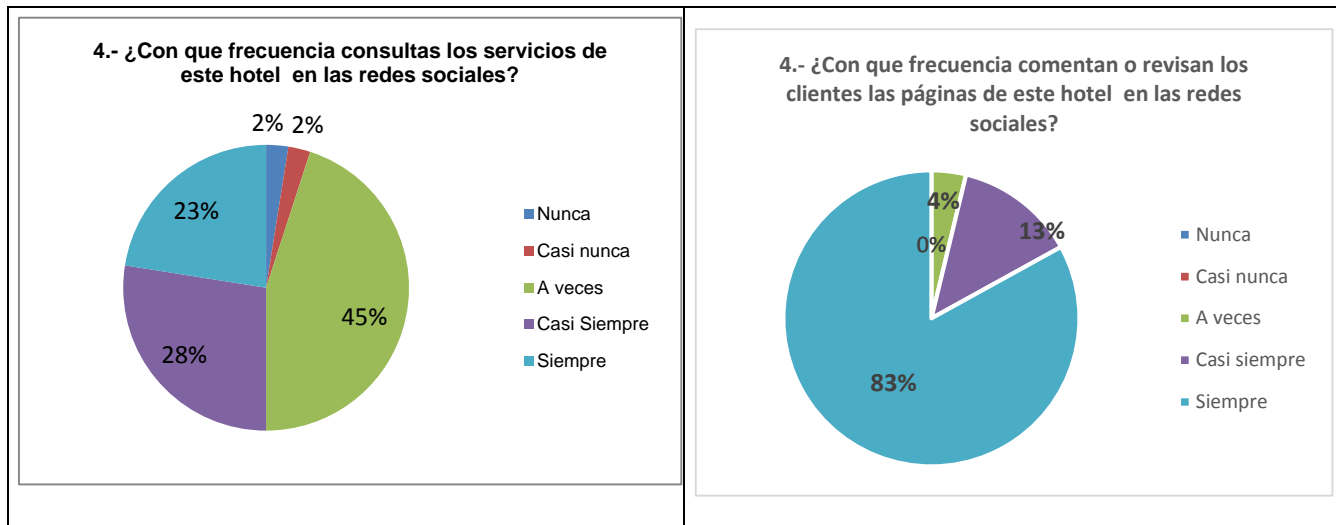
Pregunta	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi Siempre	Siempre	Total
1. ¿Ha escuchado de este hotel por medio de redes sociales?	0	0	10	18	12	40
2. ¿Te motivan ver comentarios o publicidad de este hotel en las redes sociales?	0	1	6	25	8	40
3. ¿Ofrece este hotel promociones para retenerte como cliente?	0	0	16	7	17	40
4.- ¿Con que frecuencia consultas los servicios de este hotel en las redes sociales?	1	1	18	11	9	40
5. ¿Has visto algún tipo de comentarios sobre el servicio de este hotel en las redes sociales?	0	2	14	21	3	40
6. ¿Aconsejarías a tus amigos en las redes sociales los servicios de este hotel?	0	5	17	12	6	40

7. ¿Es sencillo encontrar la información que necesitas de este hotel en las redes sociales?	0	0	9	11	20	40
8.- ¿Te inspiran confianza los comentarios que hay de este hotel en de las redes sociales?	0	1	4	6	29	40
9. ¿Comentarías sobre tus experiencias vividas en este hotel en tus paginas sociales?	0	0	4	5	31	40
10. ¿Te informaste sobre los precios u otros servicios que ofrece este hotel en las redes sociales?	0	0	10	9	21	40
11. ¿Has comentado acerca de los productos o servicios recibidos de este hotel a través de las redes sociales?	0	0	10	17	13	40
12. ¿Te ha dado respuesta el hotel a los comentarios que has hecho en las redes sociales?	0	3	9	15	13	40

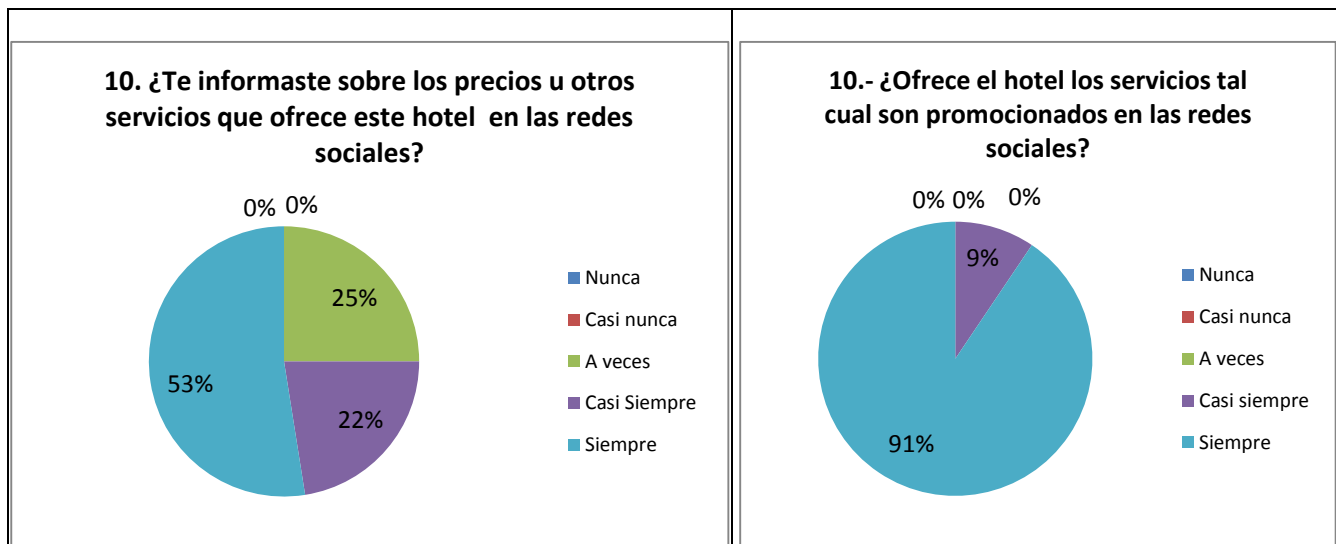
Se han seleccionado los gráficos de las opiniones sobre la misma temática (de clientes y trabajadores) para un mejor análisis de la interpretación porcentual de la opinión recolectada a través de los instrumentos aplicados y seleccionados:



Como se puede observar los clientes opinan han escuchado o han relacionado opiniones del hotel en el 75% de las veces por medio de las redes sociales, coincidiendo con la opinión de los empleados/administradores de que afirman que el 91% de las veces el hotel se está promocionando por medio de las redes sociales. Por tanto, el hotel “Best Western” es conocido por sus mensajes y publicad en las redes sociales y han encontrado eco en los clientes que las consultan ya que a través de ellas se han enterado de sus servicios y promociones.



En esta pregunta podemos observar que 51 % de los clientes opinaron que consultan frecuentemente los servicios o promociones que ofertan en el hotel a través de las redes sociales, es decir hay una continua búsqueda de los clientes por checar los mejores servicios de los hoteles ya sea en un fin de semana o bien en periodo vacacional en éstas redes; por otra parte el 83% de empleados/administradores opinan que frecuentemente revisan los clientes las páginas del hotel en la redes sociales a fin de conocer los servicios, promociones, costos, preguntas frecuentes, reservaciones, etc. Tomando esto como base de afirmación en cuanto a que los usuarios de las redes sociales buscan checar en éstas las mejores condiciones a sus requerimientos y necesidades de pago, servicios, confort, etc.

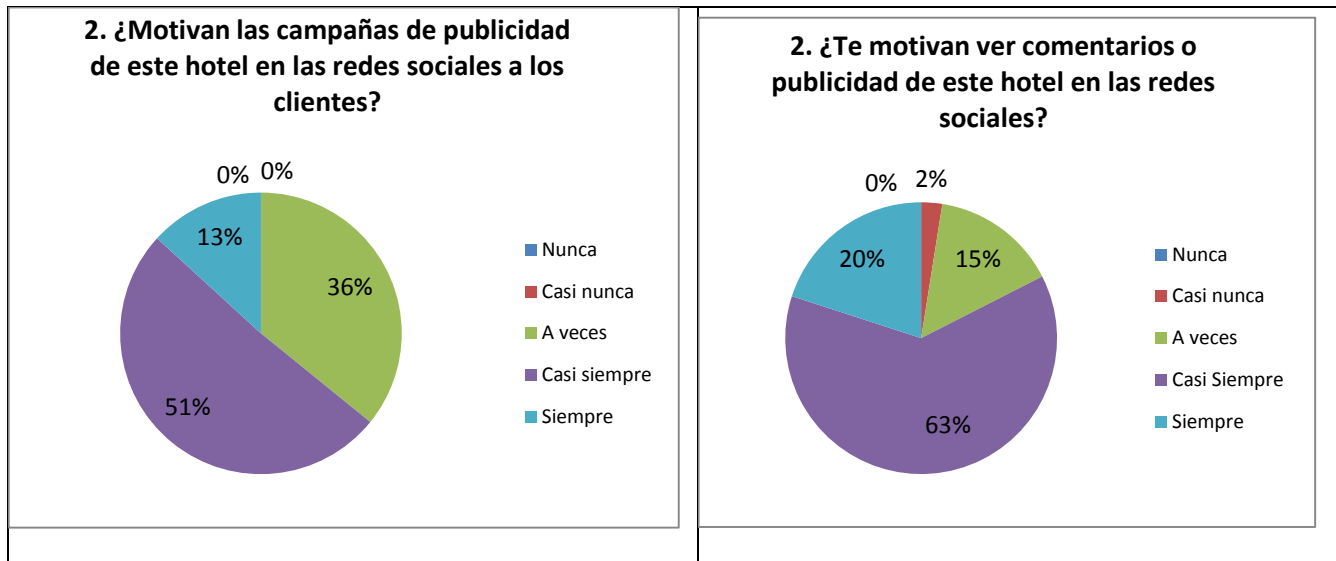


En este gráfico apreciamos que el 75% de los clientes hacen uso de las redes sociales para informarse de los precios o bien de los diferentes servicios que se ofertan en el hotel; mientras que los administradores/trabajadores opinan que el 91% de las veces el hotel siempre ofrece los servicios tal como son promocionados en las redes sociales, de tal manera que la confiabilidad que recibe el cliente sobre el servicio prometido es muy alta. De acuerdo con esto, los usuarios de las redes sociales las usan como canal de comunicación de una gran variedad de información y no escatiman recursos para proveerse de precios y servicios a través de lo que se coloque en las redes por parte de las empresas hoteleras.

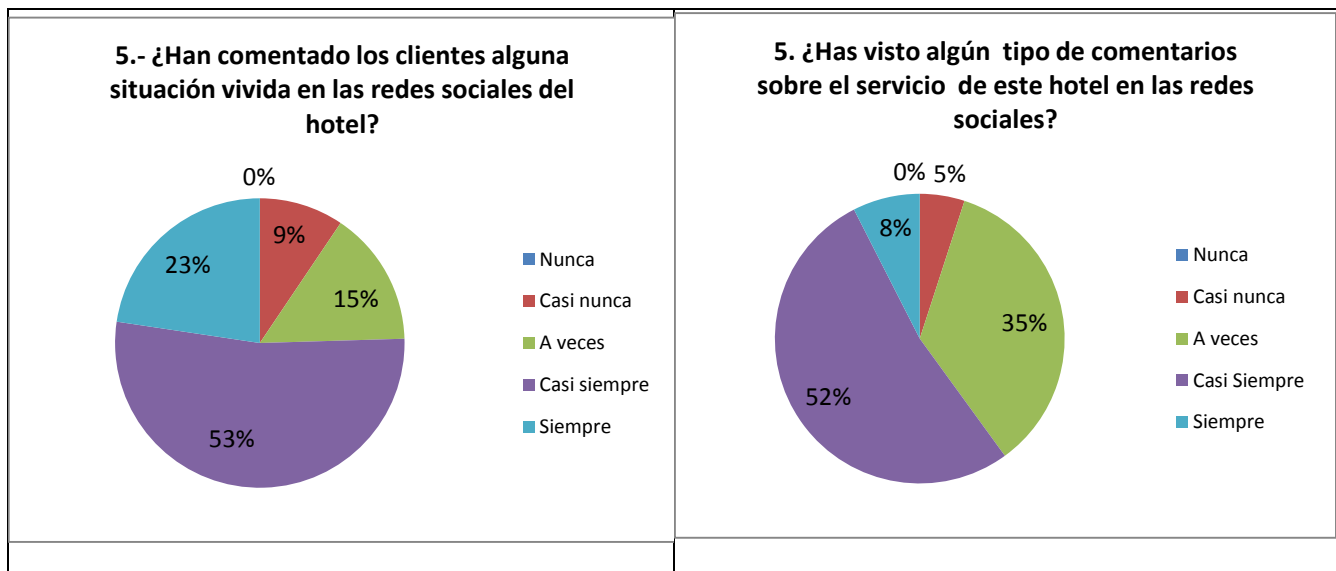
A continuación se presenta la tabla concentradora de resultados de las opiniones de los administradores/trabajadores del hotel, respecto al uso de las redes sociales por parte de los clientes:

Pregunta	Nunca 1	Casi nunca 2	A veces 3	Casi siempre 4	Siempre 5	Total
1. ¿Se promociona este hotel por medio de redes sociales?	0	0	1	4	48	53
2. ¿Motivan las campañas de publicidad de este hotel en las redes sociales a los clientes?	0	0	19	27	7	53
3. ¿Ofrece este hotel promociones para retener a los clientes?	0	0	3	9	41	53
4.- ¿Con que frecuencia comentan o revisan los clientes las páginas de este hotel en las redes sociales?	0	0	2	7	44	53
5.- ¿Han comentado los clientes alguna situación vivida en las redes sociales del hotel?	0	5	8	28	12	53
6. ¿Recomiendan los clientes a sus amigos en las redes sociales los servicios de este hotel?	0	5	11	16	21	53
7. ¿Consideras que es sencillo para los clientes encontrar la información que necesitas de este hotel en las redes sociales?	0	0	1	19	33	53
8. ¿Considera que las páginas del hotel está pensado en clientes de 18 a 35 años de edad?	0	0	17	17	19	53
9. ¿Son alentadores los comentarios que realizan los clientes en sus redes sociales?	0	0	3	11	39	53
10.- ¿Ofrece el hotel los servicios tal cual son promocionados en las redes sociales?	0	0	0	5	48	53

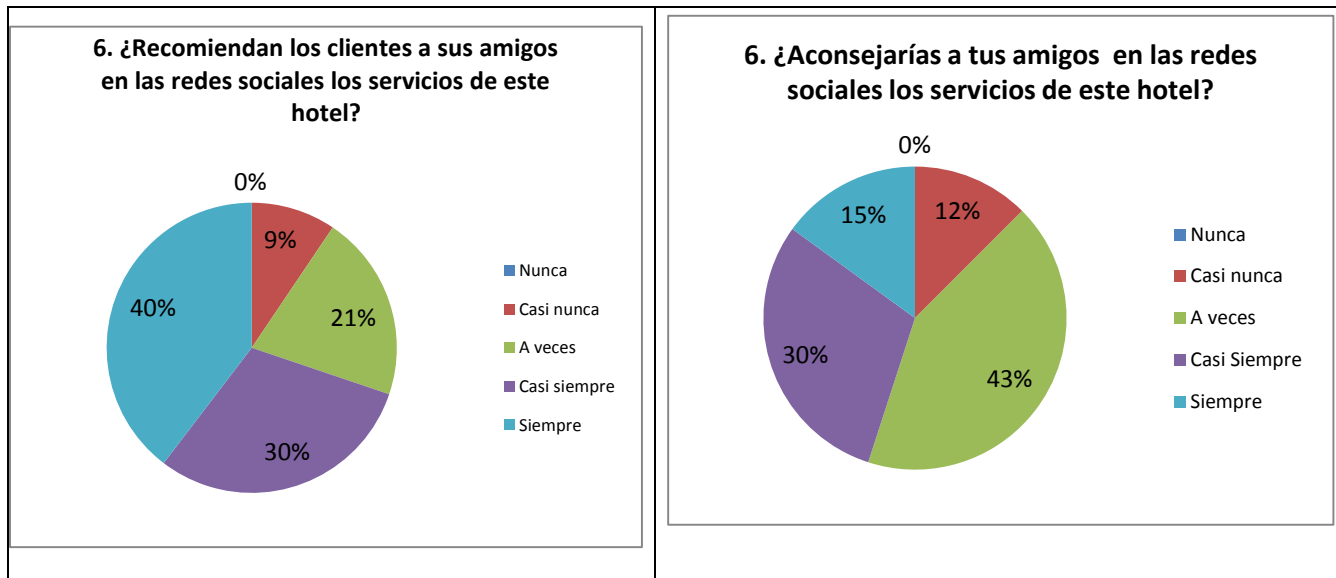
Se seleccionan algunas de las respuestas y se contrastan por medio de gráficos con las opiniones de los clientes a fin de hacer una mejor interpretación y análisis de los resultados:



De acuerdo con los resultados podemos apreciar que 64% de los trabajadores opinan que las campañas de publicidad del hotel que son colocadas en las redes sociales sirven de motivación a los clientes para decidir hospedarse con ellos; mientras que los clientes opinan que 83% les motiva ver comentarios publicitarios del hotel en las redes sociales ya que hacen pensar en pasar unos días de vacaciones en este hotel. Por tanto la publicidad de las empresas son vistas de buen agrado en las redes sociales por quienes las consultan ya que pueden enterarse de promociones, servicios, o algún atractivo para el cliente.



Los empleados afirman que 76% de ellos han visto siempre comentarios de los clientes sobre situaciones o vivencias que han tenido en el hotel en las redes sociales; mientras que los clientes opinan que 60% de ellos siempre han visto algún tipo de comentario sobre el servicio que han ofrecido a otros clientes en el hotel; y es por ello que se animan o convencen de hospedarse en el hotel. De ahí que la credibilidad de los comentarios que han ido reforzando la imagen del hotel ante la opinión de los clientes nuevos y recurrentes.



Los resultados mostrados en los gráficos nos dicen que, de acuerdo con los empleados/administradores, el 70% de los clientes siempre hacen recomendaciones a sus amigos del uso de los servicios del hotel a sus amigos a través de las redes sociales, mientras que la opinión directa de los clientes, del 45% al 88% aconsejan a sus amigos en las redes sociales de los servicios de éste hotel. Por tanto podemos afirmar que las redes sociales son una excelente estrategia para posicionarnos en el mercado o bien nos sirven para afianzar la marca entre nuestros clientes potenciales y reales, además de ser un canal de comunicación entre ellos, generando publicidad gratuita para la empresa.

Un análisis final nos lleva a afirmar que el diagnóstico emanado del caso del Hotel “Best Western” de Xalapa Ver, en el que los resultados obtenidos mediante las encuestas demuestran que a todos los clientes que se encuentran en ese rango de edad cuentan con al menos un perfil en las redes sociales, y expresan sus experiencias vividas en ellas del lugar que visitan sin pasar desapercibido el trato que le hayan dado en el hotel, sin embargo los comentarios pueden ser positivos o negativos puesto que ellos expresan sus experiencias, razón por la cual el hotel no debe pasar desapercibido ante la imagen que pueda estar creando en el mundo de las redes sociales, debido a que esto le da un mayor auge y acercamiento a nuevos clientes o bien puede ser una arma destructora que la aleje de su mercado real y potencial. De manera general se puede decir que las redes sociales le son de gran ayuda y cumplen su cometido como un medio de comunicación efectiva para este hotel.

Trabajo a futuro

Es menester que las organizaciones de bienes y sobre todo de servicios utilicen en el futuro inmediato a las redes sociales como estrategia de comunicación efectiva y de posicionamiento de mercado. Con esto no se pretende afirmar que las redes sociales sean la panacea del siglo para resolver todos los problemas derivados de una mala comunicación, sin embargo se pretende demostrar que un medio efectivo y que cumple con un cometido, sin embargo no solo basta con abrir un perfil en Facebook, y dejarlo a ver qué pasa. Toda acción en los Social Media ha de responder a una estrategia; deben ser acciones dirigidas a lograr unos objetivos. Además estas acciones deben estar coordinadas con el plan de marketing de la empresa, con el fin de que cualquier iniciativa refuerce el objetivo final, y haya una integración en toda la comunicación de la empresa. En lo que respecta a esta investigación, el siguiente proceso será ampliar la información considerando las opiniones de clientes que tengan mayor rango de edad y posteriormente hacer un planteamiento de aplicación organizacional en la empresa hotelera para que el uso de las redes sociales sea una estrategia efectiva de comunicación para con sus clientes.

Conclusiones

Con esto no se pretende afirmar que las redes sociales sean la panacea del siglo para resolver todos los problemas derivados de una mala comunicación, sin embargo se pretende demostrar que un medio efectivo y

que cumple con un cometido, sin embargo no solo basta con abrir un perfil en Facebook, y dejarlo a ver qué pasa. Toda acción en los Social Media ha de responder a una estrategia; deben ser acciones dirigidas a lograr unos objetivos. Además estas acciones deben estar coordinadas con el plan de marketing de la empresa, con el fin de que cualquier iniciativa refuerce el objetivo final, y haya una integración en toda la comunicación de la empresa. Otro factor a tener en cuenta a la hora de crear un perfil corporativo es quien va a ser el responsable de su administración, de hablar en nombre de la empresa a través de los canales 2.0.

Esta revolución de las redes sociales no se explicaría sino no estuviésemos viviendo, no solo en este campo, sino en todos; un proceso muy rápido de cambios. Cambios incluidos dentro de la era de la participación, de un nuevo entorno tecnológico, de la comunicación. Los usuarios, tienen la capacidad de crear los contenidos. Hasta entonces, los medios eran direccionales y ahora desaparece esa figura de intermediario que existía entre empresas y clientes y se publica lo que el cliente viva, sienta o experimente en determinado lugar algo que antes no se veía, contar con un mayor número de contactos, incluso poderemos comunicarnos con contactos, con amigos o familiares que teníamos lejanos, esto produce un acercamiento inaudito, que antes nunca se había producido. Y por lo tanto difundir todo ese tipo de comentarios, de contenidos que antes era imposible. Pero también, hay unas ventajas muy potentes para micro, medianas y grandes empresas.

Referencias

- AECE. (2002). Estudio de 40 empresas del sector turístico en internet. Recuperado el 27 de 06 de 2013, de <http://www.aece.es/recursosclasifica>.
- Alonso Gonzalez, C. (1999). Principios Básicos de Comunicación. México, D.F.: Trillas.
- Álvarez, J. (08 de 10 de 2009). Academia de las Artes y las Ciencias Radiofónicas de España. España.
- AMIPCI. (2011 de Septiembre de 2011). <http://www.amipci.org.mx/>. Recuperado el 26 de Agosto de 2012, de <http://www.amipci.org.mx/temp/EstudioAMIPCIdeRedesSociales2011-0413643001316532272OB.pdf>
- (2002). En F. Badia, Internet Situacion actual y perspectivas (págs. 16-21). Barcelona: La Caixa.
- Baez, C. J. (2000). La comunicación efectiva. Republica Dominicana: BÚHO.
- Begoña, O. (08 de 2009). Tendencias de la Web. Recuperado el 08 de 02 de 2012, de <http://tendenciasweb.about.com/od/videos-y-fotos/a/La-Historia-De-Youtube.htm>
- Boyd, & Ellison. (2008). La web 2.0 como recurso para la enseñanza del francés. Mexico.
- Burgos García, E., & Cotés Ricart, M. (2009). Marketing 2.0. España: Gesbibo, S.L.
- CAIN, M. C., & STONE, B. (15 de julio de 2009). Hacker Exposes Private Twitter Documents. Recuperado el 05 de 04 de 2013, de <http://bits.blogs.nytimes.com/2009/07/15/hacker-exposes-private-twitter-documents/?hpw>.
- Cervantes, F. J., & Diaz de la Garza, C. (2011). Aplicaciones de las redes sociales en la mercadotecnia. XVI congreso internacional de contaduría, administración e informática., (pág. 7). Mexico. D.F.
- Cit., O. (2001). La Investigación de la Comunicación de masas. . Madrid, España: Paidós.
- Eck, M. (2002). La internet por dentro y por fuera. New York: Andrea Dué s.r.l.
- Fernández, C. C. (2002). Comunicación en las organizaciones. México: Trillas.
- González, M. Á. (2010). Evolución tecnológica y cibermedios. Zamora, España: Comunicacion Socia S.C.
- Google. (28 de 06 de 2011). Google+. Recuperado el 05 de 04 de 2013, de <https://plus.google.com>
- Hernández, S. R., Fernández, C., & Baptista, L. P. (2006). Metodología de la Investigación. Mexico: Mc Granw Hill.
- Humberto E. (1978). Tratado de Semiótica General. México, D.F: Nueva Imagen.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2001). Marketing. México: Prentice Hall.
- Navarro, M. E. (11 de 10 de 2006). Comunicación con los clientes. México D.F., México, México.
- Sebastián Muriel. (2011). En J. Celaya, La empresa en la Web 2.0 (pág. 315). España.
- Zigiotto, D. M. (2008). Las mil y una curiosidades de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.: Grupo Norma.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

El trazo del camino hacia la consolidación por medio del diseño y medición de estrategias

O. Espinosa Bonilla¹, F. Aguirre y Hernández², M. Gallardo Córdova³, M. C. Sánchez Romero⁴
Maestría en ingeniería administrativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 No.
852, Orizaba, Ver. taboesbo@live.com.mx

Área de participación: Ingeniería administrativa.

Resumen

Una empresa comercializadora de productos y servicios integrales de limpieza ubicada en la zona Córdoba – Orizaba del estado de Veracruz fue sometida a un proceso de administración estratégica con la finalidad de trazar el camino hacia su consolidación a largo plazo.

Utilizando diversas herramientas de la ingeniería administrativa se obtiene una propuesta integrada por un extenso grupo de estrategias, que resultaron del diseño y aplicación de una metodología que incluyó la implementación del correcto diagnóstico de la empresa, el diseño de la filosofía de la organización, y el estudio de mercado. Estas estrategias se aplican y se evalúan con una herramienta de control dinámica diseñada para obtener información valiosa que sirve como apoyo en la toma de decisiones, dando como resultado una mejora que se ha podido observar en las utilidades y en la mejoría de la organización interna de la empresa.

Palabras clave: Outsourcing, estrategia, indicador crítico, cuadro de mando integral

Abstract

A trading company of integral cleaning services and products, located in Cordoba-Orizaba, Ver. was subjected to a strategic management process in order to trace the path to long-term consolidation

Using various tools of the administrative engineering gets a proposal comprising a large group of strategies, which resulted with the design and implementation of a methodology that included the application of the correct diagnosis of the company, the design of the organization's philosophy, and market research. These strategies are applied and evaluated with a dynamic control tool designed for valuable information and serves as a support in the decision-making process, resulting in an improvement that has been observed in utilities and in the improvement of the internal organization of the company.

Introducción

Este trabajo tiene la finalidad de mostrar una propuesta para lograr la consolidación de una PyME dedicada a la elaboración y comercialización de productos y servicios outsourcing de limpieza ubicada en la ciudad de Nogales, Ver. a través del diseño de estrategias de aplicación que busquen la mejora continua de la empresa.

Las estrategias formuladas son el resultado de una administración estratégica y que son de aplicación de manera gradual. Es por ello que esta propuesta tiene un objetivo general a largo

¹ Estudiante de la maestría en ingeniería administrativa.

² Profesor-Investigador del programa de posgrado de Ingeniería Administrativa.

³ Profesor-Investigador del programa de posgrado de Ingeniería Administrativa.

⁴ Profesor-Investigador del programa de posgrado de Ingeniería Administrativa.

plazo. Sin embargo, la ejecución de algunas estrategias ha dado resultados inmediatos, que son los que se muestran en la parte final.

Las estrategias de mejora continua surgen dentro de proyectos estratégicos con objetivos particulares y obtenidos con la implementación de una metodología para obtener la filosofía de la empresa. Mencionados proyectos son: posicionamiento de marca, preciso de impacto, diversificación de la empresa, marketing, profesionalización, análisis de competencia, sistematización de procesos, satisfacción a clientes, recursos humanos y responsabilidad social.

Metodología.

Diagnostico organizacional

El análisis interno de la empresa se realizó por medio de un modelo propuesto por la Universidad Santa María de Venezuela (2000), en donde se aplicó la metodología para obtener indicadores de la situación actual de la empresa.

El diagnóstico se llevó a cabo tomando en cuenta los departamentos existentes, que aunque no están definidos como tal, si se encuentran diferenciados dentro de la empresa. Los departamentos considerados fueron el administrativo, punto de venta, producción, bodegas y finanzas.

Filosofía de la empresa

Se organizó a todo el equipo de trabajo de la empresa y se logró, con el apoyo de herramientas como la lluvia de ideas y diagramas de afinidad, el diseño de la filosofía organizacional compuesta por:

- La misión, que es la clave de la supervivencia de la empresa en un entorno competitivo y que pone mucha atención a la calidad (Rodríguez, 2007), o como dice Muñiz y Monfort (2005), es como una brújula para la empresa.
- La visión, es el resultado de las convicciones del equipo administrativo, o sea, de cómo se proyecta la empresa a largo plazo. Debe tener diferentes y varias características, y entre las más importantes, es que debe ser breve, clara, precisa, fácil de entender y de recordar, y lo suficientemente entusiasta para todos los colaboradores de la organización (L. Lolan, Martín, & Soto, 2004).
- Y los valores de la organización que son bienes intangibles de carácter social que conforman la cultura corporativa y que sirven como guía en búsqueda del logro de la misión. Se logran a través de la convicción personal y que al aplicarse en la realidad, formaran una conducta organizacional y ayudarán en la toma de decisiones que incrementarán las posibilidades de la empresa misma, de sus clientes y de cualquier otra persona involucrada. Los valores se definen como "*las razones de la conducta humana*" o como "*aquellos bienes cuya posesión acrecientan las realidades y posibilidades humanas*" (M. Ballvé & Debeljuh, 2006).

Una vez diseñada la filosofía de la empresa, se promovió su difusión entre todo el personal y se adquiriera una cultura de trabajo dirigida a un mismo fin: la búsqueda del logro de la misión y visión.

Estudio de Mercado.

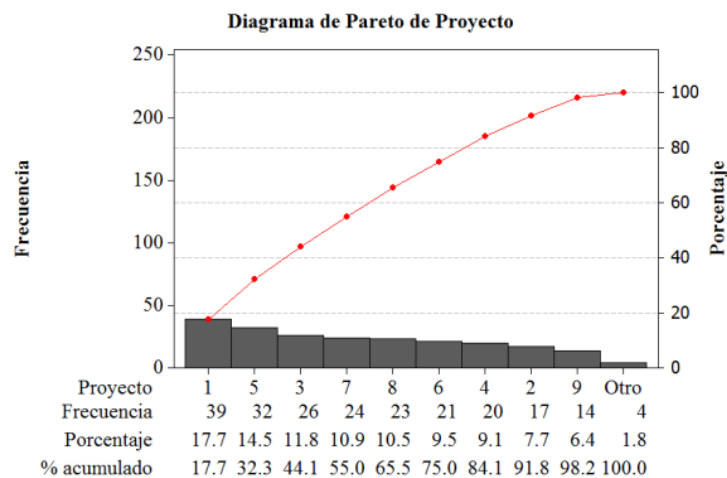
Se realizó un análisis de datos primarios con la aplicación de una encuesta a 72 micro y pequeña empresas, 63 empresas medianas y 45 empresas grandes dentro de la zona Córdoba-Orizaba, obteniendo la muestra al aplicar la formula de muestreo aleatorio simple y considerando la clasificación de las empresas con respecto a su tamaño como lo marca el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2003). Con mencionada encuesta se pudo conocer el impacto

actual que tiene el outsourcing en las MIPyMES y en las grandes empresas de todos los sectores, así como también para conocer las oportunidades de incursionar como proveedor de servicios de limpieza en las empresas de la región.

El análisis de datos secundarios también estuvo considerado dentro del estudio de mercado, tomando como referencia una encuesta aplicada por la Asociación Mexicana en Dirección de Recursos Humanos A.C. (AMEDIRH) en el 1er. Foro de outsourcing en México abarcó los estados de México, Jalisco, Nuevo León, Veracruz y Sonora (Borda Hartmann, 2009).

Diseño y jerarquización de estrategias.

Se diseñaron y propusieron proyectos estratégicos que se componen a su vez de objetivos estratégicos particulares. Estos proyectos surgen a partir de la aplicación de la herramienta FODA, para posteriormente ordenarlos por su grado de importancia por medio de un diagrama de Pareto y direccionarlos.



Gráfica 1. Jerarquización de proyectos

Una vez teniendo los proyectos con su orden jerárquico, se tomaron nuevamente los datos obtenidos en el FODA para utilizar las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas que tiene la empresa y poder darle un enfoque estratégico a cada una de ellas. Este paso se llevó a cabo con una herramienta denominada CAME (Corregir, Afrontar, Mantener y Explotar). El CAME es una herramienta de diagnóstico estratégico que se utiliza para definir el tipo de estrategia que debe de conseguirse en una compañía tras haber identificado, por medio de un análisis FODA cuáles son los aspectos clave que caracterizan a una compañía desde la perspectiva externa e interna.

Tabla 1. Obtención de estrategias de crecimiento a través del CAME.

C	Corregir	→	D	Debilidades
A	Afrontar	→	A	Amenazas
M	Mantener	→	F	Fortalezas
E	Explotar	→	O	Oportunidades

Diseño y aplicación de herramientas de evaluación y control.

Para la evaluación y control de los proyectos estratégicos, se diseñó un Cuadro de Mando Integral (CMI), también identificado con su nombre en inglés, *Balanced Scorecard (BSC)* y que es una herramienta que sirve a las empresas para llevar a cabo una medición eficaz del trabajo que realizan las organizaciones y la puesta en marcha o la implementación de estrategias (R. Niven, 2003).

Para lograr en su totalidad una eficiente herramienta de evaluación y control, se realizaron tres partes fundamentales que están integradas dentro del CMI: las cédulas de indicadores críticos, los diagramas causa – efecto y los mapas estratégicos.

Una vez obtenidas estas tres partes, entonces se procedió al diseño de un cuadro de mando dinámico que ayude al CEO en la correcta toma de decisiones al mostrar información específica del estado en que se encuentra la empresa y el impacto que tiene la implementación de las estrategias elegidas.

Implementación de estrategias para la mejora continua.

Se eligieron, de entre el conjunto completo de las estrategias propuestas, las que son viables de aplicar con respecto a tiempos y posibilidades económicas para que sean implementadas.

Evaluación de Resultados.

En el último paso se deben mostrar los resultados obtenidos a través de los procedimientos expuestos anteriormente, por medio de una tesis de posgrado.

Resultados

PQ1.0 – POSICIONAMIENTO DE LA MARCA EN EL MERCADO

Para dar a conocer la marca, antes que todo se debe conocer cuál es el mercado meta. Para esto se realizó un estudio de mercado en la zona Córdoba – Orizaba en donde se obtuvieron datos importantes con respecto a los clientes potenciales en el área de servicios outsourcing. La información de peso extraída se presenta a continuación:

Tabla 2. Resultados de estudio de mercado Córdoba – Orizaba.

Empresas con hasta 10 trabajadores.	<ul style="list-style-type: none">• No lo necesita.• Razón principal = empresas muy pequeñas.• Cuentan con personal directo.
Empresas con 11 a 50 trabajadores.	<ul style="list-style-type: none">• 31% de contratos outsourcing son en el área de limpieza.• 83% mantendrá las contrataciones a futuro.• Principales razones por las cuales contratan servicios outsourcing = mejores resultados, personal capacitado, ahorro en costos.
Empresas con más de 50 trabajadores.	<ul style="list-style-type: none">• 84% contrata servicios outsourcing.• Limpieza esta en el lugar 3 con el 11%.• El 36% asegura incrementar contratos a futuro.

Las estrategias utilizadas para el logro del objetivo del proyecto fueron: la de la contratación de un vendedor para que cubra las visitas en la zona y programe citas en las empresas de mayor potencial como clientes en productos y servicios, la adquisición de una nueva unidad con la que podrá realizar sus recorridos de visitas y entregas, la diversificación de productos y servicios, la elaboración de paquetes dirigidos a mercados específicos, asesoría personalizada, folletos informativos y participaciones en licitaciones para instituciones públicas y privadas.

PQ5.0 – PROFESIONALIZACIÓN DE LA EMPRESA.

Se ha propuesto el cambio de administración para la implementación de estrategias, misma que se ha confirmado y se ha comenzado a la realización de lo programado, en donde el diseño de protocolos servicios ha sido una de las primeras actividades del nuevo administrador.

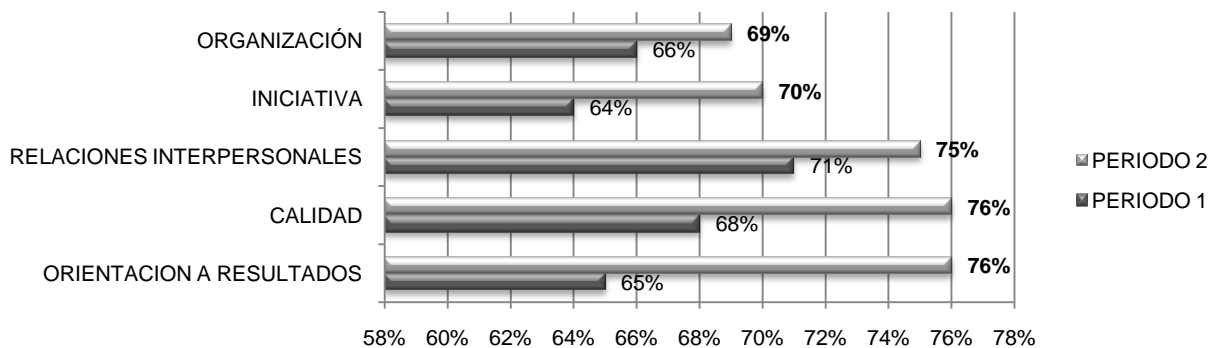
Además, por medio del CMI se facilitó la herramienta de medición de los indicadores que servirá para el reflejo del impacto que tienen estas actividades.

PQ8.0 – SATISFACCIÓN A CLIENTES.

Se diseñó una evaluación de desempeño con la finalidad de conocer la opinión del cliente, y de esta manera, atacar los puntos débiles de cada trabajador, con la finalidad de mejorar el servicio y de documentar las deficiencias para evitarlas en el futuro.

Posterior a estas evaluaciones, se realizaron las acciones correctivas, a través de sensibilización del personal para fomentar nuevamente los compromisos que se deben tomar con la empresa, además de supervisiones en las instalaciones para dar indicaciones específicas de cómo realizar las actividades. Para evitar reincidencia en los errores, se diseñó un programa de trabajo para con formato checklist⁵ que se entregó al personal para dar seguimiento a sus actividades diarias.

Una vez realizado esto, se obtuvo una mejora en todas las actividades. Estos datos se obtuvieron de una posterior evaluación que reflejó los siguientes resultados:



Gráfica 2. Comparación de evaluación de desempeño.

PQ4.0 – MARKETING Y PUBLICIDAD.

Este punto se dirigió principalmente al diseño de página web y la participación en las redes sociales, con la creación de un sitio en donde se brinde toda la información de la empresa y de los productos y servicios que maneja, además de un espacio en Facebook ya que es la red social más utilizada en el mundo con un total de 1,060 millones de usuarios en el 2013 según la revista mercado2.0.

Además, se diseñó una página de internet en donde se encuentra toda la información de la empresa, sus productos y servicios, así como los datos de contacto. La dirección electrónica de la página es www.quisel.com.mx

PQ2.0 – DETERMINACIÓN DE PRECIOS DE IMPACTO.

Para este proyecto se obtuvo, a través de la fórmula de punto de equilibrio, la cantidad monetaria que se debe obtener de cada uno de los productos que se venden en la empresa, con la finalidad de tener un punto de referencia.

La fórmula utilizada para la obtención del punto de equilibrio fue la de por unidades:

$$PE \text{ unidades} = \frac{CF}{PVq - CVq}$$

En donde:

CF = Costos fijos

PVq = Precio de venta unitario

CVq = Costo variable unitario

⁵ Lista de chequeo que sirve como guía para reducir los errores provocados por limitantes de memoria y de atención de las personas

Se realizaron dos listas de precios, mismas que corresponden a ventas por menudeo y mayoreo, con la finalidad de invitar a los clientes a realizar mayor volumen de compra obteniendo un beneficio monetario.

Una vez realizados estas estrategias, los resultados se monitorean por medio del CMI para conocer el comportamiento del impacto que se obtiene. Los líderes de opinión son los encargados de tomar la decisión de si hacer cambios en las estrategias que se están llevando a cabo. Esta es la finalidad de poder tener una herramienta de monitoreo.

Las estrategias restantes, pueden ir aplicándose en base a las posibilidades, recursos y decisiones del CEO, ya que todas las estrategias diseñadas, están dirigidas a lograr la consolidación de la empresa en su sector.

Conclusiones

La detección de fortalezas y amenazas, el desarrollo de la filosofía de la empresa, el diseño de las estrategias que conforman los proyectos estratégicos que buscan alcanzar objetivos específicos y la implementación de las mismas, son, de una manera absurdamente resumida, los puntos clave de la realización de un proyecto de planeación dentro de una empresa. Sin embargo, esto es un proceso largo y requiere de total dedicación, y principalmente compromiso por parte de todos y cada uno de los que componen las organizaciones para que cada punto sea realizado con éxito, porque cualquier propuesta a realizar, aunque lleve el seguimiento de una metodología de manera estricta, no sirve de nada si no lleva a la práctica.

Para saber el peso de los resultados que después de determinado periodo tiene la empresa, es necesario realizar una medición y comparación. Aspectos cualitativos difícilmente son medibles, por lo que para una organización es imprescindible intentar llevar todo a números. Para que alguna actividad se pueda comparar o conocer su impacto, debe de ser medible. Esto se logró con el diseño e implementación de un sistema de control que brinda información constante y fidedigna por medio de indicadores críticos que buscan la consolidación de la empresa. Este sistema de control se obtuvo por medio de un cuadro de mando integral que contiene todas y cada una de las estrategias propuestas para la mejora continua de la empresa para que se vayan midiendo una vez que se ha procedido a su implementación.

Bibliografía

1. Borda Hartmann, P. (2009). *Estudio Cuantitativo preparado por solicitud de AMEDIRH*. México: Jamech.
2. Goodstein, L. (1998). *Planeación Estratégica Aplicada*. México: Ed. McGraw-Hill.
3. Hitt, M., Ireland, D., & Hoskisson, R. (2007). *Administración Estratégica*. México, D.F.: Cengage Learning Editores.
4. INEGI. (2003). *Observatorio MIPYME: Compilación estadística para 12 países de la Región*. Washington, D.C.
5. L. Lolan, S., Martín, I., & Soto, E. (2004). *Los 10 mandamientos para la Dirección de personas*. España: Gestión 2000.
6. M. Ballvé, A., & Debeljuh, P. (2006). *Misión y Valores*. Argentina: Gestión 2000.
7. Martínez Pedrós, D., & Milla Gutiérrez, A. (2005). *La Elaboración del Plan Estratégico y su Implantación a Través de Cuadro de Mando Integral*. España: Ed. Díaz de Santos.
8. Muñiz, L., & Monfort, E. (2005). *Aplicación práctica del cuadro de mando intrgral*. Barcelona: Gestión 2000.

9. Norton, D., & Kaplan, R. (1996). *El cuadro de mando integral*. España: Gestión 2000.
10. R. Niven, P. (2003). *El Cuadro de Mando Integral Paso a Paso*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
11. Rodríguez Valencia, J. (2005). *Cómo aplicar la planeación estratégica a la pequeña y mediana empresa*. México: Thomson.
12. Rodríguez, V. J. (2007). *Administración moderna de personal*. México: CENGAGE Learning.
13. Sainz de Vicuña Ancín, J. M. (2003). *EL PLAN ESTRATÉGICO EN LA PRÁCTICA*. España: ESIC.
14. Steiner, G. A. (2004). *PLANEACION ESTRATEGICA Lo que todo Director debe saber*. México: CECSA.
15. Universida de Santa María. (Noviembre de 2000). <http://www.usm.edu.ve/usmccs/>. Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.usm.edu.ve/usmccs/>
16. UNIVERSIDAD SANTA MARÍA. (Noviembre de 2000). *MODELO DE DIAGNOSTICO BAJO LA VISION DE PROCESO*. Recuperado el 2012
17. Universidad Santa María. (Noviembre de 2000). *Modelo de diagnóstico bajo la visión de proceso*. Recuperado el 2012
18. White, R., & James, B. (2003). *MANUAL DEL OUTSOURCING*. España: Gestión 2000.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Herramientas para el diagnóstico externo e interno en la Dirección Estratégica de una Empresa Comercial

H. G. Valdéz Bocanegra^{1*}, C. N. Vázquez Ortíz¹, L. Romo Rojas^{2*}.

¹Alumna Maestría en Administración, Énfasis en Mercadotecnia. Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Cp. 20131, Aguascalientes, Ags,

*heira_va@hotmail.com

²Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Cp. 20131, Aguascalientes, Ags,

*lrr485@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa.

Resumen

Todas las empresas tienen una estrategia, formal o informal, reemplazar el enfoque reactivo por el proactivo por lo que la finalidad fue identificar herramientas para diagnosticar el entorno externo e interno para la dirección estratégica en una empresa comercial de la ciudad de Aguascalientes. Metodología: se siguió el método del caso, y el diagnóstico se hizo de una pequeña empresa del sector comercial, del municipio de Aguascalientes, Ags. Resultados: en cuanto a la Competencia, la empresa se encuentra en tercera posición respecto a sus competidores. En el entorno externo tiene un promedio medio de capacidad para reaccionar ante el mismo. En factores internos su mayor fortaleza es tener una condición sólida para poder crecer y su mayor debilidad es que los productos que ofrece son muy poco diferenciados. Conclusión: aplicando diferentes herramientas para el diagnóstico externo e interno de la empresa, se logró identificar la oportunidad de diseñar nuevas estrategias.

Palabras clave: Dirección Estratégica, Herramientas para Diagnóstico.

Abstract

All companies have a strategy, formal or informal, to replace the reactive approach by proactive so the aim is to identify tools to diagnose the external and internal environment for the strategic management in a commercial enterprise in the city of Aguascalientes. Methodology: the case method is used, and the diagnosis was made of a small business in the commercial sector, in the municipality of Aguascalientes, Ags. Mexico. Results: in terms of competition, the company is in third position compared to its competitors. In the external environment the company has an average value of capacity to react to it. In internal factors its greatest strength is to have a solid condition to grow and its greatest weakness is that the products offered are poorly differentiated. Conclusion: by applying different diagnostic tools for external and internal of the company, we identified an opportunity to design new strategies.

Keywords: Strategic Management, Diagnostic Tools.

Introducción

Las empresas tienen una estrategia, aun si ésta es informal, no estructurada y esporádica. Todas las organizaciones se dirigen hacia algún lado, aunque, por desgracia, algunas no sepan a donde van. Cada vez es más frecuente el proceso de la Dirección Estratégica entre las pequeñas y las grandes empresas, de lo contrario las empresas no logran sobrevivir o identificar el camino adecuado para su crecimiento. Las organizaciones deben reemplazar el enfoque reactivo por el proactivo en su industria, y deben esforzarse por influir, anticiparse y causar los acontecimientos en vez de sólo responder a ellos (Fred, 2013). El propósito de la administración estratégica es crear y aprovechar oportunidades nuevas y diferentes para el futuro; en contraste, la planeación a largo plazo busca optimizar las tendencias de hoy para el mañana. El término administración estratégica en este texto se utiliza como sinónimo del término planeación estratégica o también de Dirección Estratégica. Un plan estratégico es el plan de juego de la empresa. Así como un equipo de fútbol necesita un

buen plan de juego para tener una oportunidad de triunfar, una empresa debe contar con un buen plan estratégico para competir con éxito. Los márgenes de utilidad entre las empresas de la mayoría de las industrias son tan pequeños que el plan estratégico no admite la posibilidad de error. La diferencia más importante entre la planificación y la dirección estratégica es que mientras que el primero considera el entorno como un mero presupuesto sobre el cual planificar, el segundo basa su formulación en la consideración de aquel como algo dinámico en lo que las organizaciones se encuentran inmersas y en el que la acción no puede ser planificada sin considerar todos sus elementos (Garrido Buj, 2006).

En un artículo publicado por Notimex, 2007, menciona una encuesta de Deloitte y Stracienta, en donde identificaron que al menos 50% de las empresas mexicanas con estrategias de negocios padecen deficiencias para ejecutarlas y que las empresas que no adopten acciones para mejorar la alineación entre la planeación y ejecución de sus estrategias serán cada vez más dependientes de factores externos, “dejando que el entorno y no las acciones de la alta gerencia, dicten el destino de la organización”, considerando que esa planeación e implementación corresponden a un proceso de la Dirección Estratégica, y a su vez se debe de iniciar con un diagnóstico de los factores tanto externos como internos de la empresa, para definir el rumbo que debe de seguir.

Lo anterior lleva a una empresa comercial dedicada a la venta de cocinas integrales y muebles electrónicos, ubicada en el Municipio Capital de Aguascalientes, a solicitar que se realice el diagnóstico de la empresa para identificar sus puntos fuertes y débiles y con ello dar inicio formal al proceso de Dirección Estratégica, debido a la competencia que considera la está afectando y así como algunos aspectos de mercadotecnia y seleccionar la estrategias o estrategias que le ayuden a su crecimiento.

Objetivo: Identificar herramientas para diagnosticar el entorno externo e interno para la dirección estratégica en una empresa comercial de la ciudad de Aguascalientes.

Concepto de estrategia

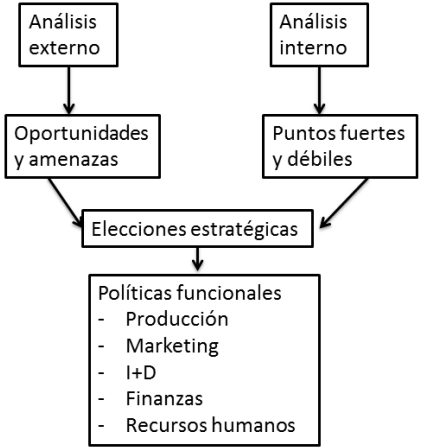
El término estrategia aplicado al campo de la gestión de empresas y organizaciones, aunque es relativamente reciente, ya ha pasado por numerosos enfoques y acepciones que han servido para configurar todo un cuerpo de ideas y de técnicas asociadas a las mismas que hoy conocemos como gestión o dirección estratégica (Garrido Buj, 2006), para David (2013), las estrategias son los medios a través de los cuales se alcanzarán los objetivos a largo plazo, considerándoles como posibles cursos de acción que requieren de decisiones de los altos directivos. La estrategia de una empresa consiste en las medidas competitivas y planteamientos comerciales con que los administradores compiten de manera fructífera, mejoran el desempeño y hacen crecer el negocio. La estrategia tiene que ver con competir de manera diferente: hacer lo que los competidores no hacen o, mejor, hacer lo que no pueden hacer. Toda estrategia necesita un elemento distintivo que atraiga a los clientes y genere una ventaja competitiva. Una empresa obtiene una ventaja competitiva cuando satisface las necesidades de los consumidores con mayor eficiencia o eficacia que sus rivales, y cuando la base para ello es duradera a pesar de los esfuerzos de los competidores por igualar o sobrepasar esta ventaja (Thompson, Peteraf, Gamble, & Strickland III, 2012).

Modelos de dirección estratégica

La mejor manera de estudiar y aplicar el proceso de la dirección estratégica es utilizando un modelo. Cada modelo representa algún tipo de proceso. El modelo no garantiza el éxito, pero si constituye un método claro y práctico para formular, implementar y evaluar las estrategias. El proceso de elaborar y ejecutar una estrategia consta de diferentes fases interrelacionadas e integradas según sea el autor que se quiera tomar de modelo. A continuación se presentan tres modelos de procesos de Dirección Estratégica.

Cuadro Núm. 1.- Modelos de Dirección Estratégica

Modelo de Fred R. David (2013)	Modelo de Learned, Christensen, Andrews y Guth (Garrido Buj, 2006)	Modelo de Thompson, Peteraf, Gamble, & Strickland III (2012)
Desarrollar la declaración de la misión y la visión. (Formulación)	Se transcribe a continuación el esquema propuesto por algunos de	Fase 1. Desarrollar una visión estratégica, misión y valores.

<p>de estrategia) Establecer objetivos a largo plazo. (Formulación de estrategia) Generar, evaluar y seleccionar las estrategias. (Formulación de estrategia) Implementar estrategias. (Implementación de estrategias) Implementar estrategias: temas de marketing, finanzas, contabilidad, investigación y desarrollo. (Implementación de estrategias) Medir y evaluar el desempeño. (Evaluación de estrategias) Ejecutar auditoría externa e interna.</p> <p>Aplicar ética de negocios, responsabilidad social y sostenibilidad ambiental.</p>	<p>los pioneros en esta materia, como fueron Learned, Christensen, Andrews y Guth, quienes como profesores de Harvard Business School, sentaron las bases del pensamiento estratégico aplicado a la gestión de organizaciones. Generalizando, la estrategia corporativa pivota sobre tres ejes, que son: El análisis estratégico Elección estratégica La implementación y el seguimiento de la estrategia</p>  <pre> graph TD A[Análisis externo] --> B[Oportunidades y amenazas] C[Análisis interno] --> D[Puntos fuertes y débiles] B --> E[Elecciones estratégicas] D --> E E --> F["Políticas funcionales - Producción - Marketing - I+D - Finanzas - Recursos humanos"] </pre>	<p>Fase 2. Establecer objetivos. Fase 3. Diseñar una estrategia para alcanzar los objetivos de la visión y llevar a la compañía a lo largo de la ruta establecida. Fase 4. Ejecutar la estrategia. Fase 5. Supervisar los avances, evaluar el desempeño y emprender medidas correctivas. Para finalizar: debe revisarse (fase 1, 2, 3 y 4) conforme se necesite con base en el desempeño real, las condiciones cambiantes, las nuevas ideas y las oportunidades.</p>
<p>Fuente: Elaboración propia con información de Fred R. David, Garrido Buj y Thompson, Peteraf, Gamble, &Strickland III</p>		

El cuadro Núm. 1, muestra una comparación entre los modelos David (2013) Thompson, Peteraf, Gamble, &Strickland III (2012) los citados autores muestran una serie de procesos generales, el citado por Garrido (2006) de Learned, Christensen, Andrews y Guth, parte de la identificación del análisis externo y del análisis interno para elegir el rumbo estratégico, considerándolo como una primera etapa y que corresponde a efectuar un diagnóstico de dónde se encuentra la empresa tanto en los factores externos con oportunidades y amenazas como en los factores internos con fortalezas y debilidades.

Herramientas para el Diagnóstico Externo e Interno

En el presente trabajo se utilizan para hacer el diagnóstico externo de Mi Cocina las herramientas expuestas por Fred (2013): la gráfica de Porter, la Matriz EFE (Matriz de Factores Externos) y la Matriz EFI (Matriz de Factores Internos) así como la Matriz de Análisis de Competidores; y la herramienta expuesta por Thompson, Peteraf, Gamble, &Strickland III: los componentes del macroambiente y el Mapa de posiciones comparativas en el mercado por considerar que ayudan visualmente para conocer la situación de la empresa.

Metodología

Se utilizó el método del caso de la Universidad Politécnica de Madrid, con la publicación de Guías rápidas sobre nuevas metodologías (2008), que consiste trabajar desde un enfoque profesional los problemas de un dominio determinado y se pide una descripción profesional, teóricamente bien fundada, comparar la situación concreta presentada con el modelo teórico, identificar las peculiaridades del caso, proponer estrategias de solución del caso, aplicar y evaluar los resultados, que corresponde en el presente caso a la empresa con razón social Mi Cocina.

Se diseñó un instrumento para aplicar al Director General de la empresa, dicotómico y con escalas de Likert, con el fin de recabar información que permitió hacer el diagnóstico tanto de los factores externos. El cual se aplicó durante el mes de Marzo del 2013.

Análisis de la información, es de carácter cualitativo utilizando las herramientas de diagnóstico mencionadas en el Marco Teórico en el apartado de herramientas de diagnóstico.

Resultados

A continuación en base a la información recabada en el instrumento, se inició analizando las respuestas relacionadas con el entorno externo de la empresa, para obtener el diagnóstico.

Diagnóstico externo

Competidores

A continuación se presenta en la Tabla Núm. 1, la comparación de Mi Cocina con respecto a otras dos empresas competidoras.

Tabla Núm. 1.- Análisis de la posición con los Competidores

Factores críticos para el éxito	Ponderación	MI COCINA		KITCHEN ART		COCINAS EUROPEAS	
		Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación
1. Promoción	0.20	2	0.40	4	0.80	4	0.80
2. Calidad de los productos	0.15	3	0.45	4	0.60	3	0.45
3. Competitividad de precios	0.11	4	0.44	3	0.33	3	0.33
4. Diseño/innovación de productos	0.17	3	0.51	2	0.34	4	0.68
5. Lealtad del cliente	0.12	4	0.48	2	0.24	4	0.48
6. Expansión regional	0.11	1	0.11	1	0.11	4	0.44
7. Participación de mercado	0.14	1	0.14	2	0.28	4	0.56
TOTAL	1.00		2.53		2.7		3.74

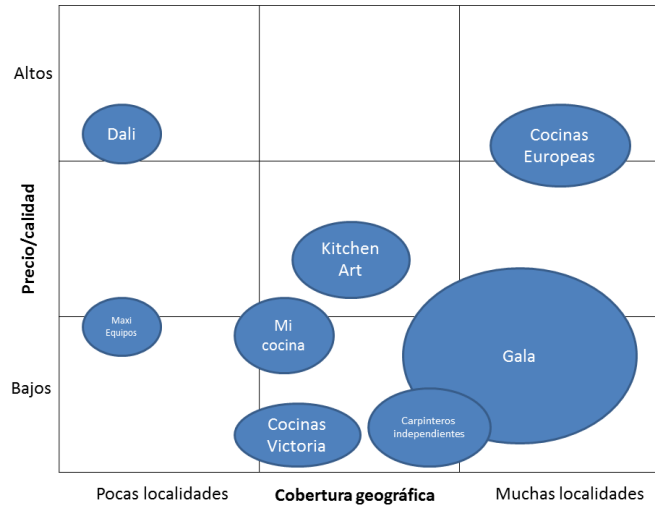
Fuente: Adaptación propia

Mi Cocina con una puntuación de 2.53, se encuentra en la tercera posición respecto a sus competidores. Es decir, los factores de éxito son deficientes o les falta desarrollo y más inversión para poder competir al mismo nivel que sus adversarios.

Mapa de posiciones comparativas en el mercado

Este mapa de posiciones comparativas revela qué empresas son competidoras cercanas y cuáles lejanas Cuadro Núm. 2. Se observa que Mi Cocina se encuentra ubicada en una posición en donde hay empresas competidoras muy cercanas a él, por lo cual su posición en el mapa puede verse perjudicada en su estrategia por eso es importante analizar sus fuerzas competitivas así como sus ventajas y desventajas con respecto a sus rivales.

Cuadro Núm. 2.- Mapa de posiciones comparativas en el mercado



Fuente: Adaptación propia

Análisis de las 5 fuerzas de Porter

De acuerdo al modelo de las cinco fuerzas de Porter, la naturaleza de la competitividad en una industria dada estaría conformada por cinco fuerzas: 1. Rivalidad entre empresas competidoras; 2. Entrada potencial de nuevos competidores; 3. Desarrollo potencial de productos sustitutos; 4. Poder de negociación de los proveedores; 5. Poder de negociación de los consumidores. (Fred, 2013) En la figura núm. 1 se muestra el análisis de las cinco fueras de Porter para la empresa Mi Cocina.

Figura Núm. 1.- Modelo de las 5 Fuerzas de Porter



Fuente: Adaptación propia

A continuación la información que permitió elegir los factores que se consideraron que pudieran afectar a la empresa, se siguió el modelo de David (2013), La Tabla Núm. 2, muestra los factores externos que de

acuerdo al cuestionario aplicado, afectan a la empresa de manera directa, y que de acuerdo con Fred (2013) se seleccionaron mínimo cinco factores que se consideraron son los de mayor impacto en la empresa para construir la matriz EFE.

Tabla Núm. 2.- Relación de factores externos que afectan a la empresa.

Factores externos que afectan a la empresa	
Económico	Disponibilidad de créditos
	Nivel de ingreso disponible
	Preferencia a gastar
Social	Ubicación de la competencia
	Congestionamiento de tránsito
	Actitud hacia la calidad de los productos
	Actitudes hacia el servicio al cliente
Cultural	Hábitos de compra
	Estilo de vida
Político/regulatorio/legal	Tasas de interés
	Tasas de impuestos
Demográfico	Número de matrimonios
	Número de mujeres trabajadoras
	Ingreso disponible promedio
Fuerzas globales	Condiciones económicas
	Fluctuación de precios

Fuente: Adaptación propia

Una vez enlistados los factores que señaló el empresario, se seleccionaron las cinco oportunidades y las cinco amenazas, que a juicio de las autoras tienen impacto en la empresa, considerando su posición en el análisis de la competencia y con las cinco fuerzas de Porter [tabla núm. 3].

Tabla Núm. 3.- Matriz EFE (Matriz de factores externos)

Factores Externos Clave	Ponderación	Calificación	Puntuación Ponderada
Oportunidades			
1. Puede aumentar demanda a causa de la tasa de nupcialidad que es de 4.9 (por cada mil)	0.05	3	0.15
2. Ventas por internet a través de página propia	0.14	2	0.28
3. Atender a grupos d mercados adicionales por estilo de vida	0.08	3	0.24
4. Apertura de créditos directamente en tienda	0.09	1	0.09
5. Uso de tecnología para el diseño y desarrollo de nuevos productos	0.15	3	0.45
Amenazas			
1. Aumento de mujeres trabajadoras, hace que ya no se interesen por adquirir una cocina	0.08	2	0.16
2. El cambio de precios en materias primas, hace que aumente el costo de fabricación	0.12	2	0.24
3. El número de competidores está creciendo en el sector comercio	0.12	2	0.24
4. La urbanización de la cuida para convertirse en vías rápidas y afectar a los comercios	0.07	2	0.14
5. Probable entrada e productos sustitutos	0.10	3	0.03
TOTAL	1.00		2.29

Fuente: Adaptación propia

En la Tabla Núm. 4 se muestra que la empresa en general se encuentra en un promedio medio de capacidad para reaccionar ante el entorno externo, 2.29 (máximo 4 puntos, David 2013) Su mayor oportunidad son las ventas por internet y sus mayores amenazas son el cambio de precios en materias primas hace que aumente el costo de fabricación y que el número de competidores está creciendo. A continuación se muestra el análisis de los cinco factores internos que se consideraron fortalezas y cinco factores internos que se consideraron debilidades.

Tabla Núm. 4.- MATRIZ EFI (Matriz de factores internos)

Factores Internos Claves	Ponderación (0.0=no importante)(1.0=muy importante)	Calificación 4=fortaleza importantes 3=fortaleza menor 2=debilidad menor 1=debilidad importante	Puntuación Ponderada
Fortalezas			
1. Buena posición para negociar con proveedores	0.08	4	0.32
2. Capacidades para un buen servicio al cliente	0.09	4	0.36
3. Ventajas de costos sobre los competidores	0.10	3	0.30
4. Fuerte imagen de reputación ante sus clientes	0.08	3	0.24
5. Condición financiera sólida para poder crecer	0.12	4	0.48
Debilidades			
1. Pérdida de participación en el mercado a causa de los nuevos productos por parte de los competidores	0.12	1	0.12
2. Rezado en el área de IyD o conocimiento tecnológico	0.11	2	0.22
3. Organización centralizada	0.11	1	0.11
4. Publicidad y promoción débil	0.10	2	0.20
5. Un producto muy poco diferenciado	0.09	2	0.18
TOTAL	1.00		2.53

Fuente: Adaptación propia

La empresa con una puntuación ponderada de 2.53, se encuentra en un nivel medio de capacidades, recursos y competitividad interna, pues aún hay cosas que puede mejorar para generar ventajas competitivas. Su mayor fortaleza es que tiene una condición sólida para poder crecer y su mayor debilidad es que los productos que ofrece son muy poco diferenciados.

Conclusiones

A través del diseño de un instrumento se obtuvo información para realizar el diagnóstico del entorno externo e interno, y los resultados se interpretaron con la utilización de diferentes herramientas con las cuales se pudo observar cómo afectan a la empresa factores externos y factores internos, considerando que la posición de la empresa está en un nivel medio 2.29 en relación a factores externos y 2.53 en relación a factores internos, y se encuentra en el cuadrante V, conforme a David (2013), quien dice que a través de hacer una ponderación y una escala de máximo 4 puntos, se puede ubicar a la empresa para conocer su posición y saber la estrategia que se deberá seguir, puntualizando que con esta investigación se logra identificar la posición de la empresa respecto a sus competidores, identificar sus ventajas competitivas, así como las áreas de oportunidad en las cuales se puede implementar la estrategia o estrategias y los dueños son quienes deberán tomar la decisión de la estrategia que se deba seguir. Limitantes del caso: que básicamente los autores consultados utilizan una diversidad de herramientas, seleccionando aquellas que a juicio de las autoras, pueden ayudar a mejorar la toma de decisiones y queda pendiente la elaboración de las siguientes etapas del proceso de la Dirección Estratégica.

Referencias

1. Fred, D. R. (2013). Administración Estratégica. México: PEARSON.
2. Garrido Buj, S. (2006). Dirección Estratégica. España: McGrawHill.
3. Notimex. (24 de octubre de 2007). Fallan las empresas en sus estrategias. Recuperado el 12 de abril de 2013, De: <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2007/10/24/fallan-las-empresas-en-sus-estrategias>
4. Thompson, A. A., Peteraf, M. A., Gamble, J. E., & Strickland III, A. J. (2012). Administración Estratégica. México D.F.: McGrawHill.
5. Universidad Politécnica de Madrid. (2008). El método del caso, guías rápidas sobre nuevas metodologías. De: <http://innovacioneducativa.upm.es/guías/MdC-guía.pdf>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Emprendedurismo como estrategia nacional.

P. Baqueiro López¹, J. Baqueiro López¹, H. Romero Durán¹, L. Peraza Pérez¹.

¹Facultad de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Avenida Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

En el presente documento se analiza el significado de “emprendedor” y los elementos que afectan su desarrollo, así como las características que permiten que sus emprendimientos tengan mayor crecimiento. De igual modo se expone la visión de diversos autores sobre el proceso de emprendimiento y los factores que influyen en él. Por último se ilustra cuáles han sido los lineamientos políticos que se han propuesto en México en esta materia y las propuestas que los expertos hacen para incrementar y fortalecer el emprendedurismo.

Palabras clave: *Emprendedor, emprendedurismo, políticas de desarrollo.*

Abstract

This paper discusses the meaning of "entrepreneur" and the elements that affect their development, as well as features that allow their businesses have greater growth. Similarly articulates the vision of various authors on the process of entrepreneurship and the factors that influence it. Finally it illustrates what were the political guidelines that have been proposed in Mexico in this area and the proposals that experts do to increase and strengthen entrepreneurship.

Key words: *Entrepreneur, entrepreneurship, development policies.*

Introducción

El interés por el emprendedurismo ha ido creciendo en las últimas décadas, abarcando por igual esferas del ámbito académico, político y social. En el contexto actual en el que la crisis financiera afecta a la economía de los países, el desarrollo de emprendedores es visto como una alternativa para la generación de empleos, por lo que una gran cantidad de gobiernos se han visto inmiscuidos en la formulación de políticas que potencien el desarrollo de la actividad emprendedora de sus respectivos países. Esto se puede entender si tomamos en cuenta la opinión de Stam, E., Suddle, K., Hessels, S. & Van Stel, A. (2006), quienes consideran que “a escala microeconómica, el espíritu emprendedor es el motor que impulsa la creación, la forja y el posterior crecimiento de nuevas empresas”.

Además, de acuerdo a Llisterri, J. (2004), en América Latina no sólo se está trabajando sobre las políticas de desarrollo empresarial, sino que también se pretende promover una nueva cultura que valore la actividad empresarial. En este sentido, instituciones como el Monitor Global de Actividad Empresarial, han realizado estudios que dan conocer los elementos que caracterizan de la actividad emprendedora en los diversos países en el mundo; estos elementos son las actitudes, acciones y aspiraciones que tiene la población hacia el emprendimiento.

Metodología

La metodología empleada para la elaboración de esta investigación es la revisión de literatura en temas relacionados con el emprendedurismo y la formulación de políticas nacionales que fomenten el desarrollo económico.

Contenido

El emprendedor es definido por Madrigal, Gutiérrez y Báez, (2006) como “aquel individuo que cuenta con las habilidades y actitudes necesarias para percibir oportunidades de negocio, establecer una empresa, y desarrollarla en forma sustentable, aun a pesar del riesgo e incertidumbre que esto implica”. Por otro lado, Galindo, M. & Méndez P. M. (2008) toman la definición de Wennekers y Thurik (1999), quienes conceptualizan al emprendedor como la capacidad manifiesta y deseo de las personas, ya sea de forma individual o mediante equipos, dentro o fuera de las organizaciones existentes para generar oportunidades económicas, sea con productos nuevos, formas de organización o métodos de producción, para introducirlos al mercado, enfrentando obstáculos y tomando decisiones sobre localización y uso de los recursos. En tanto que Stam, E., Suddle, K., Hessels, S. & Van Stel, A. (2006) conceptualizan el espíritu emprendedor como “una fuerte motivación subjetiva para crear empresas o establecerse autónomamente con voluntad de arraigar y crecer en el mercado y, por tanto, la capacidad para captar las oportunidades que ofrece el mercado, asumir riesgos e innovar continuamente”. Entonces podemos decir que el emprendedor es el sujeto que cuenta con la motivación, habilidades, capacidad, deseo y actitudes que le permiten percibir, captar y generar oportunidades de negocio tomando riesgos que le permiten innovar y establecer una empresa.

Para el Global Entrepreneurship Monitor (2011), la actividad emprendedora inicia cuando los emprendedores potenciales comienzan a efectuar acciones para la puesta en marcha de un negocio, haciendo distinción entre emprendedores nacientes, empresa nueva y empresa establecida, siendo el tiempo de vida de la empresa el factor que los distingue; así, un emprendedor es considerado naciente hasta el tercer mes de haber iniciado su emprendimiento, a partir del tercer mes y hasta los 3.5 años de vida se considera empresa nueva y una vez que ha pasado ese tiempo ya es considerada una empresa establecida, aunque existe la posibilidad de casos en los que el negocio no tenga el éxito esperado y deba cerrar; en estos casos, el emprendedor pueden pasar nuevamente al estado de emprendedor potencial.

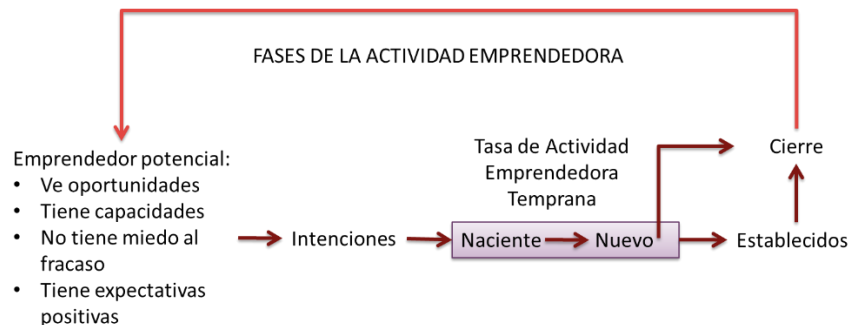


Figura 1: Fases de la actividad emprendedora. Fuente: GEM, Informe Ejecutivo México 2011. p. 15

Sin embargo, debe considerarse que existen diversos factores que afectan la actividad emprendedora; Kantis, H. (2008), señala que, la estructura social, productiva, otras variables socioeconómicas y el funcionamiento del sistema de innovación repercuten en el sistema de desarrollo emprendedor, siendo los indicadores de este sistema la cantidad y calidad de emprendimientos que surgen y consiguen desarrollarse, por lo que si el sistema de desarrollo emprendedor no funciona correctamente, existirá una menor oferta de emprendedores de calidad.

Pérez Hernández, P, et. al (2006) menciona diversos factores que afectan la actividad empresarial, entre los que destacan la disponibilidad de capital de riesgo, experiencia de los empresarios, existencia de fuerza de trabajo calificada, facilidades para conseguir proveedores, accesibilidad a consumidores y/o nuevos mercados, apoyos gubernamentales, proximidad con universidades, disponibilidad de terrenos e instalaciones, acceso a medios de transporte, actitudes propicias en la población, disponibilidad de servicios de soporte, condiciones de vida favorables; igualmente, se deben tomar en consideración los factores establecidos por el BID: los costos de instalación e

inversión, las reglas para el apoyo público a los empresarios/emprendedores, los riesgos económicos existentes, la ayuda brindada por el marco legal vigente, la existencia de competidores (legales e informales), el acceso a tecnología de punta, entre otros.

Dado que los emprendedores son considerados por como un elemento que impulsa el desarrollo económico al ser generadores de empleo, Madrigal et. al. (2006) retoman lo dicho por Ausdretsch, quien considera que se está desarrollando un fenómeno de “políticas emprendedoras” con la finalidad de influir en el “nivel de vitalidad emprendedora dentro de una región”. En concordancia con lo anterior, que Llisterri (2004) considera que el fomento de nuevos emprendimientos y del espíritu emprendedor se han tornado en uno de los objetivos políticos más comunes para el desarrollo de pequeñas y medianas empresas que ayuden a mitigar el desempleo.

Kantis, H. (2008), señala que es posible clasificar las políticas para el desarrollo de emprendedores en tres grupos:

- "Las que buscan facilitar la concreción y desarrollo inicial del "stock" de proyectos avanzados,
- las que intentan acelerar el crecimiento de las empresas jóvenes y
- las que buscan incrementar la base de futuros proyectos emprendedores."

En este sentido, autores como Stam, E. et. al. (2006) señalan que en cuanto a las políticas emprendedoras, es importante preguntarse si es mejor promover la creación de nuevas empresas, buscar la supervivencia de las ya existentes o apostar por las empresas de rápido crecimiento o empresas gacela; Kantis, H. (2008) retoma de Stam, E. et. al. (2008) los argumentos a favor y en contra de enfocar las políticas hacia emprendedores y emprendimientos con potencial de crecimiento, señalan en su favor que es más efectivo y eficiente enfocar los recursos en un grupo de emprendedores ambiciosos que hacerlo de forma general, así mismo es más fácil entender y atender mejor las necesidades de un segmento específico de emprendedores, por último, explican que hay países en donde no es necesario generar nuevos emprendedores en general, sino emprendedores que logren crecer y conformar las empresas del mañana. Los factores en contra de esta estrategia son que es complicado seleccionar los emprendimientos con alto potencial de crecimiento, además, las empresas en general de nueva creación "son las que merecen el apoyo debido a la existencia de inequidades en el acceso al financiamiento y la información y por su efecto conjunto sobre el empleo" y por último, consideran que es necesario que exista una cultura empresarial que abarque a todos los niveles de la sociedad.

En su investigación, Madrigal, et. al., (2006) mencionan algunas de las políticas emprendedoras que Storey (2003) identificó en Estados Unidos y la Unión Europea son: el establecimiento de programas de apoyo financiero, desregulación administrativa, la creación y promoción de clusters, consultorías e incubación de empresas, promoción emprendedora. Por otro lado, Kantis, H. (2008) pone como ejemplo de políticas de desarrollo emprendedor el caso de Scottish Enterprise, en el que se establecían "acciones para instalar la educación emprendedora, el fomento de la cultura empresarial a través de programas televisivos, la creación de redes de apoyo a emprendedores, el despliegue de distintos programas para promover el desarrollo de una oferta financiera adecuada para la creación de empresas o el surgimiento de proyectos de emprendimientos innovadores financiando, por ejemplo, pruebas de concepto que faciliten el tránsito desde la fase de formación de conocimiento científico hacia la conversión en proyectos de nuevas empresas".

En el caso de México, es a partir de la década de los 80's en que, con el ingreso al GATT, se incluye en el discurso político el tema y se generan apoyos hacia la micro y pequeña empresa (Madrigal, et. al, 2006) , pero es hasta el periodo 2000-2006 que se incluye dentro de política gubernamental en el Plan Nacional de Desarrollo 2001- 2006, el eje "capacidad e iniciativa" para fomentar la actitud emprendedora de los ciudadanos y específicamente, abrir espacios a los emprendedores.

Para el siguiente sexenio, en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, se incluyó el eje “Economía competitiva y generadora de empleos”, en la que uno de sus objetivos era la promoción de la creación, desarrollo y consolidación de las MIPyMEs. Es importante señalar que en este documento se hace distinción entre los emprendedores “mujeres y hombres que se encuentran en proceso de creación y desarrollo de una empresa”, las microempresas tradicionales, las pequeñas y medianas empresas, las MIPyMEs con mayor dinamismo de crecimiento y generación de empleos y por último, las empresas establecidas que son la columna vertebral de las cadenas productivas. De igual forma se hace mención del desarrollo de emprendedores en el sector rural para la creación de agroempresas. Los apoyos a estos sectores serían de cinco tipos: financieros, de comercialización, capacitación y consultoría, gestión e innovación y desarrollo tecnológico.

De acuerdo al GEM (2011), en México hasta septiembre de 2012 diversos programas gubernamentales de apoyo y promoción al emprendedurismo se encontraban vigentes, entre los que destacan:

- *Fondo PYME*, cuyo objetivo es “promover el desarrollo a través de la creación y consolidación de las micro, pequeñas y medianas empresas, proveyendo el capital dirigido a inversiones productivas para crear nuevos empleos, con base en un sistema nacional de oficinas gubernamentales y de organizaciones empresariales a las cuales pueden acudir los potenciales emprendedores para solicitar apoyos”.
- *PRODIAT (Programa para el Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología)*, con el objetivo de “promover ventas, producción, empleo – y sobre todo valor agregado – para aumentar el rendimiento, proporcionando capital de corto plazo para enfrentar fallas de mercado”.
- *PROSOFT (Programa para el Desarrollo de la Industria del Software)*, siendo su objetivo “apoyar la creación, desarrollo, consolidación, productividad y sustentabilidad en el sector de Tecnologías de Información (TI)”.
- *PROLOGYCA (Programa de Competitividad en Logística y Centrales de Abasto)*. Que se enfoca en “reducir costos y aumentar la eficiencia en el abastecimiento, mediante la promoción del desarrollo de servicios de logística, otorgando subsidios temporales”.
- *FONAES (Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad)*. Con el objetivo de “apoyar nuevas empresas en grupos de bajo ingreso, concentrándose en los sectores de producción, servicios y comercio, así como en el desarrollo de capacidades emprendedoras. Este programa está diseñado para apoyar emprendedores en el área rural, desarrollando habilidades empresariales en grupos indígenas”.
- *PRONAFIM (Programa Nacional de Financiamiento al Microempresario)*; Su objetivo es brindar apoyo financiero y no financiero a emprendedores de bajos ingresos.

En concordancia con las administraciones federales anteriores, en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 se incluyen objetivos y estrategias gubernamentales como la ampliación de acceso al crédito y servicios financieros en áreas como las pequeñas y medianas empresas, además de la innovación y la creación de patentes. De manera específica se establece la estrategia de “Impulsar a los emprendedores y fortalecer a las micro, pequeñas y medianas empresas”, para lo cual se establecen diversas líneas de acción.

Líneas de acción establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 para el fomento del emprendedurismo.
Apoyar la inserción exitosa de las micro, pequeñas y medianas empresas a las cadenas de valor de los sectores estratégicos de mayor dinamismo, con más potencial de crecimiento y generación de empleo, de común acuerdo con los gobiernos de las entidades federativas del país.
Impulsar la actividad emprendedora mediante la generación de un entorno educativo, de financiamiento, protección legal y competencia adecuados.
Diseñar e implementar un sistema de información, seguimiento, evaluación y difusión del impacto de emprendedores y micro, pequeñas y medianas empresas.
Impulsar programas que desarrollen capacidades intensivas en tecnologías de la información y la

comunicación, así como la innovación para promover la creación de ecosistemas de alto valor agregado de las micro, pequeñas y medianas empresas.
Mejorar los servicios de asesoría técnica para generar una cultura empresarial.
Facilitar el acceso a financiamiento y capital para emprendedores y micro, pequeñas y medianas empresas.
Crear vocaciones emprendedoras desde temprana edad para aumentar la masa crítica de emprendedores.
Apoyar el escalamiento empresarial de las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas.
Incrementar la participación de micro, pequeñas y medianas empresas en encadenamientos productivos, así como su capacidad exportadora.
Fomentar los proyectos de los emprendedores sociales, verdes y de alto impacto.
Impulsar la creación de ocupaciones a través del desarrollo de proyectos de emprendedores.
Fomentar la creación y sostenibilidad de las empresas pequeñas formales.

Tabla 1: *Emprendedurismo en el PND 2013- 2018*. Fuente: Elaboración propia basado en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

Otra acción realizada por el gobierno actual de México es la creación del Instituto Nacional del Emprendedor, dependiente de la Secretaría de Economía y que tiene por objeto “instrumentar, ejecutar y coordinar la política nacional de apoyo incluyente a emprendedores y a las micro, pequeñas y medianas empresas, impulsando su innovación, competitividad y proyección en los mercados nacional e internacional para aumentar su contribución al desarrollo económico y bienestar social, así como coadyuvar al desarrollo de políticas que fomenten la cultura y productividad empresarial”. Una de las líneas estratégicas señaladas en el portal de este instituto es “Inculcar una nueva cultura nacional emprendedora y empresarial, basada en la innovación, para transitar hacia una economía en la que el conocimiento, la ciencia y la tecnología aplicada sirvan como generadores de riqueza y bienestar para los mexicanos”.

Sin embargo, de acuerdo al reporte del GEM para México en 2011 la mayoría expertos consideran que no existe una política gubernamental, en ningún nivel de gobierno, que aliente a la población para emprender; a pesar de esto, se considera que el apoyo a empresas nuevas y en crecimiento es una prioridad del gobierno. Entre los factores que se analizan para determinar si las políticas regionales o nacionales estimulan el emprendimiento se encuentran las políticas de impuestos, de regulaciones o administrativas, siendo la excesiva burocracia para dar de alta un negocio uno de los mayores obstáculos a los que se enfrenta el emprendedor, de igual manera, el aspecto fiscal representa un problema para los emprendedores debido a que para el cumplimiento de sus obligaciones se requiere de consultoría especializada.

Debido a esto, el GEM considera que es fundamental profundizar en el conocimiento del perfil y características del emprendedor en el país para poder desarrollar las medidas de apoyo adecuadas para la promoción del emprendedurismo que surta efecto en el corto plazo. Así, el perfil del emprendedor en México está constituido por adultos jóvenes cuyo rango de edad oscila entre los 25 y 44 años, con un nivel educativo de educación media superior e ingreso medio que además de la actividad emprendedora cuentan con otro trabajo, por lo que su razón para emprender es la oportunidad de incrementar sus ingresos o adquirir mayor independencia. De acuerdo a esta misma institución, la Tasa de Actividad Emprendedora en México es de 9.6%, siendo menor que la de países en condiciones similares como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Panamá, Perú o Uruguay.

Kantis, H., Angelelli, P. & Llisterri, J. (2004), formularon un estudio en América Latina en el que identificaron diversos factores que a tomar en cuenta para la formulación de políticas para el desarrollo del emprendedurismo, entre ellos se encuentran la influencia de la localización, destacando el hecho de que el emprendedurismo como opción deseable es mayor en áreas locales, que los emprendedores que crean negocios dinámicos en ciudades pequeñas o intermedias tienen un nivel educativo mayor que aquellos de las áreas metropolitanas y además tienen una influencia más significativa en sus localidades, además, se debe tomar en cuenta en las políticas para la creación de empresas dirigidas a áreas locales el hecho de que estos

emprendimientos buscan ofrecer menores precios que la competencia y normalmente están conformadas por una sola persona o equipos pequeños. Respecto a la influencia de la actividad económica, estos autores encontraron que las empresas con actividades intensivas en conocimiento tienen mayor capacidad para modernizar y dinamizar las estructuras productivas que aquellas que elaboran manufacturas tradicionales, además, requieren mayor capital humano especializado, que la estructura empresarial y universidades aceleren la formación de emprendedores y la identificación de oportunidades de negocio, disponibilidad de información técnica, disposición de ahorros personales y acceso a fuentes de financiamiento especializadas.

En general, las principales áreas de trabajo que Kantis, H. et. al. (2004) identificaron para promover el emprendedurismo en América Latina son:

- “Ampliar la base social y de género de la cual surgen los emprendimientos dinámicos.
- Expandir el número y la calidad de oportunidades de negocio.
- Facilitar el acceso de los potenciales emprendedores a la experiencia laboral.
- Favorecer el desarrollo de los equipos emprendedores y sus redes de contactos.
- Mejorar el acceso al financiamiento.
- Fortalecer el proceso emprendedor en las áreas locales.
- Aprovechar el poder transformador de los nuevos negocios intensivos en conocimiento.
- Generar condiciones de entorno más favorables para el crecimiento de las nuevas empresas.
- Adoptar un enfoque sistémico, basado en la complementación de esfuerzos entre distintas áreas y niveles de gobierno, con un fuerte protagonismo del sector privado.
- Asumir el desarrollo emprendedor como una inversión social con visión de largo plazo.”

De manera similar, el GEM propone algunas estrategias que “podrían convertirse en programas o políticas públicas” que buscan mejorar las condiciones y el contexto en el que se desenvuelven los emprendedores en México, basándose en nueve condiciones para el marco emprendedor: financiamiento, política gubernamental, programas gubernamentales, educación y capacitación para el emprendimiento, transferencia de tecnología, infraestructura comercial y legal, apertura del mercado interno, infraestructura física y normas sociales y culturales, para cada una de estas condiciones se presentan las áreas de oportunidad encontradas, así como las propuestas para la mejora de éstas.

Marco emprendedor	Área de oportunidad
Financiamiento	Falta de financiamiento interno y externo accesible para la apertura de nuevas empresas.
Política gubernamental	Falta de una política fiscal que promueva la creación y el crecimiento de nuevas empresas. Falta de transparencia en política de licitación y aprovisionamientos públicos.
Programas de gobierno	Falta de eficiencia y variedad en programas y personal de apoyo para la creación y desarrollo de nuevas empresas
Educación para emprendimiento	Inexistencia de programas para el desarrollo del espíritu empresarial desde la educación básica. Falta de capacitación en temas de economía de mercado, creatividad, y auto suficiencia desde la educación media superior
Transferencia de tecnología	No existe apoyo para que ingenieros y científicos desarrollen y promuevan sus planteles a través de la creación de nuevas empresas. Falta de acceso a financiamientos para la adquisición de nuevas tecnologías.
Apertura de mercado interno	Altos costos para entrar a nuevos mercados y enfrentar prácticas monopólicas.
Infraestructura	Insuficiencia de capital de trabajo para la contratación de asesores,

comercial y legal	consultores y proveedores.
Infraestructura física	Altos costos para acceder a sistemas de comunicación. Falta de calidad en infraestructura física (carreteras y telecomunicaciones).
Normas sociales y culturales	Falta de una cultura que estimule la creatividad y el espíritu emprendedor.

Tabla 2: Áreas de oportunidad del marco emprendedor 2011 Fuente: GEM, 2011. p. 65

Marco emprendedor	Propuesta
Financiamiento	Incrementar el presupuesto a fondo perdido de apoyo a la creación de empresas. Promover la creación de organismos privados («ángeles inversionistas») que aporten capital a fondo perdido, con incentivos fiscales para los inversionistas. Promover la creación de organismos privados de capital de riesgo
Política gubernamental	Crear sociedades anónimas simplificadas con tramitología y requerimientos tributarios simplificados. Implementar un sistema electrónico (web o módulos ATM) de transparencia para solicitud de trámites y procesos administrativos (pagos y solicitudes), tanto para la apertura de nuevas empresas como para la participación en licitaciones públicas.
Programas de gobierno	Promover e incrementar la variedad de programas generales y especializados, de consultoría y asesoría para las empresas a través de organismos empresariales, incubadoras de empresa e instituciones de educación media y superior.
Educación para emprendimiento	Implementar en el programa curricular de educación básica cursos que promuevan la creatividad y el espíritu emprendedor. Desarrollar programas integrales desde educación media hasta media superior que cubran, de manera secuencial, diferentes temas relacionados con el financiamiento del mercado y la creación de empresas.
Transferencia de tecnología	Crear fondos administrados por incubadoras de empresas y/o centros de investigación para la evaluación de viabilidad comercial de patentes tecnológicas. Promover el estudio de carreras de ingeniería mediante estímulos económicos de becas y sostenimiento de universidades público y privadas.
Apertura de mercado interno	Crear fondos de apoyo especializado para empresas en proceso de «aceleración» que les permita contratar asesores para implementar estrategias de crecimiento.
Infraestructura comercial y legal	Crear fondos concurrentes entre municipio, estado y federación para apoyar a la capacitación de nuevos empleos de pequeñas y medianas empresas.
Infraestructura física	Implementar proyectos de desarrollo de infraestructura física a través de Asociaciones Público - Privadas (APP).
Normas sociales y culturales	Diseñar una campaña nacional de emprendimiento, en donde se enfoquen esfuerzos coordinados de los tres niveles de gobierno para fomentar la creación de nuevas empresas.

Propuestas para mejorar el marco emprendedor en México. Fuente: GEM, 2011. p. 71

Estas propuestas están basadas tanto en las respuestas de los expertos consultados en México, como en prácticas presentadas por países que incrementaron su actividad emprendedora, como Chile, Colombia, Panamá, Perú, Trinidad y Tobago y Uruguay.

Conclusión.

El fenómeno emprendedor ha sido visto como una alternativa de los gobiernos para fomentar el desarrollo económico, por lo que se han apresurado a establecer políticas para impulsar el

emprededurismo; sin embargo es necesario en primer lugar definir el perfil del emprendedor y las características que presenta el emprendedurismo en cada país o cada región para que éstas surtan los efectos deseados, de igual manera se deben considerar los aspectos sociales, económicos, y culturales.

Sin duda es un gran reto para los responsables de la formulación de políticas y estrategias para el desarrollo del país el incluir al emprendedurismo dentro de su agenda, ya que en el caso de México, se han venido realizando esfuerzos constantes en esta materia desde la década de los 80's que sin embargo no han producido los resultados esperados ya que la Tasa de Actividad Emprendedora es inferior al promedio. En este sentido consideramos que es importante que se defina si los apoyos a emprendedores seguirán otorgándose a la creación de nuevas empresas en general o si se enfocará en aquellas empresas que tengan mayor potencial de crecimiento. En todo caso, uno de los principales aspectos a desarrollar en México es la creación de una cultura empresarial que permita mejorar la percepción que se tiene sobre los emprendedores y el emprendimiento en general. De igual manera es necesario facilitar la tramitología y el aspecto fiscal para los emprendedores ya que éstas son las principales dificultades a las que se enfrentan.

Referencias

1. Madrigal, E., Gutiérrez, C. & Báez, E. (2006) *Formación de emprendedores México – Alemania “una comparación de sus políticas emprendedoras”*. Universidad de Guadalajara: México.
2. Galindo, M. & Méndez P. M. (2008) *Emprendedores y objetivos de política económica*.
3. GEM (2011): *Informe Ejecutivo 2011: México, D.F.*
4. Kantis, H. (2008). *Aportes para el diseño de Programas Nacionales de Desarrollo Emprendedor en América Latina*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo
5. Kantis, H., Angelelli, P. & Llisterri, J. (2004). Implicaciones para la formulación de políticas. (HK, PA, VMK Eds.) *Desarrollo emprendedor—América Latina y la experiencia internacional*. (Pp. 21-34) Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo
6. Kantis, H. (2004). Un enfoque sistémico de la creación de empresas. (HK, PA, VMK Eds.) *Desarrollo emprendedor—América Latina y la experiencia internacional*. (Pp. 21-34) Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
7. Llisterri, J. (2004). Introducción. (HK, PA, VMK Eds.) *Desarrollo emprendedor—América Latina y la experiencia internacional*. (Pp. 9-17) Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
8. Pérez Hernández, P., Oliver, R., Merrit, H., Márquez, A. & León, J. (2006) *El emprendedor en México: ingenio vs innovación*. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. México, D.F.
9. Plan Nacional de Desarrollo 2001 – 2006.
10. Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012.
11. Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018.
12. Stam, E., Suddle, K., Hessels, S. & Van Stel, A. (2006) *Los emprendedores con potencial de crecimiento económico y desarrollo económico. Políticas públicas de apoyo a los emprendedores*.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Marketing de alimentos orgánicos en nichos de mercado para Latinoamérica.

E. Piña Soto* y A. Segovia Suarez**

* Industria Petroquímica de Venezuela, S.A. Gerencia de Consultoría Jurídica, Complejo Petroquímico Ana María Campos, Municipio Miranda, Estado Zulia, Venezuela. / Doctorado en Ciencias Gerenciales de la Universidad Rafael Belloso Chacín (URBE). Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

** Segovia Construcciones, C.A. Municipio Cabimas, Estado Zulia, Venezuela. / Doctorado en Ciencias Gerenciales de la Universidad Rafael Belloso Chacín (URBE). Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Área de participación: Ingeniería Administrativa.

RESUMEN.

El crecimiento de la demanda de alimentos orgánicos en países industrializados a nivel mundial, ha activado procesos productivos especiales en países de América Latina, tal es el caso de Costa Rica, México, Argentina, Brasil, Colombia entre otros. En el presente artículo se analiza la situación de los mercados alimentarios en Latinoamérica con la finalidad de establecer una propuesta de Marketing que sirva de punto de partida a una campaña motivacional direccionada a incrementar el consumo de productos orgánicos y el aumento en las exportaciones de los países participantes, enfocados en nichos de mercado plenamente identificados, con alta demanda y poca oferta. La investigación que sustentó este trabajo fue de tipo documental, apoyada en todos los estudios y publicaciones que diferentes autores llevan a cabo en la actualidad, en relación a la materia objeto de análisis. El artículo concluye planteando una diversidad de lineamientos de mercadeo, como estrategia para la creación del concepto "Marca latinoamericana de alimentos orgánicos", la cual involucra de manera importante a los gobiernos nacionales, en aras del otorgamiento de todo el apoyo que requieren las empresas tanto públicas como privadas en el logro de los objetivos que se planteen, así como en el desarrollo de las alianzas estratégicas necesarias para incrementar y mantener la productividad de "organicfoods", apuntando a la satisfacción de los nichos de mercado en América Latina como etapa principal.

Palabras clave: Alimentos, orgánicos, nichos, mercado.

ABSTRAC.

The growth in demand for organic foods in industrialized countries worldwide has enabled special production processes in Latin America as in the case of Costa Rica, Mexico, Argentina, Brazil, Colombia and others. This paper analyzes the situation of food markets in Latin America in order to determine how to establish a marketing proposal to start a motivational campaign directed at increasing the consumption of organic products, the increase in exports of participating countries, focused on fully identified niche markets with high demand and low supply. For this we made a documentary research supported in all studies and publications that different authors performed today, as far as this matter is concerned. The paper concludes by proposing a variety of marketing guidelines as a strategy for the creation of the term "Organic food Latin American Brand", which involves significantly to national governments to provide all the support that businesses require both public and private in achieving the goals that arise and the development of strategic alliances needed to increase and sustain the productivity of organic foods, aiming to satisfy niche markets in Latin America as the main stage.

Keywords: Food, organic, niche, market.

INTRODUCCIÓN.

En atención a la crisis alimentaria y económica mundial, enfocados en la oferta de soluciones a una parte del problema con consciencia de las limitaciones y necesidades alimentarias que padecen los poblados latino americanos donde existe un alto potencial de trabajo esperando a los trabajadores y productores de alimentos; y en observancia de las posibilidades claras de inversión que puede representar la crisis, a continuación se presenta un documento basado en la experiencia de diferentes autores que enfocan la producción de alimentos orgánicos como una oportunidad saludable de desarrollo para los países de

Latinoamérica, en el marco de la globalización y en la investigación de marketing, adaptados a la explotación de nichos de mercado, con la oferta de productos generados bajo condiciones productivas especiales y reguladas por entes certificadores a nivel mundial encargados de garantizar la calidad y la legitimidad en la producción de “organicfood” desde América Latina para el consumo interno y para satisfacer gran parte de la demanda del mercado mundial.

¿QUE SON ALIMENTOS ORGÁNICOS?

Según El-Hague, N. y Hattam, C. (2003), se conoce como alimentos orgánicos (Organic Foods), todos aquellos que se producen con métodos ecológicos y que no consideran el empleo de productos sintéticos modernos como pesticidas, fertilizantes químicos entre otros, con el objeto de generar un producto saludable que no contenga aditivos químicos, ni solventes industriales, ni irradiaciones que atenten contra el buen desarrollo humano tanto a corto como a largo plazo. El término no es nada nuevo, la agricultura orgánica nace en el año de 1940, como una respuesta a la industrialización, en específico de este sector productivo, dando origen a lo que se llamó “la Revolución Verde”. Hoy en día países industrializados de la unión Europea, Canadá, Japón, Estados Unidos, entre otros, poseen entes certificadores en esta materia con el objeto de mantener calificados a los productores de alimentos orgánicos, garantizando el cumplimiento de una estricta normativa, a través de inspecciones continuas, ensayo y protocolos que aseguren la calidad del producto orgánico en todas las etapas de producción y comercialización.

Para Barbado. J. (2006), en el caso de productos orgánicos, se utilizan de la agricultura prácticas de control de plagas, malezas y enfermedades, orientadas a mantener el ecosistema de forma sostenible, por medio de una forma de vida mutuamente dependiente. Asimismo, la reutilización de residuos animales y vegetales, selección y rotación de cultivos, la ordenación del agua y prácticas ordenadas de labranza y cultivo. Para la ganadería orgánica, el secreto está en lograr la armonía entre la tierra, las plantas y el ganado, respetando las necesidades fisiológicas y de comportamiento de los animales. En ese sentido, el empleo de prácticas pecuarias que promuevan el control de estrés y enfermedades, evitando el uso de medicamentos químicos alopáticos.

A pesar de que el referido movimiento “Verde” ya tiene más de setenta años, y que en los países mencionados goza de un amplio mercado con excelentes oportunidades, limitadas éstas por procesos de baja producción y un alto costo productivo, todavía en Latinoamérica representa un mercado poco explotado, lo cual será considerado en la presente investigación.

PENETRACIÓN EN MERCADOS LATINOAMERICANOS.

El movimiento productivo de alimentos orgánicos ya se encuentra presente en Latinoamérica desde hace varios años, teniendo mayor auge desde la perspectiva de economía de exportación que en el consumo interno, tal como lo indica Rosa Muñoz Lima quien en el año 2011 publicó un artículo titulado “Productos Orgánicos en América Latina: más exportación que consumo”. La autora indica que la producción regional se exporta fundamentalmente a Europa y América del Norte. La baja demanda interna de productos orgánicos se debe especialmente a una menor información del consumidor sobre los riesgos de determinados procedimientos de la agricultura tradicional para la salud humana; a la insuficiente presencia de estos productos en canales masivos de distribución; a la falta de políticas locales de estímulo a la producción; así como a la escasa competitividad de tales productos (más caros que los convencionales) en mercados con poblaciones de menores ingresos per cápita que los líderes consumidores europeos. Indica Muñoz Lima que en Centroamérica, sólo Costa Rica ha logrado la certificación del cumplimiento de los estándares europeos para productos orgánicos. Nicaragua, Guatemala, Honduras y Panamá trabajan en este sentido. Pero ninguno de estos gobiernos ha logrado establecer la diferenciación de estándares entre productos convencionales y orgánicos en el mercado nacional, de modo que se justifique la variación de precios y se evite la oferta de falsos productos “bio” o “fairtrade”. Asimismo, Argentina representa la vanguardia del subcontinente en esta materia con poco más de dos millones de hectáreas cultivadas orgánicamente, seguida de Uruguay y Brasil con un millón, destaca Muñoz. Es también en Argentina donde se registran los mayores niveles de consumo de productos orgánicos en la región, a pesar de que el país consume apenas un cinco por ciento de su propia producción. El país sudamericano consume fundamentalmente productos orgánicos de origen animal como la leche fluida, la

carne ovina y la miel; así como otros de origen vegetal como las hortalizas y legumbres (cebolla, tomate, zapallo y ajo), además de frutas (manzanas y peras).

En relación a estos bajos índices de consumo de productos orgánicos en países de Latinoamérica, los autores coinciden en que esta tendencia se debe a un bajo nivel de educación y de conocimientos en relación a las diferentes consecuencias negativas que genera el proceso productivo masivo. Como consecuencia de lo expuesto, se considera que uno de los aspectos que debe atacar una propuesta de marketing, apunta hacia el desarrollo de un efectivo programa educacional relacionado con la siembra del conocimiento sobre los daños asociados a los productos convencionales y sus consecuencias en el organismo. No obstante, la exportación de productos orgánicos a la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Canadá sigue siendo el objetivo principal de este mercado.

OPORTUNIDADES PARA NUEVAS INVERSIONES EN ESTE MERCADO.

Una vez conocidas las bondades que nos ofrece el proceso productivo de alimentos orgánicos, es necesario evaluar situacionalmente los mercados de alimentos en Latinoamérica y determinar las diferentes oportunidades que se presentan. Para nadie es un secreto que los países desarrollados, por su avanzado nivel de industrialización, han visto cómo sus ciudadanos padecen diferentes enfermedades producto de una alimentación poco saludable, lo que ha generado la necesidad de tomar consciencia por parte de su población, quienes han comenzado a mirar en buena forma la iniciativa de un gran grupo de productores enfocados en generar productos orgánicos como una alternativa ante este problema. En ese sentido, es cada vez mas frecuente la necesidad de los consumidores de productos específicos diferentes a los convencionales. Para ilustrar con mayor claridad este caso, es pertinente traer a colación lo apuntado por Begoña Pérez en su artículo titulado "Nichos de oportunidad para la industria alimentaria", en el cual analiza de manera altamente profesional, la incidencia de las alergias e intolerancia alimentaria en el mercado de alimento mundial, la misma indica que la mayoría de alergias causadas por alimentos y bebidas (sobre un 90%) lo son por reacciones a uno o más de 8 ingredientes: leche, soja, huevos, trigo (gluten), cacahuets, nueces, pescado y marisco. Otros potenciales alérgenos: mostaza, sésamo, colorantes, conservantes, saborizantes, glutamato monosódico, entre otros. Las alergias a ingredientes (frutos secos, leche, trigo o pescado) se estima afectan al 1-2% de los adultos y a un 5-7% de los niños en los principales países desarrollados. Otros estudios: 3,5%-5% de la población en los países industrializados. Los porcentajes de intolerancias son muy variables entre países (por ejemplo, a la lactosa: 3% en Dinamarca; Incidencia alergias e intolerancias alimentarias >15% en UK, Finlandia, España; 90% en algunos países africanos y asiáticos). El mercado de los productos "sin" o "libres en" está creciendo a nivel mundial, manteniéndose como un sector nicho. Los productos sin gluten o lactosa son los drivers de este mercado nicho. Los alimentos "sin gluten" son una tendencia mundial, mientras que los productos "bajos en" o "sin" lactosa son más fuertes en Europa que en EEUU. Actualmente las tendencias en lanzamiento de productos destacan por incluir ingredientes novedosos, como por ejemplo: Leche de espelta "sin lactosa", Espelta: una variedad de trigo, Quinoa: proteína completa, ideal para vegetarianos, que no contiene lactosa ni gluten o en los "productos sin gluten". Semilla de chía: aporta buena calidad de proteínas, minerales y no tiene gluten. Estos ingredientes se están utilizando en bebidas, snacks, entre otros. Por otra parte, un acontecimiento positivo y que favorece el tema de la producción orgánica, es la creciente tendencia hacia el consumo de productos ecológicos por parte de personas que se sienten identificados con este estilo conservacionista, que se muestran poco susceptibles al precio de consumo de éstos.

Como resultado de lo expuesto, queda en evidencia la necesaria innovación en este mercado para satisfacer las demandas del identificado grupo de clientes que procura características especiales en los alimentos que consume y que solo es posible lograr a través de la investigación y el desarrollo de nuevos procesos productivos cuyo objetivo principal esté orientado a la generación de alimentos orgánicos específicos, los cuales a su vez conforman diferentes nichos de mercado que dependen de diversos factores como son la cultura, las costumbres y hábitos de cada comunidad que conforma la sociedad latinoamericana.

IDENTIFICACIÓN DE NICHOS DE MERCADO DE ALIMENTOS.

Lo primero que se debe considerar es la definición de Nichos de Mercado. De acuerdo con Kotler (2006), es un grupo de consumidores más delimitado que busca un mismo conjunto de beneficios. Otro aspecto fundamental de éstos, siguiendo a Ferrell (2006), es que por lo general los clientes pagan precios más altos por los productos

que cubren sus necesidades más especializadas. Ahora bien, revisando la doctrina, los mercadólogos, para identificar los nichos de mercado recurren a la división de un segmento del mercado en subsegmentos. Estos segmentos se definen de diferentes formas, como por ejemplo atendiendo a las preferencias de los consumidores. De esta manera, adaptando lo referido al caso concreto que se plantea, resulta que dentro del mercado de alimentos, existe diversidad de segmentos, tal puede ser el caso de carnes, enlatados, hortalizas, frutas, granos, alimentos dietéticos entre otros. A los efectos de esta investigación se considera el segmento constituido por los alimentos light, dietéticos, ecológicos, biológicos o bajos en calorías según la denominación que se les asigne, dentro del cual se encuentra un nicho perfectamente identificable como es el de los alimentos orgánicos, los cuales fueron ya conceptualizados al inicio de este artículo y constituyen el objeto de estudio del presente trabajo.

CARACTERIZACIÓN DE ESTOS NICHOS.

Los nichos de mercado se caracterizan, siguiendo a Kotler (2006), por los siguientes aspectos: a) Los integrantes del nicho tienen un conjunto de necesidades específicas; b) Poseen disposición para pagar precios más elevados a quien mejor satisfaga sus necesidades; c) Existe poca probabilidad que el nicho atraiga otros competidores; d) Con la finalidad de tener éxito la empresa debe especializar su oferta; e) Se considera que el nicho tiene potencial en cuanto a tamaño, utilidades y crecimiento. En términos del autor citado, los nichos son reducidos y atraen solo a uno o dos competidores, en contraposición con los segmentos que suelen ser amplios y atraer una diversidad de competidores.

En una aproximación a la caracterización de los nichos de alimentos orgánicos, podrían contextualizarse las afirmaciones de Kotler en el sentido que las personas que integran este tipo de nicho tienen la necesidad de una alimentación específica, que se diferencia de la convencional por el tipo de productos que forman parte de su dieta alimenticia, pues estas personas se caracterizan por poseer una filosofía de la alimentación natural concebida como una forma de vida más sana y saludable. En línea con lo anterior, como para estas personas más que una moda o costumbre, el alimentarse de acuerdo a lo que consideran “saludable” es mucho más que el solo hecho de comer, forma parte de un estilo de vida, están en la amplia disponibilidad de pagar un precio más elevado al de los alimentos convencionales, con la condición preexistente que sus necesidades especiales estén atendidas. Así las cosas, es una realidad mundial que los productos light tengan un precio más elevado que los convencionales, aunque estudios han afirmado que la tendencia es a la disminución del precio en función de la alta demanda que vienen presentando. Dado lo especial que debe ser su oferta en la producción de alimentos orgánicos, es poco probable la coexistencia de multiplicidad de competidores, lo cual representa una oportunidad clara de inversión con excelente expectativa.

En cuanto a la especialización de la oferta para garantizar el éxito, esta característica adquiere plena vigencia en el caso del nicho bajo análisis por cuanto, con la relevancia que ha adquirido el tema de los alimentos orgánicos en las sociedades modernas se requiere un amplio estudio de esta realidad, con la finalidad que la oferta pueda cubrir la demanda especializada requerida por los consumidores. En cuanto al tamaño, utilidades y crecimiento de este tipo de nichos, es notorio y así ha quedado evidenciado en el tiempo y en el espacio, el potencial que poseen, en el que cada vez más países se suman a una cultura de alimentación sana, extendiéndose a diferentes segmentos de la población consumidora de este tipo de alimentos.

DEMANDA DE ALIMENTOS ORGÁNICOS EN NICHOS DE MERCADO LATINOAMERICANOS.

En la sociedad actual la tendencia es comer mejor, es decir las personas enfocan su dieta en comidas más sanas y equilibradas, los motivos fundamentales: una alternativa viable para conservar la estética y a la vez cuidar la salud. Esta realidad que en principio fue considerada “moda” hoy en día es un estilo mundial, cuyo análisis prospectivo indica que va en franco crecimiento. De allí que el consumo de alimentos orgánicos sea considerado un nicho de mercado, ya que, tal como lo afirma Hurtado (2008), la participación de estos productos en el consumo general de alimentos si bien es cierto es reducida, posee un gran potencial de crecimiento, debido a que el interés por este tipo de productos en los consumidores de diferentes países ha aumentado considerablemente, especialmente los de economía desarrollada, marcando una nueva tendencia que presenta signos de permanencia y desarrollo a largo plazo. Por otra parte, una causa adicional que propicia la demanda de alimentos orgánicos se debe a la desconfianza cada vez mayor de la elaboración de los productos convencionales y todo el proceso para la conservación y venta que llevan implícitos.

En observancia del panorama actual de los alimentos orgánicos en América Latina, de acuerdo con Barbados (2006), la delantera en materia productiva la tienen México con más de 100.000 pequeños productores aunados a otro número considerable de medianos y grandes productores; Brasil, que posterior a la ejecución de una campaña de toma de conciencia del consumo de alimentos orgánicos, se propició el nacimiento de cooperativas de producción las cuales están sostenidas actualmente por los consumidores; Perú, cuya agricultura orgánica es una realidad que se viene consolidando y Argentina que ha manifestado un importante crecimiento en su producción orgánica.

En ese sentido, la demanda de alimentos orgánicos como se ha explicado es una tendencia en crecimiento, incluso en América Latina, sin embargo, de acuerdo con Hurtado (2008), la misma presenta obstáculos culturales y socioeconómicos en comparación con otras partes del mundo, que deben ser estudiados y enfrentados por las empresas que persigan conquistar este nicho de mercado, a saber: La progresión de los alimentos orgánicos parece estar determinado por el factor precio, ya que la experiencia indica que éstos resultan inaccesibles para una parte de la población, sin embargo, éstos productos se están abriendo camino constantemente en América Latina, especialmente en la población joven, en cuya región existe un elevado índice de pobreza. Así las cosas, los alimentos orgánicos presentan un sobreprecio que en muchos casos supera el 100% del precio del producto convencional. En virtud de lo expuesto, solo la población con elevado poder adquisitivo lo ve como una opción viable, resultando este tipo de alimentos para la mayoría de los latinoamericanos, una opción fuera de su alcance. Por último, el autor refiere que en América Latina existe poca o nula campaña de toma de conciencia sobre la importancia, beneficios y ventajas de consumir alimentos orgánicos, lo que hace que la población en desconocimiento de la materia, base sus decisiones a la hora de seleccionar un producto en su precio, disponibilidad, aspecto y variedad de oferta de los productos tradicionales.

En América Latina existe una carencia de un mercado local desarrollado en materia de alimentos orgánicos, dependiendo fundamentalmente del comercio exterior. En cuanto al caso Venezolano, no es la excepción a la regla, pues es evidente la existencia de las barreras presentadas a la producción, comercialización y consumo de alimentos orgánicos, en contraposición a la creciente demanda por parte de los diferentes segmentos de la población, los cuales cada vez más apuestan por una alimentación saludable, lo cual se convierte en una interesante oportunidad de negocio digna de ser analizada y abordada con el apoyo de las herramientas científicas en aras de su emprendimiento.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación aplicada para la realización de este artículo fue netamente documental. La investigación documental es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información. Según Arias (2000), la investigación documental o diseño documental "es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas". Por otra parte Cazares (2000), afirma que la investigación documental depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos, entendiéndose este término, en sentido amplio, como todo material de índole permanente, es decir, al que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar. La investigación documental se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información. Generalmente se le identifica con el manejo de mensajes registrados en la forma de manuscritos e impresos, por lo que se le asocia normalmente con la investigación archivística y bibliográfica. El concepto de documento, sin embargo, es más amplio. Cubre, por ejemplo: películas, diapositivas, planos y discos.

A los fines de esta investigación se manejó una gran cantidad de información documental que incluye antecedentes, términos y estudios actuales, con el fin de crear una matriz de discusión acerca del tema, en función de sustentar el análisis, realizar las conclusiones y consolidar la presente propuesta. Una vez recopilada toda esta información se procedió a crear una matriz de discusión dando origen a un análisis situacional que describe la realidad de los mercados mundiales y latinoamericanos en materia de comercialización de alimentos orgánicos con el fin de identificar los diferentes nichos de mercado que pudieran ser explotado en las regiones de América Latina. Posterior mente se realizó una propuesta de marketing basada en la experiencia en mercados europeos, asiáticos y norteamericanos, perfectamente definidas en lineamientos estratégicos.

ANÁLISIS SITUACIONAL DEL MERCADO ALIMENTARIO LATINOAMERICANO.

Antes de analizar el mercado latinoamericano, es necesario conocer lo que está ocurriendo en los mercados ya desarrollados en materia de alimentos orgánicos, tal es el caso del mercado europeo, en específico España, donde según Sánchez, Gil y García (2000), en su artículo titulado “Segmentación del Consumidor respecto al alimento ecológico: diferencias inter regionales”, en relación con las diferencias en las elecciones de compra examinadas mediante la técnica del análisis conjunto, se detectan valoraciones superiores para los productos más baratos, con origen en la propia región, cultivadas de forma ecológica y presentada a granel, independientemente del territorio observado. Las escasas diferencias localizadas entre los segmentos se centran en una menor sensibilidad hacia los precios en los grupos más interesados por la agricultura ecológica. Este resultado es especialmente relevante para los oferentes, ya que se ha observado de forma común una elevada importancia del atributo precio sobre otros factores del alimento, como su forma de producción. Por lo que, se puede afirmar que en la actualidad el precio está actuando como un importante freno al desarrollo de este mercado. Asimismo, las perspectivas para el agro en América Latina parecen desde luego alentadoras, tanto al nivel de la producción como del desarrollo de los mercados nacionales y de exportación.

Respecto a los progresos del desarrollo para el milenio, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) considera que: “La extrema pobreza en América Latina y el Caribe disminuyó cerca de cuatro puntos porcentuales (de 22,5 % a 18,6 %) entre 1990 y 2004, un avance menor al necesario para asegurar el cumplimiento en el año 2015 de esta primera meta del Milenio. En cambio, se progresó en la reducción del hambre y de la desnutrición infantil y la mayoría de los países probablemente cumplirán la meta de erradicación del hambre. En América Latina y el Caribe hay 96 millones de pobres extremos. Cerca de 52 millones viven en las zonas urbanas y 44 millones en las rurales”.

Las zonas “difíciles” a nivel climático, infraestructural y de acceso, demandan atención especial de los gobiernos para que se les de los medios de salida del aislamiento, de creación de empleos agrícolas y no agrícolas y de conexión a los mercados de proximidad. Hasta la fecha, la proporción del gasto público dedicado al agro en la mayoría de los países es muy baja, entre 1 y 5 %. El aumento del bienestar rural pasa por una tecnificación del agro, incluso del pequeño agricultor, de una mejor valoración del capital humano y de la incorporación en redes y canales de producción de mercadeo. La intervención del estado para asegurar estos objetivos es imprescindible, sobre todo a nivel de la disponibilidad de créditos para la producción.

Los grandes productores tendrán que dar más y más atención a problemas ecológicos como el agotamiento de las tierras, inundaciones, exceso de fertilización química y uso de pesticidas, lo que implica una vigilancia ambiental permanente de las autoridades y de las asociaciones de ciudadanos y grupos ecológicos. Los problemas con el agua, acceso, uso y contaminación, van a crecer en intensidad dado que el primer usuario de este recurso escaso es la propia agricultura, con 75 % del total. La deforestación puede también volverse un tema candente, aunque la disminución del bosque es relativamente mínima -4,7 % entre 1990 y 2000, -0,5 % al año según la Food and Agriculture Organization (FAO) para el año 2005.

En el caso venezolano el futuro de la producción orgánica depende de su incorporación dentro de los planes agrícolas nacionales; sin embargo la agricultura ecológica parece estar aún lejos de ocupar un lugar destacado en las políticas oficiales del sector agrario venezolano. Se necesita dedicar esfuerzos para propiciar el interés y hacer efectivo el apoyo del gobierno, con el propósito de impulsar el desarrollo integral de la agricultura orgánica en el país que ya se viene desarrollando en la producción de café y cacao. Es de suma importancia tener en cuenta que los esfuerzos orientados a promover la agricultura orgánica deben incluir toda la cadena de producción desde el agricultor en el campo hasta el consumidor en los centros poblados, las ciudades y la industria.

En muchos países de América Latina y el Caribe, los costos logísticos y de transporte inciden más que los aranceles en el precio del intercambio comercial. El Banco Mundial calcula que los costos logísticos representan entre el 16% y el 26% del PIB, y entre el 18% y el 32% del valor de los productos, en comparación con alrededor del 9% del PIB y del valor de los productos en los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). En el caso de productos procesados que provienen de América Central, la carga logística interna incrementa el costo de los productos alimentarios unitarios de mayor valor en 8% y 15% adicionales. A partir del año 2000, los acuerdos bilaterales y regionales de libre comercio redujeron los

aranceles en todo el mundo. Sin embargo, las tarifas del flete marítimo han crecido más del doble. Para productos de gran volumen y valor relativamente bajo, como los cereales y los aceites comestibles, los costos de flete nacional y marítimo pueden aumentar el precio final al consumidor hasta un 30% o 50%. Expertos del Banco Mundial no pronostican actualmente una repetición de la crisis de 2008, sin embargo, factores negativos tales como la aplicación de políticas para enfrentar el pánico por parte de los países exportadores, un severo fenómeno climático, malas cosechas en el hemisferio sur o fuertes aumentos en los precios de la energía, podrían provocar alzas en los precios de los cereales más significativos aún como las registradas hace cuatro años. Del mismo modo, conflictos entre la producción de alimentos, fibras y otros productos agrícolas y la producción de energía, en vista de la elevada disponibilidad del área agrícola, los incrementos en la productividad y otras mejoras tecnológicas en las cadenas agro-industriales. Asimismo, el tema debe ser tratado de forma transversal en todas las políticas públicas, para asegurar el equilibrio entre el incentivo a la producción de biocombustibles y la oferta de alimentos. “Biocombustibles y alimentos en América Latina y el Caribe” Decio Luis Gazzoni (2009).

La alarma ha sido dada por la propia Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura con su programa de seguridad alimentaria y nutricional de América Latina 2011. El estudio muestra cómo productos básicos para la dieta del subcontinente como el azúcar, la leche y la carne han visto aumentar su precio a un ritmo trepidante. Por nombrar, las tortillas de maíz son ahora el doble más caras que en 1997. El maíz, indispensable en los platillos del norte de América Latina, vio aumentar su valor un 104%. Algo similar sucedió con el trigo, cuyo costo subió un 62%. Los motivos de estos aumentos son varios: por un lado, el crecimiento demográfico anual en el mundo avanza a un ritmo más acelerado que el de la producción agrícola (2,5% en América Latina y 2% en el planeta). “Alimentos en América Latina se encarecieron 40% los últimos cuatro años” por Pablo Mora (2011).

En el caso del Mercado Común del Sur (MERCOSUR), considerando que hoy el mercado de productos orgánicos está valuado en el mundo en una cifra cercana a los US\$ 23 mil millones, que el consumo de productos naturales en el primer mundo dejó de ser una opción alternativa para instituirse en un estilo de vida y que crecen las exigencias de calidad de los mismos, es necesario, además de la certificación de “producto orgánico”, cumplir con las normas HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control); BPA (buenas prácticas agrícolas); EUREP-GAP (igual que la anterior pero para Europa), BMP (buenas prácticas de manufactura), Normas ISSO, entre otros requerimientos; se prevé que el aumento de la producción orgánica en la Unión Europea (UE) originará mayor oferta y competencia para los productores de orgánicos del Mercosur y que una nueva política agrícola común en la UE indirectamente subsidiará a los productores europeos que se vuelquen a esta actividad. Por otro lado, ante la evidente falta de armonización de la normativa orgánica entre los principales mercados, la UE y los EEUU, genera mayores trámites y costos en la certificación de los productos, que las exigencias que se han detallado anteriormente y la aparición de nuevos agentes en la cadena de distribución hicieron aumentar los gastos de comercialización, la incobrabilidad y el riesgo sistémico del negocio, razones por las que el Mercosur se encuentra en disposición para crear el “Instituto de Promoción de Productos Orgánicos”.

PROPUESTA DE MARKETING PARA “ORGANIC FOODS” EN NICHOS DE MERCADO LATINOAMERICANOS.

De acuerdo con toda la información recabada en esta investigación, a continuación se estructura el planteamiento de una propuesta de marketing, cuyo objetivo principal es incrementar el consumo de alimentos orgánicos en Latinoamérica, teniendo en cuenta que el sistema de producción industrializado ha venido adoptando procesos que involucran productos químicos y sintéticos perjudiciales a la salud y que con el tiempo son el causante de muchas enfermedades y padecimientos en los seres humanos, científicamente comprobado. Esta situación se ha convertido en un problema de orden social, para lo cual se ha considerado la teoría de marketing social propuesta por Mendive (2008), la cual indica que el primer punto que se debe atacar, para iniciar un proceso de marketing social es el problema y la conducta o actitud en determinada comunidad, que impide que se dé el cambio para la superación del mencionado problema. A continuación se plantean lineamientos para la materialización de la propuesta:

a) identificar la población objeto del cambio a aquellos latinoamericanos identificados con una sana alimentación y conscientes del riesgo que representan los alimentos que provienen de procesos industrializados y las consecuencias de su consumo a largo plazo. Esta población es denominada nichos de mercado porque

son porciones de cada uno de los segmentos que representa el mercado de alimentos en Latinoamérica y que de alguna forma no se ve atendido por la oferta que se muestra insuficiente ante la globalización.

b) establecer las metas a corto y a largo plazo. Es necesario entender que existe una creciente demanda de productos orgánicos en los países altamente industrializados y que eso hace cuesta arriba el poder satisfacer la demanda de un mercado latinoamericano cuando existe este fuerte atractivo para los pocos productores de la región. Ahora bien, lo que no se debe perder de vista es que esto representa una clara oportunidad de desarrollo para nuestras naciones, que implica un incremento en exportaciones, ingreso de divisas, desarrollo, empleo, productividad y bienestar social. Por tal razón el objeto de esta propuesta apunta hacia el incremento en la producción de alimentos orgánicos en nuestra región, tanto en exportaciones para cubrir parte de la demanda mundial que va en pleno crecimiento, como para el consumo interno que se viene gestando en nichos de mercado.

c) lograr el apoyo de los gobiernos correspondientes a cada uno de los países latinoamericanos, desde la perspectiva legal, estructural, financiero, territorial, política, cultural, social y moral; una campaña que promueva la inversión pública y privada en la formación de organizaciones empresariales orientadas hacia la producción de alimentos orgánicos para consumo nacional y para la exportación; desarrollando un marco sustentable y trascendente que permita el aprovechamiento de esta clara oportunidad que brinda la globalización, activando alianzas estratégicas entre naciones y promocionando la “Marca latinoamericana de alimentos orgánicos” entre las de mayor prestigio a nivel mundial cumpliendo con los estándares de calidad establecidos por los órganos certificadores reconocidos.

d) desarrollar una campaña educativa realmente efectiva que rebele la importancia de consumir productos orgánicos certificados y el beneficio saludable que este proporciona. Una de las debilidades presentes en Latinoamérica es la falta de información y el desconocimiento de las consecuencias que genera el consumo de alimentos tratados con químicos y preservativos en el organismo. Por tal razón, esta campaña debe ser claramente apoyada y difundida por los gobiernos nacionales y por la empresa privada como un compromiso de responsabilidad social empresarial dentro del plan de marketing social que estamos proponiendo. Esta campaña debe ser difundida por los principales medios de comunicación a través de programas televisivos de mucha audiencia, programas de radio, prensa nacional, internet con la creación de páginas web especializadas donde se plantee, inclusive, los beneficios que ofrece el gobierno nacional a todos los productores que deseen sumarse a esta campaña.

e) crear y certificar un organismo encargado de inspeccionar y calificar los procesos de producción y comercialización de alimentos orgánicos reconocidos por los certificadores mundiales para los procesos nacionales, de esta manera se estarán fomentando nuevos empleos y facilitando esta etapa para los productores. En consonancia con lo expuesto, se debe crear una infraestructura de soporte para los procesos de recolección, transformación, manipulación, distribución, exportación y comercialización de alimentos orgánicos, con el apoyo de la empresa pública y privada nacional y global. Esta condición es necesaria para garantizar la calidad del producto desde el campo hasta el consumidor.

f) realizar estudios de mercado en forma continua para identificar y caracterizar los nichos de mercado a explotar, este trabajo debe ser ejecutado por empresas reconocidas para garantizar la legitimidad de sus resultados y el éxito de la campaña. Esta fase del mercadeo permitirá optimizar los recursos en cada una de las etapas y realizar los correctivos en el momento justo garantizando que la campaña no entre en zona de riesgo desmotivando a los participantes. Es muy importante mantener la motivación del público meta, la identificación de los mismos con la visión, la misión y los objetivos de la campaña será la clave para mantener los niveles de productividad y el éxito de la misma.

g) diseñar la estrategia de la campaña considerando las bases culturales, regionales de cada zona productiva, preservando sus costumbres y respetando las creencias de cada comunidad estableciendo un ambiente apropiado y bien remunerado.

CONCLUSIONES.

A continuación se presentan una serie de conclusiones extraídas del proceso investigativo y del análisis de los resultados obtenidos como parte del proceso formativo de la propuesta de marketing de alimentos orgánicos en nichos de mercado para Latinoamérica.

- En América Latina se desarrollan procesos productivos de alimentos orgánicos desde hace ya varias décadas, destinando toda la producción a la exportación.
- Costa Rica es el único país de Latinoamérica que cuenta con una certificación de alimentos orgánicos para la Unión Europea.
- México, Argentina, Brasil, Uruguay, Colombia entre otros países, ya se encuentran adelantados en materia de certificación de sus procesos productivos de alimentos orgánicos.
- El consumo de alimentos orgánicos en Latinoamérica es muy bajo en comparación con la demanda en países industrializados como Estados Unidos, Canadá, Japón, la UE, entre otros.
- La oferta de productos orgánicos a nivel mundial es muy baja en comparación con la demanda, lo cual la hace insuficiente para satisfacerla y eleva sus precios.
- Parte importante del incremento en los precios de alimentos orgánicos lo representa lo delicado del proceso productivo, el bajo rendimiento de los mismos y los costos de distribución global.
- Los países latinoamericanos padecen el desconocimiento de los beneficios que ofrecen los alimentos orgánicos, por falta de campañas que promuevan su consumo. Del mismo modo, no existen programas educativos que difundan las consecuencias del consumo de productos de consumo masivo industrializados tratados con preservativos químicos entre otros.
- Es indispensable el apoyo de los gobiernos nacionales para el éxito de la campaña propuesta.
- Se propone el desarrollo de una “Marca latinoamericana de productos orgánicos” que simbolice la calidad y el prestigio para el consumo nacional y mundial, generando empleo en las regiones, incrementando las exportaciones, favoreciendo el ingreso de divisas, promoviendo el desarrollo de los nichos de mercado mundial como alternativa ante la crisis económica y alimentaria mundial, como parte de los beneficios que generará la propuesta que se presenta.

REFERENCIAS.

Arias (2006). Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. 5ta edición. Caracas, Venezuela.

Auroi, C. (2009). Situación alimenticia en América Latina y futuro de la producción agropecuaria para pequeños campesinos. *Anuario Americanista Europeo*. 6(7), 201-214.

Barbado. J. (2006). Huertas Orgánicas. Su empresa de productos orgánicos. Editorial Albatros SACI. Buenos Aires, Argentina.

Braunwald E, Kasper D, Fauci A, Longo D, Hauser S, Jameson L. (2006). Harrison Principios de Medicina Interna. 16 Edición. Editorial McGraw-Hill. USA.

Cazares (2000). Técnicas Actuales de Investigación Documental. 5ta edición. Mexico DF, Mexico.

El-Hague, N. y Hattam, C. (2003). Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. FAO Ediciones. Roma, Italia.

Hurtado S., José A. y González S., Mónica (2008). Alimentos Biológicos y Dietéticos en el Mercado Latinoamericano. Editorial Club Universitario. Alicante, España.

Kotler y Roberto (2004). Mercadotecnia Social. Editorial Diana. México, DF. México.

Mendive (2008). Marketing Social. Editorial De los cuatro vientos. Buenos Aires, Argentina.

OMS y FAO (2007). Alimentos Producidos Orgánicamente. Codex alimentarius. Roma, Italia.

Lopez, R. y Contreras, F. (2007). Sistemas de producción agrícola sostenible en los Andes de Venezuela: Agricultura Orgánica. *Avances en Química*, 2(3), 23-33.

Sanchez, M., Gil, J. y Garcia, A. (2000) Segmentación del consumidor respecto al alimento ecológico: diferencias interregionales. *Revista de Estudios Regionales*, (56), 171-188.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Elaboración de fertilizante orgánico para cultivo de hortalizas.

M. A. Santos Cantoriano^{1*}; E. Tlecuil Cuahutepitzi; C. Sánchez Melos, L. P. Vázquez Monzón. Mtra. Irán Benavides Moran² santoscantoriano26@gmail.com^{1*}; iran.benavides@uptlax.edu.mx;
Departamento de Ingeniería Financiera, Universidad Politécnica de Tlaxcala.
Av. Universidad Politécnica No.1 Col. San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala.
www.uptlax.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen.

La lombricultura es una alternativa, se define como la serie de operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y a la transformación, por medio de estas, de productos orgánicos en material fertilizante.

El humus de lombriz es el producto de la lombricultura. Consiste en una sustancia generalmente de color oscuro. El humus es el resultado de la descomposición de la materia orgánica, formados por las excretas de lombriz. El humus produce activadores del crecimiento que las plantas pueden absorber, favoreciendo la nutrición y resistencia de las mismas.

Su PH es neutro y se puede aplicar cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. La química del humus de lombriz es tan equilibrada y armoniosa que permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo. Todo esto hace el humus, un abono prácticamente orgánico e insuperable que puede incrementar hasta 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales.

Palabras clave: Humus, Lombricultura, Hortalizas.

Abstract.

The worm is an alternative, is defined as the number of operations related to the breeding and production of earthworms and transformation, through these, organic fertilizer material.

The vermicomposting is the product of vermiculture. A substance is generally dark. Humus is the result of the decomposition of organic matter, formed by worm excreta. The growth promoters' produces humus that plants can absorb, promoting nutrition and resistance thereof.

Its pH is neutral and can be applied any dose without any risk of burning the plants. The humus chemistry is so balanced and harmonious you to place a seed directly into it without any risk. All these make the humus, a credit virtually insurmountable organic and can be increased to 300% production of vegetables and other plant products.

Introducción.

El ritmo actual de la cultura global obliga mirar con una nueva cara nuestro entorno, la apuesta por el desarrollo de ideas sustentables, ideas que sensibilicen el impacto de las actividades cotidianas al medio ambiente hoy en día son la manera de generar valor a los proyectos de esta época.

En diferentes áreas se han generado nuevos conceptos, ideas y procesos que involucren ese pacto amigable con la naturaleza que de alguna manera reduzcan y sensibilicen el impacto contaminante resultado de múltiples actividades. En la agricultura también se pueden observar cambios constantes en sus procesos, muchos de ellos enfocados al cuidado de nuestros suelos, entre ellos encontramos el concepto de Lombricultura, y su derivado que como fertilizante natural principalmente pretende hacer competencia y contrarrestar la constante demanda de productos fertilizantes químicos, trayendo consigo grandes beneficios tanto para quien lo consume, lo comercializa y para el medio ambiente.

La lombricultura.

La lombricultura puede definirse como la serie de operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y a la transformación, por medio de estas, de productos orgánicos en material fertilizante. El resultado de esta técnica suele llamarse Lombricompuesto, Vermicompost o Humus de lombriz.

El humus es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, debido a su composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. El humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo, de su estructura (haciéndola más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro).

Eisenia foetida es la lombriz más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del Mundo para la obtención de humus, por a razones como que **su capacidad reproductiva** es muy elevada, como el no sangrar al producirse un corte de su cuerpo, **ser totalmente inmune al medio contaminado** en el cual vive, como la **elevada capacidad de regeneración** de sus tejidos entre otros.

Metodología.

Materiales:

- Composta elaborada con residuos orgánicos como lo son: cascaras de huevo, estiércol de cabras, borrego, vacas, tierra pura, sin contaminación, residuos de frutas o verduras; en conjunto crean un insumo indispensable.
- Lombrices californianas "*Eisenia foetida*";
- La tierra deberá de contener el menor número de impurezas, al ser tratada es de apariencia café oscuro por la humedad que contiene.
- Sustancia líquida que resulta de la unión de melaza, yogur, levadura, tierra y agua.

El proceso de producción de Humus es:

1. Se prepara el compostero.
2. Se prepara la composta, junto con el acelerador para desintegrarla.
3. Se dividirá en dos el compostero, para que después de 15 días se coloque nuevo alimento para las lombrices.
4. En una de las divisiones de la plancha se coloca una capa de 15 cm de tierra, después una capa de composta de 20 cm.
5. Después de la capa de las lombrices se coloca otra capa de tierra con suficiente agua.
6. Se cubre toda la plancha con maya negra, ya que las lombrices son muy delicadas hacia la luz solar.
7. Se revisara a diario la humedad. La humedad será medida con termostato.
8. Cada 15 días se colocara en la segunda división de la plancha capas de tierra y composta junto con el acelerador, se abrirá la división y se dejara un día para que las lombrices se trasladen del lado de su alimento.
9. Se recolectara el humus producido dentro de 30 días.
10. Se colocara en una cribadora para quitar toda la lombriz que haya quedado en el humus producido en la primera división.
11. Sigue la misma secuencia de pasos para producir el humus.
12. Posteriormente se colocara en las presentaciones correspondientes del producto.

Beneficios al utilizar humus:

- Influye de forma efectiva en la germinación de las semillas.
- Se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos.
- Favorece la formación de micorrizas.
- Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- Su pH neutro lo hace sumamente adecuado para ser usado con plantas delicadas.
- Aporta y contribuye al mantenimiento y al desarrollo de la micro flora y micro fauna del suelo.
- Favorece la absorción radicular.
- Regula el incremento y la actividad de los microorganismos nitrificadores.
- Facilita la absorción de los elementos nutritivos por parte de la planta. La acción microbiana del humus de lombriz hace asimilable para las plantas minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos.
- Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, y los libera gradualmente, e interviene en la fertilidad física del suelo porque aumenta la superficie activa.
- Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compresión natural o artificial.

Estudio de mercado sobre la venta de humus:

Para conocer el panorama dentro del Estado de Tlaxcala se realizó un estudio de mercado del cual se obtuvieron los siguientes datos:

En el estado existen en total 93, 410¹ Unidades de Producción que desarrollan y no desarrollan actividad agropecuaria o forestal.

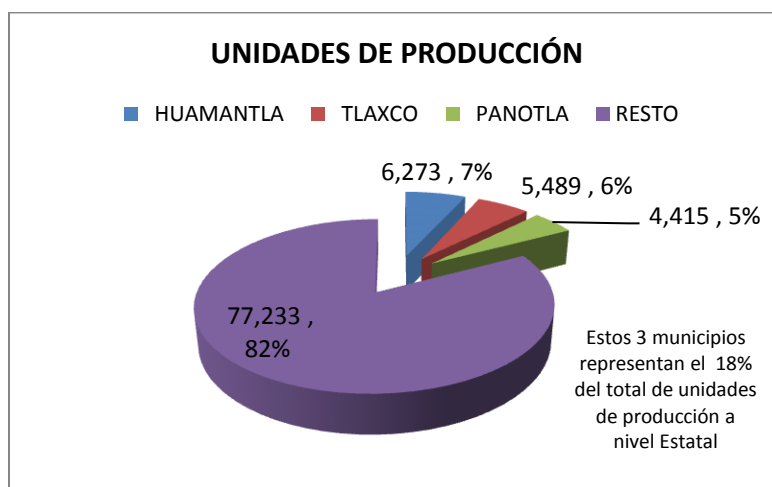


Figura 1. Unidades de producción Estado de Tlaxcala.

Los municipios que cuentan con un mayor número de unidades de producción son: Huamantla, Tlaxco y Panotla, estos municipios representan el 18% del total en el Estado.

Tlaxco y Huamantla además de tener un número significativo de unidades de producción, también son los municipios que cuentan con mayor superficie agrícola dentro del estado.

¹ FUENTE: INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.

La siguiente tabla nos muestra los datos de los municipios que utilizan la tecnología para sus labores agrícola:

TABLA 1: Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas.

Entidad y municipio.	Superficie agrícola.	Herbicidas.				
		Fertilizantes químicos.	Semilla mejorada.	Abonos naturales.	Químicos.	Orgánicos.
Tlaxco	28 127.52	23 193.25	9 655.14	1 262.62	19 743.73	615.79
Huamantla	22 104.98	19 377.43	3 118.98	2 328.97	13 115.02	660.83
Resto del Estado	154 916.83	130 119.09	25 805.10	19 431.42	88 758.02	2 399.15

Siendo así, que en Estado de Tlaxcala se utiliza los fertilizantes químicos, y así poder generalizar para que podamos atacar a los posibles consumidores con nuestro producto y mejorar las cosechas.

En los municipios mencionados anteriormente **11,763.3** unidades de producción manejan algún tipo de abono ya sea natural o artificial.

Se puede mencionar que el 5% de superficie sembrada es en invernaderos, mientras tanto el 95% de cultivos son obtenidos de una superficie sembrada en terrenos, de acuerdo con la siguiente gráfica:

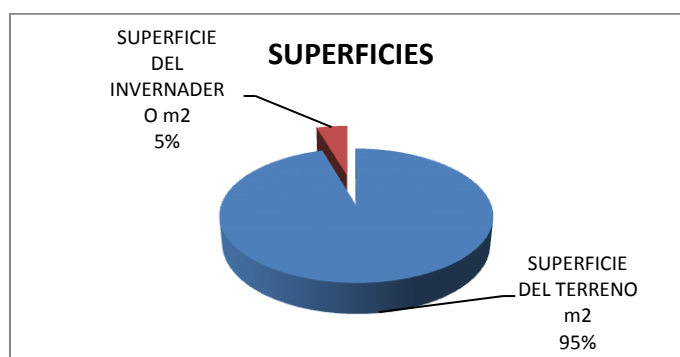


Figura 2. Unidades de producción en invernadero del Estado de Tlaxcala.

En la siguiente grafica se muestra los cultivos que los encuestados realizan año con año, los más prominentes son el maíz, haba, frijol, calabaza y jitomate.

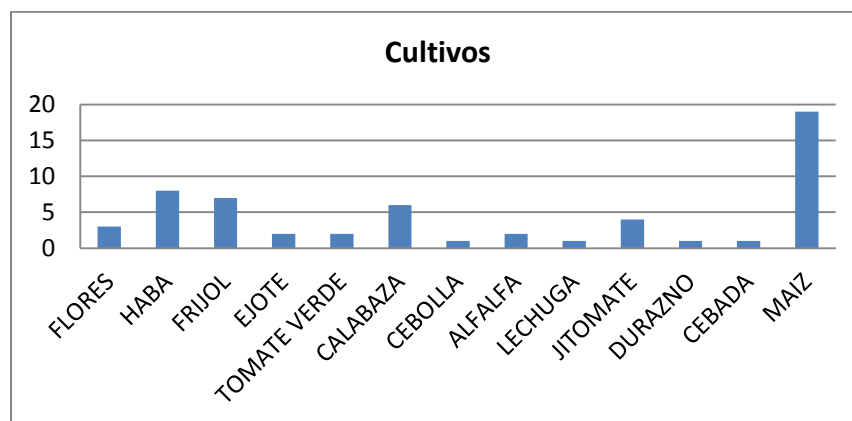


Figura 3. Cultivos predominantes en invernaderos en el Estado de Tlaxcala

Los cultivos que se muestran en la gráfica son los más frecuentes en la siembra de cultivos y en algunos casos estos cultivos suelen ser la economía de una familia durante todo un año.

Aunque la mayoría de los encuestados aseguraron realizar actividades para controlar plagas, rotar sus cultivos, además de que el 57% utiliza abono orgánico no procesado, y aunado a esto el 75% de estos realiza dichas actividades sin supervisión o asesoría profesional, esto nos indica que el rechazo o no utilización del humus o abono orgánico producto de la lombricultura para sembradíos es por falta de información, proveedores, y asesoría.

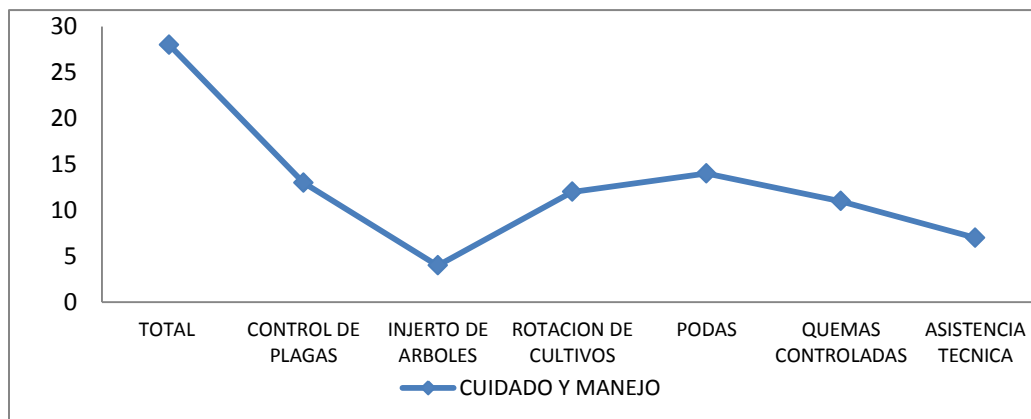


Figura 4. Actividades para el cuidado de cultivos.

Llegamos a la conclusión de lo anterior ya que del total de los encuestados el 86% está dispuesto a adquirir nuestro producto y algunos de los comentarios de los productores fueron: que les gustaría adquirirlo siempre y cuando este recomendado por alguna institución o asesor técnico agropecuario. El 83% respondió que sería una buena opción el adquirirlo sobre pedido y entregado hasta su localidad. El 79% respondió que sería preferible entregarlo por costal.

Por otra parte, en el reporte de SAGARPA indica que a partir del 2007 comenzó a repuntar el consumo de fertilizantes.

- ☞ La tendencia actual es de crecimiento con un consumo que supera las 5, 000,000 TM en 2008
- ☞ La capacidad instalada en México para producir fertilizantes es: 5, 000,000 TM (aproximadamente) y solo se aprovecha el 25%
- ☞ La mayoría de la producción es de Urea y Sulfato de Amonio, con pequeños volúmenes de mezclas de nitrógenos y complejos NPK.
- ☞ El 75% de la demanda de fertilizantes en México se cubre con importaciones principalmente de China, Ucrania, Canadá y E.U.A.

Los datos analizados nos muestran a grandes rasgos la situación del comportamiento del Mercado Nacional de Fertilizantes, el comportamiento de la demanda nacional se ve reflejado en un constante crecimiento, en el aumento de las importaciones de fertilizantes al país.

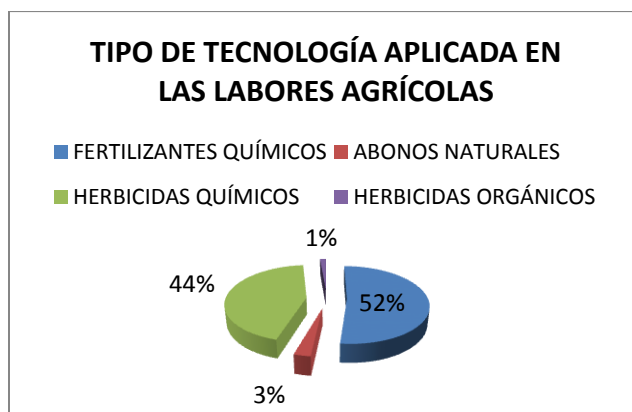


Figura 5: Tecnologías aplicadas en el Estado de Tlaxcala

Además los datos que la SAGARPA nos muestra, nos habla de que en el país no se produce la suficiente cantidad de fertilizantes para satisfacer la demanda nacional, por ende es el crecimiento de la importación, lo anterior visto desde un punto de vista positivo hacia con el proyecto, nos indica que tenemos un gran mercado mexicano que podemos cubrir, puesto que en México no hay mucho interés de producir este tipo de fertilizantes.

Trabajo a futuro.

La técnica de producción de humus ha tenido una fuerte penetración en el mercado ya que grandes compañías dedicadas a la producción y venta de fertilizantes artificiales, se han diversificado en sus productos para que se pueda introducir el fertilizante natural. Muchas empresas dedicadas a la producción de hortalizas en especial han optado por utilizar este tipo de fertilizante ya que agrega valor a sus productos; en estudios ya realizados se han encontrado mejores beneficios a los cultivos, la tierra donde están sembrados no se erosiona con rapidez al contrario se mejora para que las siembras se mejoren año con año.

En el estudio mercado realizado que se menciona con anterioridad, señala que existe una gran cantidad de demandantes en el Estado de Tlaxcala, esto es porque entre sus principales actividades económicas se encuentra la agricultura, pero conoce muy poco sobre este fertilizante.

Actualmente, organizaciones federales como lo son SEFOA y CONAFOR han brindado asesoría técnica sobre el uso y aplicación de este fertilizante natural en los cultivos del Estado de Tlaxcala, entre los municipios que se encuentran es Huamantla, Tlaxco, y Panotla. Este fertilizante ha crecido en su demanda ya que se utiliza en grandes masas, pero el problema es que necesita un tiempo de elaboración un poco demorado, ya que al utilizar lombrices como ya se había mencionado estas necesitan hacer bien su trabajo y hacer un fertilizante de calidad.

Ahora, ya se ha encontrado un formula que acelera el ritmo de descomposición de la composta y así crear con más rapidez el fertilizante "Humus", en Perú fue donde se encontró esta fórmula que acelera la descomposición, y nosotros buscamos mezclar estas dos técnicas: humus realizado con lombriz californiana y humus realizado con esa sustancia que acelera la producción. Actualmente se está analizando si esta fórmula tiene alguna consecuencia secundaria en:

- 1) La lombriz, ya que de esta depende que la composta se descomponga,
- 2) La tierra que sirve para cultivar y
- 3) Los cultivos.

Conclusión.

Se formara un fertilizante creado de desechos orgánicos este será su principal insumo, que ayude en su totalidad a la tierra de cultivo y esta no se vea erosionada por la sobreproducción. Este será meramente orgánico, para que a su vez se cultiven hortalizas de calidad ayudando al medio ambiente. Se busca tener éxito en la unión de dos técnicas de elaboración del humus, manipulando los componentes de cada técnica para que de un mejor resultado. Se observó que es un producto que tiene a subir su demanda y que es necesario se estimule la elaboración del producto para que pueda cumplir con la totalidad de la demanda.

Referencias.

- *Humus Puro de Villarrica. Copyright © 2009.* (03/06/2013)
http://www.humusvillarrica.cl/que_es_humus.htm
- *Foro de InfoJardin, Owned License. Copyright © 2013* (07/06/13)
<http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=4608>
<http://articulos.infojardin.com/articulos/Humus.htm>
- *Tabla de composición química.* (18/07/13)
<http://www.aliciacrocco.com.ar/2012/12/tabla-de-composicion-quimica-de-leches-y-yogures/>
- *Crónica.* (05/06/2013)
<http://www.cronica.com.ec/index.php/opinion/item/63293-humus-dorado-la-propuesta>
- *Agrobiorganica.* (13/07/13)
<http://agrobiorganica.com/>
- *Responsable/Colaboradores: PASOLAC* (30/07/13)
http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_68.pdf
- *Agricultura. Tecnología producción para humus* (13/07/13)
<http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/tecnologia-produccion-humus-lombriz-t3703/078-p0.htm>
- *SAGARPA.* (24/06/13)
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultura.pdf>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

IGUALDAD EN UN ENTORNO LABORAL CON UN ENFOQUE DE MARKETING SOCIAL

Luis Antonio Pereda Jiménez*, Dunstano Díaz Linares°

*División de Ingeniería en Administración, Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Av. Rafael Ávila Camacho Oriente 3509 Barrio La Fátima C.P. 75910, Ajalpan, Puebla.

*lapjimenez@hotmail.com. °dunstanoupaep@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería en Administración

Resumen.

La finalidad de obtener una certificación en el Modelo de Equidad de Género, no radica en ostentar un documento más, o solo exponer que buscamos un esquema mercadológico. Garantiza que venderemos la idea para concretar la venta con las personas vulnerables y no vulnerables por igualdad social.

La sociedad actual requiere un cambio de mentalidad y conducta; por tanto, depende de nosotros los individuos para actuar en contra posición de toda injusticia, inmoralidad y antivalor. En las organizaciones actuales las condiciones laborales tienen un esquema competitivo; por eso en ocasiones se cometen errores graves de inequidad. Este tipo de organizaciones, deben tener un alto compromiso con la sociedad, desde la conducta hasta el bien propio de cada familia inmersa. Entonces, exponemos la cantidad nacional de las organizaciones comprometidas con la certificación para ir creciendo gradualmente.

Aplicamos el modelo planteado por Kotler en el Marketing social para realizar un ambiente de venta y transferencia que genere un cambio de conducta, con propuestas para desarrollar todo un esquema nuevo de publicidad y divulgación sobre el tema.

Abstrac.

The purpose of obtaining a certificate in Gender Equity Model lies not in showing a longer document, or just state that we mercadológico scheme. Ensures that sell the idea to make the sale with the vulnerable and non-vulnerable by social equality.

Today's society requires a change of mentality and behavior, therefore, up to us individuals to act contrary position with all unrighteousness, immorality and anti-value. In today's organizations, working conditions have a competitive system, so sometimes mistakes are serious inequity; these types of organizations must have a high commitment to society, from the behavior until proper to each family immersed. Then, we present the relevant national organizations committed to certification to gradually grow.

We apply the model proposed by Kotler in Social Marketing for a sale and transfer environment to generate a change in behavior, with proposals to develop a completely new advertising scheme and outreach on the subject.

Palabras clave:

Modelo de equidad de Género, Marketing Social, venta del producto

Introducción.

Ante el intento de cambiar la condición social de las mujeres en los sesenta a través del movimiento feminista, para hacer valer la igualdad de sexos se logró revalorar muchos actos realizados por las mujeres (C. Sánchez, 2005). Por lo tanto hoy en un entorno global imperante por la competitividad, demanda la libertad e igualdad especialmente para la mujer; con el fin de obtener los beneficios que durante décadas fueron categorizados y radicalizados por el género masculino; los beneficios por tanto son: obtener derechos en cuanto a ingreso en el mercado de trabajo,

capacitación, condiciones de empleo; es decir, por salario, prestaciones y oportunidades de ascenso, inclusión en puestos y niveles dentro de la organización, erradicar el hostigamiento sexual y un ambiente satisfactorio laboralmente hablando. (A.C, 2013). (Aranza Campos, 2005), dice que: “la educación permite, avanzar en la lucha contra la discriminación y la desigualdad; sean estos por razón de nacimiento, raza, sexo, religión u opinión, tengan un origen familiar o social y se concibe ésta como elemento decisivo para la superación de los estereotipos sociales asimilados a la diferenciación por sexos”, por tanto esto permite que sin distingo alguno de genero se interioriza el papel asignado. En pleno siglo XXI, ya solo es falacia pensar que el hombre fue hecho para el mundo y la mujer para la cocina, pero la cultura y condiciones económicas en nuestro país todavía marginan este género que sin lugar a dudas emerge por condiciones de desigualdad y lucha por la sobrevivencia en un entorno cambiante, otros por profesionalización y educación. (Aranza Campos, 2005)

Ahora bien, si exponemos y escribimos una situación de injusticia, no sabremos si resolvemos el problema o solo lo exponemos para hacer mayor hincapié en el maltrato moral, por consiguiente se busca una estrategia para las organizaciones maduras con un fino interés de iniciar un cambio circunstancial en sus políticas y prácticas internas, fomentando perspectivas de género, acciones afirmativas a favor del personal que conduzcan a corto y mediano plazo condiciones de equidad para hombres y mujeres, laboralmente hablando. Entonces, implica incluso lograr una certificación que favorezca el realce como medio de acompañamiento y estrategia de vender una imagen empresarial con entornos laborales de equidad, esto porque la misma sociedad lo requiere. (A.C, 2013).

Por otro lado, ya puede haber algo escrito acerca de esto por alguien más o “quizá existan millones de libros sobre un tópico, pero cuando tú escribes sobre lo mismo, mucha gente lo leerá por primera vez” (C. Sánchez, 2005), de ahí nuestra decisión por compartirlo; no como algo nuevo, sino con un enfoque mercadológico, en el que no solo se distinga la certificación de los organismos certificados sino que además se logre la credibilidad y se de impulso y proyección a esta certificación, garantizando que los organismos certificados, están fielmente comprometidos con la participación social, pero sobre todo involucrándose en varias actividades en donde la sociedad lo perciba y entonces el cambio de cultura, realmente se logre.

(Kotler & Roberto, 1989) Dice que: “Con frecuencia, las soluciones reclaman el lanzamiento de una campaña social que cambie actitudes y la conducta pública”, el marketing social por tanto, dará cabida y envuelve una visión compartida hacia el tema de la igualdad laboral.

LA CERTIFICACIÓN MEG (MODELO DE EQUIDAD DE GÉNERO) QUE OBTIENEN DISTINTOS ORGANISMOS.

En principio, la igualdad parte del principio de ser un derecho, en circunstancias donde la mujer y el hombre participan en circunstancias de equidad. Especialmente, la mujer ha tenido diferentes responsabilidades por el tipo de valoración tanto social y económica, no ha tenido las mismas oportunidades de capacitación y trabajo permanente, las responsabilidades familiares y los estereotipos que durante muchos años han sido puntualizados por las familias, estas transgreden y coartan la oportunidad de desarrollo y pensamiento de las mujeres. En este universo cualquier acción en cualquier lado nos afecta a cada uno, y nuestras acciones, afectan también al universo; sin embargo se nos olvida que cada ser tiene una “individualidad” por lo que se debe dejar que cada uno muestre su verdadero Ser, ya que así dará algo nuevo para compartir, y las mujeres no pueden ser privadas de tal derecho (De León, 1999). Este tipo de certificación está dirigida a empresas públicas y privadas, el cual permitirá desviaciones del género y que no suelen percibirse como desigualdades. Permitirá la equidad con acciones afirmativas existentes de un ambiente de trabajo y motivación entre el personal.

Esta certificación por tanto dará un valor agregado a las organizaciones en el área de Recursos Humanos, con la finalidad de que exista mayor eficiencia, competitividad en el ámbito laboral, promoviendo las buenas relaciones de ambiente de trabajo permitiendo las mismas oportunidades sin distinción de género (Negra, 2013). El proyecto surge como “generosidad”, de un acuerdo entre el gobierno de México y el Banco Mundial en el 2012, siendo designado para

encabezar el proyecto al Instituto Nacional de las Mujeres. (México, 2013) Dice que: “El modelo está orientada a promover la igualdad de oportunidades de mujeres y hombres en el acceso al empleo, remuneraciones equitativas, capacitación, desarrollo profesional y participación en la toma de decisiones”. El MEG está consignada en el inciso XI de la Ley General para la igualdad entre Mujeres y Hombres de México, es recomendable implementar en las organizaciones que tienen la certificación ISO, empresas que son sensibles a problemas de género o que involucren acciones sociales. (México, 2013). A continuación en las Tablas 1 y 2 se muestran los datos por sector y estado, quienes cuentan con MEG.

Tabla 1. Empresas certificadas. Tabla 2. Estados que cuentan con MEG en México y EU.

TOTAL POR SECTOR		ESTADOS	
PARAESTATAL	470	AGUASCALIENTES	17
PÚBLICAS FEDERALES	314	BAJA CALIFORNIA	38
PÚBLICAS ESTATALES	174	BAJA CALIFORNIA SUR	22
PÚBLICAS MUNICIPALES	66	CAMPECHE	15
PRIVADA NACIONAL	308	CHIAPAS	26
PRIVADA TRANSNACIONAL	268	CHIHUAHUA	48
ASOCIACIÓN CIVIL	15	COAHUILA	35
TOTAL	1615	COLIMA	38
		DISTRITO FEDERAL	225
		DURANGO	49
		ESTADO DE MÉXICO	93
		GUANAJUATO	33
		GUERRERO	33
		HIDALGO	29
		JALISCO	120
		MICHOACÁN	56
		MORELOS	13
		NAYARIT	12
		NUEVO LEON	50
		OAXACA	26
		PUEBLA	195
		QUERETARO	23
		QUINTANA ROO	84
		SAN LUIS POTOSÍ	25
		SINALOA	34
		SONORA	43
		TABASCO	22
		TAMAULIPAS	45
		TLAXCALA	30
		VERACRZ	76
		YUCATÁN	41
		ZACATECAS	16
		TEXAS	3
		TOTAL	1615

Fuente: Instituto Nacional de las Mujeres

Fuente: Instituto Nacional de las Mujeres

El empoderamiento.

Se dice que si la mujer es tratada de una forma denigrante, es porque esto es lo que demuestra a los demás y de ahí el origen del trato hacia ésta, por eso ellas soportan muchas veces el sufrimiento pero se confunde la abnegación femenina que llega a convertirse en una esclavitud denigrante; se debe romper con esto mediante el amor dirigido del auto respeto y autovaloración

primeramente (C. Sánchez, 2005). (Global, 2013) Dice que: “Empoderar a las mujeres para que participen plenamente en los sectores y en toda actividad económica, resulta fundamental para: construir economías fuertes, establecer sociedades más estables y justas, alcanzar los objetivos de desarrollo, mejorar la calidad de vida de las mujeres, promover prácticas y objetivos empresariales” por lo tanto, se requiere que se establezca los siguientes principios, una dirección que promueva la igualdad de género, igualdad en las oportunidades, integración y la no discriminación, salud, seguridad y una vida libre de violencia, educación, formación y desarrollo empresarial, cadena de suministros y prácticas de marketing, liderazgo comunitario y compromiso, transparencia evaluación e información.

Cifras mundiales:

Las mujeres representan el 70% de población mundial en situación de pobreza, de los países en desarrollo solo el 2% de tierras son propiedad de las mujeres. Por otro lado, hasta el 2006, 800 000 personas forman parte del tráfico cada año, a nivel nacional. Aproximadamente el 80% son víctimas del tráfico transnacional son mujeres y niñas, por consiguiente el 50% son menores de edad. De los 33 millones de refugiados en el mundo, el 72% son mujeres y niñas. Además una mujer fallece por minuto en cualquier parte de planeta por complicación de embarazo o parto. En un rango del 40% y 50% en la Unión Europea sufren de acoso sexual en su área de trabajo. En Estados Unidos la pérdida de productividad es de 1800 millones de dólares por el costo de la violencia contra la mujer, ya que este monto es de 5800 millones de dólares, 4100 millones están destinados a servicios médicos. En 1995, en Canadá se estimó costos directos por violencia contra la mujer de 1170 millones de dólares. En el Reino Unido, en el 2004 fue de 23000 millones de libras esterlinas al año. Más del 50% de las 33 millones de personas que tienen VIH en el mundo son mujeres; por otro lado, las mujeres maltratadas físicamente tienen un 48% de probabilidad de ser infectadas por el VIH/SIDA.

Datos concretos entre 2006 al 2007 destacan que al reducir la diferencia del índice de empleo entre mujeres y hombres aumenta notablemente el PIB. El 16% de la población mundial de adultos analfabetos son mujeres (Global, 2013). Recordemos el filme cinematográfico “Educando a Rita” donde una sencilla ama de casa resuelve estudiar, sin el apoyo de su esposo, pero si apoyada por su profesor maduro, el cual acaba enamorándose de ella por su pulcro hablar y literario producto de su aprendizaje, que ni él es capaz de realizar, lo que sale a relucir es la capacidad de logros por parte de las mujeres y reconocimiento que se puede tener por los demás (Campos, 2002).

Marketing Social.

Los componentes que vamos a considerar para desarrollar por tanto la propuesta son, en primera instancia:

- a) Los consumidores
- b) Las empresas
- c) La sociedad

Estos tres, tienen mucha relevancia y participación en todo momento que generemos mención sobre la propuesta de trabajo que proponemos en relación a la igualdad social.

Los avances que se esperan obtener son los siguientes: Como una Institución u organismo no lucrativa o lucrativo, existe la necesidad de implementar aspectos del marketing de servicios con un toque social, el impacto negativo hacia actitudes en detrimento de la igualdad social, cambio de conducta, orientación del marketing hacia teorías sociales y la percepción positiva de la sociedad (UDLAP, 2013). Gracias a la coerción de estos elementos los vamos a mezclar, buscando una plataforma de impulso a esta revolución de pensamiento de entornos laborales con tintes sociales. Vamos aprovechar el pensamiento de equidad e igualdad de género, entonces además tenemos que conjugar el MEG y el marketing, naciendo de aquí una propuesta denominada Plataforma Social de igualdad.

En primer lugar debemos definir que es un producto social, ya que con él se identificará la negociación, la figura 1 explica los tipos de productos sociales por concepción en el marketing social.

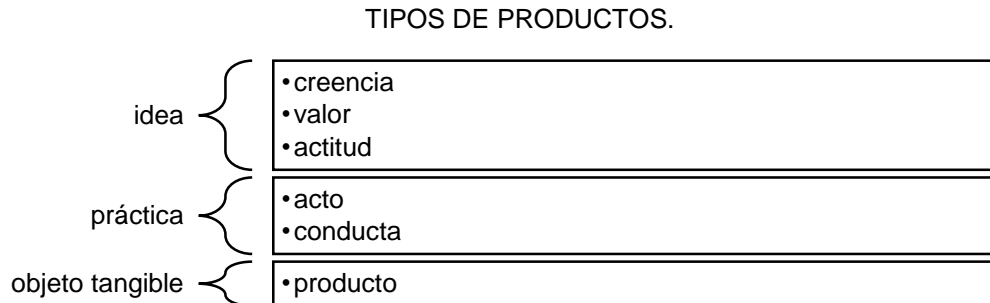


Figura 1. Tipos de productos desde la perspectiva del marketing social. (Kotler & Roberto, 1989)

Esta concepción, nos permite el diseño de productos sociales en esta plataforma social a los que les hace falta una base de producto, tales como:

- a) Una solución eficaz para adoptantes; el agente del marketing social debe traducir el ajuste de la práctica social que corresponde a la implementación de la certificación.
- b) Generar una apariencia verdadera para reforzar el posicionamiento.
- c) Generar una imagen de refuerzo mediante medios y publicidad al alcance de los involucrados para el posicionamiento.

Cuando el agente de cambio logra completar el proceso de intercambio con el solo hecho de que la persona o las personas incluyan esta cultura y educación de igualdad, entonces decimos que la “venta se concreta”. La campaña de esta plataforma social por consiguiente toma en consideración tres elementos que son las P’s, personal, presentación y proceso.

Partimos diciendo que el personal, es el involucrado que participa directamente en su familia y en el entorno laboral; presentación, porque es el que se refiere mediante una campaña de difusión en el que la sociedad sabe que la institución u organización contempla a la igual y equidad de género en sus oportunidades y decisiones; este se da a través de spots, posters, radio o algún otro medio publicitario se entera de esta concepción. El proceso, porque es conveniente que las acciones afirmativas en cuestión de género se deben fortalecer mediante actividades deportivas, culturales, académicas y sociales.

El entorno del marketing social depende de etapas las cuales las vemos en la figura 2; la primera etapa consiste en analizar el entorno; en nuestro contexto sabemos que se requiere un cambio de cultura. La siguiente etapa, es determinar la capacidad de las organizaciones patrocinadoras para hacer llegar el producto a los Ayuntamientos, las instituciones de nivel medio y básico, en este caso la información y la cultura del hábito social y un pensamiento de igualdad.

Por lo tanto, en la figura 2 y 3 podemos observar como las partes del proceso permiten comprender mejor el marketing social ajustado al proceso de certificación en igualdad de género por un lado, por otro los puntos de distribución. Estas dos herramientas nos permitirán comprender con mayor claridad la razón de proponer una plataforma social de igualdad, que incluya estos elementos relacionándolos por mientras como un simple modelo de transferencia social basado en valores con un alto grado de conexión entre la participación social y el Marketing social desde una nueva perspectiva.

Figura 2. Etapas del proceso de Gestión del Marketing Social y del MEG. (Kotler & Roberto, 1989)

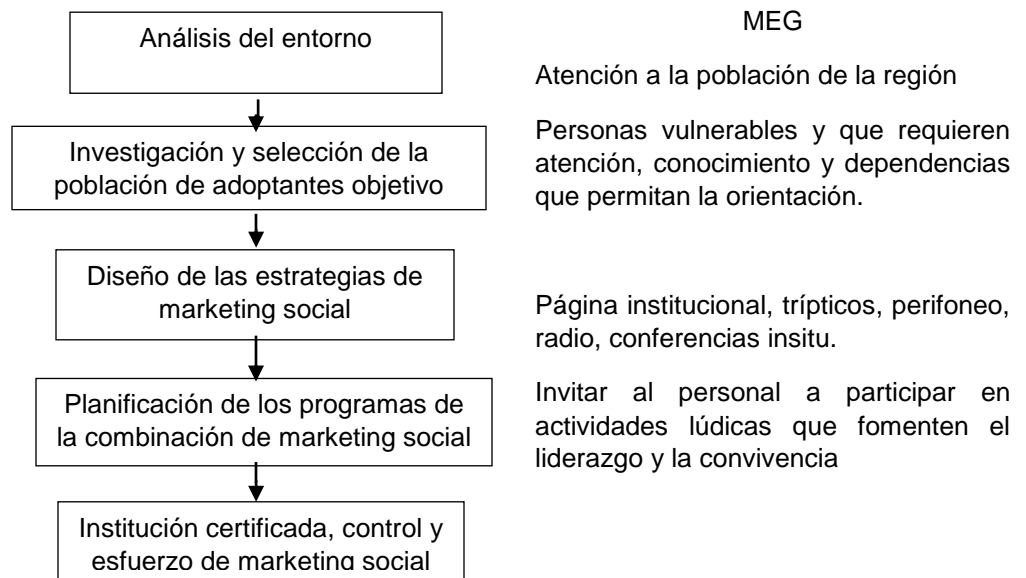
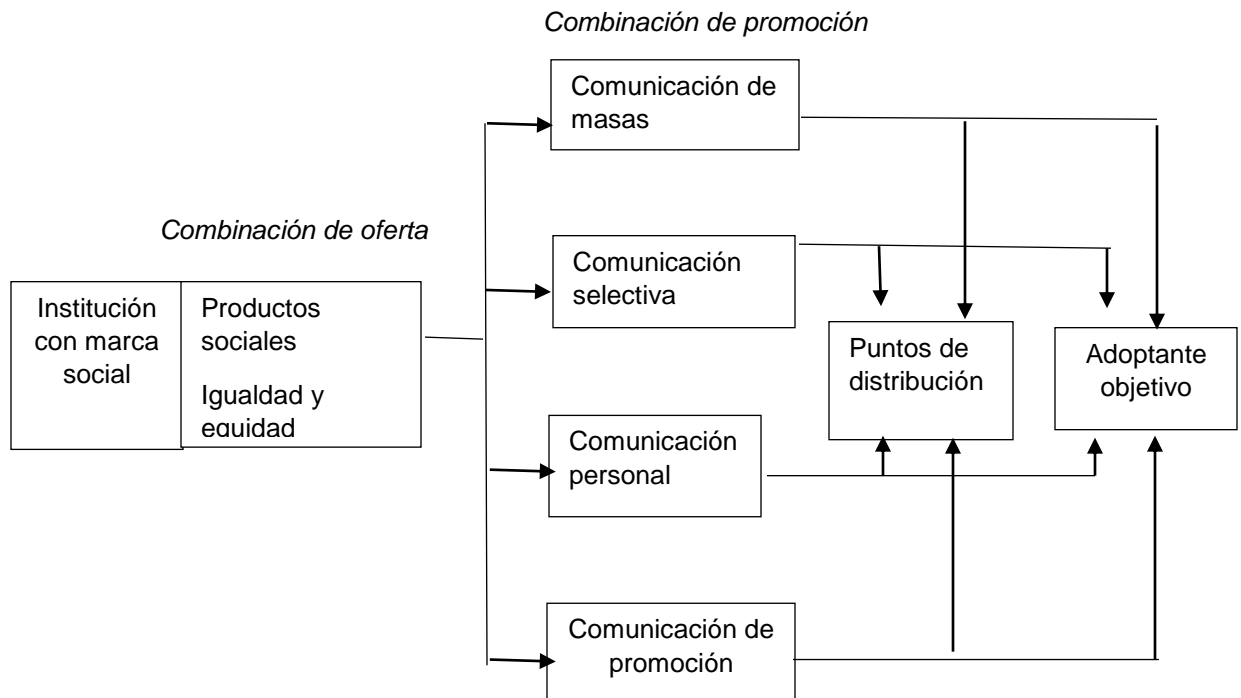


Figura 3. Combinación del esquema de marketing social adaptado al Organismo o Instituto. (Kotler & Roberto, 1989)



Por último, la propuesta de la plataforma de igualdad, se basa en establecer requerimientos, como:

1. Definir grupos de apoyo, contrarios o indiferentes: es decir grupos que apoyen la campaña o que definitivamente estén en contra.
 - a) Generar una lista de organizaciones no lucrativas de personas jóvenes, adultos, estudiantes, profesionistas, etc., que cuenten con algún registro como dependencia social sobre las personas vulnerables o maltrato social.
 - b) Generar un acercamiento a ellos para dar a conocer los temas de atención y la divulgación sobre igualdad y equidad.

- c) Establecer una relación estrecha con la Regiduría Municipal de la región para dar a conocer la divulgación del tema de Igualdad y equidad a personas vulnerables.
- d) Instar a dependencias municipales, estatales y federales a participar en las pláticas y talleres.
2. Hacer tangible el producto: Se requiere de especial creatividad para desarrollar una estrategia, de tal manera que estén encausados con la población objetivo o mercado meta, por mencionar ejemplos: mujeres al frente de puestos estratégicos,
 - a) Establecer una lista de temas de divulgación, tales como:
 - Hostigamiento sexual
 - Discriminación
 - Ambiente laboral
 - Legislación
 - b) Diseñar posters alusivos al tema, con especificaciones concretas.
 - c) Identificación de personas con experiencia vivida en el tema, para dar a conocer su desarrollo evolutivo.
 - d) Organización de un concurso regional de caricatura, poesía, música, o algún otro arte que acerque a las personas en situación de vulnerabilidad a este tipo de acciones.
 - e) Página web con contenido alusivo al tema
3. Plan de medios. Con la finalidad de generar información, recordatorio, persuasión y educar. Se debe desarrollar estrategias para que a través de diversos medios logremos vincularnos con las personas vulnerables.
 - a) Educación personalizada.
 - b) Videos.
 - c) Revistas.
 - d) Volantes.
 - e) Trípticos.
 - f) Página web.
 - g) Grupos de Facebook para difundir la información.
 - h) Correo electrónico.
4. Estrategias de cambios.
 - a) Entrevista a los hijos de familias con situaciones de vulnerabilidad.
 - b) Educación en acción para todos los niveles.
 - c) Diseño de la identificación de valores. (modelo a favor del respeto hacia ello)
 - d) Innovación y mejora continua de todas las acciones implantadas.

La campaña de esta plataforma, por tanto consiste en:

- a) Difundir este modelo con campañas de concientización a empresas e instituciones de la localidad
 - Realizar un directorio, a su vez hacerles llegar la participación de ponentes sobre el tema en donde se realice la práctica de eventos situacionales de equidad.
- b) A través de los ayuntamientos invitar a las familias a participar en actividades donde se den a conocer medidas preventivas, educación y la igualdad y equidad.
 - Los ayuntamientos convocaran a las personas o buscarán la forma de generar el acercamiento a través de las colonias por medio de talleres y pláticas sobre equidad.
- c) Organizar un grupo no lucrativo a favor de esta campaña.
 - Preparar y convocar a jóvenes interesados en el tema, los cuales van a generar una página de difusión de temas alusivos
 - Realizar un grupo en las redes sociales para informar por este medio a quienes se interesen en el tema.
 - Estructurar grupos de ayuda para situaciones de abuso e inconformidad
- d) Identificar a mujeres y hombres que cuentan con la igualdad de oportunidades en puestos estratégicos de trabajo que quieran compartir sus experiencias.
 - Realizar un directorio de personas, los cuales nos proporcionarán sus datos específicos de puesto, esto nos servirá para tomar modelos y ejemplos.

- Otro directorio en el que la existan personas propensas al ascenso y con preparación profesional que hagan actividades que sobresalgan
- El reconocimiento formal a todos ellos, a través de un documento y por medio de la mención.
- e) Explotar al máximo el elemento de la motivación para personas que requieren un sentido de pertenencia y de crecimiento personal.
 - Generar trabajo, en los que se incluya la motivación a personas vulnerables en torno a la equidad.
 - Escuchar atentamente a través de encuestas con preguntas abiertas a personas para poder retroalimentar material de esta índole, campañas y la cultura que se desea transmitir.
 - Realizar la investigación sobre cultura, educación y calidad de vida, una vez desarrollada toda esta estructura de conciencia.
- f) Elaboración de Podcast, el cuál a través del ingenio y el dialogo se explicará de forma creativa temas de esta índole.

Conclusión.

Se recomienda realizar la campaña de difusión de estos temas a través de la generación de pláticas a familias y personas en vulnerabilidad, en coordinación con el Ayuntamiento de la localidad, permitiendo dar a conocer los requerimientos del Modelo, utilizar las instancias correspondientes para su tratamiento legal en caso de que exista alguna violación de derechos. La institución debe fomentar la cultura canalizando a través de cada uno de los trabajadores, quienes serán los principales actores para poder llevar a cabo este tipo de pláticas.

No es un esquema nuevo de trabajo, es puntualizar lo que ya por años no se ha hecho ni respetado, se requiere un cambio de cultura, pero empieza con nosotros mismo. Ya que con todo lo logrado por el género femenino también ha habido una depreciación en los valores sociales y humanos pues se descuidó la célula principal de cualquier sociedad: la familia; ya que no se da la connotación de pareja, y cada elemento quiere tirar de su lado (Aguirre, 2006), por lo anterior, se debe poner atención en revalorizar a la familia y los valores humanos.

La mujer por su naturaleza es triunfadora, hace los intentos necesarios para lograrlo ya que es perseverante (Hernández, 1991), pero si los hombres y la sociedad le ayudan e impulsan su esfuerzo, los cambios y beneficios son para todos los actores de la sociedad.

Las generaciones de individuos evolucionamos tecnológicamente, también lo debemos hacer cultural y éticamente.

Referencias Bibliográficas.

- A.C, M. p. (09 de 03 de 2013). *Mujere para la mujer*. Obtenido de Mujer para la mujer: <http://www.mpm.org.mx/articulos/noticia.php?id=71>
- Abascal Rojas, F. (2005). *Marketing Social ética Empresarial*. Madrid: Gráficas Dehon.
- Aranza Campos, A. B. (2005). *Igualdad de oportunidades e igualdad de género*. Madrid: Dikinson.
- Galeana, P. (2004). *Derechos humanos de las mujeres en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Giosa Zuazúa, N., & Rodríguez Enríquez, C. (2010). *Estrategias de desarrollo y equidad de genero*. Santiago de Chile: Naciones Unidas .
- Global, U. N. (14 de 03 de 2013). *Principios para el empoderamiento de las mujeres*. Obtenido de Principios para el empoderamiento de las mujeres: http://www.unwomen.org/wp-content/uploads/2011/10/Women-s-Empowerment-Principles_2011_es.pdf

- ITSSNA. (19 de 03 de 2013). *Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan*. Obtenido de Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan: <http://www.itssna.edu.mx/OTROSSERVICIOS/meg/meg.html>
- Kotler, P. (2001). *Dirección de marketing conceptos esenciales*. México: Pearson Editores.
- Kotler, P., & Roberto, E. (1989). *Marketing Social*. Madrid: Humanes.
- México, I. N. (19 de 03 de 2013). *Instituto Nacional de las Mujeres*. Obtenido de Instituto Nacional de las Mujeres: <http://www.inmujeres.gob.mx/index.php/programas/modelo-de-equidad-de-genero>
- Negra, I. T. (12 de 03 de 2013). *ITSSNA*. Obtenido de ITSSNA: <http://www.itssna.edu.mx/>
- Pérez Romero, L. A. (2004). *Marketing Social*. México: Prentice Hall.
- Pérez, M. J. (marzo de 2011). *SNIT*. Obtenido de SNIT: http://www.snit.mx/images/areas/difusion01/avisos/2011/Junio/23/Manual_para_el_uso_no_sexista_del_lenguaje-2.pdf
- Rosario Muñoz, V. M., Marum Espinoza, E., Vargas López, R., Arroyo Alejandro, J., & González Álvarez, V. (2006). *Acreditación y certificación*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de GUadalajara.
- UDLAP. (10 de 03 de 2013). *Marketing Social*. Obtenido de Marketing Social: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmk/jimenez_t_da/capitulo4.pdf

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

INGENIERIA INDUSTRIAL

1	Rediseño del proceso de cultivo del nopal en San Sebastián Villanueva, Puebla. <i>Hugo Ramírez Espinosa, María Evelinda Santiago Jiménez, Daniel Jonathan Sears Morales y Nalleli Bueno Peña</i>	467
2	Validez de Contenido, Confiabilidad y evaluación de significancia de un modelo de excelencia <i>Juan Baldemar Garza Villegas y Rogelio Carabaza Villarreal</i>	475
3	Aplicación de simulación para evaluar una alternativa de reingeniería en una empresa de transportes ferroviarios <i>Joel Valtierra, José Sausedo y Ricardo González</i>	484
4	Relación del Arreglo Ortogonal L9 con el diseño factorial fraccionado 34-2 y alternativas de uso <i>Balderas David</i>	492
5	Análisis estadístico de un diseño experimental derivado del arreglo ortogonal L9 y el correspondiente diseño factorial 32 <i>Balderas David</i>	501
6	Optimización del Área de Intercambio de Calor de un Tubo y Coraza Utilizando Diseño de Experimentos <i>José-Martin Medina-Flores, Raúl Alvarado-Almanza, Héctor-Hugo Rodríguez-Santoyo, J. Jesús Pacheco-Ibarra y Carlos Rubio-Maya</i>	508
7	Determinación de causas que afectan las ventas en un almacén rural y su plan de acción <i>July Verónica Galindo Guerrero, Laura Martínez Hernández y David Meza Rojo</i>	516
8	El agua como insumo y su localización. Caso aplicado para la industria manufacturera en México <i>Elda Beatriz Molina Gallegos y Roberto González Acolt</i>	523
9	Análisis de los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SGSYOs) en industrias tlaxcaltecas <i>Benita Cuevas Calva, Crisanto Tenopala Hernández, Jorge Luis Castañeda Gutiérrez y Alejandro Díaz García</i>	529
10	Aplicación de la metodología HAZOP a una mesa de trabajo para acero de presfuerzo <i>Alejandro Díaz García, Crisanto Tenopala Hernández, María Elizabeth Montiel Huerta y Benita Cuevas Calva</i>	537
11	Estrategia de sustentabilidad: Sistema de Gestión de Calidad en una MIPYME de Análisis Clínicos. <i>Miriam Silvia López Vigil, Bibiana Bolaños Campos, Armando Heredia González, Ramón Matías López y Senén Juárez León</i>	545
12	OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURA DE UN VEHICULO MANUAL DE CARGA EMPLEANDO ALGORITMOS GENETICOS Y MEF <i>Oscar Ignacio Zavala Martínez, Pedro De Jesús García Zugasti, Jaime Ayala Dorantes, Carlos Eusebio Mar Orozco y Enrique Alejandro Vázquez Hernández</i>	553

	Diseño Colaborativo a Distancia	562
13	<i>Silvia Carolina Castillo Rodríguez, German Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera Landaverde y Oscar Mario Rodríguez Elías</i>	
	Enfoque de administración de operaciones en el cambio de producto bajo sistema SMED: Caso de estudio	570
14	<i>Aarón Guerrero Campanur, Francisco Arévalo Carrasco y José Eduardo Mendoza Covarrubias</i>	
	Representación por Volumen Finito de un Horno de Cocción de Ladrillos	578
15	<i>Miguel Ángel Corzo Velázquez, Raúl Lesso Arroyo y José Eduardo Frías Chimal</i>	
	Clasificación y codificación de piezas por medio de redes neuronales en la industria de la madera	588
16	<i>Humberto Dorantes Benavidez y Marco Antonio Acosta Mendizábal</i>	
	Determinación de factores que afectan la producción de un destilador Solar utilizando un Diseño Experimental 2⁴-1	594
17	<i>Héctor A. Moreno Casillas, Gloria Anel Valles López, María Guadalupe Vera Medina, Ma. Cristina García Carrillo y Alejandro Romero Barrientos</i>	
	Aplicación del Mantenimiento Autónomo en las Empresas Maquiladoras	602
18	<i>Alejandra García Méndez y Jorge Rivera Flores</i>	
	Desempeño de Sistemas de Energía Solar con incidencias climatológicas: Caso región Juárez- El Paso	610
19	<i>Rossana Villegas y Virgilio González</i>	
	Evaluación del servicio de proveedores en una empresa de productos desechables, por el método AHP	618
20	<i>Rossana Villegas y Virgilio González</i>	
	Optimización de los Parámetros de Torneado para Minimizar la Rugosidad del Acabado de una Pieza	626
21	<i>Francisco-Emmanuel Saavedra-Medina, Raúl Alvarado-Almanza y José-Martin Medina-Flores</i>	
	Implementación de un kit didáctico para la enseñanza del Sistema SMED	633
22	<i>Roberto Romero, C Salazar, P. Marroquín y Salvador Noriega</i>	

Rediseño del proceso de cultivo del nopal en San Sebastián Villanueva, Puebla.

Ing. Hugo Ramírez Espinosa*, Dra. María Evelinda Santiago Jiménez, Biol. Daniel Jonathan Sears Morales, Ing. Nalleli Bueno Peña

División de Estudios de Posgrado en Investigación del Instituto Tecnológico de Puebla. Av. Tecnológico 420 col. Maravillas 72220. Tel: (222) 2298824

**h.ramirez516@gmail.com*

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Uno de los problemas fuertes que tienen las comunidades rurales es no utilizar los desperdicios de los procesos productivos tradicionales, como es el caso del cultivo del nopal en San Sebastián Villanueva Acatzingo Puebla. Este hecho, se ha tomado como fundamento para llevar a cabo un análisis enfocado en uno de los temas de *Lean Manufacturing*: la logística. Este método es utilizado para reincorporar los desperdicios al proceso o rediseñarlo. Al aplicarlo en el proceso productivo tradicional, se encontró que el uso de fertilizante y pesticidas químicos son la principal fuente generadora de desperdicios. En este documento se propone como solución viable el rediseño que incluye el cultivo de la grana-cochinilla, considerada una plaga para los habitantes de la comunidad. La propuesta reincorpora los desperdicios en todas las etapas del proceso; pero, además se plantea como una actividad que diversifique la económica de la comunidad.

Palabras clave: *logística, grana-cochinilla, proceso productivo sustentable, fertilizantes químicos.*

Abstract

One of the problems that have strong rural communities is waste not to use traditional production processes, such as cactus crop in San Sebastian Villanueva Acatzingo Puebla. This fact has been taken as the basis for carrying out an analysis focused on one of the topics of Lean Manufacturing logistics. This method is used to reinstate the process waste or redesign. When applied in the traditional production process, it was found that the use of fertilizer and pesticides are the main source of waste. In this paper is proposed as a viable solution redesign including the cultivation of cochineal grenades, considered a pest for residents of the community. The proposal reinstates waste at all stages of the process, but also arises as to diversify the economic activity of the community.

Keywords: *logistics, cochineal, sustainable production process, chemical fertilizers.*

Introducción.

San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Puebla es una localidad que desde 1940 tiene como principal actividad económica el cultivo y comercialización del nopal, producto de gran demanda en el país, pero de bajo precio comercial en temporadas cuando la fruta es abundante. Esta situación ha provocado que los habitantes de San Sebastián migren a los EEUU o a la ciudad en busca de medios de consumo y servicios para que sus familias vivan con dignidad. Esta realidad es un problema que puede resolverse a través del diseño, construcción y puesta en marcha de alternativas tecnológicas que fortalezcan los sistemas productivos existentes; pero al mismo tiempo los diversifiquen a partir de los recursos existentes en la localidad. En este sentido, se está buscando la manera de mejorar la calidad de vida de la comunidad, renovando su proceso de cultivo y a la vez diversificando sus actividades económicas, aprovechando al máximo este recurso natural de la región.

Este documento presenta los trabajos de investigación que se están realizando en torno a la producción de la tuna y el nopal. En primera instancia se hablará sobre el diagnóstico que se realizó y las oportunidades para desarrollar sistemas productivos alternativos y convertir a los residuos o desperdicios en subproductos.

Diagnóstico

Es así que para poder realizar este diagnóstico, se tomó como base y fuente de información un estudio etnográfico realizado a las personas de esta comunidad (Ramírez Espinosa). Dicho estudio consiste en observar las prácticas culturales de los grupos humanos y poder participar en ellas para poder contrastar lo que la gente dice y lo que hace; siendo así, se detectaron varios aspectos importantes encontrando como los más sobresalientes los a continuación mencionados: el uso de plaguicidas y pesticidas, y las enfermedades y plagas que afectan al nopal; siendo el primero la “solución” al segundo. Creando efectos aún más dañinos para la comunidad ya que esta “solución” trae consigo el empobrecimiento del suelo y por consiguiente la migración de la gente que trabaja ese suelo. Por otro lado se encuentran las enfermedades que causan el uso de estos químicos en alimentos tanto para el fumigador como para el productor y el consumidor.

Siendo así, el objetivo principal dentro de la comunidad es la erradicación del uso de fertilizantes y pesticidas teniendo como estrategia la logística herramienta de *Lean Manufacturing*.

Al llegar a este punto se obtienen dos posibles soluciones: la ayuda de fertilizantes naturales para la creación de un nopal completamente orgánico, por otro lado que el productor vea a la plaga como un aliado y no como un enemigo ya que la principal plaga que aqueja sus cultivos es la conocida por los mismos productores como “copo de nieve” o llamándolo de una manera más acertada grana-cochinilla (*Dactylopius coccus, Costa*), la cual es un colorante natural comercializado a empresas alimenticias, cosmetológicas y farmacéuticas como un colorante orgánico bien remunerado.

Teniendo en mente el concepto de “logística es una función operativa que comprende todas las actividades y procesos necesarios para la administración estratégica del flujo y almacenamiento de materias primas y componentes, existencias en proceso y productos terminados” (Ferrel O.C., 2004); de tal manera, que éstos estén en la cantidad adecuada, en el lugar correcto y en el momento apropiado, además de la reincorporación de los desperdicios al proceso productivo o bien la creación de un producto o proceso nuevo con los mismos, se encontraron los siguientes tres aspectos:

1. El costo generado por el uso de los pesticidas y plaguicidas.
2. El empobrecimiento del suelo causado por el uso de estos químicos.
3. Las plagas que en lugar de utilizarse como fuente de ingreso, por el desconocimiento y/o paradigmas con respecto a su uso se erradican con dichos químicos.

Teniendo como base dicha información a continuación se presenta la investigación desarrollada.

Marco geográfico, ecológico y social

Como se había mencionado anteriormente la comunidad de San Sebastián Villanueva se ubica en el municipio de Acatzingo de Hidalgo al sureste del estado del estado de Puebla.

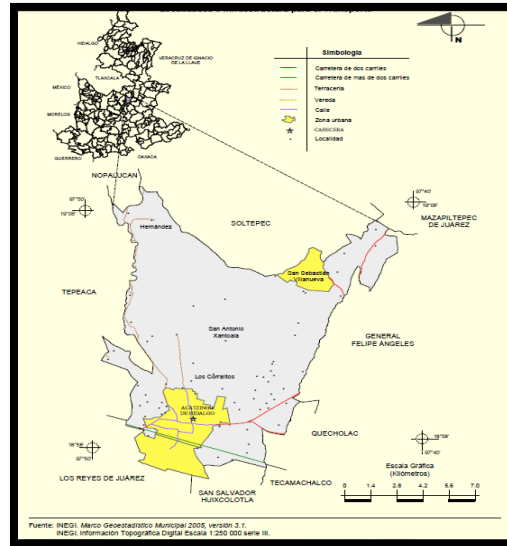


Figura 1. San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Pue.
Fuente: INEGI 2010

San Sebastián Villanueva es, junto con Actipan de Morelos, una de las comunidades más grandes del municipio de Acatzingo. Según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía Villanueva tiene una población total de 6,186 habitantes, 3,128 son mujeres (50.56%) y 3,058 hombres (49.43%) (INEGI, 2010). El 95% de la población se dedica al cultivo de la tuna y el nopal; según datos obtenidos en 2010 por la Secretaría de Desarrollo Social del estado de Puebla y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, San Sebastián Villanueva aporta más del 70% de la producción total de la tuna y nopal de la entidad (SAGARPA, 2010).

Uno de los iconos más representativos de la cultura mexicana es el nopal, parte importante del legado de nuestros pueblos prehispánicos. Nombrado tunal por los españoles, por los indios mexicanos nopatl, por los latinos opunti, y por los franceses figuier d' Yndie, raquetecardaje. Tiene más de 25 mil años de existencia y su origen se halla en el continente Americano, específicamente en México. Sin embargo, "las evidencias del conocimiento y uso de la tuna y el nopal lo encontramos en las excavaciones del Tamaulipas y Tehuacán, Puebla, fechadas hace 7 mil años, donde se localizaron semillas y cascaras de tuna fosilizadas, que fueron obtenidas de plantas silvestres. Pertenecen a la familia cactáceas, subgénero opuntia y nopalea, es decir de las plantas con espinas" (Romero, 2008).

A lo largo de la historia los pobladores de Villanueva han utilizado y desarrollado un gran número de usos y aplicaciones para el nopal y la tuna: como fruta, la tuna es aceptada en el mercado nacional aunque poco conocida para el mercado extranjero; como verdura el nopal está ligado a la comida mexicana del centro del país y su oferta es abundante durante casi todo el año.

Otro uso que encontramos es el de funcionar como sustrato para la producción de grana-cochinilla en la obtención de colorante carmín, producto de la cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*) que parasita al nopal. De hecho la producción de grana fue en la época de la colonia, para la nueva España, la segunda fuente de divisas, después de la planta.

El cultivo de la grana-cochinilla es originario de México, específicamente del estado de Oaxaca. En la época colonial este colorante ocupó el tercer renglón en las exportaciones del México después del oro y la plata.

En la época colonial el cultivo de la cochinilla fue realizado por el pueblo indígena como una actividad complementaria a su agricultura de subsistencia, sin embargo, la grana cochinilla, tinte oaxaqueño por excelencia, cobra importancia debido a la gran necesidad de su uso en la entonces floreciente industria textil europea.

Desde la época prehispánica los campesinos distinguieron dos tipos de grana: la fina y la silvestre. La fina produce un polvo blanco fácil de separar del insecto, mientras que la corriente produce una corriente algodonosa difícil de separar del cuerpo de la cochinilla (Puente, 2000).

En la actualidad, el pigmento de la grana se utiliza en la elaboración de pasteles, bebidas, medicamentos, colorante en carnes y embutidos, teñidos de telas, alfombras, fotografías en color, en la industria de los cosméticos y colorantes para artistas.

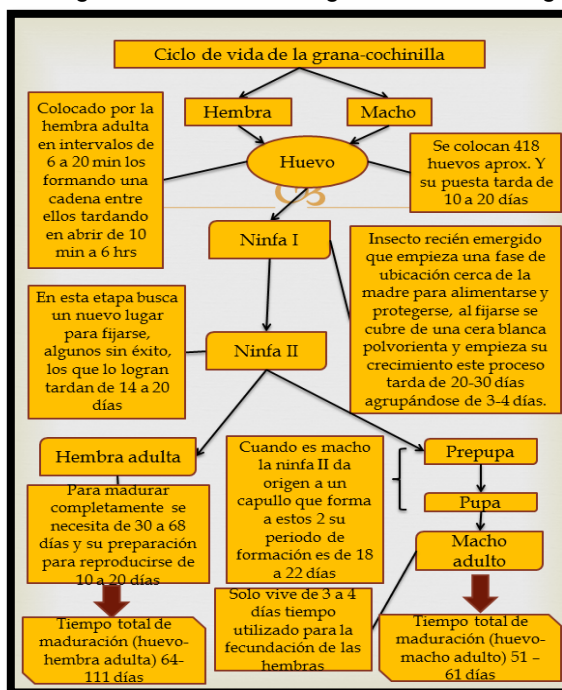
Existen dos sistemas básicos de producción en México: el de planta en pie (cielo abierto y tapexco) y los de penca cortada (microtúnel e invernadero comercial).

El tamaño de la explotación determina el sistema de producción a utilizar. Las familias pueden utilizar los tradicionales tapexcos si son con planta en pie y el microtúnel si son con penca cortada. El uso de cada uno depende en gran medida de las condiciones climáticas del lugar o sitio donde se pretenda establecer la unidad productiva. El tapexco es más eficiente en sitios protegidos (como cañadas, laderas de cerros, microcuencas etc.) donde las corrientes de aire, tempestades y tolvaneras no son muy fuertes. El microtúnel se recomienda para el sistema de penca cortada y en climas desérticos y semidesérticos, en valles y planicies donde los vientos, tormentas y tolvaneras así como la radiación solar son muy fuertes. El invernadero se recomienda en las mismas regiones que el microtúnel pero para productores comerciales.

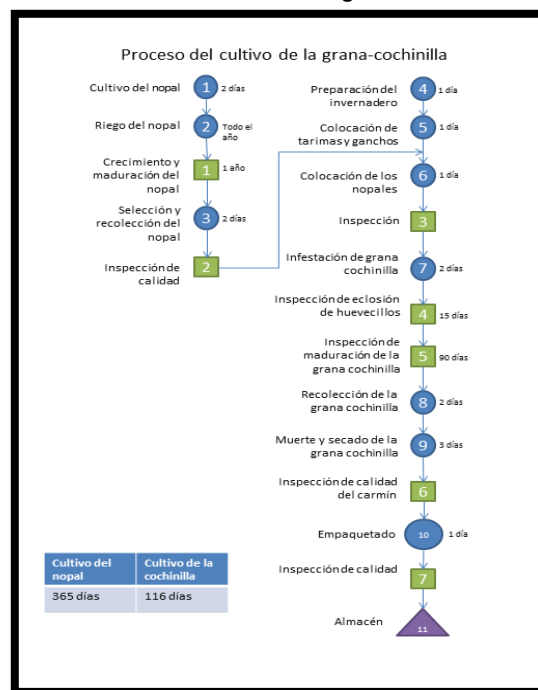
En la fig 2. Se muestra el ciclo de vida de la grana-cochinilla donde se especifican las etapas de desarrollo de esta.

Independientemente del tipo de cultivo de la grana-cochinilla la obtención del ácido carmínico por cochinilla será entre 18 y 21%. En la figura 3. Se muestra el proceso de cultivo de la grana-cochinilla; desde el cultivo del nopal hasta el empaquetado del carmín.

Figura 2. Ciclo de vida grana-cochinilla Figura 3. Proceso del cultivo de la grana-cochinilla.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Siendo así, la logística se ocupa de los aspectos derivados en la gestión de la cadena de suministros del traslado de materiales desde el usuario o consumidor hacia el fabricante o hacia los

puntos de recogida, para su reutilización, reciclado, rediseño o eventualmente, su destrucción. Otra definición teórica de logística es la etapa de desmontaje o proceso de los materiales para su reutilización o eliminación de forma respetuosa con el medioambiente.

La logística en el rediseño del proceso

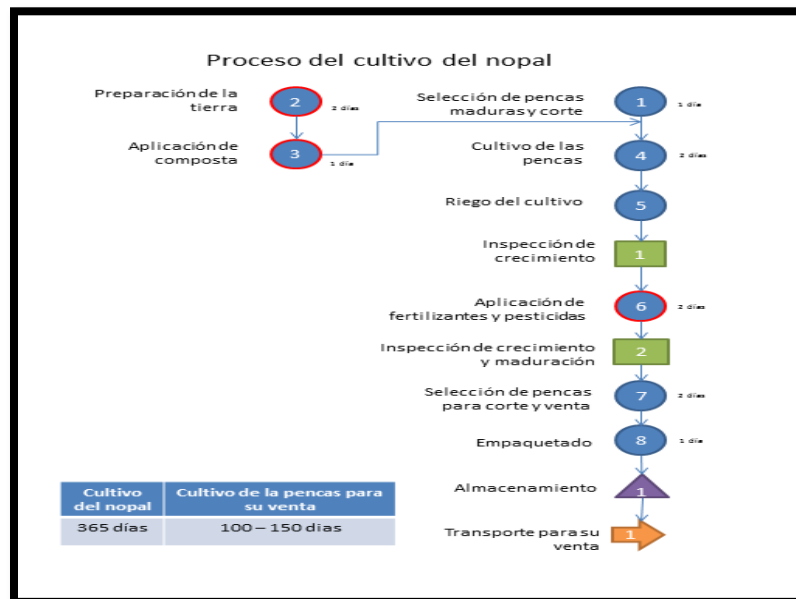
Basándonos en el modelo de trabajo existente en San Sebastián Villanueva, acerca de cómo cultivan el nopal; se describe en la siguiente figura 4. El proceso actual y los desperdicios detectados en el proceso haciendo un análisis enfocado en uso de sus desperdicios usando a la logística como estrategia.

El punto principal en este proceso del cultivo del nopal, recae en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos en sus cultivos; los cuales de inicio les dan una gran ventaja en su cultivo, dándoles grandes beneficios tales como acortar el tiempo de cultivo y la nula existencia de plagas. Esto da solución a las personas de esta comunidad en primera instancia, pero ignorando los efectos secundarios; afectando en su economía, suelos y principalmente en la salud. De aquí es donde se determinan los puntos a transformar en esta investigación

1. El costo generado por el uso de los fertilizantes, pesticidas y plaguicidas.
2. El empobrecimiento del suelo causado por el uso de estos químicos a través del tiempo.
3. Las plagas que en lugar de utilizarse como fuente de ingreso, por el desconocimiento y/o paradigmas con respecto a su uso se erradican con dichos químicos.

De aquí que, el uso constante de estos químicos en los suelos de San Sebastián, a través del tiempo; el suelo se ha comenzado a quedar estéril, lo que en un principio les generó grandes beneficios poco a poco debido al acumulación de estos químicos la tierra tiene menos rendimiento en sus cultivos, además de que las plagas se van haciendo inmunes a estos agentes sintéticos, que ha obligado a estas personas a usar sustancias más corrosivas y dañinas al ambiente; ocasionando enfermedades cancerígenas tanto en las personas que cultivan y fumigan el nopal como niños y adultos ajenos a la actividad ya mencionada, además, de causar la migración de los pobladores a otras ciudades o países buscando “mejores oportunidades de vida”.

Figura 4. Proceso del cultivo del nopal en San Sebastián Villanueva



Fuente: Elaboración propia

Tenemos en consecuencia que cada que se repite el ciclo del cultivo del nopal las condiciones son más adversas para la comunidad.

Siendo así, hecho este análisis en cuanto a su cadena de valor; se plantea como solución, un rediseño en el proceso en el cual se erradica el uso de los fertilizantes y plaguicidas artificiales, generando nuevas condiciones en la cuales se aprovecharan las condiciones naturales que existen en esta región tales como convertir la plaga de la grana-cochinilla en su aliado y nuevo medio de desarrollo para la diversificación de su economía.

Una vez hecho el análisis del proceso se diseñó el modelo a implementar para el mejoramiento del uso de los recursos y la eliminación de los productos químicos el cual se muestra en la siguiente figura 5.

Figura 5. Proceso propuesto de solución



Fuente: Elaboración propia

Con la eliminación del uso de fertilizantes y pesticidas químicos en el proceso, se plantea de inicio la limpieza del suelo, de los agentes químicos acumulados en la tierra utilizando "lombricomposta" y el uso de la zeolita; como fertilizante natural y un enriquecedor de nutrientes para el suelo, de esta manera los suelos de cultivo empezaran a limpiarse.

Comenzando así con el cultivo del nopal de forma orgánica, dando a los cuidados lo necesario para su desarrollo y la llegada al punto de madurez, y así poder ser seleccionados y destinados para las dos actividades ya mencionadas la comercialización del nopal y el cultivo de la grana cochinilla como nuevo proceso. Como es bien conocido el cultivo del nopal de forma orgánica genera un valor agregado a este, dándole un mayor valor comercial, mientras que el proceso del modelo de cultivo de la grana cochinilla, se desarrollara mediante la aplicación de la *manufactura esbelta* como estrategia (para más información sobre el diseño de este proceso consulte la tesis "Diseño de proceso productivo para la grana cochinilla como estrategia productiva, alternativa y sustentable, para la organización Productos Sustentables Tuna y Nopal S.P.R. de R.L. De San Sebastián Villanueva, Puebla" aun por publicar) dándole una proyección de desarrollo muy ambiciosa y sobre todo orgánica y sustentable (Ramírez Espinosa).

Resultados y discusión

Desde la perspectiva de la logística en el proceso, y el análisis adecuado, el rediseño del proceso propuesto genera los siguientes beneficios:

1. La erradicación de los fertilizantes y pesticidas químicos
2. La recuperación del suelos
3. Generación de empleos

4. La reincorporación de los desperdicios al proceso
5. Diseño de un proceso orgánico y sustentable
6. Diversificación de su actividades económicas

Con la inclusión de este proceso de cultivo de la grana cochinilla, se aprovecha al máximo el uso de los recursos naturales con los que se cuenta; como sabemos un proceso orgánico genera otro tipo de cuidados por lo que no se está exento de posibles plagas, por lo que la incorporación de esta actividad absorber los nopales con posibles plagas para el cultivo de la grana y de la misma manera en el cultivo de esta los desperdicios son reincorporados en forma de composta al proceso, sin mencionar el gran valor comercial del ácido carmínico y su demanda actual a nivel mundial.

Trabajos futuros

Como se mencionó anteriormente se está desarrollando la tesis llamada "Diseño de proceso productivo para la grana cochinilla como estrategia productiva, alternativa y sustentable, para la organización Productos Sustentables Tuna y Nopal S.P.R. de R.L. De San Sebastián Villanueva, Puebla" (Ramírez Espinosa), donde el objetivo es el diseño de un modelo de cultivo intensivo de la grana-cochinilla usando como estrategia la manufactura esbelta. Esta herramienta fue diseñada para reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere en el proceso. Siendo el motivo del rediseño del modelo la base de este proyecto.

Conclusión

En conclusión con la erradicación del uso de fertilizantes y los pesticidas, existe un ahorro además que ya no se compraran, se cultivara el suyo (lombricomposta), mientras que con la recuperación del suelo y el uso de la zeolita se genera un cultivo más rico en nutrientes y tamaño, de aquí que la generación de todos los desperdicios generados en el proceso son reincorporados generando nulos desperdicios.

Con esto en mente la creación de empleos y la diversificación de las actividades económicas, evitara la migración de los habitantes de la comunidad además de impulsar el desarrollo de la región con un proceso netamente orgánico y sustentable.

Recomendaciones

En este punto de la investigación el proceso diseñado reincorpora los desperdicios generados en todas las etapas en que se desarrolla este, siendo parte importante en la cadena de valor, además de que con este diseño de trabajo son obtienen y generan nuevas formas de trabajar en esta comunidad rompiendo los paradigmas que por diversas cuestiones no permitían dar un nuevo impulso a las actividades y diversificarlas a través del uso de sus mismos recursos naturales; de manera que el aliado más importante de los pobladores de esta comunidad serán los mismos recursos naturales con los que cuentan.

De esta manera el diseño de este proceso viene a cambiar la forma de pensar en estas personas, y abre la puerta a nuevos proyectos con tendencias de desarrollo y sobre todo sustentables.

Referencias

INEGI. (2010). Recuperado el 01 de MAYO de 2013, de [http://www3.inegi.org.mx/sistemas/ResultadosR/CPV/Default.aspx?texto=SAN%20SEBAS TIAN%20VILLANUEVA](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/ResultadosR/CPV/Default.aspx?texto=SAN%20SEBAS%20TIAN%20VILLANUEVA)

SAGARPA. (2010). Recuperado el 2013 de ABRIL de 17, de <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/>

Ferrel O.C., H. G. (2004). *Introducción a los Negocios en un Mundo Cambiante*. Mc Graw Hill.

Puente, Q. A. (2000). *Producción de grana cochinilla del nopal Dactylopius coccus Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur del estado de NL. MONTERREY, NL.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES, SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO.*

Ramírez Espinosa, H. (s.f.). *"Diseño de proceso productivo para la grana cochinilla como estrategia productiva, alternativa y sustentable, para la organización Productos Sustentables Tuna y Nopal S.P.R. de R.L, De San Sebastián Villanueva, Puebla"*. Puebla, Pue: Instituto Tecnológico de Puebla.

Romero, M. J. (2008). *San Sebastián Villanueva: memoria fotográfica del siglo XX*. México: PACMYC.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Validez de Contenido, Confiabilidad y evaluación de significancia de un modelo de excelencia

Dr. Juan Baldemar Garza Villegas¹ Ing. Rogelio Carabaza Villarreal²

¹Departamento del Posgrado de Ingeniería, Universidad de Monterrey, Av. Ignacio Morones Prieto 4500 Pte, 66238 San Pedro Garza García, N.L. México.

jbg.villegas@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En el presente artículo se documenta la validez de contenido concordancia, relevancia y la prueba de confiabilidad Alfa de Cronbach para el modelo Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA). Modelo para la excelencia de organizaciones en empresas americanas. Los resultados muestran que el instrumento para diagnosticar a las organizaciones americanas es un instrumento válido y confiable para las organizaciones mexicanas. Finalmente se presenta un modelo de ecuaciones estructurales con los constructos principales del modelo Baldrige para evaluar la significancia estadística de los constructos liderazgo, planeación estratégica, enfoque en el cliente, medición-análisis-gestión del conocimiento, enfoque en el personal, enfoque en operaciones con el constructo resultados.

Palabras clave: Smart PLS, SEM, Cronbach, Baldrige

Abstract

This article documents the consistency content validity, relevance and reliability test of Cronbach Alpha for Model Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA). Model for excellence in American business organizations. The results show that the instrument to diagnose American organizations is a valid and reliable instrument for Mexican organizations. Finally, a structural equation model with the main constructs Baldrige model to evaluate the statistical significance of the constructs leadership, strategic planning, customer focus, measurement, analysis, knowledge management, staff focus, focus on operations construct results.

Key word: Smart PLS, SEM, Cronbach, Baldrige

Introducción

El modelo Baldrige se centra en los líderes principalmente de las organizaciones, es decir los directivos, ya que estos deben estar orientados a la dirección estratégica con un enfoque hacia los clientes, tomando en cuenta las estrategias basadas en los procesos clave y en conjunto con los recursos humanos. El estudio presente se basa en la literatura encontrada dada la complejidad implícita en el procedimiento de validez de contenido, que incluye la definición de preguntas, su escala de medición, la búsqueda y selección de expertos acreditados en la materia y la aplicación de las dinámicas para la selección de las preguntas relevantes (items).

El estudio presenta un modelo de ecuaciones estructurales con los constructos principales del modelo Baldrige para evaluar la significancia estadística de los constructos liderazgo, planeación estratégica, enfoque en el cliente, medición-análisis-gestión del conocimiento, enfoque en el personal, enfoque en operaciones con el constructo resultados. Lo que se pretende con este modelo de ecuaciones es verificar cual es el impacto de las relaciones con los empleados, generando una mayor productividad y satisfacción entre los clientes, esto se traduce en un mayor incremento en la rentabilidad de la organización.

Este artículo se centra en un estudio aplicado a miembros de una organización reconocida del noreste del país, por cuestiones de confidencialidad se omite el nombre de dicha empresa. Para el análisis de la información se utilizó el software Smart PLS haciendo uso de ecuaciones estructurales con mínimos parciales.

Metodología

Validez del contenido

La validez tiene que ver con la situación de si la variable latente es la causa subyacente de la covariación de los ítems. La validez se infiere de la manera en que una escala se elabora o construye, de su habilidad para predecir eventos específicos, o de su relación a mediciones de otros constructos. Lo anterior representa los tres tipos de validez: validez de contenido, validez relacionada con el criterio y validez de constructo.

En particular la validez de contenido está relacionada con lo adecuado de la selección de los ítems, es decir, si los ítems incluidos en el instrumento reflejan el contenido de un dominio. Si el contenido de un dominio está bien definido, es fácil asegurar la validez de contenido. En el caso de una dificultad existente en la definición del contenido del dominio, se hace necesario acudir a un grupo de expertos que permitan establecer los aspectos relevantes de ese dominio, de manera que en este proceso se consideren ítems no incluidos, a su vez, se eliminen los considerados por los expertos como no relevantes.

A pesar de que el modelo de Baldrige es ampliamente aceptado en la práctica, sea por el premio o por la auto evaluación, hay poca evidencia teórica y empírica de su validez como un indicador del desempeño organizacional. Handfield y Ghosh (1995), usaron el modelo de ecuación estructural SEM por sus siglas en inglés *Structural Equation Modeling* para probar empíricamente los vínculos entre los criterios en el modelo descrito del año de 1992. En dicho estudio los resultados apoyaron el marco teórico del premio Baldrige. Posterior a ese estudio Winn y Cameron (1998), examinaron la validez de algunas relaciones entre las dimensiones del modelo MBNQA usando datos de la educación superior. El principal hallazgo es que el liderazgo afecta directamente los resultados del sistema.

Curkovic et al. (2000), evaluó el modelo MBNQA en términos de su habilidad para concentrar las dimensiones principales en las variables conocidas no observadas del TQM.

Ford y Evans (2000), analizaron detalladamente la categoría de Planeación Estratégica. Anteriormente (1997) analizaron la relación entre los principales valores del modelo y los procesos implícitos en los criterios.

Wilson y Collier (2000), también aplicaron el SEM al modelo de 1992, encontrando que el desempeño organizacional está en función de cinco relaciones causales.

Pannirselvam y Ferguson (2001), probaron la validez de las relaciones entre las dimensiones (categorías) modificando el modelo de 1992 en un modelo de ocho constructos, separando el enfoque de satisfacción en el cliente en dos. El resultado mostró evidencia para confirmar la validez del modelo.

Ghosh et al. (2003), propusieron y probaron un modelo de ecuación estructural que empíricamente valida las relaciones entre las categorías del premio Baldrige.

A continuación se presentan las fases del método llevado a cabo durante esta investigación de acuerdo a Prat & Doval (2005). Se llevaron dos fases en esta validez de contenido: clasificación de los ítems en algún constructo según su previa definición y evaluación de su grado de relevancia. Más adelante se detallará el proceso.

Perfil de los Jueces

La validez de contenido de acuerdo a Kerlinger & Lee (2002) es cuantificable a través de índices de concordancia y relevancia entre las evaluaciones de los jueces.

En el caso particular de este proceso de validez de contenido el perfil de los jueces consideró lo siguiente:

- a) Experto académico-práctico de metodología de investigación y/o experto empresarial en el tema de calidad o en modelos de excelencia organizacional:
 - a1.-En el caso de ser un experto académico-práctico contar con nivel posgrado o ser investigador activo.
 - a2.-En el caso de ser un experto empresarial en el tema modelos de excelencia organizacional trabajar en un departamento de innovación y cambio. (Antigüedad mínima de 3 años) y contar con un estatus de Gerente y/o Directivo. (Contar con estructura organizacional que promueve la innovación y la excelencia organizacional)
- b) Ser mexicano y pertenecer a una empresa mexicana.

En resumen los 10 participantes cubrieron el perfil requerido para la prueba de validez de contenido.

Confiabilidad

El concepto de confiabilidad de un instrumento de investigación se evalúa mediante el alfa de Cronbach. El alfa de cronbach es un coeficiente y para ser aceptable debe ser al menos de 0.700 (Nunnally, 1967)

Este indicaría que tan confiable es una escala para medir un determinado constructo. En lo referente al modelo de excelencia Baldrige, nos encontramos con un caso de estudio en universidades y colegios de Emiratos Árabes Unidos (Badri et al., 2006)

En este estudio el propósito fue probar empíricamente las relaciones causales en el MBNQA Education Performance Excellence Criteria y desarrollar un modelo de medición comprehensiva.

Participaron 43 individuos en la prueba piloto para determinar la confiabilidad de la escala de medición. Se incluyeron profesores universitarios, decanos, consejeros académicos, administradores y líderes sénior universitarios.

En la prueba piloto, el alfa de Cronbach osciló entre 0.820 y 0.909.

En la prueba principal, osciló entre 0.857 y 0.925.

Otro caso de estudio referente a dicho modelo de excelencia fue el de la Universidad Autónoma de Tailandia (Khampirat, 2009). El objetivo fue desarrollar una evaluación de calidad de las universidades públicas en Tailandia, usando el modelo 'Baldrige Educational Criteria' a través del modelo de ecuación estructural (SEM).

En este estudio participaron 190 empleados, entre administradores, profesores y personal de staff, de ambos géneros, diferentes niveles educativos y diferentes antigüedades.

Los coeficientes de confiabilidad se describen a continuación:

Liderazgo, 19 ítems con un alfa de Cronbach de 0.987.

Planeación Estratégica, 12 ítems con un alfa de Cronbach de 0.911.

Enfoque en el cliente 10 ítems con un alfa de Cronbach de 0.79.

Medición, Análisis y Gestión del Conocimiento, 11 ítems con un alfa de Cronbach de 0.852.

Enfoque en el Personal 21 ítems con un alfa de Cronbach de 0.968.

Enfoque en Operaciones 15 ítems con un alfa de Cronbach de 0.864.

Resultados 14 ítems con un alfa de Cronbach de 0.916.

Si bien los estudios citados anteriormente están enfocados al modelo de excelencia Baldrige en Educación, los resultados muestran niveles aceptables en lo referente a la confiabilidad de las escalas del instrumento. A continuación se describen las escalas de medición de los constructos evaluados en esta investigación.

Tabla 1. Constructos del Modelo de Excelencia Baldrige.

CONSTRUCTO 1: LIDERAZGO	CONSTRUCTO 2: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA
Ítem 1a Conozco la misión de mi organización (lo que está tratando de lograr).	Ítem 2a A medida que planifica el futuro, mi organización me pregunta cuáles son mis ideas.
Ítem 1b Conozco la visión de mi organización (a donde está tratando de ir en el futuro).	Ítem 2b Mi organización estimula ideas totalmente nuevas (innovación).
Ítem 1c Mis líderes directivos usan los valores de nuestra organización para guiarnos.	Ítem 2c Conozco las partes de los planes de mi organización que nos afectarán a mí y a mi trabajo.
Ítem 1d Mis líderes directivos crean un ambiente laboral que me ayuda a hacer mi trabajo.	Ítem 2e Mi organización es flexible y puede hacer cambios rápidamente cuando se necesitan.
Ítem 1e Los líderes de mi organización comparten información sobre la organización.	
Ítem 1f Mi organización me pregunto lo que yo pienso.	

CONSTRUCTO 3: ENFOQUE EN EL CLIENTE	CONSTRUCTO 4: MEDICIÓN, ANÁLISIS Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
Ítem 3a Sé quiénes son mis clientes más importantes.	Ítem 4a Sé cómo medir la calidad de mi trabajo.
Ítem 3b Pregunto regularmente a mis clientes qué necesitan y desean.	Ítem 4b Puedo usar esta información para hacer cambios que mejoren mi trabajo.
Ítem 3c Pregunto a mis clientes si están satisfechos o no satisfechos con mi trabajo.	Ítem 4c Sé cómo las medidas que uso en mi trabajo encajan en las medidas de mejoras generales de la organización.
Ítem 3d Se me permite tomar decisiones para resolver los problemas de mis clientes.	Ítem 4d Recibo toda la información importante que necesito para hacer mi trabajo.
Ítem 3e También sé quiénes son los clientes más importantes de mi organización.	Ítem 4e Sé en qué estado se encuentra mi organización en su totalidad.

CONSTRUCTO 5: ENFOQUE EN EL PERSONAL	CONSTRUCTO 6: ENFOQUE EN OPERACIONES
Ítem 5a Las personas con quienes trabajo cooperan y trabajan como un equipo.	Ítem 6a Puedo obtener todo lo que necesito para hacer mi trabajo.
Ítem 5b Mis jefes me estimulan a que desarrolle mis habilidades de trabajo para que pueda avanzar en mi carrera.	Ítem 6b Tenemos buenos procesos para realizar nuestro trabajo.
Ítem 5c Me reconocen por mi trabajo.	Ítem 6c Tengo control sobre los procesos de mi trabajo.
Ítem 5d Tengo un lugar de trabajo seguro.	Ítem 6d Estamos preparados para manejar una emergencia.
Ítem 5e Mis jefes y organización velan por mí.	
Ítem 5f Estoy comprometido a contribuir para el éxito de mi organización.	

CONSTRUCTO 7: RESULTADOS
Ítem 7a Los productos de mi trabajo cumplen con todos los requisitos.
Ítem 7b Mis clientes están satisfechos con mi trabajo.
Ítem 7c Conozco el estado financiero de mi organización.
Ítem 7d Mi organización tiene el debido personal con las destrezas para realizar su trabajo.
Ítem 7e Mi organización elimina las cosas que interfieren con el progreso.
Ítem 7f Mi organización respeta las leyes y reglamentos.
Ítem 7g Mi organización práctica normas y éticas de alto grado.
Ítem 7h Mi organización me ayuda a ayudar a mi comunidad.
Ítem 7i Mi organización es un buen lugar para trabajar.

Fuente: Tabla elaborada por los autores, basada en Modelo de Excelencia Baldrige.

Basados en los constructos mostrados en la tabla 1, se describe a continuación el método de la validez de contenido. En la primera fase cinco jueces recibieron la definición de cada uno de los constructos que deseamos medir y también recibieron los ítems con diferente orden. Cada uno ubicó los ítems en cada constructo según la previa definición de cada constructo. Finalmente aquellos ítems que tuvieron un índice menor a tres de concordancia se eliminaron. La gran mayoría de los ítems se basaron en el cuestionario diagnóstico del modelo Baldrige. En la segunda fase se buscó evaluar el grado de relevancia de los ítems que superaron la primera etapa. Ahora cada juez evaluó el grado de importancia. Los jueces evaluaron los ítems de uno a cuatro. Donde uno es irrelevante, dos es poco relevante, tres es relevante y cuatro es muy relevante. Para cada ítem se calculó su media y aquellos que estaban por debajo de tres fueron eliminados. Es importante mencionar que después de la validez de contenido se procedió a la puesta del cuestionario-instrumento a los miembros de la organización antes citada, para esto se utilizó el envío de encuestas por correo electrónico, del 18 al 31 de Octubre del 2012.

Selección de constructos para el modelo de ecuaciones estructurales.

Se pretende obtener la significancia estadística entre los constructos independientes liderazgo, planeación estratégica, enfoque en el cliente, medición-análisis-gestión del conocimiento, enfoque en el personal, enfoque en operaciones con el constructo resultados.

Selección del tamaño de muestra para el modelo de ecuaciones estructurales.

Para la selección de la muestra se utilizó la fórmula del tamaño muestral de atributos. Dando un tamaño muestral de 83 participantes para el llenado del instrumento de una población total de 617 personas. Teniendo como error muestral un 10% y un nivel de confianza del 95%. Para asegurar el tamaño muestral se obtuvo el listado del personal de la empresa y se seleccionaron al azar 215 empleados de todos los niveles jerárquicos y regiones geográficas que contaban con correo electrónico para ser encuestados. Logrando superar el tamaño de muestra requerido.

En el caso de las ecuaciones estructurales, el tamaño muestral debe ser mayor o igual que una de las condiciones siguientes: Diez veces la escala con el mayor número de indicadores causales. (Las escalas para constructos designados con indicadores recurrentes pueden ignorarse). Diez veces el mayor número de caminos estructurales dirigidos a un constructo en particular del modelo estructural. Una simplificación es usar el multiplicador cinco en lugar de 10 para la regla anterior. En este caso cubrimos con las condiciones antes descritas.

Rangos de interpretación del modelo de ecuaciones estructurales

En las siguientes tablas se muestran los diferentes indicadores que se evaluarán en el modelo de ecuaciones estructurales, como la correlación entre constructos tabla 2, la carga del ítem en cada escala tabla 3, la significancia del modelo tabla 4, la duplicidad de constructos en el modelo tabla 5, y el coeficiente de determinación, la varianza explicada del constructo dependiente por los constructos independientes tabla 6.

Tabla 2. Correlación entre constructos.

Correlación entre constructos (β)		
Mínimo	Máximo	Significancia
0.00	0.09	Imperceptible
0.10	0.15	Perceptible
0.16	0.19	Considerable
0.20	0.29	Importante
0.30	0.50	Fuerte
0.51	1.00	Muy fuerte

Fuente: Tabla elaborada por los autores, basada en los resultados del Modelo de Ecuaciones Estructurales, SmartPLS.

Tabla 3. Carga del ítem, en el constructo.

Carga del ítem (λ)		
Mínimo	Máximo	Significancia
-	0.49	No significativo
0.50	-	Significativo

Fuente: Tabla elaborada por los autores, basada en los resultados del Modelo de Ecuaciones Estructurales, SmartPLS.

Tabla 4. Significancia estadística del modelo.

Significancia en el modelo (estadístico T)		
Mínimo	Máximo	Significancia
-	1.68	No significativo
1.69	2.32	Significativo
2.33	3.10	Considerablemente significativo
3.11	-	Altamente significativo

Fuente: Tabla elaborada por los autores, basada en los resultados del Modelo de Ecuaciones Estructurales, SmartPLS.

Tabla 5. Duplicidad de constructos en el modelo.

Duplicidad del constructo (AVE)		
Mínimo	Máximo	Significancia
-	0.09	Duplicado
0.10	-	No duplicado

Fuente: Tabla elaborada por los autores, basada en los resultados del Modelo de Ecuaciones Estructurales, SmartPLS.

Tabla 6. Coeficiente de Determinación del modelo.

Coeficiente de Determinación (R^2)		
Mínimo	Máximo	Significancia
-	0.09	No determinado
0.10	-	Determinado

Fuente: Tabla elaborada por los autores, basada en los resultados del Modelo de Ecuaciones Estructurales, SmartPLS.

Resultados y discusión

Podemos aceptar como “*significativos*” todos los ítems sobre sus respectivos constructos, dado que el valor de λ es siempre ≥ 0.5 . El coeficiente de determinación (R^2) del constructo Resultados es de 0.768, lo que significa que es explicado en un 76.8% por los demás constructos. Los índices alfa de cronbach oscilan entre 0.7567 y 0.8896, por lo que la prueba es confiable. Se observa que todos los ítems son altamente significativos para su respectivo constructo, dado que los valores estadísticos t son superiores a 3.10. Ver Figura 1. La significancia estadística de los diferentes constructos para los Resultados se describe a continuación:

Liderazgo, con un estadístico t de 3.214 tuvo un valor altamente significativo.

Planeación Estratégica, con un estadístico t de 0.051 tuvo un valor no significativo.

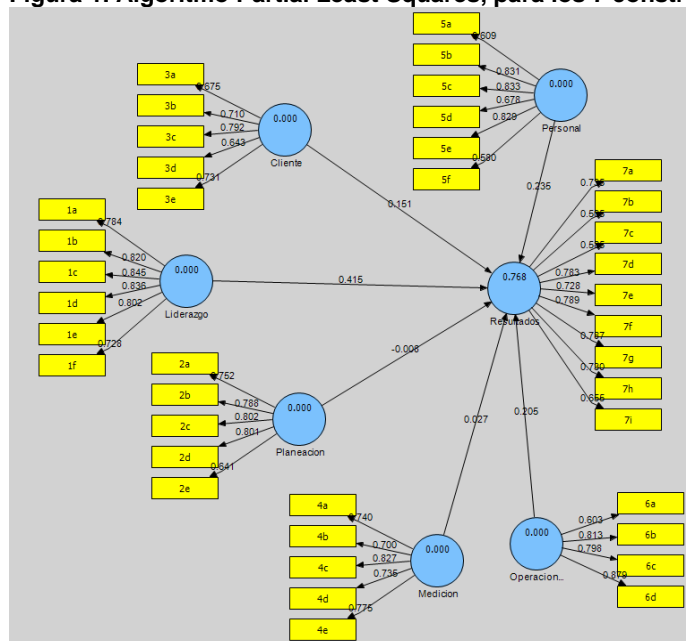
Enfoque en el Cliente, con un estadístico t de 1.877 tuvo un valor significativo.

Medición, Análisis y Gestión del Conocimiento, con un estadístico t de 0.230 tuvo un valor no significativo.

Enfoque en el Personal, con un estadístico t de 2.315 tuvo un valor significativo.

Enfoque en Operaciones, con un estadístico t de 2.408 tuvo un valor considerablemente significativo. Ver Figura 2.

Figura 1. Algoritmo Partial Least Squares, para los 7 constructos del Modelo Baldrige



Fuente: Elaboración propia, haciendo uso de SmartPLS.

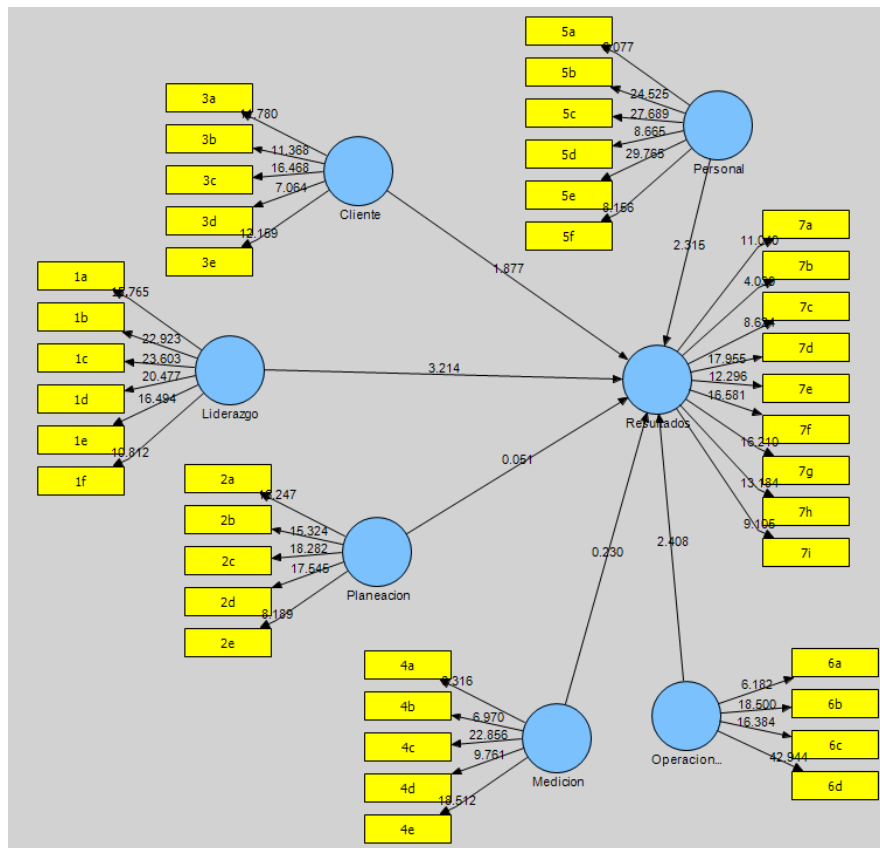
La correlación de los diferentes constructos con Resultados, se observa en la tabla 7

Tabla 7. Coeficientes-Betas de los constructos del estudio de investigación.

Constructo	β	Significancia
Liderazgo	0.415	Fuerte
Planeación Estratégica	-0.008	Imperceptible
Enfoque en el Cliente	0.151	Perceptible
Medición, Análisis y Gestión del Conocimiento	0.027	Imperceptible
Enfoque en el Personal	0.235	Importante
Enfoque en Operaciones	0.205	Importante

Fuente: Elaboración propia, haciendo uso de SmartPLS

Figura. 2. Bootstrapping, para los 7 constructos del Modelo Baldrige



Fuente: Elaboración propia, haciendo uso de SmartPLS.

En esta figura 2 podemos ver que todos los ítems cargan en cada constructo. El modelo bootstrapping nos muestra que el modelo es significativo. Este modelo de autoevaluación consiste en la estimación de la significancia estadística en base a un determinado número de simulaciones, en nuestro caso (100) hechos a partir de la muestra y reportando valores estadísticos de t-student para los diferentes coeficientes cada estadígrafo paso por diferentes criterios que indican la validez. Es un remuestreo que permite simular y dar validez.

Conclusiones:

En este proceso de evaluación de validez de contenido, diez expertos fueron invitados para revisar las preguntas del instrumento de medición, además proporcionaron comentarios y sugerencias para la claridad de los ítems. También se realizó la evaluación de la confiabilidad y por último se presentó un modelo de ecuaciones estructurales utilizando mínimos cuadrados parciales. Lo anterior permite concluir que la metodología de trabajo aplicada, demuestra la importancia de las pruebas de validez de contenido y confiabilidad en un instrumento de medición. Así de esta manera, es posible lograr un instrumento final valido y confiable, que permite mediante el proceso de medición, apoyar la generación de conocimiento científico. En este sentido, es posible enfatizar, de acuerdo a lo señalado en este trabajo, la importancia que tiene para la investigación científica, el proceso de medición. En lo referente al Modelo, se concluye que es válido y confiable para la búsqueda de la excelencia organizacional. Solo dos constructos no fueron perceptibles. Probablemente se requiere profundizar más en lo referente a la planeación estratégica, por lo general se dice que la gran mayoría de los ejecutivos batallan en la ejecución de la estrategia. En el caso de esta investigación

no presenta significancia y presenta signo negativo. Y en el tema de la gestión del conocimiento también es necesario verificar ya que no presenta significancia.

En cuanto a las limitaciones de este trabajo se encuentra lo siguiente: un diseño transversal no permite una evaluación de las relaciones de causalidad del modelo propuesto. Es necesario un estudio longitudinal que favorezca la posibilidad de establecer las relaciones de causalidad. También, los resultados obtenidos no pueden generalizarse debido al tipo de muestra que se utilizó. En cuanto a la investigación futura, es necesario estudiar la mejora continua en diferentes contextos y organizaciones. El modelo Baldrige es un muy buen marco referencial de diagnóstico organizacional que permite identificar aquellas áreas y procesos dentro de la organización que requieren de atención para poder mejorar como compañía y ser más competitiva dentro de la industria a la que pertenecen.

Referencias:

- Badri et al. (2006). The Baldrige Education Criteria for Performance Excellence Framework. Empirical test and validation. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 23 No. 9, pp. 1118-1157.
- Bou-Llusar, J.C. et al., An empirical assessment of the EFQM Excellence Model: Evaluation as a TQM framework relative to the MBNQA Model, *J Operations Manage* (2008), doi:10.1016/j.jom.2008.04.001.
- Curkovic, S. et al. (2000). Validating the Malcolm Baldrige National Quality Award Framework through structural equation modelling. *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 4, pp. 765-791.
- Cronbach Lee J & Meel, P. E. 1995. Construct Validity in Psychological Tests. *Psychological Bulletin*, 52, 1-29
- Ghosh, S. et al. (2003). A structural model analysis of the Malcolm Baldrige National Quality Award framework. *International Journal of Management and Decision Making*. Vol. 4, No. 4. pp. 289–311.
- Pannirselvam G.P. y Ferguson L.A. (2001): A study of the relationships between the Baldrige categories. *International Journal of Quality and Reliability Management* 18 (1),14-34.
- Prat, S. Remei & Doval, D. Eduardo. 2005. Construcción y análisis de escalas. *Análisis Multivariable para las Ciencias Sociales*. Pearson Prentice Hall, Cap 2,74-76.
- Khampirat, B. (2009). Application of Baldrige education criteria on the assessment of an autonomous university in Thailand. Paper presented at the 2009 European Conference on Educational Research (ECER), University of Vienna, Austria, September 28-30, 2009.
- Kerlinger, F.N. & Lee, H.B. (2002) *Investigación del Comportamiento: Métodos de Investigación en ciencias sociales*, México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Mendoza, J. y Garza, J.B. (2009). La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad. *Innovaciones de Negocios*. 6 (1), 17-32.
- Nunnally, Jum C. and Berstein, Ira H. 1994. *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill.
- <http://www.nist.gov/baldrige/publications/progress.cfm>
- SMART PLS 2.0 Ringle, C.M./Wende, S./Will, S.: *SmartPLS 2.0 (M3) Beta*, Hamburg 2005, <http://www.smartpls.de>.
- Winn, B. y Cameron, K. (1998). *Organizational Quality: an examination of the Malcolm Baldrige National Quality Framework (MBNFAQ)*.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Aplicación de simulación para evaluar una alternativa de reingeniería en una empresa de transportes ferroviarios

J. E. Valtierra Olivares^{1*}, J. M. Sausedo Solorio², R. González Pérez¹

¹*Departamento de Maestría en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato-Silao Kilómetro 12.5, C.P. 36500, Irapuato Guanajuato, México*

²*Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca Hidalgo, México*

**jovaltierra@itesi.edu.mx*

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En el presente artículo se muestra la aplicación de la técnica de simulación en el área de fuerza motriz en una empresa de transporte ferroviario. Las funciones del área de fuerza motriz es abastecer e inspeccionar las locomotoras que arriban al sistema, por tal motivo cuenta con dos áreas: la primera es para el suministro de diesel, aceite, agua y arena; la segunda es para realizar inspecciones a las locomotoras. La propuesta de reingeniería se realizó en el área de abastecimiento donde actualmente la capacidad de servicio es de dos locomotoras al mismo tiempo, y no se realiza inspección de las locomotoras. La propuesta consistió en reconstruir el área para abastecer e inspeccionar 8 locomotoras que arriban al sistema al mismo tiempo.

Los resultados de esta simulación muestran los porcentajes de utilización de las estaciones de trabajo de los operadores y los tiempos promedio de las locomotoras en el sistema, con estos resultados los directivos realizarán la toma de decisiones sobre la propuesta.

Palabras clave: Simulación, ProModel, Programación C++, Reingeniería.

Abstract

This paper describes the application of simulation techniques in the area of driving force on a railway company. The functions of the area is to supply motive power and inspect the locomotives that arrive to the system, for this reason has two areas: the first is for the supply of diesel, oil, water and sand, the second is to perform inspections of locomotives. The proposed reengineering was conducted in the area where they currently supply service capacity is two locomotives at the same time, and not performed inspection of locomotives. The proposal was to redevelop the area to supply and inspect eight locomotives that arrive to the system at the same time. The simulation results show the percentages of use of workstations and operators of locomotives average time in the system, with these results the managers made decisions on the proposal.

Introducción

La empresa del sector ferroviario es una organización que se dedica al transporte y distribución de mercancías, maquinaria, granos, partes automotrices, etc., a diversas partes del territorio nacional. La fuerza principal de movimiento de esta industria son las locomotoras, las cuales requieren el servicio de suministro de combustibles e inspección general para su correcto funcionamiento, para hacer estas actividades la empresa cuenta con el área de fuerza motriz donde se realizan los servicios de abastecimiento y servicios de inspección de las locomotoras que llegan al sistema.

Una forma de analizar la viabilidad de los proyectos es mediante la técnica de simulación de procesos. En el presente trabajo se utilizó la metodología de simulación propuesta por Law y Kelton (2007), que incluye la definición del problema, recolección y análisis estadístico de los datos del sistema, determinación de medidas de desempeño a evaluar, construcción del modelo de simulación (uso de ProModel), verificación y validación del modelo, diseño de experimentos para determinar el número óptimo de corridas y el análisis de las alternativas que se proponen. El objetivo fue usar la simulación para evaluar una propuesta de reingeniería en el área de abastecimiento de insumos que actualmente tiene la capacidad de atender dos locomotoras al mismo tiempo (Figura 1).

La propuesta es reconstruir esta área para seguir realizado el abasto de insumos y también incluir la inspección a las locomotoras, con esta reingeniería se tendrá la capacidad de atender 8 locomotoras al mismo tiempo (Figura 2).

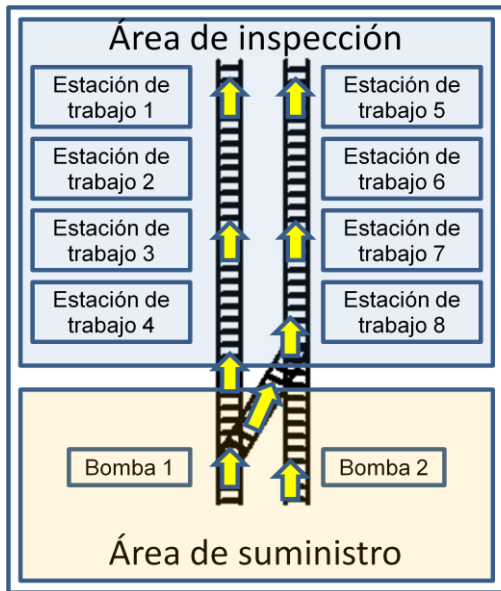


Figura 1. Sistema actual.

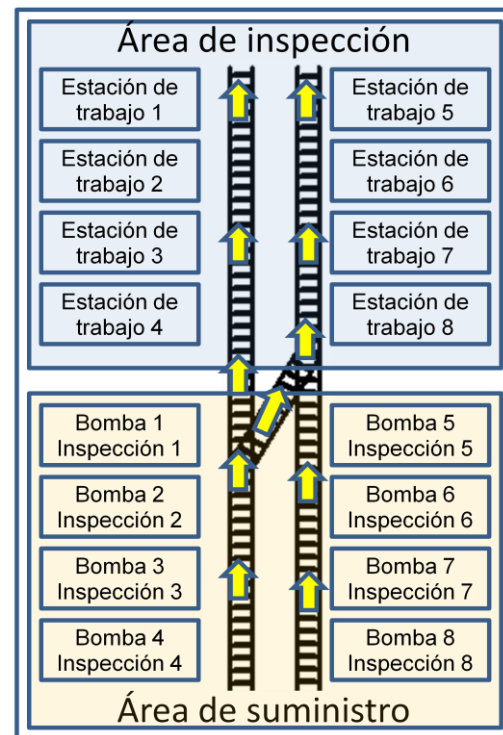


Figura 2. Sistema propuesto.

Descripción del proceso de servicio en el área de fuerza motriz

El proceso empieza cuando arriban las locomotoras al sistema, el arribo de las locomotoras al sistema pueden ser del Norte y Sur del país; y una tercera entrada que se llama conexión, aquí las locomotoras van de paso y no entra al sistema pero si requiere ser inspeccionada y requiere que se le asigne recurso para inspeccionar las locomotoras. Una restricción que existe dentro del sistema es la del manejo interno de las locomotoras cuando arriban un convoy de dos o más locomotoras juntas, las cuales no deben separarse dentro del sistema; por ejemplo llegan cuatro locomotoras de un viaje y son enviadas al área de fuerza motriz, se tendrá que dar el servicio a las cuatro juntas, y lo máximo que se puede atender el sistema son cuatro locomotoras juntas. Continuando con el proceso la primera actividad que se desarrolla es el suministro de diesel, aceite, arena y agua, el supervisor determina en que bomba será abastecida, en caso de que ambas bombas este ocupadas tendrán que esperar su turno el sistema función bajo el esquema de primeras entradas y primeras salidas. Enseguida de realizar el servicio de suministro pasan al área de inspección donde se revisan el sistema de frenos, el sistema de control de la locomotora y una revisión general; para esta actividad el supervisor determina que ruta se le asigna al convoy para su inspección. Para esta investigación fue importante conocer las combinaciones posibles que se tiene en el sistema ferroviario con respecto a las cuatro distribuciones de arribo de los diferentes convoyes.

Metodología de simulación

Los modelos de simulación se diseñan para que el analista observe las características del sistema que se representa en el modelo simulado y de esa manera sea tomada la mejor alternativa de solución al problema. La metodología de simulación utilizada para la realización de este proyecto es la propuesta por Law y Kelton (2007), la cual se menciona a continuación:

- Formulación del problema.
- Planeación del estudio del modelo de simulación.
- Recolección de datos para el modelo.
- Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema
- Construcción del modelo de simulación.
- Verificación del modelo de simulación
- Validación del modelo de simulación.
- Realización de corridas del modelo de simulación.
- Realización del análisis y documentación de resultados.

Formulación del problema

Las quejas recurrentes del departamento de ventas por los retrasos en la entrega de las locomotoras por parte del área de fuerza motriz aumentó de manera considerable. El indicador establecido por el área de fuerza motriz para que una locomotora permanezca dentro del sistema es máximo 3 horas. Asimismo, el tiempo excedente de permanencia de una locomotora en el área de fuerza motriz tiene un costo, el cual por cuestiones de privacidad de la empresa no se puede mencionar. Los incrementos en los servicios de suministro e inspección en el área de fuerza motriz se dan por el incremento de nuevas empresas en la región que demanda más servicio por parte del sector privado. Los directivos de la empresa proponen una alternativa de solución para el área de suministro (ver figura 2), la cual tendrá que ser evaluada y analizada para justificar la inversión del proyecto.

Planeación del estudio del modelo de simulación

La planeación del proyecto se dividió en tres etapas. En la primera etapa se realizaron recorridos por el área de fuerza motriz, donde se observa el funcionamiento del sistema con respecto a las actividades que se realizan en el área de suministro e inspección. En la segunda etapa se desarrolló el modelo de simulación para el proceso actual (ver figura 1). En la tercera etapa se desarrolló el modelo de simulación para el proceso propuesto (ver figura 2), para ambos modelos se utilizó la metodología propuesta por Law y Kelton (2007).

Recolección de los datos para el modelo

La información solicitada para la recolección de datos fue extraída del Plan Maestro de Servicio que es un sistema interno que maneja la empresa. Para la recolección de datos se empezó en el mes de enero 2012 y concluyó en el mes de agosto 2012, los datos solicitados fueron: los horarios de trabajo, los turnos, las cantidades de trabajadores por cuadrilla, los tiempos de carga de diesel y aceite, los tiempos de inspección por locomotora, los tiempos de arribos entre locomotoras, la cantidad de arribos por tipo de convoy, los tiempos de movimientos dentro del sistema de las locomotoras, las restricciones que tiene el sistema y la logística de las rutas.

Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema

Para el análisis estadístico de los datos recolectados en el sistema, se utilizaron programas Stat:Fit (ProModel), Input Analyzer (Arena) y dfitool (Matlab); con el análisis se eligieron las distribuciones más acordes para los modelos de simulación. Se aplicaron las pruebas de bondad de ajuste Chi Cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling a todos los datos observados, los cuales se ajustaron a las distribuciones teóricas conocidas, para el desarrollo del modelo.

Construcción del modelo de simulación

Una vez que se verificaron los datos estadísticamente, se desarrolló el modelo de simulación del proceso actual en el software ProModel (ver figura 3), este modelo tiene dos estaciones de abasto que se dedican a suministrar diesel, aceite, arena y agua en el área de abastos y ocho estaciones de inspección. En los modelos de simulación se requiere programar en C++ para determinar la logística de las rutas dentro del sistema, también se declara los cuatro turnos de trabajo que requiere el modelo. Después de validar el modelo de simulación del proceso actual con el sistema real, y enseguida se desarrolló el modelo de simulación del proceso propuesto. En este modelo se incrementó a ocho las estaciones de abasto donde se suministrarán diesel, aceite, agua y arena al mismo tiempo y además se podrán realizar las inspecciones siempre y cuando el área de inspecciones se encuentre lleno. Para este modelo de simulación del proceso propuesto se incrementó la programación para la logística de las rutas (ver figura 4).

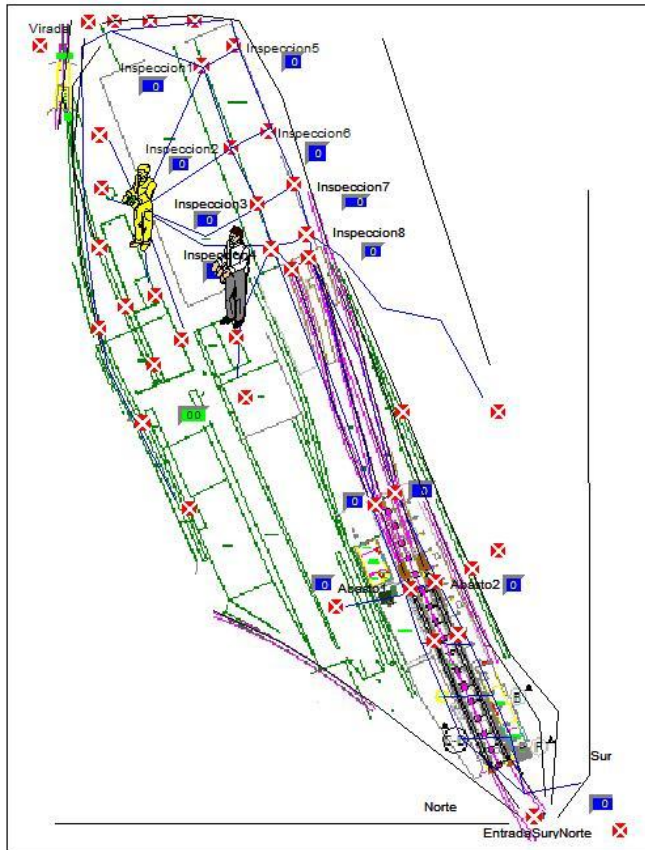


Figura 3. Modelo actual

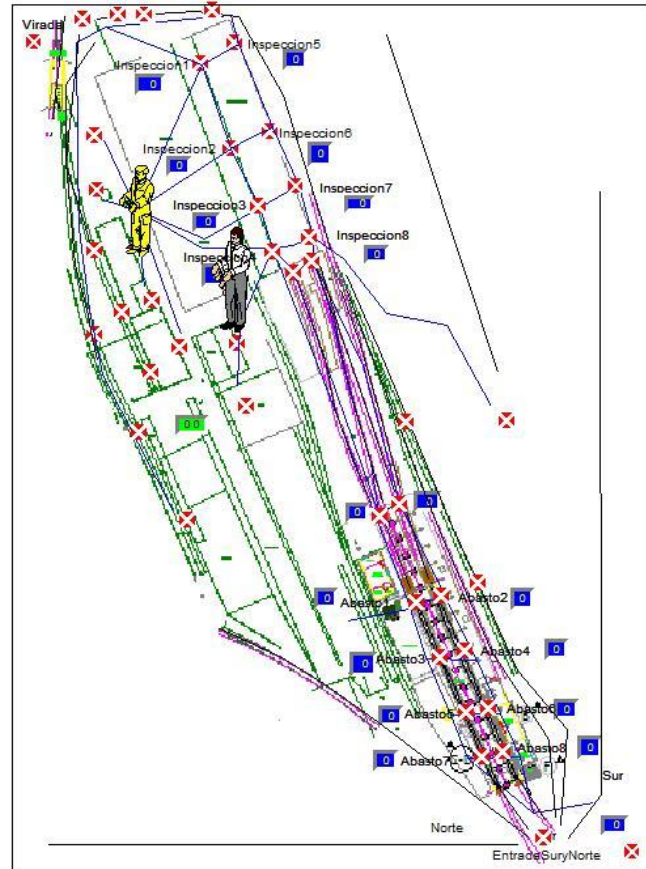


Figura 4. Modelo propuesto.

Verificación del modelo de simulación

Para verificar el modelo de simulación se observa detalladamente el funcionamiento paso a paso de acuerdo a lo programado en él. De esta manera es posible visualizar un comportamiento inadecuado del modelo y corregir los detalles. Para ambos modelos de simulación fue necesario colocar variables extras que deben ser visibles para controlar el proceso.

Validación del modelo de simulación

Para realizar la validación del modelo se utilizaron los datos del mes de Agosto del 2012, con el propósito de determinar si el modelo de simulación del proceso actual en el área de fuerza motriz es una representación adecuada del sistema real. Para validar los resultados se utilizó una prueba t-pareada con un nivel de significancia del 5% para la siguiente variable de desempeño:

Cantidad de locomotoras que entraron al sistema en el mes de agosto.

La hipótesis estadística que se establece para esta validación son:

H_0 =La media de la variable de desempeño a evaluar obtenida por el modelo de simulación no presenta una diferencia significativa con respecto a la media de la misma medida de desempeño del sistema real que se está estudiando.

H_1 =La media de la variable de desempeño a evaluar obtenida por el modelo de simulación presenta una diferencia significativa con respecto a la media de la misma medida de desempeño del sistema real que se está estudiando.

Para validar los datos se utilizó la prueba t-pareada en el software Minitab. Al aplicar la prueba a la variable de desempeño con la media poblacional de 1282 locomotoras que entraron al sistema real en el mes de agosto, los resultados del modelo de simulación fueron realizando 10 corridas obteniendo una media muestral de 1287 locomotoras y una desviación de 70.

El resultado de Minitab fue un intervalo de confianza de [1221.3, 1352.7] locomotoras que pueden arribar al sistema, aceptando la hipótesis nula y se rechazó la hipótesis alternativa, por lo tanto, se aceptó como válido el modelo de simulación actual. Para validar el modelo de simulación propuesto se realizó el mismo procedimiento que el modelo actual, utilizando la misma medida de desempeño y se concluye que se aceptó como valido el modelo de simulación propuesto.

Diseño de experimentos

Para determinar el número de replicas óptimo (Azarang y García 1996), se considera como medida de desempeño la cantidad de locomotoras que arribaron al sistema con una $\beta=58$ locomotoras, donde β es el error absoluto determinado por los arribos de locomotoras al sistema desde el mes de enero del 2012 hasta el mes de agosto del 2012, y con un nivel de confianza del 95%. El resultado de este análisis fue de 9 replicas. Aplicando la siguiente fórmula Law y Kelton (2007):

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n: t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta \right\}$$

Realización del análisis y documentación de resultados

En base al diseño de experimentos, en ambos modelos (el original y el propuesto) se corrieron 9 veces. Obteniéndose los resultados que muestran a continuación.

Comparativo del tiempo de servicio de las locomotoras en el sistema.

Como se observa en la figura 5, el sistema actual tiene dos estaciones de trabajo de suministro. La propuesta alternativa es la implementación de ocho estaciones de trabajo de suministro e inspección, las cuales tienen la capacidad de suministrar los insumos al mismo tiempo, esto se ve reflejado en la reducción de los tiempos de servicio para las locomotoras en el sistema. En específico esta alternativa impactó directamente el tiempo de servicio para los convoy de 3 y 4 locomotoras, donde en ambos casos se obtuvo una reducción de 30 minutos, con un porcentaje de reducción del 9% sobre el tiempo actual.

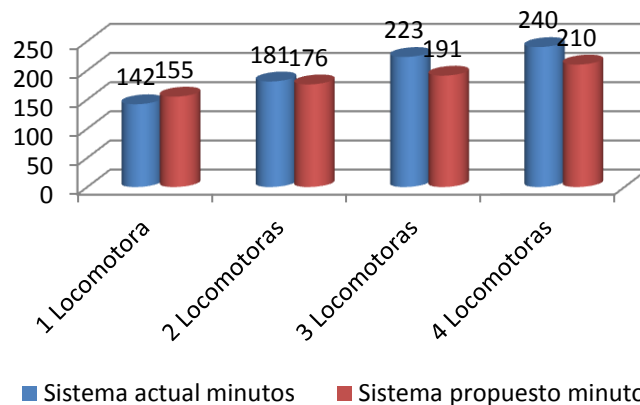


Figura 5. Tiempo de servicio de las locomotoras en el sistema.

Comparativo del tiempo promedio de operación de las locomotoras en el sistema.

El beneficio de la propuesta contra el sistema actual, se refleja en la reducción de 30 minutos de operación solo para los convoy de 3 y 4 locomotoras, esto tiene un impacto directo en el tiempo de servicio en el área de fuerza motriz, el porcentaje de reducción fue de 8.5% con respecto al modelo actual. Los tiempos de operación de las locomotoras que están dentro del sistema se observan en la figura 6.

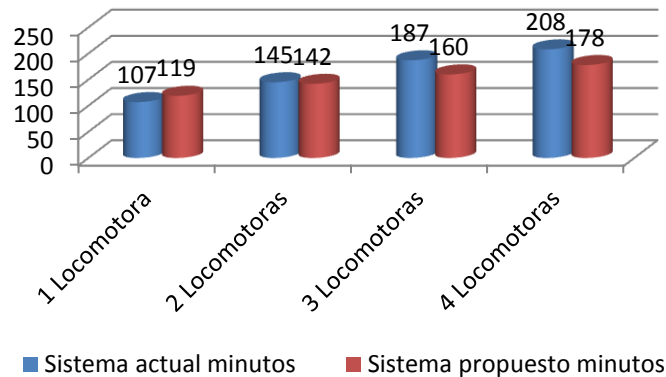


Figura 6. Tiempo promedio de operación de las locomotoras en el sistema.

Comparativo del porcentaje de utilización de los trabajadores.

Actualmente el área de fuerza motriz opera los siete días de la semana y cuenta con cuatro cuadrillas de trabajadores, donde cada cuadrilla se compone de dos equipos. Se observa en la figura 7 el porcentaje de utilización del sistema actual y del sistema propuesto para su respectivo turno. Se determinó que la utilización de los inspectores para el sistema actual y del propuesto se mantiene igual, en cambio para los areneros con la alternativa propuesta en el área de suministro se redujo en un 60% su utilización.

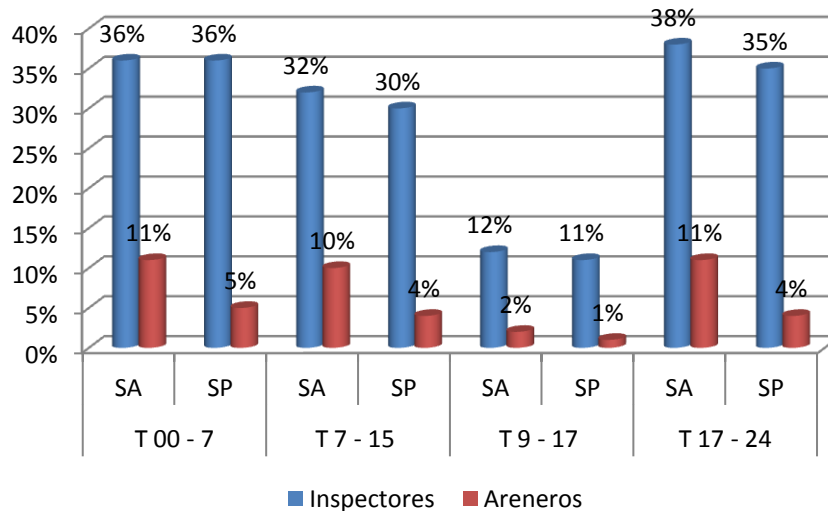


Figura 7. Porcentaje de utilización de los trabajadores dentro del sistema, SA (Sistema actual), SP (Sistema propuesto), T 00-7 (Turno de 12 am a 7 am), T 7-15 (Turno de 7 am a 15 pm), T 9-17 (Turno intermedio de 9 am a 17 pm), T 17-24 (Turno de 17 pm a 24 pm).

Comparativo de la utilización las estaciones de trabajo en el área de inspección.

En la figura 8 se observa el porcentaje de utilización en el área de inspección, la implementación en el área de suministro para realizar inspecciones solo se redujo en un 8% para la sección 1 y en un 5% para la sección 2.

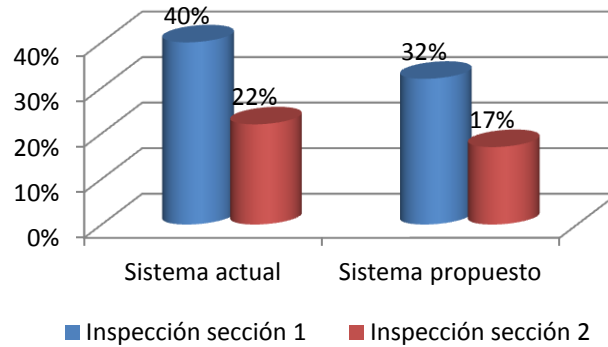


Figura 8. Porcentaje de utilización de las estaciones de trabajo en el área de inspección.

Comparativo de la utilización las estaciones de trabajo en el área de suministro.

La implementación para realizar inspecciones redujo su utilización en un 10% para la sección 1 y en un 4% para la sección 2. En la figura 9 se observa el porcentaje de utilización en el área de suministro.

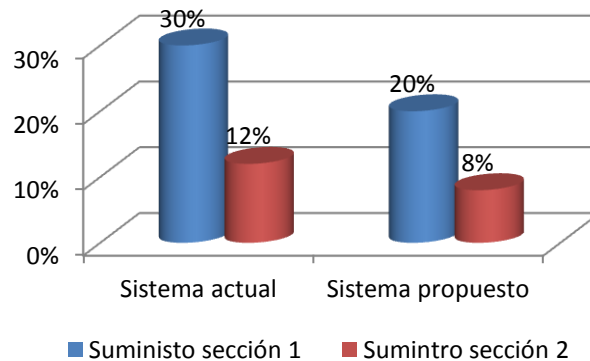


Figura 9. Porcentaje de utilización de las estaciones de trabajo en el área de suministro.

Trabajo a futuro

Las perspectivas a futuro encontradas después del desarrollo de este trabajo son:

- Optimizar la reestructuración de las cuadrillas de trabajadores el área de fuerza motriz.
- Desarrollar un algoritmo para el manejo de la logística de locomotoras dentro del sistema.

Conclusiones

Con este estudio de simulación ha sido posible encontrar los tiempos de servicios a las locomotoras dentro del sistema, y el impacto que tiene la propuesta de reconstruir el área de suministro se refleja en la reducción del tiempo de servicio en 30 minutos. Se presentó a los directivos los resultados obtenidos de simulación tanto del sistema actual y propuesto del área de fuerza motriz, que permitirá tomar la decisión sobre la realización de la reingeniería en el área de suministro, así como contar con los argumentos necesario para justificar la inversión de varios miles de pesos. Se recomienda proponer otras alternativas de mejora para el sistema, y una propuesta es trabajar en una reestructuración de las cuadrillas de trabajo. Utilizar la técnica de simulación para justificar proyectos de inversión, ayuda a visualizar el efecto que causaría en el sistema real.

Referencias

1. Ferrer, C. J. E.; Moras, S. G.; Fernández, C. M. y Álvarez P. C. (2013). Aplicación de simulación para el incremento de la productividad de una empresa generadora de panela en la ciudad de Tuxtepec, Oaxaca. *AcademiaJournal*. **(1)** 1940-2163.
2. Law, Averill S. y Kelton, David. Simulation modeling and analysis. Editorial McGraw-Hill, Boston, 2007.
3. Lozada, T. T.; Martínez M. A. y Moras S. C. (2011). Aplicación de simulación para incrementar la productividad de la empresa "La Vieja Molienda de Santa Maty". *AcademiaJournal*. **(5)** 1940-2163.
4. García, Dunna, E.; García, Reyes, H. y Cárdenas, Barrón, L. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Editorial Pearson, 2006.
5. Kelton, W. D.; Sadowski R P. y Sturrock T. D. Simulación con software Arena. Editorial McGraw-Hill, 2008.
6. Blanco, Rivero, L. E. y Fajardo, Piedrahita, I. D. Simulación con ProModel casos de producción y logística. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006.
7. Walpole, R. Myes, S. Probabilidad y estadística para ingenieros, Editorial Prentice Hall, México, 1999.
8. Coss Bu, R. Simulación un enfoque práctico, Reimpresión, Editorial Limusa, México, 1993.

RELACION DEL ARREGLO ORTOGONAL L9 CON EL DISEÑO FACTORIAL FRACCIONADO 3^{4-2} Y ALTERNATIVAS DE USO

D. A. Balderas Puga^{1*}

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico y Escobedo s/n,
C.P. 76000, Querétaro, Qro., México
*billdavito@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Se muestran algunos resultados del proyecto “Los arreglos ortogonales L9 y L27 y su relación con los diseños factoriales completos 3^k y fraccionados 3^{k-p} ”. El proyecto analiza la estructura de los arreglos ortogonales como herramienta para la ejecución de experimentos y su relación con los diseños factoriales fraccionados. El artículo muestra los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal L9.

Palabras clave: Arreglos ortogonales, diseños factoriales, diseños factoriales fraccionados.

Abstract

This paper shows some results from the project “Orthogonal arrays L9 and L27 and their relationship with the factorial designs 3^k and fractional factorial designs 3^{k-p} ”. The project shows the structure analysis of orthogonal arrays as a tool for the experiments execution and their relationship with fractional factorial designs. This paper shows the results obtained to orthogonal array L9.

Introducción

En los últimos 20 años la American Society of Quality (ASQ) a través de las revistas Quality Engineering [8,11, 21-23], Journal of Quality Technology [7,10,16,17,19,24] y Quality Progress [3,5,12], ha publicado información abundante sobre los arreglos ortogonales de Taguchi [1,3,4,20], su uso como medio para la experimentación con aplicaciones en diversos contextos y su complemento de las tablas de interacciones y las gráficas lineales para la introducción de interacciones de interés. El Instituto de Ingenieros Industriales IIE [2,15] también ha contribuido en la difusión. Además, algunas editoriales como John Wiley [14,20,28,29,30], Marcel Dekker [13] y McGraw Hill [9] han publicado libros que abordan el enfoque de Taguchi para el diseño experimental.

Sin embargo, no existe suficiente información sobre la generación de dichos arreglos. Además, se piensa que sólo se pueden emplear como alternativa a los diseños factoriales fraccionados 3^{k-p} . En la generación de diseños factoriales fraccionados 3^{k-p} existen uno o varios generadores que permiten producir el diseño ortogonal en función del tamaño de la fracción deseada. Los diseños factoriales completos 3^k y fraccionados 3^{k-p} así como los arreglos ortogonales L9 y L27 son alternativas para la experimentación industrial, pero existe la idea [2] de que los enfoques son antagonistas en lugar de ser complementarios. Pignatiello y colaboradores [6] describen las fortalezas y debilidades de la metodología de Taguchi y proponen algunos elementos para fortalecerla. Robinson [7] brinda dos cambios al paquete de arreglos ortogonales de Taguchi. El primero consiste en introducir las tablas de confusión –bajo la idea de Tsui– como complemento a las tablas de interacciones. El segundo es una modificación de las gráficas lineales de Taguchi en la forma como se dibujan los vértices y las líneas para indicar si los efectos e interacciones correspondientes a esos vértices y líneas están confundidos con otras interacciones de segundo orden. Dichos cambios tienden a motivar el uso de un conjunto diferente de gráficas lineales y en consecuencia hacer uso de diseños de mayor resolución.

Keles y colaboradores [8] muestran la aplicación del arreglo ortogonal L9 para medir varias características de calidad (dureza, espesor del recubrimiento y propiedades de adhesión) en función de tres factores de control (corriente del cátodo, presión del gas y voltaje). Condra [13] emplea los arreglos ortogonales como medio para ilustrar la experimentación en el mejoramiento de la confiabilidad. Utiliza como muestra al arreglo ortogonal L8 en la descripción genérica de un experimento diseñado y lo vuelve a emplear para una comparación breve con

un arreglo clásico. El arreglo híbrido L18 (2^13^7) lo emplea, en el contexto de una característica del tipo menor es mejor, para introducir el uso de la desviación media cuadrada y la razón señal a ruido. Ilustra también el uso de las gráficas lineales para la introducción de interacciones y los métodos para modificar los arreglos ortogonales estándar y producir arreglos híbridos. De igual forma, muestra como se puede obtener el arreglo ortogonal L8 a partir de un diseño factorial completo 2^4 . Finalmente, muestra como se pueden introducir los factores de ruido al emplear arreglos ortogonales cruzados.

Sun and Wu [18] proponen el concepto de gráficas de interacciones como una alternativa a las gráficas lineales de Taguchi y presentan nuevas gráficas para diseños factoriales fraccionados de tres niveles. Kacker and Tsui [19] presentan el concepto de gráficas de interacción como ayuda gráfica para planear experimentos factoriales fraccionados. Muestran un enfoque que permite generar arreglos ortogonales para factores de dos niveles el cual es esencialmente el método occidental que emplea el orden de Yates.

Taguchi y colaboradores [20] en el Manual de Ingeniería de Calidad sólo hacen mención explícita en dos capítulos de los arreglos ortogonales tomando como ejemplo al arreglo L18 y explicando el papel y los tipos de arreglos ortogonales. De igual forma proporcionan una breve explicación de la adaptación de las gráficas lineales y la modificación de los arreglos ortogonales. Además en la sección 2 incluye 66 casos de aplicaciones químicas, eléctricas y mecánicas con uso de diversos arreglos ortogonales. Su y colaboradores [21] muestran como se emplea el arreglo ortogonal híbrido L18 ($2^1 \times 3^7$) para estudiar los efectos de seis factores de control sobre seis respuestas de interés. Muzammil y colaboradores [22] muestran como se emplea el arreglo ortogonal híbrido L18 ($2^1 \times 3^7$) y la razón señal a ruido en un estudio que muestra la optimización de un proceso de fundición para disminuir la presencia de defectos.

Balderas y Ledesma [25] muestran los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal L4 y la metodología que se utilizó para el estudio del arreglo ortogonal L16. Los resultados de tal análisis que incluyen al arreglo ortogonal L8 se muestran en el reporte final del proyecto de investigación –ya concluido- en el SNET con registro QRO-MII-2010-102. Balderas [26,27] muestra algunos de los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal L16. Los resultados de tal análisis se muestran en el reporte final del proyecto de investigación –ya concluido- en el SNET con registro QRO-MII-2011-103.

Wu y Hamada [28] abordan la construcción y propiedades de los diseños 3^k y 3^{k-p} así como algunas aplicaciones del arreglo ortogonal L27. Barker [31] explica de forma especial la estructura de los arreglos ortogonales L9, L27 y el uso de sus respectivas tablas de interacciones y gráficas lineales. Hicks y Turner [32] muestran una aplicación del arreglo ortogonal L9 y su análisis numérico a través del algoritmo de Yates.

Metodología

En general, se empleó un análisis comparativo de la estructura del arreglo ortogonal L9 con el método de generación occidental de diseños factoriales fraccionados 3^{k-p} basado en la descomposición de la interacción en sus componentes de dos grados de libertad.

En particular, acciones fundamentales fueron:

- Generar diseños experimentales fraccionados con el mismo número de columnas que el arreglo ortogonal L9 con la ayuda de una hoja de cálculo de Excel, para determinar la equivalencia entre ellos a través de los generadores respectivos y la comparación de columnas y renglones de ambas matrices de diseño.
- Proponer usos diversos del arreglo ortogonal L9 para que sean equivalentes a los diseños factoriales completos 3^k o fraccionados 3^{k-p} .
- Proponer otro tipo de diseños experimentales que pueden derivarse del arreglo ortogonal L9.
- Emplear el respaldo computacional de Excel y MINITAB para mostrar la equivalencia de resultados por ambos enfoques en conjuntos de datos previamente publicados.
- Adaptar escenarios previamente publicados para mostrar la igualdad de los enfoques.

Resultados y discusión

El arreglo ortogonal L9 está descrito como

Corrida	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

La identificación de las corridas del arreglo ortogonal empleando la notación de Yates indica:

Corrida	B	A	D	C	Notación de Yates
1	1	1	1	1	0000
2	1	2	2	2	1011
3	1	3	3	3	2022
4	2	1	2	3	0121
5	2	2	3	1	1102
6	2	3	1	2	2110
7	3	1	3	2	0212
8	3	2	1	3	1220
9	3	3	2	1	2201

Se puede advertir que el arreglo ortogonal L9 representa la fracción de 1/9 de un diseño 3^4 , es decir, un diseño fraccionado 3^{4-2} .

A partir del procedimiento descrito por Montgomery [13] se puede generar un diseño fraccionado 3^{4-2} con los generadores $I = AB^2C^2 = BC^2D$. Tales generadores producen las ecuaciones para introducir los niveles del tercer y cuarto factor, $X_3 = (X_1 + 2X_2) \bmod 3$ y $X_4 = (2X_2 + X_3) \bmod 3$, respectivamente.

Diseño Base 3^2	X1	X2			X2	X3			3^{4-2}
	1	2	X3	$X_3 \bmod 3$	2	1	X4	$X_4 \bmod 3$	
00	0	0	0	0	0	0	0	0	0000
10	1	0	1	1	0	1	1	1	1011
20	2	0	2	2	0	2	2	2	2022
01	0	1	2	2	1	2	4	1	0121
11	1	1	3	0	1	0	2	2	1102
21	2	1	4	1	1	1	3	0	2110
02	0	2	4	1	2	1	5	2	0212
12	1	2	5	2	2	2	6	0	1220
22	2	2	6	0	2	0	4	1	2201

Si en la última columna de la tabla anterior reemplazamos al dígito “0” por “1”, al dígito “1” por “2” y al dígito “2” por “3”, obtenemos una tabla que permite identificar la columna asociada al arreglo ortogonal L9.

0000	1	1	1	1
1011	2	1	2	2
2022	3	1	3	3
0121	1	2	3	2
1102	2	2	1	3
2110	3	2	2	1
0212	1	3	2	3
1220	2	3	3	1
2201	3	3	1	2
Columna del arreglo ortogonal L9	2	1	4	3

Así, el arreglo ortogonal L9 es equivalente a un diseño 3^{4-2} con los generadores $I = AB^2C^2 = BC^2D$. Cuando se asigna un factor a cada columna del arreglo ortogonal L9 de hecho se está empleando un diseño fraccionado 3^{4-2} .

Los generadores seleccionados producen las interacciones generalizadas $(AB^2C^2)*(BC^2D) = AB^3C^4D = ACD$ y $(AB^2C^2)*(BC^2D)^2 = AB^4C^6D^2 = ABD^2$ y la relación definidora completa $I = AB^2C^2 = BC^2D = ACD = ABD^2$. En consecuencia, el patrón de alias indica que el diseño es de resolución III.

	I				I ²			
	AB^2C^2	BC^2D	ACD	ABD^2	$A^2B^4C^4$	$B^2C^4D^2$	$A^2C^2D^2$	$A^2B^2D^4$
A	ABC	ABC^2D	AC^2D^2	AB^2D	BC	AB^2CD^2	CD	BD^2
B	AC^2	BCD^2	ABCD	AB^2D^2	ABC^2	CD^2	AB^2CD	AD^2
C	AB^2	BD	AC^2D	$ABCD^2$	AB^2C	BCD	AD	ABC^2D^2
D	AB^2C^2D	BC^2D^2	ACD^2	AB	$AB^2C^2D^2$	BC^2	AC	ABD

Otra alternativa en la generación del diseño 3^{4-2} radica en emplear los generadores $I = ABC^2 = BCD^2$. Tales generadores producen las ecuaciones para introducir los niveles del tercer y cuarto factor, $X_3 = (X_1 + X_2) \text{ mod } 3$ y $X_4 = (X_2 + X_3) \text{ mod } 3$, respectivamente. Estos generadores producen las interacciones generalizadas $(ABC^2)*(BCD^2) = AB^2C^3D^2 = AB^2D^2$ y $(ABC^2)*(BCD^2)^2 = AB^3C^4D^4 = ACD$ y la relación definidora completa $I = ABC^2 = BCD^2 = AB^2D^2 = ACD$.

Diseño Base 3 ²	X1	X2	X3		X2	X3	X4		3 ⁴⁻²
	1	2	X3	X3 mod 3	2	1	X4	X4 mod 3	
00	0	0	0	0	0	0	0	0	0000
10	1	0	1	1	0	1	1	1	1011
20	2	0	2	2	0	2	2	2	2022
01	0	1	1	1	1	1	2	2	0112
11	1	1	2	2	1	2	3	0	1120
21	2	1	3	0	1	0	1	1	2101
02	0	2	2	2	2	2	4	1	0221
12	1	2	3	0	2	0	2	2	1202
22	2	2	4	1	2	1	3	0	2210

Si en la última columna de la tabla anterior reemplazamos al dígito “0” por “1”, al dígito “1” por “2” y al dígito “2” por “3”, obtenemos una tabla que permite identificar la columna asociada al arreglo ortogonal L9.

0000	1	1	1	1
1011	2	1	2	2
2022	3	1	3	3
0112	1	2	2	3
1120	2	2	3	1
2101	3	2	1	2
0221	1	3	3	2
1202	2	3	1	3
2210	3	3	2	1
Columna del arreglo ortogonal L9	2	1	3	4

Sin embargo, el arreglo puede tener otros usos.

a) Cualquier columna que se elija para ubicar un factor permite obtener un diseño 3^1 con tres observaciones por cada nivel. Algunos ejemplos son:

Corrida	B
1	1
2	1
3	1
4	2
5	2
6	2
7	3
8	3
9	3

Corrida	A
1	1
2	2
3	3
4	1
5	2
6	3
7	1
8	2
9	3

Corrida	C
1	1
2	2
3	3
4	2
5	3
6	1
7	3
8	1
9	2

Todos los ejemplos dejan libres tres columnas a partir de las cuales se puede calcular el error experimental. El análisis estadístico es equivalente al Análisis de Varianza de una vía.

b) Cualesquiera dos columnas que se elijan para ubicar dos factores permiten obtener un diseño 3^2 con una réplica y las dos columnas no utilizadas permiten 4 grados de libertad para estimar el error experimental.

Corrida	A	B
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

Corrida	C	A
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	3
5	2	1
6	2	2
7	3	2
8	3	3
9	3	1

Corrida	B	D
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	1	2
5	2	3
6	3	1
7	1	3
8	2	1
9	3	2

c) Cualesquiera dos columnas que se elijan para ubicar dos factores permiten obtener un diseño 3^2 con una réplica y la interacción entre las dos columnas elegidas.

Diseño 3^2 ubicando A y B en las columnas 1 y 2 del arreglo ortogonal. La interacción en las columnas 3 y 4.					Diseño 3^2 ubicando C y A en las columnas 1 y 4 del arreglo ortogonal. La interacción en las columnas 2 y 3.				
Corrida	A	B	AxB	AxB	Corrida	C	AxC	AxC	A
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	1	2	2	2
3	1	3	3	3	3	1	3	3	3
4	2	1	2	3	4	2	1	2	3
5	2	2	3	1	5	2	2	3	1
6	2	3	1	2	6	2	3	1	2
7	3	1	3	2	7	3	1	3	2
8	3	2	1	3	8	3	2	1	3
9	3	3	2	1	9	3	3	2	1

La ubicación de la interacción AxB en las columnas 3 y 4 así como la de AxC en las columnas 2 y 3 en cada uno de los ejemplos anteriores está asociada con el concepto de la tabla triangular la cual presenta las alternativas para ubicar las interacciones. La tabla triangular asociada al arreglo L9 está dada por

Tabla triangular para el arreglo L9			
1	2	3	4
(1)	3	2	2
	4	4	3
	(2)	1	1
		4	3
		(3)	1
			2

La tabla indica que la interacción entre las columnas 1 y 2 debe obtenerse a partir de las columnas **3 y 4** y la interacción entre las columnas 1 y 4 debe obtenerse a partir de las columnas **2 y 3**. Las gráficas lineales asociadas serían las siguientes



d) La elección de tres columnas permite obtener un diseño 3^{3-1} . Por ejemplo, la elección de las columnas 1, 2 y 3 es equivalente a generar el diseño con el generador ABC^2 . Tal generador produce la ecuación para introducir los niveles del tercer factor, $X_3 = (X_1 + X_2) \text{ mod } 3$.

Diseño Base 3^2	X_1 1	X_2 1	X_3	$X_3 \text{ mod } 3$	3^{3-1}
			00	0	0
10	1	0	1	1	101
20	2	0	2	2	202
01	0	1	1	1	011
11	1	1	2	2	112
21	2	1	3	0	210
02	0	2	2	2	022
12	1	2	3	0	120
22	2	2	4	1	221

Si en la última columna de la tabla anterior reemplazamos al dígito “0” por “1”, al dígito “1” por “2” y al dígito “2” por “3”, obtenemos una tabla que permite identificar las columnas asociadas al arreglo ortogonal L9.

000	1	1	1	1
101	2	1	2	2
202	3	1	3	3
011	1	2	2	3
112	2	2	3	1
210	3	2	1	2
022	1	3	3	2
120	2	3	1	3
221	3	3	2	1
Columna del arreglo ortogonal L9	2	1	3	

La elección de las columnas 1, 2 y 4 es equivalente a generar el diseño con el generador AB^2C^2 . Tal generador produce la ecuación para introducir los niveles del tercer factor, $X_3 = (X_1 + 2X_2) \text{ mod } 3$.

Diseño Base 3^2	X_1 1	X_2 2			
			X_3	$X_3 \text{ mod } 3$	3^{3-1}
00	0	0	0	0	000
10	1	0	1	1	101
20	2	0	2	2	202
01	0	1	2	2	012
11	1	1	3	0	110
21	2	1	4	1	211
02	0	2	4	1	021
12	1	2	5	2	122
22	2	2	6	0	220

Si en la última columna de la tabla anterior reemplazamos al dígito “0” por “1”, al dígito “1” por “2” y al dígito “2” por “3”, obtenemos una tabla que permite identificar las columnas asociadas al arreglo ortogonal L9.

000	1	1	1	1
101	2	1	2	2
202	3	1	3	3
012	1	2	2	3
110	2	2	3	1
211	3	2	1	2
021	1	3	3	2
122	2	3	1	3
220	3	3	2	1
Columna del arreglo ortogonal L9	2	1	4	

Conclusiones

Se ha analizado la estructura del arreglo ortogonal L9 como medio para la ejecución de experimentos y su relación con el diseño factorial fraccionado 3^{4-2} . Se han mostrado como los generadores $I = AB^2C^2 = BC^2D$ o $I = ABC^2 = BCD^2$ producen el arreglo ortogonal L9 y en consecuencia su equivalencia como esquemas experimentales. De igual forma se han ilustrado otros usos del arreglo ortogonal L9, como diseños completos 3^1 y 3^2 . Se ha mostrado como los generadores $I = ABC^2$ o $I = AB^2C^2$ producen diseños 3^{3-1} asociados con la elección de las columnas 1, 2 y 3 en el primer caso y las columnas 1, 2 y 4 en el segundo caso en el arreglo ortogonal L9 y en consecuencia su equivalencia como esquemas experimentales. De igual forma se ha ilustrado el empleo de las gráficas lineales y la tabla de interacciones asociada al arreglo ortogonal L9.

Referencias

1. Yuin Wu, *Orthogonal Arrays and Linear Graphs*, American Supplier Institute 1986.
2. Joseph J. Pignatiello, Jr., “An Overview of the Strategy and Tactics of Taguchi”, IIE Transactions, Vol. 20, No. 3, September 1988: 247-253.
3. Paul K. H. Lin, Lawrence P. Sullivan and Genichi Taguchi, “Using Taguchi Methods in Quality Engineering”, Quality Progress, Vol. 23, No.9, September 1990: 55-59.
4. Ranjit Roy, *A Primer on the Taguchi Method*, Van Nostrand Reinhold 1990.
5. Ron S. Kenett and Brian M. Vogel, “Going Beyond Main-Effect Plots”, Quality Progress, Vol. 23, No. 2, February 1991: 71-73.
6. John S. Ramberg, Joseph J. Pignatiello, Jr. And Susan M. Sanchez, “A Critique and Enhancement of the Taguchi Method”, ASQC 46th Annual Quality Congress Proceedings 1992, 491-498.
7. G. K. Robinson, “Improving Taguchi’s Packaging of Fractional Factorial Designs”, Journal of Quality Technology, Vol. 25, No.1, January 1993: 1-11.
8. O. Keles, Y. Taptik, O. L. Eryilmaz, M. Urgen y A. F. Fakir, “Optimization of Arc-PVD Tin Coating Process Parameters by Taguchi Technique”, Quality Engineering, Vol. 12, No.1, 1999-2000: 29-36.
9. Philip J. Ross, *Taguchi Techniques for Quality Engineering, Second Ed.*, McGraw Hill 1996.
10. Mahesh Lunani, Vijayan N. Nair and Gary Wasserman, “Graphical Methods for Robust Design with Dynamic Characteristics”, Journal of Quality Technology, Vol. 29, No. 3, July 1997: 327-338.
11. Gary Wasserman, “The Use of Energy-Related Characteristics in Robust Product Design”, Quality Engineering, Vol. 10, No.2, 1997-98: 213-222.
12. James O. Wilkins Jr., “Putting Taguchi Methods to Work to Solve Design Flaws”, Quality Progress, Vol. 33, No. 5, May 2000: 55-59.
13. Lloyd W. Condra, *Reliability Improvement with Design of Experiments, Second Ed.*, Marcel Dekker 2001.
14. Ranjit K. Roy, *Design of Experiments Using the Taguchi Approach*, Wiley-Interscience 2001.
15. John Cesarone, “The Power of Taguchi”, IIE Solutions, Vol. 34, No. 11, November 2001: 36-40.
16. Kimball E. Bullington, James N. Hool and Saeed Maghsoodloo, “A Simple Method for Obtaining Resolution IV Designs for Use with Taguchi’s Orthogonal Arrays”, Journal of Quality Technology, Vol. 22, No. 4, October 1990: 260-264.
17. Saeed Maghsoodloo, “The Exact Relation of Taguchi’s Signal-to- Noise Ratio to His Quality Loss Function”, Journal of Quality Technology, Vol. 22, No. 1, January 1990: 57-67.
18. D. X. Sun and C.F.J. Wu, “Interaction Graphs for Three-Level Fractional Factorial Designs”, Journal of Quality Technology, Vol. 26, No. 4, October 1994: 297-307.
19. Raghu N. Kacker and Kwok-Leung Tsui, “Interaction Graphs: Graphical Aids for Planning Experiments”, Journal of Quality Technology, Vol. 22, No. 1, January 1990: 1-14.
20. Genichi Taguchi, Subir Chowdhury and Yuin Wu, *Taguchi’s Quality Engineering Handbook*, Wiley-Interscience 2004.
21. Chao-Ton Su, Chih-Ming Hsu and Dirac Liao, “Improving the Tap Coupler Optical Performance in the Fused Process by the Taguchi Method”, Quality Engineering, Vol. 14, No. 4, 2002: 553-561.
22. Mohd Muzammil, Prem Pal Singh and Faisal Talib, “Optimization of Gear Blank Casting Process by Using Taguchi’s Robust Design Technique”, Quality Engineering, Vol. 15, No. 3, 2003: 351-359.
23. Hee Seong Sohn and Tae Won Park, “Process Optimization for the Improvement of Brake Noise: A Case Study”, Quality Engineering, Vol. 18, No. 2, April-June 2006: 131-144.
24. Ling-Yau Chan, Chang-Xing Ma and T. N. Goh, “Orthogonal Arrays for Experiments with Lean Designs”, Journal of Quality Technology, Vol. 35, No.2, April 2003: 123-138.

25. Balderas, David y Jorge Ledesma, “El arreglo ortogonal L_4 , su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{3-1} y sus alternativas de uso”, *TecnolIntelecto*, Vol. 8(1), 2011: 35-43.
26. Balderas, David, “El arreglo ortogonal L_{16} y su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{k-p} ”, *TecnolIntelecto*, Vol. 9(2), 2012: 39-46.
27. Balderas, David, “Las gráficas lineales del arreglo ortogonal L_{16} , algunas consideraciones y sus alternativas de uso”, *Crónica Naranja* Diciembre 2012: 26-32.
28. C. F. Jeff Wu and Michael Hamada, *Experiments: Planning, Analysis and Parameter Design Optimization*, Wiley 2000.
29. Douglas C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 6th. Ed. Wiley 2004.
30. Thomas P. Ryan, *Modern Experimental Design*, Wiley-Interscience 2007.
31. Thomas B. Barker, *Engineering Quality by Design*, Marcel Dekker 1990.
32. Charles R. Hicks and Kenneth V. Turner, *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*, Oxford University Press 1999.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL DERIVADO DEL ARREGLO ORTOGONAL L9 Y EL CORRESPONDIENTE DISEÑO FACTORIAL 3^2

D. A. Balderas Puga^{1*}

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico y Escobedo s/n,
C.P. 76000, Querétaro, Qro., México

*billdavito@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Este artículo expone algunos resultados del proyecto “El arreglo ortogonal L9 y su relación con los diseños factoriales completos 2^k y fraccionados 2^{k-p} ”. El proyecto muestra el análisis de la estructura del arreglo ortogonal L9 como herramienta para la ejecución de experimentos y su relación con los diseños factoriales completos y fraccionados. El artículo expone el análisis estadístico de un caso específico vía arreglos ortogonales y el proceso típico de los diseños 3^k .

Palabras clave: Arreglos ortogonales, análisis estadístico, diseños factoriales.

Abstract

This paper shows some results from the project “The orthogonal array L9 and their relationship with the 2^k factorial designs and 2^{k-p} fractional factorial designs”. The project shows the structure analysis of orthogonal array L9 as a tool for the experiments execution and their relationship with the factorial designs and fractional factorial designs. This paper presents the statistical analysis about a specific case through orthogonal arrays and the typical process about designs 3^k .

Introducción

En los últimos 20 años la American Society of Quality (ASQ) a través de las revistas Quality Engineering [8,11, 21-23], Journal of Quality Technology [7,10,16,17,19,24] y Quality Progress [3,5,12], ha publicado información abundante sobre los arreglos ortogonales de Taguchi [1,3,4,20], su uso como medio para la experimentación con aplicaciones en diversos contextos y su complemento de las tablas de interacciones y las gráficas lineales para la introducción de interacciones de interés. El Instituto de Ingenieros Industriales IIE [2,15] también ha contribuido en la difusión. Además, algunas editoriales como John Wiley [14,20,28,29,30], Marcel Dekker [13] y McGraw Hill [9] han publicado libros que abordan el enfoque de Taguchi para el diseño experimental.

Sin embargo, no existe suficiente información sobre la generación de dichos arreglos. Además, se piensa que sólo se pueden emplear como alternativa a los diseños factoriales fraccionados 3^{k-p} . En la generación de diseños factoriales fraccionados 3^{k-p} existen uno o varios generadores que permiten producir el diseño ortogonal en función del tamaño de la fracción deseada. Los diseños factoriales completos 3^k y fraccionados 3^{k-p} así como los arreglos ortogonales L9 y L27 son alternativas para la experimentación industrial, pero existe la idea [2] de que los enfoques son antagonistas en lugar de ser complementarios. Pignatiello y colaboradores [6] describen las fortalezas y debilidades de la metodología de Taguchi y proponen algunos elementos para fortalecerla. Robinson [7] brinda dos cambios al paquete de arreglos ortogonales de Taguchi. El primero consiste en introducir las tablas de confusión –bajo la idea de Tsui– como complemento a las tablas de interacciones. El segundo es una modificación de las gráficas lineales de Taguchi en la forma como se dibujan los vértices y las líneas para indicar si los efectos e interacciones correspondientes a esos vértices y líneas están confundidos con otras interacciones de segundo orden. Dichos cambios tienden a motivar el uso de un conjunto diferente de gráficas lineales y en consecuencia hacer uso de diseños de mayor resolución.

Keles y colaboradores [8] muestran la aplicación del arreglo ortogonal L9 para medir varias características de calidad (dureza, espesor del recubrimiento y propiedades de adhesión) en función de tres factores de control (corriente del cátodo, presión del gas y voltaje). Condra [13] emplea los arreglos ortogonales como medio para ilustrar la experimentación en el mejoramiento de la confiabilidad. Utiliza como muestra al arreglo ortogonal L8 en la descripción genérica de un experimento diseñado y lo vuelve a emplear para una comparación breve con un arreglo clásico. El arreglo híbrido L18 ($2^1 3^7$) lo emplea, en el contexto de una característica del tipo menor es mejor, para introducir el uso de la desviación media cuadrada y la razón señal a ruido. Ilustra también el uso de las gráficas lineales para la introducción de interacciones y los métodos para modificar los arreglos ortogonales estándar y producir arreglos híbridos. De igual forma, muestra como se puede obtener el arreglo ortogonal L8 a partir de un diseño factorial completo 2^4 . Finalmente, muestra como se pueden introducir los factores de ruido al emplear arreglos ortogonales cruzados.

Sun and Wu [18] proponen el concepto de gráficas de interacciones como una alternativa a las gráficas lineales de Taguchi y presentan nuevas gráficas para diseños factoriales fraccionados de tres niveles. Kacker and Tsui [19] presentan el concepto de gráficas de interacción como ayuda gráfica para planear experimentos factoriales fraccionados. Muestran un enfoque que permite generar arreglos ortogonales para factores de dos niveles el cual es esencialmente el método occidental que emplea el orden de Yates.

Taguchi y colaboradores [20] en el Manual de Ingeniería de Calidad sólo hacen mención explícita en dos capítulos de los arreglos ortogonales tomando como ejemplo al arreglo L18 y explicando el papel y los tipos de arreglos ortogonales. De igual forma proporcionan una breve explicación de la adaptación de las gráficas lineales y la modificación de los arreglos ortogonales. Además en la sección 2 incluye 66 casos de aplicaciones químicas, eléctricas y mecánicas con uso de diversos arreglos ortogonales. Su y colaboradores [21] muestran como se emplea el arreglo ortogonal híbrido L18 ($2^1 3^7$) para estudiar los efectos de seis factores de control sobre seis respuestas de interés. Muzammil y colaboradores [22] muestran como se emplea el arreglo ortogonal híbrido L18 ($2^1 3^7$) y la razón señal a ruido en un estudio que muestra la optimización de un proceso de fundición para disminuir la presencia de defectos.

Balderas y Ledesma [25] muestran los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal L4 y la metodología que se utilizó para el estudio del arreglo ortogonal L16. Los resultados de tal análisis que incluyen al arreglo ortogonal L8 se muestran en el reporte final del proyecto de investigación –ya concluido- en el SNET con registro QRO-MII-2010-102. Balderas [26,27] muestra algunos de los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal L16. Los resultados de tal análisis se muestran en el reporte final del proyecto de investigación –ya concluido- en el SNET con registro QRO-MII-2011-103.

Wu y Hamada [28] abordan la construcción y propiedades de los diseños 3^k y 3^{k-p} así como algunas aplicaciones del arreglo ortogonal L27. Barker [31] explica de forma especial la estructura de los arreglos ortogonales L9, L27 y el uso de sus respectivas tablas de interacciones y gráficas lineales. Hicks y Turner [32] muestran una aplicación del arreglo ortogonal L9 y su análisis numérico a través del algoritmo de Yates.

Metodología

En general, se empleó un análisis comparativo de la estructura del arreglo ortogonal L9 con el método de generación occidental de diseños factoriales fraccionados 3^{k-p} basado en la descomposición de la interacción en sus componentes de dos grados de libertad.

En particular, acciones fundamentales fueron:

- Generar diseños experimentales fraccionados con el mismo número de columnas que el arreglo ortogonal L9 con la ayuda de una hoja de cálculo de Excel, para determinar la equivalencia entre ellos a través de los generadores respectivos y la comparación de columnas y renglones de ambas matrices de diseño.
- Proponer usos diversos del arreglo ortogonal L9 para que sean equivalentes a los diseños factoriales completos 3^k o fraccionados 3^{k-p} .
- Proponer otro tipo de diseños experimentales que pueden derivarse del arreglo ortogonal L9.
- Emplear el respaldo computacional de Excel y MINITAB para mostrar la equivalencia de resultados por ambos enfoques en conjuntos de datos previamente publicados.

- Adaptar escenarios previamente publicados para mostrar la igualdad de los enfoques.

Resultados y discusión

Escenario Experimental En un experimento para mejorar las fugas de una válvula de control de chispas, la tapa final de la válvula debe tener aire comprimido y soportar una fuerza de activación de 40libras. Sin embargo, se piensa que una fuerza mayor, como de 110 libras, es necesaria para prevenir las fugas. En cada corrida del arreglo ortogonal L9 se midió la fuerza de activación de cinco válvulas. Los factores fueron: A, tiempo de soldado (0.3, 0.5 y 0.7 segundos) y B, presión (15, 20 y 25 psi). El arreglo ortogonal empleado con la asignación de los factores y la fuerza de activación obtenida en cada una de las 9 corridas se muestra a continuación.

Exp. No.	A	B	AB	AB	Fuerza de activación					Suma
					1	2	3	4	5	
1	1	1	1	1	121.7	118.1	119.7	97.8	98.2	555.5
2	1	2	2	2	131.4	119.5	136.4	139.9	128	655.2
3	1	3	3	3	71	73	41.4	79.5	62.2	327.1
4	2	1	2	3	19.8	130.6	119.4	116.7	131	517.5
5	2	2	3	1	67.2	47.3	25.6	37.2	57.3	234.6
6	2	3	1	2	142	98.7	97.6	128.7	101.6	568.6
7	3	1	3	2	56.2	67.8	115.5	64.2	58.9	362.6
8	3	2	1	3	169	174.9	115.1	108.5	137.8	705.3
9	3	3	2	1	177.2	121.8	112.9	124.8	134.3	671

El análisis estadístico con Excel produce:

Totales por nivel	A	B	AB	AB
N1	1537.8	1435.6	1829.4	1461.1
N2	1320.7	1595.1	1843.7	1586.4
N3	1738.9	1566.7	924.3	1549.9
Promedios por nivel				
P1	102.52	95.7066667	121.96	97.4066667
P2	88.0466667	106.34	122.913333	105.76
P3	115.926667	104.446667	61.62	103.326667
Sumas de cuadrados				
	5832.55244	965.200444	36993.4858	553.728444

Suma total de cuadrados = ST =	66301.5631
Suma total para el error Secundario = ST1 =	44344.9671
Suma de cuadrados del error Secundario = Se2=	21956.596
Suma de cuadrados del error Primario = Se1 =	0.00

La tabla anterior muestra el procesamiento de los totales por nivel de cada columna, los promedios de cada columna, la suma de cuadrados de cada columna, la suma total de cuadrados y la suma de cuadrados del error.

ANOVA

Fuente	f	S	%	V=S/f	F	valor p
A	2	5832.55244	8.79700594	2916.27622	4.78152187	0.01440177 *
B	2	965.200444	1.45577329	482.600222	0.79127056	0.46099315
AB	4	37547.2142	56.6309638	9386.80356	15.3905882	1.98775E-07 **
e1	0	0				
e2	36	21956.596	33.1162569	609.905444		
T	44	66301.5631	100			

**significativo al 5 y al 1%. *significativos al 5%.

El análisis de varianza indica que sólo el factor A y la interacción AB resultan significativos.

Del diseño equivalente 3^2 con $n = 5$ réplicas, la solución generada por Minitab a través de Anova Balanceada produce.

Factorial Design					
General Factorial Design					
Factors:	2	Factor Levels: 3, 3			
Runs:	45	Replicates: 5			
ANOVA: Fuerza versus A, B					
Factor	Type	Levels	Values		
A	fixed	3	0.3	0.5	0.7
B	fixed	3	15	20	25
Analysis of Variance for Fuerza					
Source	DF	SS	MS	F	P
A	2	5832.6	2916.3	4.78	0.014
B	2	965.2	482.6	0.79	0.461
A*B	4	37547.2	9386.8	15.39	0.000
Error	36	21956.6	609.9		
Total	44	66301.6			

La solución es idéntica a la antes obtenida por medio de Excel.

Aunque los componentes de 2 grados de libertad I y J de Yates (AB y AB^2) de la interacción AB no tienen una interpretación práctica, se puede señalar que la columna 3 del arreglo ortogonal corresponde al componente AB y la columna 4 al componente AB^2 . Entonces, el ANOVA se puede mostrar de forma alterna para determinar la significancia de cada componente.

ANOVA						
Fuente	f	S	%	V=S/f	F	valor p
A	2	5832.55244	8.79700594	2916.27622	4.78152187	0.01440177 *
B	2	965.200444	1.45577329	482.600222	0.79127056	0.46099315
AB	2	36993.4858	55.7957973	18496.7429	30.3272303	1.9031E-08 **
AB^2	2	553.728444	0.8351665	276.864222	0.45394614	0.6387025
e1	0	0				
e2	36	21956.596	33.1162569	609.905444		
T	44	66301.5631	100			

Así, la información complementaria que se obtiene es que el componente de la interacción que más influencia tiene es AB.

La obtención directa de los componentes I y J a partir del arreglo ortogonal es equivalente al procedimiento tradicional [29] como se muestra a continuación.

		B			
A	AB Totales	924.3	1829.4	1843.7	
	555.5	655.2	327.1	555.5	655.2
	517.5	234.6	568.6	517.5	234.6
	362.6	705.3	671	362.6	705.3
	AB^2 Totales	1461.1	1586.4	1549.9	

SSAB	36993.4858	I(AB)
SSAB ²	553.728444	J(AB)
SSAB= I(AB) +J(AB)		37547.2142

Ya que los dos factores son cuantitativos la descomposición de sumas de cuadrados en componentes de un grado de libertad es muy útil para efectos de construir un modelo que prediga la respuesta en función de los efectos factoriales significativos. Tal descomposición se realiza mediante el Algoritmo de Yates y se muestra en seguida.

ALGORITMO DE YATES

Combinación de niveles de los factores	Respuesta	(1)	(2)	Efecto	Divisor	SS
00	555.5	1435.6	4597.4	---	---	---
10	517.5	1595.1	201.1	AL	30	1348.04033
20	362.6	1566.7	635.3	AQ	90	4484.51211
01	655.2	-192.9	131.1	BL	30	572.907
11	234.6	50.1	536.8	ALBL	20	14407.712
21	705.3	343.9	-22.2	AQBL	60	8.214
02	327.1	-116.9	-187.9	BQ	90	392.293444
12	568.6	891.3	50.8	ALBQ	60	43.0106667
22	671	-139.1	-2038.6	AQBQ	180	23088.2776

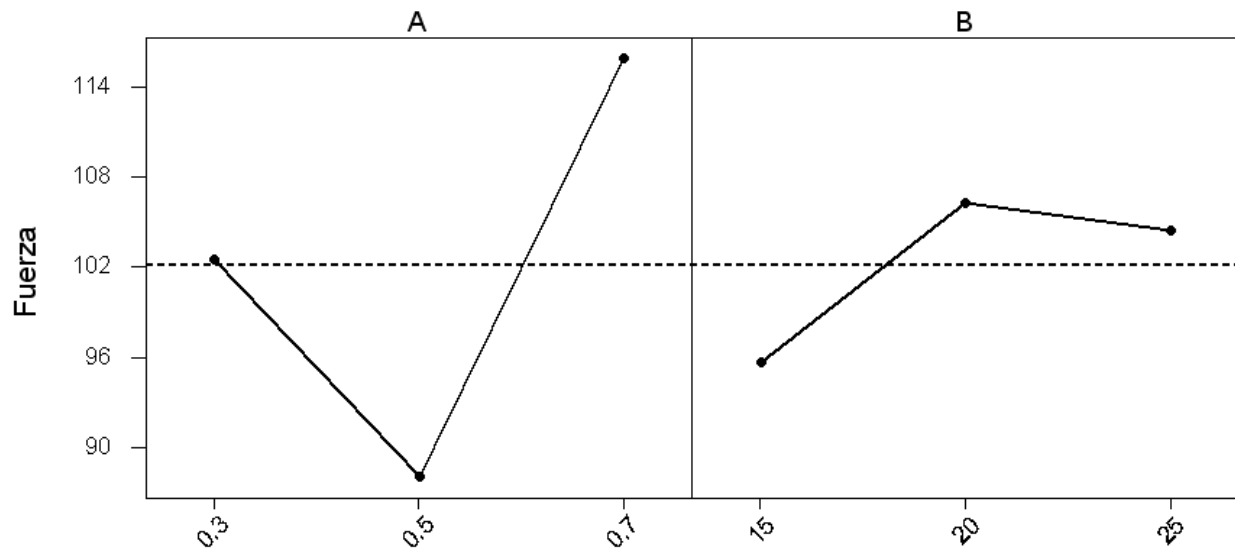
El Anova extendido es en consecuencia.

ANOVA

Fuente de variación	SS	gdl	MS	F	valor p
Tiempo de soldado A	5832.55244	2	2916.27622	4.78152187	0.01440177 *
AL	1348.04033	1	1348.04033	2.21024479	0.14580343
AQ	4484.51211	1	4484.51211	7.35279895	0.01019874 *
Presión B	965.200444	2	482.600222	0.79127056	0.46099315
BL	572.907	1	572.907	0.93933741	0.33891511
BQ	392.293444	1	392.293444	0.64320371	0.42781561
Interacción AB	37547.2142	4	9386.80356	15.3905882	1.9875E-07 **
ALBL	14407.712	1	14407.712	23.6228618	2.3005E-05 **
ALBQ	43.0106667	1	43.0106667	0.07052022	0.7920957
AQBL	8.214	1	8.214	0.01346766	0.90825767
AQBQ	23088.2776	1	23088.2776	37.8555033	4.3467E-07 **
Error	21956.596	36	609.905444		
Total	66301.5631	44			

**significativo al 5 y al 1%. *significativos al 5%.

En la declaración del tiempo de soldado como factor significativo, el efecto cuadrático tiene mayor influencia que el efecto lineal. De hecho, el efecto lineal del factor A es el promedio en el nivel 3 menos el promedio en el nivel 1, $115.926667 - 102.52 = 13.4066667$ y el efecto de segundo orden es la suma de los promedios en los niveles 1 y 3 menos el doble del promedio en el nivel 2, $115.926667 + 102.52 - 2(88.0466667) = 42.3533333$. La magnitud del efecto de segundo orden es mayor y es el único que resulta significativo. De forma intuitiva, la gráfica de efectos principales insinúa esta situación.



Conclusiones

Se ha mostrado como a partir de la estructura del arreglo ortogonal L9 se analiza una situación experimental particular a través del proceso analítico correspondiente con ayuda de Excel y se comparan los resultados obtenidos con el diseño equivalente 3^2 generado en Minitab y analizado estadísticamente por medio del Análisis de Varianza balanceado. De igual forma se ha mostrado que las columnas 3 y 4 del arreglo ortogonal L9 corresponden a los componentes de Yates de dos grados de libertad y su determinación analítica coincide con el método tradicional. Finalmente, ya que los factores son cuantitativos se ha efectuado la descomposición correspondiente por el Algoritmo de Yates para determinar la significancia del efecto lineal y cuadrático de cada factor.

Referencias

1. Yuin Wu, *Orthogonal Arrays and Linear Graphs*, American Supplier Institute 1986.
2. Joseph J. Pignatiello, Jr., "An Overview of the Strategy and Tactics of Taguchi", IIE Transactions, Vol. 20, No. 3, September 1988: 247-253.
3. Paul K. H. Lin, Lawrence P. Sullivan and Genichi Taguchi, "Using Taguchi Methods in Quality Engineering", Quality Progress, Vol. 23, No.9, September 1990: 55-59.
4. Ranjit Roy, *A Primer on the Taguchi Method*, Van Nostrand Reinhold 1990.
5. Ron S. Kenett and Brian M. Vogel, "Going Beyond Main-Effect Plots", Quality Progress, Vol. 23, No. 2, February 1991: 71-73.
6. John S. Ramberg, Joseph J. Pignatiello, Jr. And Susan M. Sanchez, "A Critique and Enhancement of the Taguchi Method", ASQC 46th Annual Quality Congress Proceedings 1992, 491-498.
7. G. K. Robinson, "Improving Taguchi's Packaging of Fractional Factorial Designs", Journal of Quality Technology, Vol. 25, No.1, January 1993: 1-11.
8. O. Keles, Y. Taptik, O. L. Erylmaz, M. Urgan y A. F. Fakir, "Optimization of Arc-PVD Tin Coating Process Parameters by Taguchi Technique", Quality Engineering, Vol. 12, No.1, 1999-2000: 29-36.
9. Philip J. Ross, *Taguchi Techniques for Quality Engineering, Second Ed.*, McGraw Hill 1996.
10. Mahesh Lunani, Vijayan N. Nair and Gary Wasserman, "Graphical Methods for Robust Design with Dynamic Characteristics", Journal of Quality Technology, Vol. 29, No. 3, July 1997: 327-338.
11. Gary Wasserman, "The Use of Energy-Related Characteristics in Robust Product Design", Quality Engineering, Vol. 10, No.2, 1997-98: 213-222.

12. James O. Wilkins Jr., “Putting Taguchi Methods to Work to Solve Design Flaws”, Quality Progress, Vol. 33, No. 5, May 2000: 55-59.
13. Lloyd W. Condra, *Reliability Improvement with Design of Experiments, Second Ed.*, Marcel Dekker 2001.
14. Ranjit K. Roy, *Design of Experiments Using the Taguchi Approach*, Wiley-Interscience 2001.
15. John Cesarone, “The Power of Taguchi”, IIE Solutions, Vol. 34, No. 11, November 2001: 36-40.
16. Kimball E. Bullington, James N. Hool and Saeed Maghsoodloo, “A Simple Method for Obtaining Resolution IV Designs for Use with Taguchi’s Orthogonal Arrays”, Journal of Quality Technology, Vol. 22, No. 4, October 1990: 260-264.
17. Saeed Maghsoodloo, “The Exact Relation of Taguchi’s Signal-to- Noise Ratio to His Quality Loss Function”, Journal of Quality Technology, Vol. 22, No. 1, January 1990: 57-67.
18. D. X. Sun and C.F.J. Wu, “Interaction Graphs for Three-Level Fractional Factorial Designs”, Journal of Quality Technology, Vol. 26, No. 4, October 1994: 297-307.
19. Raghu N. Kacker and Kwok-Leung Tsui, “Interaction Graphs: Graphical Aids for Planning Experiments”, Journal of Quality Technology, Vol. 22, No. 1, January 1990: 1-14.
20. Genichi Taguchi, Subir Chowdhury and Yuin Wu, *Taguchi’s Quality Engineering Handbook*, Wiley-Interscience 2004.
21. Chao-Ton Su, Chih-Ming Hsu and Dirac Liao, “Improving the Tap Coupler Optical Performance in the Fused Process by the Taguchi Method”, Quality Engineering, Vol. 14, No. 4, 2002: 553-561.
22. Mohd Muzammil, Prem Pal Singh and Faisal Talib, “Optimization of Gear Blank Casting Process by Using Taguchi’s Robust Design Technique”, Quality Engineering, Vol. 15, No. 3, 2003: 351-359.
23. Hee Seong Sohn and Tae Won Park, “Process Optimization for the Improvement of Brake Noise: A Case Study”, Quality Engineering, Vol. 18, No. 2, April-June 2006: 131-144.
24. Ling-Yau Chan, Chang-Xing Ma and T. N. Goh, “Orthogonal Arrays for Experiments with Lean Designs”, Journal of Quality Technology, Vol. 35, No.2, April 2003: 123-138.
25. Balderas, David y Jorge Ledesma, “El arreglo ortogonal L_4 , su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{3-1} y sus alternativas de uso”, TecnolIntelecto, Vol. 8(1), 2011: 35-43.
26. Balderas, David, “El arreglo ortogonal L_{16} y su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{k-p_n} ”, TecnolIntelecto, Vol. 9(2), 2012: 39-46.
27. Balderas, David, “Las gráficas lineales del arreglo ortogonal L_{16} , algunas consideraciones y sus alternativas de uso”, Crónica Naranja Diciembre 2012: 26-32.
28. C. F. Jeff Wu and Michael Hamada, *Experiments: Planning, Analysis and Parameter Design Optimization*, Wiley 2000.
29. Douglas C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 6th. Ed. Wiley 2004.
30. Thomas P. Ryan, *Modern Experimental Design*, Wiley-Interscience 2007.
31. Thomas B. Barker, *Engineering Quality by Design*, Marcel Dekker 1990.
32. Charles R. Hicks and Kenneth V. Turner, *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*, Oxford University Press 1999.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Optimización del Área de Intercambio de Calor de un Tubo y Coraza Utilizando Diseño de Experimentos

J. M. Medina Flores^{1*}, R. Alvarado Almanza², H. H. Rodríguez Santoyo¹,
J. J. Pacheco Ibarra³, C. Rubio Maya³

¹Ingeniería en Energí, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte s/n comunidad Juan Alonso, C.P. 38483, Cortázar, Gto., México

²Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte s/n comunidad Juan Alonso, C.P. 38483, Cortázar, Gto., México

³Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 58030, Morelia, Michoacán, México

*jmedina@upgto.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En el presente trabajo se hace uso del diseño de experimentos para minimizar el área de transferencia de calor en el diseño térmico de un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza. Se considera en el proceso de optimización cinco factores, los cuales son: tipo de cabezal, arreglo de tubos, número de pasos, largo de los tubos y corte de baffle, cada uno con dos niveles de evaluación. La metodología se aplica a un problema de diseño térmico de un intercambiador de calor tomado de la literatura abierta, los resultados muestran que tanto el tipo de cabezal como el arreglo de tubos no son estadísticamente significativos para el diseño del intercambiador mientras que los restantes afectan significativamente a la característica de calidad, es decir, al área de transferencia de calor. Se obtiene una reducción del 26.33% en el área con respecto del diseño tomado de la literatura abierta.

Palabras clave: Intercambiadores de Calor, Diseño de Experimentos, Optimización, Simulación.

Abstract

This work makes use of experimental design to minimize heat transfer area in the thermal design of a heat exchanger shell and tube type. It is considered in the optimization process five factors, which are: head type, tube arrangements, tube-side passes, length of tubes and baffle cut, each one with two levels of analysis. The methodology is applied to a problem of thermal design of a heat exchanger taken from the open literature, the results show that both the type of head as the tube arrangements are not statistically significant for the design of the heat exchanger while the rest of the factors have a significantly statistically effect on the quality characteristic, that is, on the heat transfer area. It is obtained a reduction in the heat transfer area of the 26.33% regarding the design taken from the open literature.

Introducción

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, uno frío y otro caliente, los cuales se encuentran en contacto directo o separados por una barrera. El tipo de intercambiador más común en la industria es el de tubo y coraza, este tipo de intercambiador consiste en un haz de tubos, por donde se hace pasar una corriente de intercambio, los cuales se introducen dentro de una coraza en cuyo interior se hace circular la otra corriente de intercambio de calor. Las partes esenciales de este tipo de intercambiador son: la coraza equipada con una entrada y una salida, dos cabezales y los baffles sujetos a la coraza para sostener el haz de tubos como se muestra en la Figura 1.

Debido a que es un dispositivo esencial en la industria de procesos, este tipo de intercambiador se encuentra en constante investigación para tratar de reducir el costo de su manufactura. Uno de los principales parámetros que afectan el costo es el área de transferencia de calor y a lo largo de la historia se han llevado a cabo esfuerzos para tratar de minimizar esta variable satisfaciendo el requerimiento de intercambio de calor establecido por el

proceso. En la literatura abierta, existen procedimientos basados en relaciones heurísticas y de conceptos termodinámicos que minimizan el área de transferencia de calor [Guo y col., 2009; Jegede y Polley, 1992; Polley y col., 1991; Sahin y col., 2010; Serna y Jiménez, 2004], así como procedimientos matemáticos basados en lenguajes de programación matemática como son: algoritmos genéticos, programación mixta entera no lineal, estrategias de evolución diferencial, "Jumping Gene", "Particle Swarn", análisis de sensibilidad global y algoritmo de búsqueda armónica, "Constructal Theory", entre otros [Agarwal y Gupta, 2008; Babu y Munawar, 2007; Caputo y col., 2008; Costa y Queiroz, 2007; Fesanghary y col., 2009; Patel y Rao, 2010; Ponce-Ortega y col., 2009; Ravagnani, y Caballero, 2007; Sanaye y Hajabdollahi, 2010; Selbas y col., 2006; Vahdat y Amidpour, 2011].

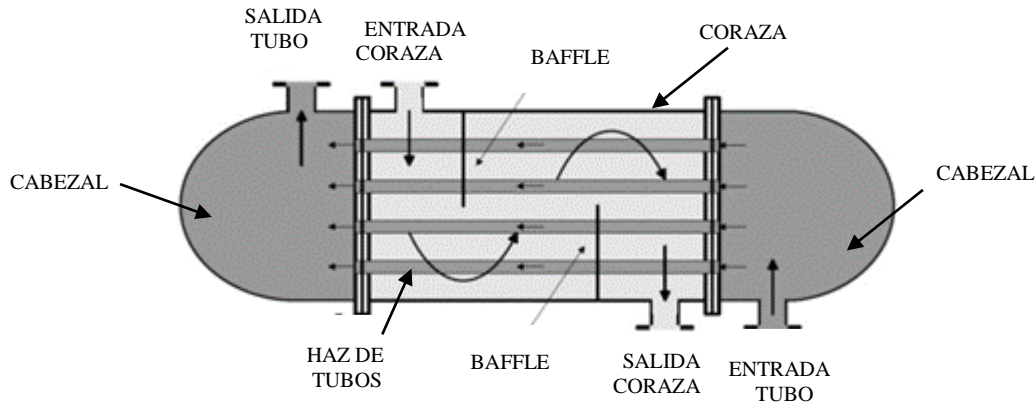


Figura 1. Intercambiador de Calor del Tipo Tubo y Coraza.

En este trabajo se hace uso de una herramienta estadística conocida como diseño de experimentos, la cual conduce a la optimización (minimizar) del área de transferencia de calor de un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza. Los diferentes experimentos se llevan a cabo utilizando un modelo de diseño termo-hidráulico basado en el método de Bell-Delaware, el cual se implementa en el Software "Engineering Equation Solver" (EES®). Se selecciona un caso de estudio de la literatura abierta como base para los diferentes dimensionamientos del intercambiador y se compara el resultado de la optimización obteniéndose un área de transferencia de calor menor a la del caso de estudio.

Metodología

Para llevar a cabo el diseño de experimentos se consideran cinco factores y dos niveles de experimentación, los factores considerados son: Tipo de Cabezal, Arreglo de Tubos, Número de Pasos, Largo de los Tubos y Corte de Baffle, la variable de respuesta es el Área de Intercambio de Calor. Se desarrolla un diseño de experimentos (DOE) completo 2^K con el fin de observar la influencia de los factores sobre la variable de respuesta, donde el exponente K representa el número de factores considerados [Montgomery, 2010]. Por lo tanto, se llevan a cabo treinta y dos experimentos con una sola réplica debido a que los valores de área que se obtienen utilizando el programa de simulación implementado en el software "Engineering Equation Solver" (EES) no tienen variabilidad debido a que se obtienen de un sistema de ecuaciones matemáticas, esto significa que podemos repetir n veces un mismo experimento y la variable de respuesta será la misma. La Tabla 1 muestra los factores y sus correspondientes niveles de experimentación [Mizutani y col., 2003], la Tabla 2 presenta la matriz de experimentación (treinta y dos experimentos) con su respectivo valor de área correspondiente.

Tabla 1. Factores y sus correspondientes niveles de experimentación.

Factor	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Tipo de Cabezal (U)	NA	"Fixed and U-tube"	"Split-ring floating head"
Arreglo de Tubos (V)	NA	Cuadrado	Triangular
Número de Pasos (W)	NA	2	4
Largo de los Tubos (X)	Metros	1.83	4.88
Corte de Baffle (Z)	Porcentaje	25	45

Tabla 2. Matriz de experimentación con cinco factores.

Experimento	Tipo de Cabezal	Arreglo de Tubos	Número de Pasos	Largo de los Tubos [m]	Corte de Baffle [%]	Área [m ²]
1	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	2	4.88	25	169.5
2	FIXED - U TUBE	CUADRADO	4	4.88	45	193.1
3	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	4	4.88	45	196.5
4	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	2	4.88	25	171.7
5	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	4	1.83	45	406.4
6	FIXED - U TUBE	CUADRADO	4	1.83	45	402.6
7	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	4	4.88	45	200.4
8	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	2	4.88	45	219.6
9	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	4	1.83	25	271.3
10	FIXED - U TUBE	CUADRADO	2	1.83	25	358.2
11	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	2	1.83	45	539.3
12	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	2	4.88	25	164.7
13	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	2	1.83	45	521.2
14	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	2	1.83	45	529.8
15	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	2	1.83	25	370.0
16	FIXED - U TUBE	CUADRADO	2	4.88	25	167.0

Continuación Tabla 2. Matriz de experimentación con cinco factores.

Experimento	Tipo de Cabezal	Arreglo de Tubos	Número de Pasos	Largo de los Tubos [m]	Corte de Baffle [%]	Área [m ²]
17	FIXED - U TUBE	CUADRADO	4	4.88	25	151.6
18	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	2	4.88	45	216.9
19	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	4	1.83	25	285.1
20	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	4	4.88	25	148.8
21	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	4	4.88	25	151.6
22	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	2	1.83	25	367.6
23	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	2	4.88	45	208.8
24	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	2	1.83	25	360.0
25	FIXED - U TUBE	CUADRADO	4	1.83	25	277.3
26	FIXED - U TUBE	CUADRADO	2	4.88	45	211.9
27	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	4	1.83	45	391.8
28	FIXED - U TUBE	CUADRADO	2	1.83	45	513.3
29	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	4	1.83	25	279.2
30	SPLIT-RING FLOATING HEAD	TRIANGULAR	4	4.88	25	153.2
31	SPLIT-RING FLOATING HEAD	CUADRADO	4	1.83	45	416.9
32	FIXED - U TUBE	TRIANGULAR	4	4.88	45	188.9

Resultados y discusión

Utilizando el software MINITAB junto con los datos de la Tabla 2 se obtiene una gráfica (Figura 2) que muestra los efectos principales de todos los factores de interés sobre la variable de estudio. Se aprecia que los factores “*Tipo de Cabezal*” y “*Arreglo de Tubos*” tienen una nula influencia sobre el área de intercambio de calor debido a que no existe un cambio significativo en su pendiente, estos factores pueden no ser considerados en el análisis quedando por evaluar la influencia de tres factores en lugar de cinco que se tenían en un inicio. La Tabla 3 muestra el análisis de Varianza (ANOVA) asociado con la prueba F para cada una de las fuentes de variación, el valor del estadístico p mayor a 0.05 [Montgomery y Runger, 1996] indica los factores que no tienen o tienen poca influencia significativa en la variable de respuesta desde un punto de vista estadístico; por lo tanto, al igual que los resultados mostrados en la Figura 2, los factores que pueden no ser considerados en el diseño termo-hidráulico de un intercambiador de calor y que a su vez conducen a un proceso de diseño del intercambiador más simple son: “*Tipo de Cabezal*” y “*Arreglo de Tubos*”. La proporción de la variación total que se observa en el experimento atribuido a cada factor se encuentra en la última columna de la Tabla 3, el Largo de los Tubos es el factor más significativo contribuyendo con un porcentaje aproximado del 72%, le sigue el Corte de Baffle con un porcentaje del 14.44% y por último el Número de Pasos con un porcentaje aproximado del 6%. La contribución del error es del 7.3%, el cual es menor comparado con el de los factores “*Largo de los Tubos*” y “*Corte de Baffle*” lo cual implica que no se omitió ningún factor que pueda ser significativo para el estudio, además de que no existió un error en la medición que afecte el resultado descrito anteriormente.

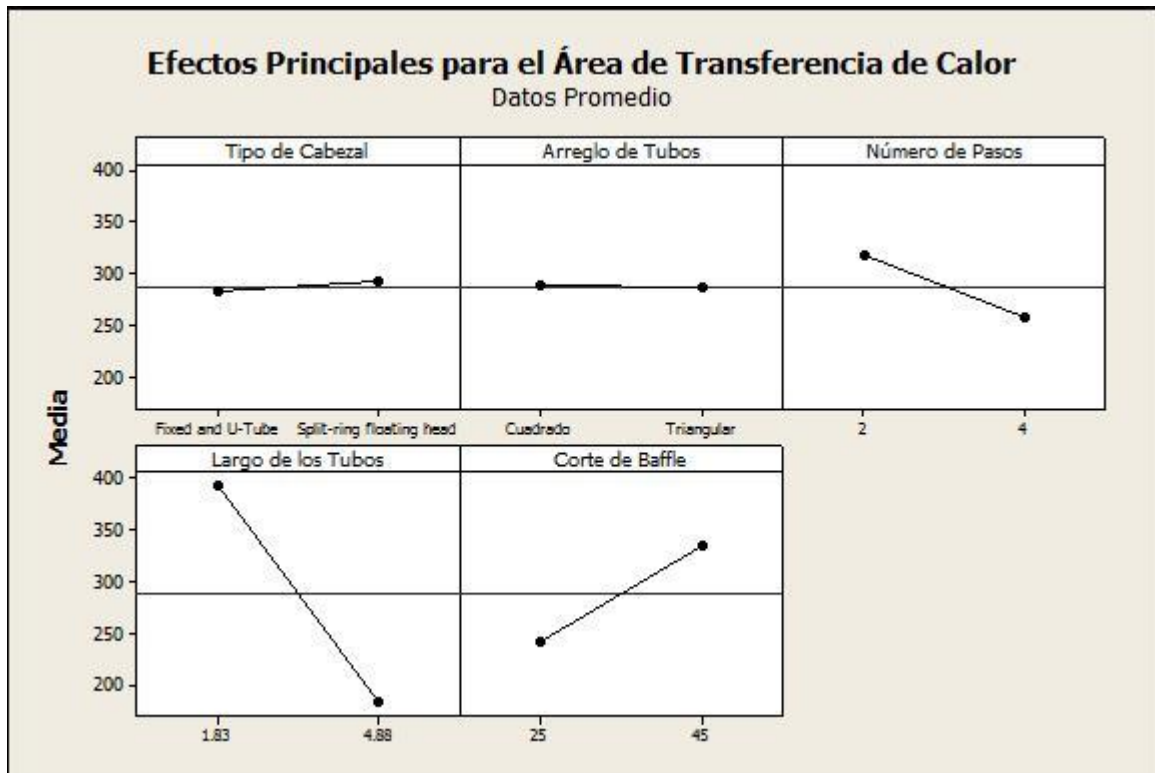


Figura 2. Gráfica de efectos principales para el área de intercambio de calor.

Tabla 3. Análisis de Varianza de los diferentes factores de diseño de intercambio de calor.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Valor P	C (%)
Tipo de Cabezal	641	1	641	0.46	0.502	0.130
Arreglo de Tubos	30	1	30	0.02	0.883	0.006
Número de Pasos	29695	1	29695	21.45	0.000	6.000
Largo de los Tubos [m]	356126	1	356126	257.29	0.000	72.12
Corte de Baffle [%]	71310	1	71310	51.52	0.000	14.44
Error	35988	26	1384	-	-	7.304
Total	493790	31	-	-	-	-

La Tabla 4 muestra los valores promedio de área de intercambio de calor para cada factor en cada uno de los niveles de experimentación. Como se aprecia en la Tabla 4, para el factor “Número de Pasos” el nivel 2 proporciona el área mínima de intercambio de calor, mientras que para el factor “Largo de Tubos” y “Corte de Baffle” los niveles son 2 y 1 respectivamente.

Tabla 4. Valores promedio de área de intercambio de calor para cada factor en cada nivel.

Nivel	Área promedio para el factor Número de Pasos	Área promedio para el factor Largo de Tubos	Área promedio para el factor Corte de Baffle
1	318.09	393.12	240.42
2	257.16	182.13	334.83

La estimación del área de intercambio de calor óptima se obtiene a partir del estudio de los efectos principales (Figura 2 o Tabla 3) que muestran que la condición óptima se encuentra en W2X2Z1. Como regla general se utiliza la Ecuación (1) [Roy, 2010] para determinar la proyección mencionada:

$$Y_{\text{óptima}} = \frac{T}{N} + \left(W2 - \frac{T}{N}\right) + \left(X2 - \frac{T}{N}\right) + \left(Z1 - \frac{T}{N}\right) \quad (1)$$

donde T es la suma total de los resultados del área de transferencia de calor para cada uno de los experimentos, N es el número de experimentos. Por lo tanto; de la Tabla 2, $T = 8909.7$ y $N = 32$. Sustituyendo en la Ecuación (1) se obtiene:

$$Y_{\text{óptima}} = \frac{8909.7}{32} + \left(257.16 - \frac{8909.7}{32}\right) + \left(182.13 - \frac{8909.7}{32}\right) + \left(240.42 - \frac{8909.7}{32}\right) = 122.85m^2$$

El valor de área de $122.85m^2$ es únicamente un punto estimado en base al promedio de los resultados que se obtienen de los diferentes experimentos llevados a cabo. Por lo tanto, debe determinarse un intervalo de confianza máximo y mínimo donde el valor real pueda caer. La Ecuación (2) se utiliza para determinar el intervalo de confianza mencionado.

$$C.I. = \pm \sqrt{\frac{[F(1,n_2)(V_e)]}{N_e}} \quad (2)$$

donde el valor de F se obtiene de tablas estadísticas de puntos porcentuales de la distribución F [Taguchi, y col., 2004], n_2 representa los grados de libertad del error estadístico (se obtiene de la Tabla 5), V_e indica la varianza del error estadístico (se obtiene de la Tabla 5) y N_e indica el número efectivo de repeticiones, el cual se determina a partir de la Ecuación (3):

$$N_e = \frac{\text{Número Total de Experimentos}}{\text{Grados de Libertad de la Media} + \text{Grado de Libertad de todos los factores que afectan la estimación de la media}} \quad (3)$$

La Tabla 5 muestra el resultado del ANOVA considerando únicamente los tres factores que son estadísticamente significativos.

Tabla 5. Análisis de Varianza de los factores significativos del diseño de intercambio de calor.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Valor P
Número de Pasos	29695	1	29695	22.68	0.000
Largo de los Tubos [m]	356126	1	356126	272.01	0.000
Corte de Baffle [%]	71310	1	71310	54.47	0.000
Error	36659	28	1309	-	-
Total	493790	31	-	-	-

Por lo tanto, con un 95% de confianza el intervalo es:

$$C.I. = \pm \sqrt{\frac{[4.2(1309)]}{8}} = \pm 26.21m^2$$

Con un 95% de intervalo de confianza de predecir el valor óptimo del área de intercambio de calor es:

$$96.63m^2 \leq 122.85m^2 \leq 149.06m^2$$

Se realiza un experimento de confirmación con los valores de los niveles seleccionados U1V2W2X2Z1 para verificar que se tiene un mejor diseño que el original, el resultado del experimento es un área de 148.8m². Se aprecia que el valor de área que se obtiene del experimento de confirmación se encuentra dentro de los límites establecidos con anterioridad, por lo que se concluye que los factores con sus niveles seleccionados son los correctos. Por último, la Tabla 6 presenta la evaluación de la característica de calidad comparándola con los datos del caso de estudio seleccionado de la literatura abierta. Se aprecia que existe una reducción en el área de intercambio de calor y por consecuencia en el costo de fabricación del intercambiador de calor de tubo y coraza.

Tabla 6. Resultados del experimento de confirmación para minimizar el área de transferencia de calor.

	Condiciones actuales del diseño del Intercambiador (Mizutani y col., 2003)	Resultado de la optimización utilizando Diseño de Experimentos (corrida de confirmación con el modelo implementado en EES)
Nivel	U1V1W1X2Z1	U1V2W2X2Z1
Área [m ²]	202	148.8
Costo del Intercambiador considerando únicamente el área de transferencia de calor <i>Costo Area = 123A^{0.59} [\$/año]</i>	2826	2353

Trabajo a futuro

La principal limitación se encuentra en el Número de Reynolds de lado de los tubos debido a que valores por debajo de 2300 el flujo se considera laminar y afecta significativamente al área de transferencia de calor. El trabajo puede ser extendido para considerar la caída de presión del lado de los tubos y la coraza debido a que es el otro parámetro que afecta fuertemente el costo de un intercambiador de calor.

Conclusiones

La combinación de herramientas estadísticas como son el diseño de experimentos (DOE) en conjunto con la modelación nos demuestra la posibilidad que se tiene de conducir una optimización antes de proceder a la fabricación de un dispositivo. En este trabajo se obtuvo una reducción en el área de transferencia de calor del orden del 26.33% en comparación con un diseño existente, lo cual implica una reducción en su costo de fabricación. Es importante tomar en cuenta que sólo se analizó el área de transferencia de calor y que debe considerarse evaluar el impacto que se tiene en la caída de presión tanto en los tubos como en la coraza, los cuales también afectan el costo del intercambiador.

Referencias

1. Agarwal, A., Gupta, A., K., *Jumping gene adaptations of NSGA-II and their use in the multi-objective optimal design of shell and tube heat exchangers* (2008), Chemical Engineering Research and Design, **(86)** 123-139.
2. Babu, B., V., Munawar, S., A., *Differential evolution strategies for optimal design of shell-and-tube heat exchangers* (2007), Chemical Engineering Science, **(62)** 3720-3739.

3. Caputo, A., C., Pelagagge, P., M., Salini, P., *Heat exchanger design base on economic optimization* (2008), Applied Thermal Engineering, **(28)** 1151-1159.
4. Costa, A., L., H., Queiroz, E., M., *Design optimization of Shell-and-tube heat exchangers* (2008), Applied Thermal Engineering, **(28)** 1798-1805.
5. Fesanghary, M., Damangir, E., Soleimani, I., *Design Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers using Global Sensitivity Analysis and Harmony Search Algorithm* (2009), Applied Thermal Engineering, **(29)** 1026-1031.
6. Guo, J., Cheng, L., Xu, M., *Optimization Design of Shell-and-Tube Heat Exchanger by Entropy Generation Minimization and Genetic Algorithm* (2009), Applied Thermal Engineering, **(29)** 2954-2960.
7. Jegede, F., O., and Polley, G., T., *Optimum Heat Exchanger Design* (1992), Trans IChemE, **(70)**, Part A 133-141.
8. Mizutani, F., T., Pessoa, F., L., P., Queiroz, E., M., Hauan, S., Grossmann, E., *Mathematical Programming Model for Heat-Exchanger Network Synthesis Including Detailed Heat Exchanger Designs. 1. Shell and Tube Heat Exchangers Design* (2003). Ind. Eng. Chem. Res., **(42)** 4009-4018.
9. Montgomery, D., C., Runger, G. C., *Probabilidad y Estadística* (1996), Primera Edición, McGraw-Hill.
10. Montgomery, D., C., *Diseño y Análisis de Experimentos* (2010), Segunda Edición, Limusa Wiley.
11. Patel, V., K., Rao, R., V., *Design Optimization of Shell and Tube Heat Exchanger Using Particle Swarm Optimization Technique* (2010), Applied Thermal Engineering, **(30)** 1417-1425.
12. Polley, G., T., Panjeh Shahi, M., H., Picón Núñez, M., *Rapid Design Algorithms for Shell-and-Tube and Compact Heat Exchangers* (1991), Trans IChemE, **(69)** Part A 435-444.
13. Ponce-Ortega, J., M., Serna-Gonzalez, M., Jimenez-Gutierrez, A., *Use of Genetic Algorithms for the Optimal Design of Shell and Tube Heat Exchangers* (2009), Applied Thermal Engineering, **(29)** 203-209.
14. Ravagnani, M., A., S., Caballero, J., A., *A MINLP Model for the Rigorous Design of Shell and Tube Heat Exchangers using the TEMA Standards* (2007), Institution of Chemical Engineers, **(85)** 1423-1435.
15. Roy, R., K., *A Primer on the Taguchi Method* (2010), Second Edition, Society of Manufacturing Engineers.
16. Sahin, B., Ust, Y., Teke, I., Erdem, H., H., *Performance Analysis and Optimization of Heat Exchangers: A New Thermo-economic Approach* (2010), Applied Thermal Engineering, **(30)** 104-109.
17. Sanaye, S., Hajabdollahi, H., *Multi-Objective Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers* (2010), Applied Thermal Engineering, **(30)** 1937-1945.
18. Selbas, R., Kizilkan, Ö., Reppich, M., *A New Design Approach for Shell and Tube Heat Exchangers Using Genetic Algorithms from Economic Point of View* (2006), Chemical Engineering and Processing, **(45)** 268-275.
19. Serna, M., Jiménez, A., *An Efficient Method for the Design of Shell and Tube Heat Exchangers* (2004), Heat Transfer Engineering, **(25)** 5-16.
20. Taguchi, G., Chowdhury, S., Wu, Y., *Taguchi's Quality Engineering Handbook* (2004), First Edition, Wiley-Interscience.
21. Vahdat, Azad, A., Amidpour, M., *Economic Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers Based on Constructal Theory* (2011), Energy, **(36)** 1087-1096.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Determinación de causas que afectan las ventas en un almacén rural y su plan de acción

July Verónica Galindo Guerrero^{1*}, Laura Martínez Hernández², David Meza Rojo³

¹ Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba, Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.
july_vgg@hotmail.com

² Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería Industrial, Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.
lau_mtz@yahoo.com.mx

³ Docente de la Universidad del Golfo de México, Rectoría Sur Campus Córdoba, Calle 22 No. 1502. Fracc. Nuevo Córdoba, C.P. Córdoba, Ver.
mrojodavid@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial.

Resumen (máximo 150 palabras)

El almacén Rural Tomatlán está constituido por diferentes departamentos entre los cuales se encuentra el de Ventas, donde se ha observado una disminución grave en ellas. Esto hizo que se buscara analizar y determinar las principales causas para desarrollar un plan de acción para la recuperación en ellas.

El problema se estudió a través de un análisis estadístico descriptivo y la aplicación de herramientas de calidad vistas a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial. Lo anterior permitió que se reforzaran los conocimientos vistos hasta el momento en el aula, así como la resolución de problemas reales que requirieron la integración de diversas herramientas y su interrelación a fin de poder determinar la metodología a emplear y la visión de solución del problema; lo que representa un buen impacto en la formación de los futuros profesionistas.

Palabras clave: *Mercadotecnia, Plan de acción, Herramientas de calidad.*

Abstract(150 words at most)

The rural store of Tomatlan is constituted by different departments among which is the sales, where there has been a severe decrease in them. This will seek to analyze and identify the main causes to develop a plan of action for the recovery in them.

The problem was studied through a descriptive statistical analysis and the application of quality tools views over the career of Industrial Engineering. The foregoing allowed will strengthen the knowledge seen so far in the classroom, as well as the resolution of real problems that required the integration of various tools and their interrelationship in order to determine the methodology to be used and the vision of a solution to the problem; what represents a good impact on the formation of future professionals.

Introducción

Como parte integral de los planes de estudio pertinentes de la carrera de Ingeniería Industrial, se encuentra el desarrollo de la competencia de investigación, con la finalidad de lograrla se contempla la materia de Taller de Investigación II, donde los estudiantes realizan un proyecto a lo largo de semestre, bajo la conducción de un docente. Permitiendo capitalizar los conocimientos de manera real.

Por lo tanto esta investigación tiene varios propósitos para lo cual debe cumplirse con la realización de una metodología concreta, la detección de un área de oportunidad en alguna institución y la propuesta de solución para la misma, de tal forma que se empleen y se demuestren las competencias en este contexto. En ese tenor, la presente investigación es el resultado obtenido en la materia cursada en el Semestre Enero – Julio 2013. Así mismo del seguimiento que se le ha dado.

En este sentido se indaga el estado actual que guardan las ventas del almacén rural de Tomatlan, de manera que se realiza un sondeo para dar a conocer la percepción y sentir tanto de los compradores como de los trabajadores del almacén. Para lo cual se analizan, mediante la investigación de mercado, logrando obtener un plan de acción para implementar la mejora de las ventas y distribución de los productos.

Metodología

Dentro del desarrollo del proyecto, se optó por emplear la metodología mostrada en la siguiente figura. Dicha metodología se definió como parte de las actividades de la materia de Taller de Investigación II, de acuerdo al problema bajo estudio y considerando aportaciones de diversas bibliografías. (Hernández Sampieri, 2006)

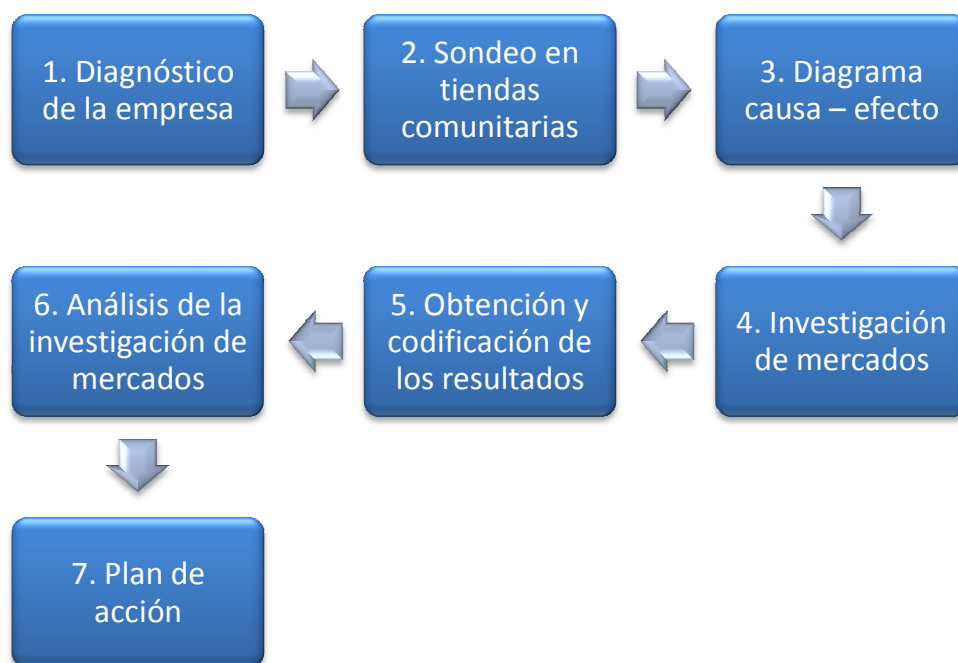


Figura 1. Metodología empleada

La cual fue desarrollada en la materia de Taller de Investigación II, Semestre Enero – Julio 2013

1. Diagnóstico de la empresa.

Mediante entrevista informal no dirigida con la jefa del almacén rural, se detectó que la empresa desconoce los motivos del decremento sustancial en las ventas, de manera general en todas las líneas de productos que se manejan. Además se percibe un ambiente de hostilidad y desconcierto por los malos resultados obtenidos en el periodo actual en comparación con periodos anteriores.

2. Sondeo en tiendas comunitarias.

En las tiendas pertenecientes a este almacén, los encargados especulan sobre la posibilidad del cierre de las mismas. Mediante entrevistas y aplicación de la herramienta de lluvia de ideas, con varios encargados, se determinó esta incertidumbre en el personal.

3. Diagrama Causa-Efecto.

Partiendo de la información recolectada en el punto anterior, se construyó el diagrama de causa y efecto. (Kume, 1985)

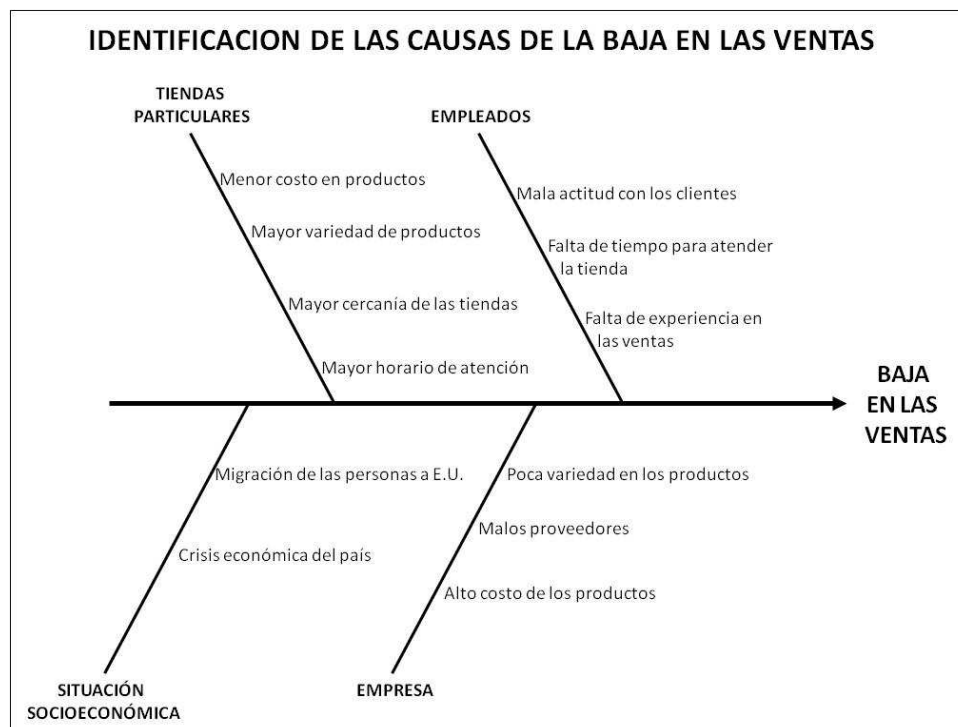


Figura 2. Diagrama de Causa – Efecto para determinas las causas en la baja de las ventas

4. Investigación de Mercados. (Fischer/Espejo, 2004)

Determinación del tipo de Estudio.

Esta investigación es de tipo Descriptivo.

Criterios de Inclusión.

Personas que vivan en el municipio de Tomatlán y zonas aledañas a éste a partir de los 10 años de edad y de todas las clases sociales.

Criterios de Exclusión.

Personas que vivan en el municipio de Tomatlán y zonas aledañas a éste que sean menores de 10 años de edad.

Determinación de la Muestra.

Se consideró Tomatlán, tomando en cuenta los criterios de exclusión, tiene una población de 6,140 elementos, de acuerdo al INEGI (<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30>). Siendo una población finita, es decir, el universo es menor a 500,000 elementos se aplicó la fórmula siguiente. (Walpole / Millers, 1992).

$$n = \frac{\delta^2 N p q}{e^2(N - 1) + \delta^2 p q}$$

Donde:

δ: Nivel de confianza del 95%, buscando el valor en tablas es del	1.96
N: Universo o población	6,140
p: Probabilidad a favor	50%

q: Probabilidad en contra 50%
 e: Error de estimación (precisión de resultados) 5%
 n: Número de elementos (Tamaño de la muestra) ?

$$n = \frac{(1.96)^2 (6,140)(0.5)(0.5)}{((.05)^2(6,140 - 1)) + ((1.96)^2 (0.5)(.05))}$$

$$n = 361.595055$$

Por aproximación, se tendrían 362 elementos para la muestra, dados los recursos disponibles y considerando números cerrados, se decidió que la muestra fuese de 400 elementos.

Técnica de Muestreo.

El muestreo se realizó en cuotas, tomando en cuenta la ciudad, se dividió en un cuadrante (tal como está dividida en sus calles y avenidas) como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadrante	Porcentaje	Elementos de la Muestra
Norte	25%	100
Sur	25%	100
Este	25%	100
Oeste	25%	100
	∑ 100%	∑ 400

Diseño del Instrumento.

El instrumento fue la encuesta, la cual se compuso de 11 preguntas: 4 dicotómicas, 3 de opción múltiple, 2 de Escala Likert y 2 abiertas.

Lugar de aplicación.

El trabajo de campo se realizó de acuerdo a los cuadrantes establecidos, incluyendo las principales comunidades cercanas al almacén Rural Tomatlán, Estado de Veracruz.

5. Obtención y codificación de los Resultados.

De los 400 elementos de la muestra se obtuvo que el 68% de ellos fueron mujeres y el 32% hombres. La edad de los encuestados fue muy diversa, teniendo que el 19% tenían entre 28 y 33 años, así como personas de 46 a 50 años.

De los encuestados, el 72% si acostumbra comprar en las tiendas rurales; de los cuales el 42% compra en la tienda rural tres veces por semana y el 31% realiza compras todos los días; el 27% compra de una a dos veces por semana en la tienda rural.

El 53% desearía que existiera otra tienda rural además de la actual.

Con respecto a los precios, las respuestas más frecuentes fueron: Muy bajos, bajos, accesibles y económicos.

En cuanto a la variedad de productos con los que cuentan las tiendas rurales, el 46% respondió que es buena, el 24% lo considera excelente, el 20% lo evaluó como bueno y el 11% como malo.

En cuanto al uso de las tiendas rurales y el poder realizar siempre sus compras en ellas, el 48% calificó la posibilidad como buena, el 31% la calificó como excelente y el 21% la evaluó como regular.

6. Análisis de la Investigación de Mercados.

Considerando los resultados del muestreo, se hace la proyección a la población total para estimar los mercados meta.

- El 72% de la muestra tomada acostumbra comprar en las tiendas rurales, aplicando este porcentaje al dato de la población, indica que la demanda estimada de las tiendas sería de 4,421 personas.

- El 42% de la muestra tomada que sí consumen en tiendas rurales reporta que lo hacen al menos 3 veces por semana, lo que representa 2,579 personas.
- El 72% de la muestra tomada nos dice que sí han comprado en tiendas rurales pero que les parecen muy retiradas lo que representa 4,421 personas a las que les agrada el establecimiento pero les parece muy lejano.
- El 52% de la muestra tomada considera de que deberían existir más tiendas rurales cerca de su comunidad, lo que representa un mercado meta de 3,193 personas.
- Los precios y la ubicación de la tienda son los factores que tienen mayor impacto en la muestra tomada de la población.

7. Plan de Acción.

La propuesta para aumentar las ventas de la tienda rural es que se debe analizar la apertura de nuevas tiendas en las comunidades aledañas a las ya existentes, además de una promoción en la tienda móvil que se encuentra en el almacén y plantear estrategias para la mejora en las ventas (Czinkota/Kotabe, 2005)

- **¿Qué cambio ocurriría?:** Se llevarían a cabo reuniones con los comités comunitarios de las tiendas para la apertura de nuevos almacenes en zonas de alta y muy alta marginación. A su vez se iniciaría una campaña con la tienda móvil para llegar a todas aquellas personas que no se encuentran cercanas a un almacén establecido.
- **¿Quién lo llevaría a cabo?** Los supervisores operativos del almacén en conjunto con la jefa del mismo, se trabajaría en conjunto para la toma de decisiones adecuadas y el correcto análisis de las comunidades claves para la apertura de nuevos almacenes en ellas y que además cumplan con los requisitos mínimos que el gobierno federal pide para su apertura.
- **¿En qué momento** tendría lugar y por cuánto tiempo?: Los directivos y supervisores del almacén tratarían de llevar a cabo estas acciones dentro de los 3 y 6 meses posteriores a la realización de éste plan.
- **¿Qué recursos** son necesarios para llevar a cabo el plan?: Recursos financieros por parte del gobierno federal, por lo que esta investigación sería expuesta a los directivos pertinentes de la Unidad Operativa Orizaba y la Matriz en Xalapa para posteriormente llegar al Corporativo ubicado en la Ciudad de México y la aprobación de la apertura de nuevos almacenes para cubrir con las necesidades de la población y así poder aumentar las ventas.
- **Comunicación** acerca de los pasos de acción: El jefe del almacén rural, el subgerente de la unidad operativa Orizaba, el gerente de la matriz en Xalapa y el director general en México deben recibir la información acerca de la propuesta de este cambio planificado, para su aprobación.

Resultados y discusión

Después del trabajo y la investigación realizados en el almacén Rural Tomatlán se puede observar que el problema central de la baja en las ventas no se encuentra en el personal ni en la organización o políticas de la empresa, sino más bien en la distribución y localización de las tiendas ya existentes, y en la posible falta de apertura de algunas otras.

Por otro lado, el hecho de que sea una empresa perteneciente al Gobierno Federal dificulta los posibles cambios y movimientos planteados en el plan de acción ya que para llevarse a cabo se debe pasar por varios filtros y además el recurso debe ser autorizado.

Se tuvo la entrevista con la jefa del almacén y se le expuso el resultado del proyecto y se comprometió a hacer todo lo posible por llevar a cabo el plan de acción para beneficio de la empresa y de los que ahí laboran, así como del ambiente laboral.

Así mismo, a los supervisores operativos se les recomendó hacer mayores campañas de promoción en las comunidades aledañas a las tiendas ya existentes y para la tienda móvil.

Trabajo a futuro

A fin de no dejar de lado el trabajo realizado, se dará seguimiento al mismo a través de una entrevista con la jefa del almacén a fin de conocer el status que guarda este proyecto y tomar las acciones pertinentes, siempre y cuando la organización así lo permita, ya que dadas sus características, al ser una institución dependiente del Gobierno Federal, las propuestas deben ser expuestas a diversos niveles organizacionales y administrativos para su aprobación y ejecución. Sin embargo, los resultados de esta investigación fueron obtenidos de manera objetiva y mediante la aplicación de una metodología definida y la aplicación de diversas herramientas estadísticas y de calidad, por lo que constituye información válida y confiable para la toma de decisiones futuras.

Conclusiones

La realización del proyecto expuesto permitió la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula, mediante el trabajo directo con una institución real, en la cual se comenzó por identificar un área de oportunidad que atender. Durante el desarrollo del proyecto, se logró enlazar los conocimientos adquiridos en diversas materias a la resolución de un problema real.

Como resultado del mismo, se logró identificar el problema en el área de ventas, se identificaron y analizaron las causas principales de la baja en las mismas y se diseñó un plan de acción para el almacén rural de Tomatlán. Se realizó la entrevista final con la jefa del almacén a fin de presentarle el resultado del proyecto y se dará seguimiento constante a fin de conocer su avance.

La realización de este tipo de proyectos, permite a los estudiantes desarrollar la competencia de la investigación así como la aplicación de forma integral de todo lo que han visto a lo largo de su carrera; con lo cual fortalecen la visión global y orientada a resultados que requiere un profesionista en la actualidad.

Agradecimientos

A la Ingeniero Verónica Guerrero Palomino, Jefa de Almacén Rural Tomatlán

Al personal del almacén Rural Tomatlán., en especial al Ingeniero Saí Rodríguez Daza, Supervisor Operativo del Almacén.

Referencias

1. Czinkota, Michael R. y Kotabe, Masaakia. "Administración Mercadotecnia, Edición 2005
2. Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Carlos, Bautista Lucio Pilar. "Fundamentos de metodología de la investigación", Ed. Mc. Graw Hill, México 2006
3. Kume, Hitoshi. "Herramientas estadísticas para el mejoramiento de la calidad", Grupo Editorial Norma, 1985
4. Izar Landeta Manuel. "Las siete herramientas básicas de la calidad. Segunda edición", Editorial Universal Potosina, México 2004.
5. Bowker – Lieberman. "Estadística para ingenieros". Ed. Prentice Hall.
6. Walpole / Myers. "Probabilidad y estadística". Mc. Graw Hill, 1992
7. Fischer Laura /Espejo Jorge, "Mercadotecnia", Ed. Mc Graw Hill, 2004
8. Consejo de Administración de Diconsa, "Manual Único del Almacén Rural Diconsa".
9. Consejo de Administración de Diconsa, "Manual de Políticas y Procedimientos de Almacenes Diconsa".
10. Censo poblacional 2010, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30>

Acerca del Autor

July Verónica Galindo Guerrero, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente cursa el Octavo Semestre.

M.C. Laura Martínez Hernández estudió la licenciatura en Informática y posteriormente la Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente es profesor de asignatura del Departamento de Ingeniería Industrial.

M.E. David Meza Rojo estudió la licenciatura en Informática en el Instituto Tecnológico de Orizaba y posteriormente la Maestría en Educación en la Universidad Popular Autónoma de Veracruz. Actualmente es profesor en la Universidad del Golfo de México, Campus Córdoba, donde imparte materias de especialidad en las diversas carreras, entre otras la Ingeniería en Sistemas, Industrial, Administración de Empresas, Turismo, Pedagogía.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

El agua como insumo y su localización. Caso aplicado para la industria manufacturera en México

Elda B. Molina Gallegos¹. Y Dr. Roberto González A^{2*}.

¹Estudiante de la Facultad de la Economía Universidad Autónoma de Coahuila, Prolongación David Berlanga s/n Unidad Campo Redondo, CP. 25000, Coahuila, Saltillo, México.

²Profesor de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad, No. 940, edificio 32, CP. 20131. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

*rgonza@correo.uaa.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial.

Resumen

La finalidad de este trabajo es analizar la relación de la localización de las clases industriales de la manufactura que instituyen el agua como materia prima con respecto a las regiones con mayor disponibilidad de agua. Los resultados nos demuestran que la mayoría de las industrias usuarias de agua están asentadas en regiones donde el recurso acuífero no es abundante y contradictoriamente se ubican en zonas donde el grado de presión sobre el agua es muy elevado, lo anterior sugiere que este tipo de industrias le da más importancia a otro tipo de factores para ubicarse en determinado lugar como pueden ser las economías de aglomeración.

Palabras Clave: Agua, Disponibilidad, Manufactura, Localización.

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the relationship of the location of the industrial classes production of manufacturing where instituting water like feedstock, compared to regions with higher water availability. The results show us that the majority of water-using industries are based in localized regions where water resource aren't abundant and in a way contradictory are located in areas where the degree of pressure on water is very high, this suggests that this type of industries gives more importance to other factors for be located in a particular place such as agglomeration economies.

Introducción

El creciente problema de escasez del agua plantea la necesidad de cómo distribuir este recurso entre los diversos usuarios consumidores. En México, los derechos de explotación del agua se concesionan o asignan para usos específicos con la finalidad de apoyar la actividad productiva y los requerimientos de la población, así se tiene que el uso agrícola –agrícola, acuacultura, múltiples y otros- extrae el 76.7 % de aguas superficiales y subterráneas; el abastecimiento público –uso doméstico y público urbano- obtiene el 14%; la energía eléctrica extrae un 5%, finalmente, la industria autoabastecida –uso industrial, comercial y servicios- con una extracción del 4 % (CONAGUA, 2011). En el caso particular de este último usuario, algunos estudios se refieren a uso industrial como la utilización del agua por la industria manufacturera, la minería y las termoeléctricas (Dupon y Rezentti, 2001), en el caso específico de la industria manufacturera el agua se emplea como un ingrediente del producto final (mezcla), como sucede en el caso de la industria de alimentos y bebidas, o como un solvente o insumo auxiliar para lavar y enfriar. En este último aspecto, Domínguez (1999) destaca que la cantidad utilizada de este recurso depende de la dimensión y actividad industrial de la empresa, por ejemplo, el lavado de una máquina consume aproximadamente 60 litros de agua, mientras que, lavar un reactor químico puede utilizar de tres a cuatro mil litros de agua. A pesar de la relevancia e importancia del uso del agua por la manufactura, son casi inexistentes los estudios sobre esta problemática. Por ejemplo, Morales, Rodríguez y González (2007), estudian para la zona metropolitana del Valle de México la conducta de las empresas manufactureras que usan el agua en sus diferentes procesos productivos, enfatizando en sus fuentes de abastecimiento y volumen suministrado de agua, uso consuntivo, volumen de agua residual generado, grado de contaminación de las descargas y monto de agua de reúso. Por su parte, Morales y Rodríguez (2007) realizan un trabajo interesante donde analizan la preponderancia del uso del agua en el desempeño de las manufacturas en México y su impacto en la región donde se encuentran, además del efecto que origina en los ecosistemas las descargas de

aguas residuales. Los autores encuentran que no existe vínculo directo entre el tamaño del sector industrial y la cantidad de extracción de agua, y por lo mismo, el consumo de agua de la industria en cada región depende de las diferentes actividades industriales, de la cantidad de agua natural en la región, infraestructura para captar y aprovechar este recurso.

En el presente trabajo también se estudia la relación entre demanda de agua y manufactura, específicamente, se analiza a las manufacturas que usan el agua como materia prima en su producción de bienes y servicios. El objetivo de la investigación es estudiar si en las regiones con una relativa mayor disponibilidad del agua se asienta industrias que usan este recurso como un insumo productivo.

Las teorías de la localización de las actividades productivas se sustentan en el principio de la maximización del beneficio económico. Dentro de estas teorías se encuentra la propuesta Weber sobre las actividades secundarias, este autor incorpora los costos de transporte como una variable fundamental en su estudio, las empresas se van a concentrar en los lugares donde se encuentren las materias primas específicas que correspondan a ciertos lugares determinados, lo que le permitiría a las empresas minimizar sus costos de transporte. (Carrillo, 2002). Bajo esta idea una de las hipótesis de nuestro trabajo es demostrar que las manufacturas que necesitan el agua como un insumo importante para la elaboración del producto final, se van a ubicar en regiones geográficas con mayor disponibilidad de agua.

Metodología

Se cuenta con información nacional, proveniente de los Censos Económicos de INEGI (1999; 2004a) sobre consumo de agua en metros cúbicos como materia prima en la producción de manufacturas de treinta y seis clases industriales y su respectiva producción en miles de pesos, sin embargo, por entidad federativa no se tiene los mismos datos por lo cual fue necesario realizar estimaciones del consumo de agua como insumo productivo por clase industrial en los estados de la república mexicana. El proceso de cálculo implicó primero obtener la razón del consumo de agua como materia prima dividida por la producción total de los productos elaborados de las clases industriales¹; dando como resultado el promedio de agua consumida por unidad de producción de productos elaborados para cada clase industrial.

El cociente anterior se multiplico por la producción total de productos elaborados de las clases industriales para cada una de las entidades federativas de México, obteniéndose la estimación de la demanda de agua como materia prima para cada clase industrial por estado bajo el supuesto de que el acceso promedio a la tecnología es constante. La información generada se usó para estimar una regresión simple y dos múltiples:

- La elasticidad de la demanda de agua en relación a la producción a nivel nacional por clases.
- La participación promedio de consumo de agua que tienen las clases industriales en los estados.
- La participación promedio de consumo de agua de las actividades industriales en las regiones.

Resultados y discusión

Como un primer acercamiento para comprender la situación de las actividades industriales que utilizan el agua como materia prima, se estimó la elasticidad consumo de agua con respecto al valor de la producción de las industrias consumidoras, para ello se realizó la siguiente regresión simple con datos de panel de efectos aleatorios:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{it} \quad (1)$$

Dónde

i = Entidades Federativas.

t = Años 1998 y 2003.

¹ INEGI (2004b) define Productos elaborados como el valor, a precio de venta, de los bienes que generó la unidad económica durante el año de referencia, utilizando materiales de su propiedad.

β_0 = Elasticidad del consumo de agua con respecto a la producción de las clases industriales que instituyen el agua como materia prima.

β_i = Parámetros poblacionales de los estados en 1998 y 2003.

$\ln Y_{it}$ = Logaritmo natural de la demanda de agua como insumo de producción para cada una de las clases industriales en los periodos 1998 y 2003.

$\ln X_{it}$ = Logaritmo natural de la producción en miles de pesos de las clases manufactureras en los años 1998 y 2003.

Para comprender la relación entre la industria manufacturera y su consumo de agua como insumo productivo realizamos una regresión con datos de panel de efectos aleatorios no balanceado debido a que algunas clases no fueron producidas para los años 1998 y 2003, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 1. Relación entre el Consumo de agua y Clases Industriales en México.

Variable dependiente: Logaritmo del Consumo de agua.	Coefficiente	Error Estándar
Intercepto	0.414495	(4.6248)
Variable independiente: Logaritmo de la producción.	0.747613	(0.2955)

Fuente: Elaboración propia.

Lo que se obtuvo es una elasticidad del consumo de agua como materia prima por clase industrial con respecto a su producción, y su interpretación es por cada 1% que aumenta la producción, el consumo de agua aumenta en un 0.74%. La t estadística es significativa y como se espera su relación es positiva, es decir a mayor producción mayor consumo de agua.

Para la comprobación de la hipótesis principal del trabajo se estimó la siguiente ecuación:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{31} \beta_i (D_{it}) \quad (2)$$

Dónde

i = Entidades Federativas.

t = Año 2004.

Y_{it} = Al consumo de agua de las clases de la industria manufacturera.

β_0 = Estado de contraste, (Estado de México).

β_i = Parámetros poblacionales de los estados en el 2004.

D_{it} = Variable dicótoma que representa las entidades federativas. Que toma el valor de 1 para el estado i y 0

para el resto de los estados.

La tabla 2. muestra los resultados de la estimación de la ecuación (2), únicamente para los seis estados con mayor participación de las industrias manufactureras, con clases industriales que tienen una mayor captación del recurso. Obsérvese que el Estado de México –variable de comparación- se caracteriza por tener a nivel nacional un mayor consumo de agua en promedio, demandado por parte de las clases industriales que se distinguen por utilizar este insumo en su proceso productivo.

Tabla 2. Estados con mayor consumo de agua como insumo de producción de la Industria Manufacturera.

Estados	Coefficiente ²	Error Estándar
Estado de México (variable de contraste).	746996.8	103741.4
1) Distrito Federal	-388664.6	147787.3
2) Jalisco	-492383.4	146712.5
3) Veracruz de Ignacio de la Llave	-560126.1	147787.3
4) Nuevo León	-570302	148918.8
5) Zacatecas	-645693.9	158902.3

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte las cinco entidades que le siguen al Estado de México en cuanto a participación son: 1) Distrito Federal con 358,332.2 m³, 2) Jalisco con 254,613.4 m³, 3) Veracruz de Ignacio de la Llave con 186,870 m³, 4) Nuevo León con 176,694.8 m³, y 5) Zacatecas con 101,302.9 m³.

Otro camino para comprobar nuestra hipótesis consistió en analizar la relación de las industrias demandantes de agua y las Regiones³ donde se ubican, para ello se estimó una regresión múltiple con variables dicotómicas de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_t \sum_{i=1}^4 (R_{it}) \quad (3)$$

Dónde

i = Regiones.

t = Año 2004.

Y_{it} = Consumo de agua de las clases industriales del estado i en 2004.

β_0 = Región de comparación. (Región 1).

β_t = Parámetros poblacionales de las regiones en 2004.

R_{it} = Variable dicotoma que toma el valor de 1 para la región i y 0 para el resto de las regiones.

Los resultados de la expresión (3) se presentan en la tabla 3. En la región de contraste, las manufacturas demandantes de agua en promedio consumen 254175.3 m³. En la región 2 el consumo promedio fue de 88442.5 m³, seguido por la región 4 con 82572.5 m³, en tercer lugar se posiciona la región 1 con 73407.8 m³, por último la región 5 con 68472.7 m³.

Tabla 3. Regiones con mayor consumo de agua como insumo de producción de la Industria Manufacturera.

Regiones	Coefficiente ⁴	Error Estándar
Región 3 -variable de contraste-	254175.3	46480.85
Región 2	-165732.8	62190.25
Región 4	-171602.8	68628.16
Región 1	-180767.5	61432.77
Región 5	-185702.6	74870.18

Fuente: Elaboración propia.

²El Distrito Federal consume 388664.6 m³ en promedio menos que el Estado de México (746996.8 m³). Jalisco demanda en promedio 492383.4 m³ menos que el estado de comparación. Y así sucesivamente para el resto de los estados.

³ Clasificación de Regiones según INEGI (2009): Región 1. Sur-Sureste: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz de Ignacio de la Llave y Yucatán. Región 2. Centro-Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas. Región 3. Centro: Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Querétaro y Tlaxcala. Región 4. Noreste: Coahuila de Zaragoza, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas. Región 5. Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora.

⁴ Similarmente, como se calculó en la tabla 2 para los estados, a la región 2 consume 165732.8 m³ en promedio menos que la región de contraste (254175.3 m³); Y de este modo para el resto de los estados.

Una vez conocida la participación e importancia que tienen las clases industriales usuarias de agua en México, es necesario saber si esa participación responde a la mayor presencia del recurso hídrico en esos estados o regiones. Para ello se identificó las regiones Hidrológico-Administrativas⁵ que cuentan con la mayor disponibilidad de agua en México. Como establece CONAGUA (2004) son las regiones V, X, XI y XII las que tienen siete veces más de este líquido que el resto de las regiones y el 68 % de la disponibilidad media del agua del país (ver tabla 4).

Tabla 4. Regiones Hidrológico-Administrativas con mayor disponibilidad media de agua.

Región	Nombre	Estados que la conforman	Disponibilidad media de agua en mill. m ³ .
Región V	Pacífico sur.	Principalmente Oaxaca y en segundo término Guerrero.	32 794
Región X	Golfo centro.	Principalmente Veracruz y en segundo término Oaxaca.	95 455
Región XI	Frontera sur.	Chiapas y Tabasco.	157 754
Región XII	Península de Yucatán.	Campeche, Yucatán y Quintana Roo.	29 645

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de CONAGUA. (2009).

Estas regiones Hidrológico-Administrativas -V, X, XI y XII- comprenden casi la totalidad de los estados de la región 1, la cual se caracteriza por tener relativamente una presencia baja de industrias consumidoras de agua, mientras que en las regiones Noreste (R4), Centro Occidente (R2) y Centro (R3) se localizan la mayor parte de este tipo de industrias (tabla 5). Por lo tanto, se puede deducir que la disponibilidad del recurso hídrico no es un factor que guíe, principalmente, las decisiones de establecerse en un lugar por parte de las clases industriales consumidoras de agua.

Tabla 5. Participación porcentual de la producción de las clases industriales.

Regiones Económicas	R1	R2	R3	R4	R5
Participación porcentual de la producción de las clases manufactureras por regiones.	16%	23%	35%	18%	8%

Fuente: Elaboración propia.

Este planteamiento es muy similar al de Morales y Rodríguez (2007); quienes afirman que los grandes centros industriales se localizan en las regiones centro, centro-norte y noroeste, las cuales muestran un lucha entre la distribución de este recurso por los diferentes usuarios, a diferencia, la manufactura en el sur de México no se enfrenta a una restricción severa del vital líquido. En resumen, en nuestro trabajo no encontramos evidencia a favor de nuestra hipótesis de trabajo de que las industrias demandantes de agua se localizan estratégicamente en regiones, con mayor disponibilidad del recurso como es la región económica uno.

Trabajo a futuro

Una posible línea futura de estudio es analizar el comportamiento ambiental de este tipo de industrias, ligados a los desechos industriales que genera y que contribuyen a la contaminación del agua subterránea mediante sus aguas residuales. Así como la investigación de cuáles son los factores que determinan en mayor medida la localización de la industria manufacturera

⁵ Regiones Hidrológico-Administrativas y sus sedes según CONAGUA (2009): I. Península de Baja California (Mexicali, Baja California).II. Noroeste (Hermosillo, Sonora).III. Pacífico Norte (Culiacán, Sinaloa).IV. Balsas (Cuernavaca, Morelos).V. Pacífico Sur (Oaxaca, Oaxaca). VI. Río Bravo (Monterrey, Nuevo León).VII. Cuencas Centrales del Norte (Torreón, Coahuila). VIII. Lerma Santiago Pacífico (Guadalajara, Jalisco).IX. Golfo Norte (Ciudad Victoria, Tamaulipas).X. Golfo Centro (Jalapa, Veracruz).XI. Frontera Sur (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas).XII. Península de Yucatán (Mérida, Yucatán).XIII. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (México, Distrito Federal).

Conclusiones

Se comprobó que las manufacturas demandantes de agua, en su búsqueda de minimizar costos, la estrategia de localizarse cerca de su principal insumo productivo no es la determinante, muy probablemente este tipo de industrias tome en cuenta otros factores para ubicarse en determinadas regiones como pueden ser las economías de aglomeración que incluyen la ventaja en el mercado de trabajo, disponibilidad de otros insumos y servicios especializados y las externalidades tecnológicas. También es factible que en su decisión de establecerse en determinado lugar este en función de los encadenamientos productivos. Una de las limitaciones del estudio es no haber contado con la información directa del consumo de agua por parte de las industrias usuarias a nivel de entidad federativa, aunque se intentó en nuestro trabajo superar este obstáculo mediante una estimación de la demanda de agua como insumo productivo por clases industriales por estado.

Bibliografía

1. CARRILLO H. M. (2002). Aspectos Microeconómicos Introdutorios del Desarrollo Regional y Urbano. Teoría y Evidencia Empírica. Dirección de publicaciones Instituto Politécnico Nacional.
2. CONAGUA. *Estadísticas del agua en México*, ed. (2011). Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf>.
3. _____Atlas del agua en México (2009) Recuperado de <http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=106>.
4. _____Estadísticas de agua en México (2004). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM_MARZO2004.pdf.
5. DOMÍNGUEZ V. L. (1999). Comportamiento empresarial hacia el medio ambiente: El caso de la Industria Manufacturera de la zona Metropolitana de la ciudad de México. MERCADO G. A. En *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México*. (pp. 189-162). Fondo de Cultura Económica Editorial.
6. DUPONT D. P. Y RENZETTI R. (2001). The role of water of manufacturing. *Environmental and Resource Economics*, 41143.
7. INEGI. *Censos económicos. Consulta de información económica* (1999). Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce1999/saic/default.asp?modelo=CMAP&s=est&c=10354>.
8. _____Censos económicos. *Resultados sectoriales* (2004a). Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce1999/saic/default.asp?modelo=SCIAN&censo=2004>.
9. _____*La metodología de los censos económicos* (2004b). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/censos/metodo_ce2004.pdf.
10. _____Censos Económicos (2009). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los Establecimientos. Censos Económicos 2009 /* Recuperado de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Micro_peque_mediana.pdf.
11. MORALES N. J., RODRÍGUEZ T. L. Y GONZÁLEZ A. A. (2007). Economía del Agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. MORALES N. J. Y RODRÍGUEZ T. L. En *Demanda de agua por la industria manufacturera del Área metropolitana del Valle de México*. (pp. 217-256). Miguel Ángel Porrúa Editorial.
12. MORALES N. J. RODRÍGUEZ T. L. (2007). Economía del Agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. MORALES N. J. Y RODRÍGUEZ T. L. En *Desempeño de la industria manufacturera en el uso del agua en México*. (pp. 287-324). Miguel Ángel Porrúa Editorial.

Autorización y renuncia

Elda B. Molina Gallegos y Dr. Roberto González Acolt, autor y coautor del presente artículo autorizamos al Instituto de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013.

Análisis de los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SGSYSOs) en industrias tlaxcaltecas

B. Cuevas Calva^{1*}, C. Tenopala Hernández¹, J. L. Castañeda Gutiérrez¹, A. Díaz García¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Instituto Tecnológico S/N, C.P. 90300, Apizaco, Tlaxcala

*beni_ab8@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Los SGSYSOs han cobrado importancia en el mundo entero con la finalidad de que una empresa desarrolle e implemente su política y objetivos para eliminar y/o prevenir sus riesgos de trabajo referentes al área de Seguridad y Salud. En la presente investigación se realiza un análisis del impacto de los SGSYSOs, mediante la aplicación de un cuestionario en empresas del sector alimentario y de plásticos en Tlaxcala, para este estudio se consideraron las relaciones entre Sistema de Gestión de Seguridad y Salud (SGSYSO) y la disminución de costos de accidentes, así como el porcentaje de cumplimiento de normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo con el porcentaje de reducción de la tasa de accidentes.

Los resultados muestran que las empresas que tienen un SGSYSO tienden a disminuir costos de accidentes y la tasa de accidentes sólo a largo plazo.

Palabras clave: *Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud (SGSYSOs), Costos de accidentes, Cumplimiento de normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo, Tasa de accidentes.*

Abstract

Occupational Health and Safety Management Systems (OHSMSs) have gained importance in the world in order to a company develops and implements its policy and objectives to eliminate and/or prevent working risks relating to Health and Safety area. The present investigation is an analysis of the impact of OHSMSs, by applying a questionnaire to alimetary and plastics Tlaxcala's companies, for this study were considered the relations between Occupational Health and Safety Management System (OHSMS) and the decrease of accidents costs, as well as the percentage of compliance of regulations on Safety and Occupational Health with the percentage of reduction of accidents rate.

The results show that companies that have an OHSMS decrease accidents costs and the accidents rate only in long term.

Introducción

En la actualidad, se estima que mueren dos millones de hombres y mujeres cada año como resultado de accidentes, enfermedades o heridas relacionadas con el trabajo. También existen accidentes no fatales en el lugar de trabajo los cuales suman alrededor de doscientos sesenta y ocho millones de incidentes que provocan al menos tres días laborales perdidos por incapacidad y ciento sesenta millones de nuevos casos de enfermedad relacionada al trabajo [Organización Mundial de la Salud, 2010].

Para Marín y Pico [2004] en los últimos años se ha venido dando un impulso gradual para mejorar las condiciones de salud, higiene y seguridad en los centros laborales. Este impulso ha sido dinamizado desde diferentes sectores en nuestra sociedad: gobierno, gremios económicos, empleadores, trabajadores, universidades, entre otros. La Seguridad y Salud Ocupacional (SYSO) se ha convertido en una necesidad inexcusable para los trabajadores en general, los empresarios y la sociedad, donde el mismo trabajador debe procurar el cuidado de su salud y las empresas tomar conciencia para mejorar las condiciones del ambiente laboral.

La Seguridad y Salud en el Trabajo se encuentra regulada por diversos preceptos contenidos en nuestra Constitución Política, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley Federal del Trabajo, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, así como por las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) de la materia, entre otros ordenamientos. [Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2013]. Las instituciones encargadas de vigilar el cumplimiento de los lineamientos anteriores son: Secretaría del Trabajo y Protección Social (STPS), Protección Civil, Comisión Estatal de Protección Contra Riesgos Sanitario (COEPRIS) e Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

Las empresas sienten la creciente necesidad de establecer un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SGSYSO), para Aaltonen y Söderqvist, citados por Camisón y col., [2007], los factores que laten tras esta demanda son tanto de eficacia en la asignación de recursos, dados los enormes costos que los accidentes laborales ocasionan, como de orden legal. En México, la dirección de las empresas tiene libertad para escoger el sistema que estime más adecuado a sus necesidades, siempre y cuando sea consecuente con las obligaciones legales y normativas.

Un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo es parte del Sistema de Gestión de una organización, empleada para desarrollar e implementar su política de Seguridad y Salud en el Trabajo y gestionar sus riesgos para la Seguridad y Salud en el Trabajo. Un sistema de gestión incluye la estructura de la organización, la planificación de actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos [OHSAS Project Group, 2007 y BSI, 2007, 2007].

A continuación se mencionan los SGSYSOs más reconocidos en el país:

- Las directrices ILO-OSH 2001 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Serie de Evaluación de la Seguridad y Salud en el Trabajo, OHSAS 18000 (Occupational Health and Safety Assessment Series).
- Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (PASST).

De acuerdo a Ramírez Cavassa [2007] todo accidente industrial tiene un costo para el trabajador, el empleador y la sociedad que paga los costos indirectos por medio de organismos administrativos, judiciales, médicos y sociales, que atienden las consecuencias del hecho. Heinrich introduce en 1930 el concepto de “costes directos” (Cd) y “costes indirectos” (Ci) y su famosa proporción 1/4. Según este método, los costes de los accidentes se clasifican en dos grupos: costes directos y costes indirectos, incluyendo en cada uno de ellos los costes que se indican en la Tabla 1 [Cortés Díaz, 2007].

Tabla 1. Cuadro de costos directos-indirectos según Heinrich [Cortés Díaz, 2007].

Costes directos	Costes indirectos
<ul style="list-style-type: none"> • Salarios abonados a los accidentes sin baja (tiempo improductivo en atenciones médicas). • Pago de primas de seguro. • Gastos médicos no asegurados (Servicio Médico de Empresa). • Pérdida de productividad debido a la inactividad de las máquinas o puestos afectados. • Indemnizaciones. • Formación y adaptación del sustituto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste de la investigación de accidentes. • Pérdida de producción (disminución del rendimiento del sustituto y demás trabajadores). • Pérdidas de productos defectuosos por las mismas causas. • Coste de daños producidos en máquinas equipos, instalaciones. • Coste de tiempo perdido por los operarios no accidentados (ayuda, comentarios, etc.) • Pérdida de rendimiento al incorporarse al trabajo. • Pérdidas comerciales (pedidos). • Pérdida de tiempo por motivo jurídico (responsabilidades).

En este trabajo se pretende generar información que proporcione información acerca del panorama de las empresas de los sectores alimentario y de plásticos del estado de Tlaxcala, en el área de SYSO, a través del impacto de los SGSYSO y sus efectos en tasas de accidentes, costos de seguridad y porcentaje de cumplimiento de la normatividad en seguridad y salud.

Los sectores que más contribuyeron al Producto Interno Bruto de Tlaxcala en 2009 son: industrias manufactureras; servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles; comercio; transportes, correos y almacenamiento; servicios educativos; actividades del gobierno, y agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza. Estos siete sectores constituyeron el 84.3% del Producto Interno Bruto estatal. En el estado, las industrias manufactureras representaron el 25.8% del PIB estatal, cifra 8.3 puntos porcentuales arriba de la participación que tuvo este sector a nivel nacional [Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Producto Interno Bruto de Tlaxcala, 2011].

Con respecto a la contribución por división de la industria manufacturera, de 2006 a 2010, la industria con mayor participación en PIB es la alimentaria, de las bebidas y del tabaco, a pesar que desde 2006 ha disminuido su participación, seguida por la industria de maquinaria y equipo, dejando en tercer lugar la industria de derivados del petróleo y del carbón, industrias química, del plástico y del hule, la cual había tenido una disminución del año 2006 al 2009, con una recuperación en el 2010.

Tabla 2. PIB en estructura porcentual para industrias manufactureras, serie anual 2006 a 2010, en el estado de Tlaxcala [Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Sistema de cuentas nacionales de México, 2011].

Industrias manufactureras	PIB porcentual				
	2006	2007	2008	2009	2010
Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	8.24	8.54	7.74	7.08	6.42
Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	3.71	3.04	2.83	2.82	3.33
Industria de la madera	0.14	0.15	0.14	0.13	0.13
Industrias del papel, impresión e industrias conexas	2.32	2.53	2.54	2.58	2.50
Derivados del petróleo y del carbón, industrias química, del plástico y del hule.	3.82	3.69	3.6	3.16	3.70
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos.	4.57	4.88	4.57	4.27	3.84
Industrias metálicas.	3.01	2.96	3.08	2.67	2.30
Maquinaria y equipo.	3.63	3.13	2.70	2.45	3.17
Fabricación de muebles y productos relacionados.	0.14	0.12	0.11	0.12	0.10
Otras industrias manufactureras.	0.29	0.29	0.28	0.33	0.35
Porcentaje total de PIB estatal de industrias manufactureras.	29.87	29.33	27.6	25.62	25.83

Metodología

La presente investigación es un adelanto de tesis, en el cual las hipótesis a comprobar son:

- Las empresas de los sectores alimentario y de plásticos en el estado de Tlaxcala que cuentan con un SGSYSO disminuyen un 25% de los costos de accidentes.
- Las empresas de los sectores alimentario y de plásticos en el estado de Tlaxcala que cuentan con un SGSYSO y cumplen con un porcentaje mayor a 80% de la normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo tienen un porcentaje de reducción de tasa de accidentes mayor a 50%, a partir de su implementación.

Para la realización del proyecto se llevaron a cabo las siguientes etapas:

1. Identificación de las variables objeto de análisis de estudio, etapa necesaria para posteriormente analizar si una o más variables independientes afectan una o más variables dependientes, sin ejercer ningún control sobre las variables extrañas:

Variables independientes

- Actos inseguros.
- Condiciones inseguras.
- Porcentaje de cumplimiento de la normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Variables dependientes

- Pago de la prima del seguro de riesgos de trabajo ante el IMSS (Costos directos).
- Costos indirectos.
- Tasa de accidentes.

2. Selección de muestra, el método de muestreo es no probabilístico, el análisis se realizará en las empresas de los sectores alimentario (20) y de plásticos (29) en el estado de Tlaxcala, a través de un muestreo de juicio, dependiendo de la accesibilidad de las empresas en otorgar la información. Se contactaron 18 empresas (11 de la industria alimentaria y 7 de la industria de plásticos) de las cuales 8 se tomaron en cuenta para esta investigación (4 empresas pertenecientes al sector alimentario y 4 empresas pertenecientes al sector de plásticos), debido a que se tienen pendientes algunos cuestionarios por demora en las respuestas.
3. Diseño del instrumento, un cuestionario con 43 preguntas, 30 para empresas que cuentan con un SGSYSO y 23 para las empresas que no cuentan con un SGSYSO, el cual es congruente con los objetivos, recursos y limitaciones de la investigación.
4. Validación y confiabilidad del instrumento, para asegurar que el cuestionario funciona como se desea, es decir, en qué grado el investigador estaba tratando de medir lo que en realidad se midió y en qué grado el instrumento proporciona datos congruentes, así como examinar si cuenta con preguntas claras, bien distribuidas y otros problemas que hayan pasado por alto. Para evaluar la confiabilidad se midió a través de una técnica estadística la consistencia interna de la cual se obtuvo un coeficiente de confiabilidad aceptable, El cuestionario fue validado a través de la revisión de seis expertos en el área de SYSO, además se realizaron pruebas piloto a industrias tlaxcaltecas de los sectores alimentario y de plásticos. Los resultados parciales presentados en este artículo corresponden al procesamiento y análisis de los datos obtenidos de las pruebas piloto.
5. Aplicación formal instrumento, los datos o información que se recolectaron se obtuvieron mediante fuentes primarias, mediante la aplicación del cuestionario a las empresas seleccionadas de los sectores alimentario y de plásticos en el estado de Tlaxcala.
6. Procesamiento de la información, se llevó a cabo la edición o supervisión de errores del entrevistador y del entrevistado, la codificación de las distintas respuestas, la captura de datos y su limpieza lógica. Por último se tabularon los datos y se realizó el análisis estadístico. Las técnicas estadísticas que se utilizan para evaluar las hipótesis son la prueba t de Student.
7. Una vez procesada la información se procedió a obtener conclusiones.

Resultados y discusión

Empresas

Las empresas analizadas están clasificadas desde micro industrias a grandes industrias de 600 trabajadores, con lo cual se puede decir que el tamaño de la empresa no es un factor que influya en la respuesta a la entrevista. Una limitante de esta investigación fue que una de las empresas que contestó el cuestionario, respondió a algunas preguntas: "información confidencial", lo cual contribuye poco al objetivo de este estudio.

La mayoría de las empresa contrata a sus trabajadores por ella misma, por lo cual siete de las empresas analizadas cuentan con registro patronal, la empresa que no cuenta con registro patronal cuenta con trabajadores eventuales, esto debido a que depende de las temporadas de alta demanda, lo cual se manifiesta

con mayor frecuencia en la industria del sector alimentario de micro a pequeña. En ninguna de las empresas se les contrata otro seguro de gastos médicos o accidentes, a parte del seguro de riesgos de trabajo del IMSS.

Verificación de hipótesis

- Las empresas de los sectores alimentario y de plásticos en el estado de Tlaxcala que cuentan con un SGSYSO disminuyen un 25% de los costos de accidentes.

En los resultados parciales las empresas que cuentan con un SGSYSO son solamente cuatro, para verificar la primera hipótesis se planeaba realizar la prueba t, lo anterior no se pudo realizar debido a la falta de datos ya que solamente una empresa afirma que disminuyeron sus costos en un 30% relacionados con los accidentes a partir de la implementación del SGSYSO, las otras empresas consideran que no han disminuido sus costos, permaneciendo iguales, debido a que falta implementar totalmente el SGSYSO, lo anterior puede ser resultado de que la empresa que disminuyó sus costos tiene 15 años trabajando con el SGSYSO y las otras de 4 a 24 meses.

- Las empresas de los sectores alimentario y de plásticos en el estado de Tlaxcala que cuentan con un SGSYSO y cumplen con un porcentaje mayor a 80% de la normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo tienen un porcentaje de reducción de tasa de accidentes mayor a 50%, a partir de su implementación.

Ho= el porcentaje de reducción de las tasa de accidentes es menor o igual a 50%.

Ha= el porcentaje de reducción de las tasa de accidentes es mayor a 50%.

Las empresas con porcentaje mayor a 80% de la normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo son cuatro, dos del sector alimentario y dos del sector de plásticos, de las cuales sólo tres cuentan con un SGSYSO. Dos de las empresas se mantienen con una tasas de accidentes igual que antes de la implementación del SGSYSO y solamente una tuvo un alto porcentaje de reducción, la misma empresa que disminuyó sus costos. El nivel de significancia establecido es 0.05, el valor tabulado de t (valor crítico) con 2 grados de libertad (n-1, donde n es el número de empresas) es $t = 2.920$ [Bernal, 2006]. La media de la muestra es 28.26 y la desviación estándar fue 48.85, con los datos anteriores se calcula el error estándar de la media 28.20 y calculando el valor estadístico de la prueba se obtienen $t = -.7706$.

Comparando el valor estimado con el valor crítico, el valor de t estimado (-.7706) es menor, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Según estos datos la tasa de accidentes de una empresa reduce menos o igual de un 50%, a partir de la implementación de un SGSYSO y con un porcentaje de cumplimiento de normatividad en Seguridad y Salud superior a 80%.

SGSYSOs

De las empresas que cuentan con un SGSYSO dos declararon tener implementado el PASST, una tiene un SGSYSO propio y otra cuenta con un Sistema de Administración de Responsabilidad Integral. Su porcentaje de implementación de la mayoría va desde 71 a 100%, aunque existe una empresa con 1 a 30% de implementación.

Costos relacionados con los accidentes

En cuanto a la prima de riesgo la mayoría de las empresas con SGSYSO afirma que se mantiene igual, sólo una empresa muestra una disminución considerable de ésta, la misma empresa con disminución de costos. Referente a otros costos como el pago de salarios percibidos por el trabajador accidentado durante los días de incapacidad, indemnizaciones, selección y formación de sustitutos, pérdidas en la producción, daños en instalaciones y maquinaria y/o equipo o pago de multas como consecuencia de un accidente, las empresas consideran que nunca se han presentado la mayoría de estas situaciones, aunque dos empresas afirman que han disminuido de 1 a 25% en el pago de salarios percibidos por el trabajador accidentado durante los días de incapacidad, indemnizaciones, selección y formación de sustitutos a partir de la implementación del SGSYSO y también una empresa piensa que no ha disminuido la pérdida de tiempo de trabajadores no involucrados en el

accidente y disminución del rendimiento laboral del trabajador accidentado cuando se incorpora a sus actividades.

Con respecto a las empresas sin SGSYSO y otros costos, las empresas declaran que no se han presentado las siguientes situaciones: indemnizaciones, pago de salarios percibidos por el trabajador accidentado durante los días de incapacidad, daños en la maquinaria y/o equipo, pérdida de clientes, pago de multas o penalizaciones por demoras en la producción o atención a una demanda legal, todo como consecuencia de un accidente. Una empresa ha tenido que recurrir en ocasiones a la selección y formación de un sustituto y ha presentado pérdidas en la producción, además de ser la única que siempre realiza investigaciones de sus accidentes y alega que la mayoría de las veces el trabajador accidentado que se incorpora a sus actividades presenta disminución en sus actividades.

Cumplimiento de normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo

El porcentaje cumplimiento de normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo de las empresas se encuentra entre 65% a 100%, evaluado principalmente por la STPS, siendo para algunas este valor desconocido y para otras confidencial, la Figura 1 muestra los aspectos que representan las principales fallas los que se presentan con mayor frecuencia en las industrias analizadas.

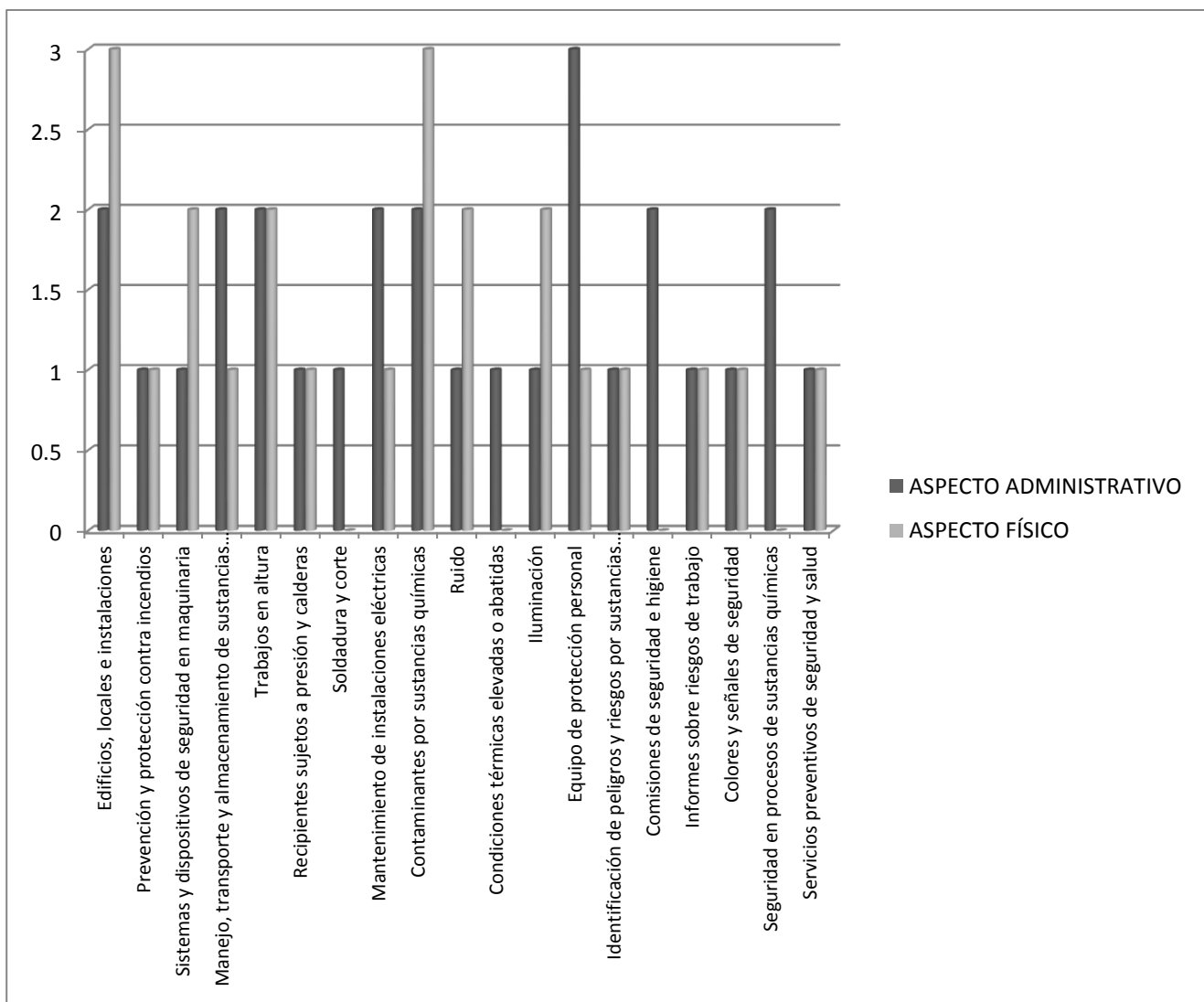


Figura 1. Gráfica que indica las principales fallas en el cumplimiento de normatividad de Seguridad y Salud en las empresas analizadas.

Causas de accidentes

Las tasas de accidentes de las empresas analizadas van desde 0 a 6.52 por arriba del promedio estatal de 1.3 accidentes por cada cien trabajadores [Instituto Mexicano del Seguro Social, 2011], siendo de tipo temporal, sólo una empresa presenta un accidente de tipo permanente parcial.

Las principales causas de estos se muestran a continuación ordenados de acuerdo a la mayor frecuencia de involucramiento:

Tabla 3. Principales causas de accidentes de las empresas analizadas ordenadas en forma decreciente de acuerdo a su frecuencia.

ACTOS INSEGUROS	CONDICIONES INSEGURAS
Operar un equipo sin autorización No utilizar el equipo de protección personal Dar mantenimiento del equipo cuando está funcionando Usar equipo o herramientas defectuosos	Orden y limpieza deficiente Dispositivos de seguridad inapropiados Elementos, equipos y materiales defectuosos Iluminación inadecuada
FACTOR PERSONAL DE INSEGURIDAD	Ausencia de avisos preventivos Peligros químicos Peligros psicosociales
Falta de conocimientos Actitud inapropiada Bromear con sus compañeros Falta de capacitación	

Trabajo a futuro

Se tiene contemplado terminar de aplicar las 31 entrevistas restantes y realizar el procesamiento de la información conforme a la metodología planteada anteriormente, además se calcularán las relaciones entre las variables y su grado de relación mediante un análisis de regresión lineal y correlación.

Conclusiones

La información que aportan los resultados parciales no es muy concluyente, debido a diversos factores inesperados como que la tasa de accidentes y el pago de la prima de seguro se mantienen iguales desde la implementación del SGSYSO, esto debido a que las empresas no cuentan con el sistema completamente implementado. A pesar de esto sobresale el hecho de que una empresa que cuenta con un SGSYSO por más de 15 años ha disminuido sus costos relacionados con accidentes y su tasa de accidentes.

Las empresas que no cuentan con un SGSYSO afirman tener de 0 a 6 accidentes temporales anuales, y no presentan muchas situaciones que generen costos de accidentes, como las empresas con SGSYSO, esto quizás se deba a que solamente una empresa sin SGSYSO realiza investigación de accidentes, lo cual les da una perspectiva más amplia de los costos generados por accidentes y otras consecuencias.

En cuanto al porcentaje de cumplimiento de normatividad de Seguridad y Salud las empresas presentan fallas principalmente en los aspectos físicos de los edificios, locales e instalaciones y contaminantes por sustancias químicas, así como en el aspecto administrativo de equipo de protección personal.

Las principales causas de accidentes detectadas son: operar un equipo sin autorización, no utilizar equipo de protección personal y dar mantenimiento del equipo cuando está funcionando (actos inseguros); orden y limpieza deficiente (condiciones inseguras); y falta de conocimientos (factor personal de inseguridad).

Referencias

- Bernal Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación, para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson Educación. 191, 281.
- Camisón, C., Cruz, S. y González, T. (2007). *Gestión de la calidad: conceptos enfoques modelos y sistemas*. Madrid: Pearson Educación. 545, 558.
- Cortés Díaz, J. M. (2007). *Seguridad e higiene en el trabajo, técnicas de prevención de riesgos laborales*. España: Tébar. 107, 108.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). *Producto Interno Bruto de Tlaxcala 2005-2009*. Recuperado de: www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/.../comunica29.doc

5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). *Sistema de cuentas nacionales de México*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 318.
6. Instituto Mexicano del Seguro Social. (2011). *Capítulo VI. Salud en trabajo*. Recuperado de: <http://www.encuentra.gob.mx/resultsAPF.html?q=tasa%20de%20accidentes%20laborales%20en%20m%C3%A9xico%202011&client=imss&ts=all&geo=0>
7. Marín Blandón, M. A. y Pico Merchán, M. E. (2004). *Fundamentos de salud ocupacional*. Manizales: Universidad de Caldas. 7.
8. OHSAS Project Group, 2007 & BSI, 2007. (2007). *OHSAS 18001:2007. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo -Requisitos*. España: AENOR. 5.
9. Organización Mundial de la Salud. (2010). Entornos laborales saludables: Fundamentos y modelo de la OMS: Contextualización, prácticas y literatura de apoyo. *Organización Mundial de la Salud*. 1, 7.
10. Ramírez Cavassa, C. (2007). *Seguridad industrial, un enfoque integral*. México: Limusa. 227.
11. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2013). *Marco normativo de seguridad y salud en el trabajo*. Recuperado de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Aplicación de la metodología HAZOP a una mesa de trabajo para acero de presfuerzo

A. Diaz Garcia^{1*}, C. Tenopala Hernandez¹, M. E. Montiel Huerta¹, B. Cuevas Calva¹

¹Maestría en Ingeniería Administrativa, Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Instituto Tecnológico S/N, Apizaco, Tlaxcala, C.P. 90300, México

*elkano18@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

La industria de la construcción en la necesidad de satisfacer obras que requieren de grandes dimensiones, disminución de tiempo así como de costos; ha desarrollado tecnología e investigación para ofrecer una gama de servicios de calidad y de alta especialidad. Una de estas, es la referente a las mesas de presfuerzo, mediante las cuales se elaboran elementos prefabricados. En este trabajo se presenta un análisis de riesgo cualitativo mediante la metodología HAZOP (Hazard and Operability Studies) con la finalidad de identificar los mismos involucrados en desviaciones de instalaciones y por errores humanos. Para este se consideró a una empresa, ubicada en el Estado de México, se pretende que este estudio sirva de apoyo a futuros trabajos para identificar peligros y fallas en la operabilidad de las instalaciones, siendo estas últimas de gran importancia, debido a los diversos factores que implican su construcción y seguridad para el personal que las opera.

Palabras clave: HAZOP, presfuerzo, riesgo

Abstract

The industry of the construction in the necessity of to satisfy works that require of big dimensions, decrease of time and costs; it has developed technology and investigation to offer a range of services of quality and of high specialty. One of these, is the reference to the tables of prestressed, used to elaborate pre-manufactured elements. This work presents a qualitative risk analysis using the methodology HAZOP (Hazard and Operability Studies) with the purpose of identifying risks involved in deviations of facilities and for human errors. For this was considered a company located in the State of Mexico, it is intended that this study will serve from support to future works to identify dangers and flaws in the operability of the facilities, being these last of great importance, due to the diverse factors that imply its construction and security for the workers.

Keywords: HAZOP, prestressed, risk

Introducción.

Algunos de los objetivos de los elementos prefabricados son garantizar la seguridad estructural, la disminución del tiempo de obra, elaborar claros más grandes y por supuesto eliminar gastos innecesarios. Esto se lleva a cabo gracias a una excelente coordinación de planeación e ingeniería de detalle en donde intervienen actividades de diseño y fabricación de moldes, adecuación de planta, determinación de la capacidad productiva de la planta etc.

El término pretensado se usa para describir el método de presfuerzo en el cual los tendones (torón) se tensan antes de colar el concreto. Se requiere de moldes o muertos (bloques de concreto enterrados en el suelo) que sean capaces de soportar el total de la fuerza de presfuerzo durante el colado y curado de concreto antes de colocar los tendones y que la fuerza pueda ser transmitida al elemento. La mayoría de los elementos presforzados se fabrican en serie dentro de las plantas con instalaciones adecuadas, donde se logra la reutilización de moldes metálicos o de concreto y se pueden presforzar en una sola operación varios elementos. Los elementos pretensados más comunes son viguetas, traveses, losas y gradas, aplicados a edificios, naves, puentes, gimnasios y estadios principalmente. Reinoso, Rodríguez y Betancourt [2011]

Precisamente el análisis de riesgos en este tipo de instalaciones requiere considerar todas las variables que condicionan el proceso físico o químico en cuestión, planteándose variaciones de las mismas ante posibles fallos o deficiencias, y consecuentemente la capacidad de respuesta de la instalación en base a sus características y a los elementos de seguridad de que está constituida, muchos de los cuales deben garantizar una respuesta activa. Ello no es tarea fácil ya que las alteraciones posibles son diversas y tanto las causas que las pueden originar como sus consecuencias, que necesariamente deben ser consideradas para poder efectuar una evaluación de los riesgos de la instalación, son múltiples, y además integradas, en a veces complejos esquemas de interrelación secuencial. Bestratén [2013]

La metodología HAZOP nos ayuda a identificar los riesgos potenciales o incluso la problemática de operabilidad que esta presentando un proceso, esto es, revisando el diseño de su instalación y los procedimientos de fabricación utilizados así como las interacciones entre los trabajadores y el equipo. Una vez terminado el equipo decide si las desviaciones pueden crear peligros significativos.

El análisis de riesgo se enfocó en las operaciones realizadas en la prefabricación de elementos, con la finalidad de identificar las desviaciones en las instalaciones, así como en las actividades que implican riesgo debido a que no se ejecuta la tarea en forma segura.

Metodología

1. Descripción de la instalación

El presente artículo analiza el uso actual de una mesa de trabajo de prefuerzo, en donde se combinan diversos procedimientos de fabricación de elementos prefabricados, dicha mesa se describe en la figura 1:

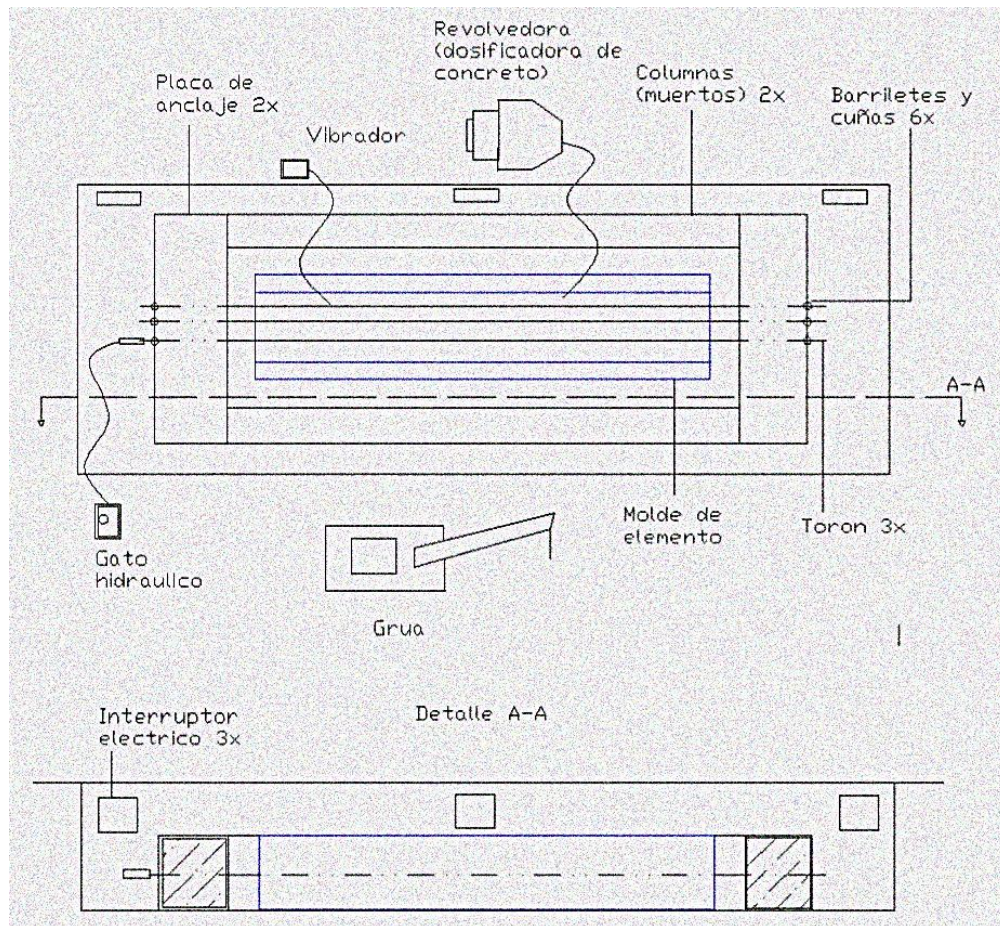


Figura 1. Esquema de la mesa de trabajo de prefuerzo.

2. Objetivo y alcance.

Identificar los peligros utilizando la metodología HAZOP para los posibles accidentes derivados de una desviación de las variables del proceso, con respecto a los parámetros normales de operación en la instalación anteriormente citada.

3. Nodos de estudio.

El proceso de fabricación está definido en 7 etapas las cuales serán nuestros nodos de estudio.

· Preparación del molde: nivelación y soldado de partes de molde según necesidades de tamaño de pieza a fabricar, limpieza, y aplicación de desmoldante para evitar la adherencia con el concreto fresco y lograr una pieza sin daños

· Colocación de acero de refuerzo y estructural: de acuerdo a las especificaciones de la pieza se colocan las estructuras de varilla previamente armadas en la fábrica, con la ayuda de una grúa.

· Colocación y tensado de torón: se colocan tapas en los extremos del molde, las cuales tienen orificios que permiten que el alambre pueda ser fijado a la placa de anclaje y que mediante el uso de cuña y barriletes evitara el desplazamiento longitudinal en el sentido contrario al deseado, para posteriormente tensar con la ayuda de gato hidráulico. El alambre es cortado y tensado según especificaciones técnicas de aplicación.

· Colado y vibrado: mediante un camión dotado de una revoladora, es suministrado el concreto necesario para llenar la pieza durante esto se hace un vibrado por inmersión para lograr un mayor contacto entre los granos de la mezcla y así eliminar la mayor cantidad de aire atrapado en la pieza durante el vaciado.

· Cubierta con lonas y curado: en el curado se aplica vapor a la pieza y con este logramos que el concreto acelere las reacciones químicas para tener un concreto resistente y durable y con la lona evitamos la deshidratación de la superficie además de la contaminación de cualquier otro elemento que pudiera dañar la pieza

· Cortado de torones: esto sucede cuando liberamos del presfuerzo que aplicamos mediante la placa de anclaje y ocurrirá cuando la resistencia de compresión del concreto sea entre el 70 y 80% dependiendo de la aplicación.

· Extracción del molde: la pieza cumple con las características técnicas de diseño y calidad por lo cual se procede a desmoldar, esta provista de ganchos que servirán para su manejo y traslado, con ayuda de grúas y tracto camiones.

4. Establecer las variables de estudio y las palabras guía.

Para este estudio se contó con la colaboración de 3 personajes importantes dentro de la empresa, el ingeniero de proceso, el técnico de seguridad e higiene, un subcontratista y como coordinadores del estudio los autores del presente artículo. Para cada nodo se eligieron las variables y palabras guía que aplicaban para cada una de las desviaciones, las cuales fueron definidas por el equipo de trabajo de acuerdo a los cuadros 1 y 2 respectivamente.

VARIABLES DE ESTUDIO	PALABRAS GUIA	SIGNIFICADO
Actos seguros.	No	La intención del diseño no se cumple.
Ambiente seguro.	Inverso	Ocurre cuando se produce lo opuesto a la intención del diseño.
Capacitación.	Parte de	Solo se cumple una parte de la función del diseño.
Inspecciones.	Mas	Aumento cuantitativo con respecto a la intención del diseño.
Riesgos físicos.	En vez de	Sustitución de la actividad por otra errónea.
Riesgos químicos.		
Accidentes.		
Prevención.		
Mantenimiento preventivo y correctivo.		

Cuadro 1.

Cuadro 2.

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
Preparación del molde.	Actos seguros	No		El personal no usa equipo de seguridad.	El personal desatiende medidas de seguridad.	Quemaduras en manos, cortes con materiales punzocortantes.	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad.
	Ambiente seguro	No	La mesa de trabajo tiene residuos de concreto y otros materiales.		Residuos de trabajos anteriores.	Afectaciones de calidad al elemento.	El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral.
		No		No hay señalización de seguridad en el área.	No se conoce la NOM ¹ de señalización.	Desconocimiento de las áreas de riesgo.	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene.
	Capacitación	No		El personal no sabe preparar el molde.	Personal de reciente ingreso o conocimientos deficientes.	Deficiencia en rigidez del molde.	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.
	Inspecciones	No	No se verifica el estado físico del molde.		La responsabilidad es delegada a subordinados.	Colapso de molde.	Realizar inspecciones de calidad.
		No		El personal no supervisa.	Exceso de responsabilidades para el personal.	Mala calidad.	Realizar inspecciones de calidad.
	Riesgos físicos	Parte de	El molde puede colapsar por deterioro o mal armado.		Mala sujeción de elementos.	Perdida de material.	Realizar inspecciones de calidad.
	Riesgos químicos	Mas	Uso excesivo de desmoldante.		El operador no sabe aplicar la sustancia al molde.	Desperdicio y escurrimiento de la sustancia por sus extremos.	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.
		En vez de		Contaminación de área.	El operador vierte el sobrante dentro de la mesa de trabajo.	Riesgo de caídas o accidentes del personal.	Limitar la cantidad de desmoldante que se da al aplicador.

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
	Accidentes	Parte de	El área no está acondicionada para trabajar.		Presencia de basura e instalaciones eléctricas en mal estado.	Peligro de ignición y accidentes para operadores	El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral.
		Parte de		Personal con deficiencias en conocimientos	Falta de capacitación.	Errores en la operación de armado de molde.	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.
	Prevención	No	No existen señalamientos de seguridad.		No se conoce la NOM de señalización.	Desconocimiento de las áreas de riesgo.	Crear y capacitar a la comisión de seguridad e higiene.
		No		El personal no atiende recomendaciones de seguridad.	No hay exigencia de cumplimiento de la normativa de seguridad.	Accidentes diversos.	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad.
	Mantenimiento preventivo y correctivo	No	El área esta descuidada.		Falta limpieza y orden, así como elementos eléctricos.	Corto circuito, pérdida de equipo costoso.	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo.
		Parte de	El área tiene algunos problemas de encharcamiento .		No existen condiciones de drenado adecuado.	Probable combinación de eventos con deficiente instalación eléctrica.	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo.
		No		Personal no realiza actividades de mantenimiento.	No tiene los elementos de reparación.	Pérdida total o parcial de equipo de trabajo y personal.	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras	
Colocación de acero de refuerzo y estructural	Actos seguros	Parte de		El personal no usa equipo.	El personal desatiende medidas de seguridad.	Lesiones por aplastamiento con la estructura.	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad.	
	Ambiente seguro	No	No se delimita el área de maniobra.		No se cuenta con indicadores de advertencia.	Lesiones por aplastamiento con la estructura.	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene.	
	Capacitación	Parte de		El personal no usa equipo adecuado.	Deficiencias en la aplicación del uso del equipo.	Lesiones por aplastamiento con la estructura.	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.	
	Riesgos físicos			Daño a la estructura armada.	El maniobrista y el operador de la grúa no se comunican.	Podrían tirar la estructura.	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.	
			Inverso	Mala colocación de estructura.		La grúa podría hacer chocar la estructura con algo.	Daños a la estructura armada.	Delimitar el área de maniobras.
	Accidentes	Parte de	La estructura puede dañarse por una mala colocación		Los ganchos de la grúa no fueron colocados correctamente.	Deformación de estructura.	Colocar seguros a los ganchos.	
	Prevención	No	El área no está delimitada adecuadamente		No se conoce la NOM de señalización.	Desconocimiento de las áreas de riesgo.	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene.	

Cuadro 3. Nodo 1 y 2 de estudio HAZOP.

¹ Norma Oficial Mexicana.

5. Establecer las posibles desviaciones en las instalaciones y las cometidas por error humano.

El equipo de trabajo, discutió cuales son actualmente y cuáles podrían ser los peores escenarios que probablemente ocurrirían en el área.

6. Identificar posibles causas de cada desviación, las consecuencias, así como sus medidas correctivas.

El cuadro 3, presenta la metodología desarrollada para los nodos 1 y 2.

Resultados y discusión.

Los resultados obtenidos de este estudio son extensos, sin embargo es posible generalizar algunas de las medidas correctivas más importantes detectadas y que se concluyó son las primeras a atacar, estas se presentan en el cuadro 4.

HAZOP es una metodología multidisciplinaria que involucra a los expertos en la operación diaria de las actividades y son ellos los que van dando la dirección correcta al estudio, conocen las limitaciones y alcances que pueden lograr. Este estudio no termina con la identificación de los riesgos y desvíos de operaciones, todo este trabajo incluso podría ser desechado si no se cuenta con un líder que dirija adecuadamente la planeación de mejora, afortunadamente se logró coordinar las decisiones de impacto para erradicar periódicamente las desviaciones del proceso gracias a que el equipo de trabajo nombro un representante el cual será el encargado de realizar las inspecciones correspondientes.

MEDIDAS CORRECTIVAS
Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad, crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene.
Crear y capacitar una comisión de seguridad e higiene interna.
El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral.
Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad.
Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo.
Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.
Análisis de carga de trabajo y distribución adecuada de responsabilidades.
Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Cuadro 4.

Trabajo a futuro

Este análisis forma parte de trabajo de tesis de Maestría en Ingeniería Administrativa para planeación, control y reducción de riesgos para mejorar la seguridad e higiene en las empresas de construcción de prefabricados. Se pretende la aplicación del método cuantitativo árbol de fallos para el análisis de riesgo y con esto probar hipótesis de estudio.

Conclusiones

La técnica HAZOP nos permite subdividir las operaciones de un proceso, en tantas pequeñas partes como sea necesario, para poder analizar de manera especial aquellas que entrañan un riesgo elevado. Es cierto que de manera general todos los procesos productivos conllevan un peligro y que incluso el índice de frecuencia pueda

parecer despreciable, pero al tratarse de un problema que involucre la vida de los trabajadores, debe prestarse especial interés.

Actualmente algunos de los sectores como el de la construcción podrían no estar cumpliendo con los estándares de seguridad que se requieren para operar en nuestro país, cifras estadísticas de instancias federales revelan que este sector es uno de los que tienen mayor incidencia de accidentes, no solo es la obligación del gobierno el exigir que se cumplan todos los requisitos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) se requiere de un cambio más profundo incluso de índole cultural en donde cada uno de nosotros se haga responsable de sus actos y este consiente de que la prevención es la mejor manera de lograr calidad de vida en cuanto a la actividad productiva se refiere.

Existen diversas técnicas de identificación y evaluación de riesgo y en este caso se optó por trabajar con HAZOP por ser un método muy completo y riguroso en su procedimiento ya que se analizan todas las combinaciones relevantes de las palabras guía contra las variables de estudio, por lo cual las medidas correctivas obtenidas poseen la sustancia de la eliminación de problemas.

Referencias

1. Bestatén Belloví Manuel. (2013). NTP 238, Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 9
2. Reinoso Angulo Eduardo, Rodríguez Mario E. y Betancourt Ribotta Rafael. Manual de diseño de estructuras prefabricadas y presforzadas, Instituto de ingeniería de la UNAM. Consulta 15 julio 2013, 5 <http://www.anippac.org.mx/manual1.htm>
3. Gaytán Rodríguez Rodolfo (2011). El uso de prefabricados en México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
4. Mulet Escrig Elena, Alberola Mar Carlos, Chulvi Ramos Vicente, Ramos Barceló Juan E., Bovea Edo M.A Dolores. (2011) Problemas resueltos de análisis de riesgos en instalaciones industriales. Universitat Jaume. 9-32
5. DEACERO, Manual Técnico de Vigueta Pretensada, consulta el 10 julio 2013 <http://www.deacero.com/anexos/ViguetaPretensada.pdf>
6. Soluciones avanzadas en gestión de riesgos consulta el 13 julio 2013 www.solucionesavanzadas.cl
7. Freedman Pablo (2003) HAZOP *como metodología de análisis de riesgos*, Revista *Petrotecnia*, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. 4

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Estrategia de sustentabilidad: Sistema de Gestión de Calidad en una MIPYME de Análisis Clínicos.

M. S. López Vigil^{1*}, B. Bolaños Campos^{1**}, A. Heredia González¹, R. Matías López¹ y S. Juárez León²
¹División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Tehuacán. ²Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tehuacán. Libramiento Tecnológico s/n AP 247, C. P. 75770, Tehuacán, Pue. México

misilovi@hotmail.com*, *bibibc2529@hotmail.com*

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

La acreditación de un laboratorio de análisis clínicos, es un símbolo de confianza, donde el control interno de calidad es parte del proceso diario. El laboratorio debe determinar la incertidumbre de un análisis, teniendo en cuenta que todos los componentes del informe son importantes, desde el muestreo hasta el cambio de operario. Debe conocer cómo funciona tanto el equipo como el hardware y el software que se incorporan al sistema, ya que pueden, por ejemplo, redactar o reportar en unidades convencionales o internacionales de manera indistinta. Debe asegurarse la trazabilidad metrológica a las unidades de medida internacional y conocer la incertidumbre analítica específica de los métodos utilizados.

Este proceso va de la mano con la responsabilidad profesional. No solo es algo que se tiene que hacer, sino que cambia integralmente el concepto de calidad, responsabilidad y sustentabilidad en el laboratorio, en todos los niveles de la organización, generando las condiciones para funcionar como una MIPYME confiable y sostenida.

Palabras claves— MIPYMES, sustentabilidad, calidad, análisis clínicos.

Abstrac

The accreditation of a laboratory of clinical analysis, is a symbol of trust, where the internal quality control are part of the daily process. The laboratory must determine the uncertainty analysis, taking into account all components of the report are important, from sampling to the change of operator. He must know how the computer and the hardware and software that are incorporated into the system, that is, for example, it is write in conventional or international unit of indistinct manner. It can be secure in the metrology trazability of the international unit measure and know the anality uncertainty specific of the methods utilized.

This process goes hand in hand with professional responsibility. Inside the laboratory must be a group responsible but that change all concept the quality, responsibility and sustainability in the laboratory, in all levels of the .organization, generating the conditions for function the same as trust and sustain MIPYME.

Introducción

Las micro, pequeñas y medianas empresas, MIPYMES, tienen particular importancia para las economías nacionales, no solo por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios, sino también por la flexibilidad de adaptarse a los cambios tecnológicos y gran potencial de generación de empleos. Representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico y una mejor distribución de la riqueza (Correa, 2008).

En México las MIPYMES constituyen el 99.8% de las empresas, crean 7 de cada 10 empleos, y generan más de la mitad de la riqueza (Fortalecimiento PYME, 2010).

A pesar de ser una fuente muy importante en la economía del país, las MIPYMES no cuentan con muchos de los recursos necesarios para que se desarrollen de una manera plena y existen en el país grandes problemas que las afectan en gran medida (Correa, 2008).

El fracaso de las MIPYMES depende de varios factores como la falta de planeación, la falta de organización en sus procesos, el deficiente manejo financiero, la poca atención a los inventarios y la falta de mecanismos de control. Estos factores inciden en pocas ganancias y rendimiento y muchas veces provocan la salida inminente del mercado (Cedillo, 2010).

La sustentabilidad empresarial es un paradigma que cada día cobra mayor interés pues surge de la necesidad percibida de generar modelos que favorezcan la permanencia de las micro, pequeñas y

medianas empresas en un contexto en el que alrededor del 65% mueren durante sus primeros dos años de operación (Portales, *et al.*, 2009). En el caso de una microempresa de análisis clínicos, la implementación de un sistema de gestión de calidad brinda los elementos que favorecen al fortalecimiento y permanencia de la empresa en el mercado.

Las empresas competitivas reconocen la importancia de contar con una buena gestión de calidad de servicio, especialmente las MIPYMES que no se deben seguir descuidando este aspecto. Y deben de utilizar una serie de métodos para supervisar el rendimiento del buen servicio. Las prácticas varían de acuerdo con la clase de organización y el número de personas involucradas.

En México hay muchos laboratorios de análisis clínicos que no cuentan con sistemas de calidad, ni siquiera con los requerimientos mínimos en su establecimiento y en la operación de mismos, esto puede traer como consecuencia errores en los resultados, los cuales servirán de base para el diagnóstico y tratamiento del paciente, pudiendo causar daños incluso irreversibles en los mismos, con consecuencias legales para el laboratorio (Sierra, 2010).

La implantación de un sistema de gestión de calidad requiere de un cambio completo de la organización funcional de los laboratorios clínicos aplicado a todos los niveles, lo cual conlleva una serie de ventajas (Sierra, 2006).

Los sistemas de gestión de calidad son un indicador de la eficacia de un laboratorio y constituye una sólida defensa frente a posibles reclamaciones.

También identifica los puntos clave a controlar, aunque cada laboratorio posee características especiales, se pueden establecer sus mecanismos de actuación aplicando la mejora continua en cada una de sus etapas: pre-analítica, analítica y post-analítica (Sierra, 2006).

El primer paso para alcanzar la calidad es el de elaborar un plan estratégico que incluya metas analíticas específicas, medibles, alcanzables y retadoras. La premisa fundamental del control de calidad en el laboratorio clínico es la de garantizar relevancia médica, en la que destaca la seguridad del paciente ante todo. En el ámbito de la medicina basada en evidencia, calidad es sinónimo de seguridad (Westgard, 2010).

Esto trae beneficios directos dentro de la organización, entre los cuales están:

- Mejor control de los procesos
- Garantía en la confiabilidad de los resultados
- Satisfacción de clientes internos y externos
- Incremento de la productividad

Así como los resultados puede servir de modelo para otros laboratorios de análisis clínicos, con el propósito de incrementar la creación de valor para clientes, personal, comunidad y accionistas, además de mejorar su posición competitiva en el sector salud (Márquez, 2008).

Metodología

El Sistema de la Calidad se define como un conjunto de políticas, objetivos, procesos, documentos y recursos que conducen a asegurar la calidad, no sólo del producto sino de la organización como un todo, buscando la máxima satisfacción de los clientes.

La realidad de los laboratorios clínicos combina a una creciente complejidad tecnológica con las mayores expectativas de médicos y pacientes, sostenidos por recursos económicos cada vez más escasos, lo que ha llevado a ampliar el alcance del concepto de calidad analítica al de calidad total (Farinati, 2009).

Los rubros de mayor importancia en la organización requerida para la calidad total son:

- Distinguir claramente los procesos técnicos y administrativos
- Detallar los procedimientos inherentes a esos procesos
- Visualizar los procesos clave en diagramas de flujo fáciles de comprender por las personas implicadas
- Crear la documentación adecuada y un archivo de respaldo que permita tener al momento la información
- Disponer de indicadores de calidad que permitan conocer la marcha de los procesos y proceder a su ajuste toda vez que sea necesario, considerando en primer lugar los indicadores analíticos de los

análisis clínicos conocidos como sistemas de control de calidad interno y externo o entre laboratorios.

- Controlar procesos y procedimientos mediante auditorías programadas, internas y externas, con la posibilidad de subsanar los errores que puedan encontrarse mediante acciones correctivas, y prevenir errores futuros mediante acciones preventivas
- Organizar el trabajo de la gente en base al conocimiento claro de las responsabilidades de todos, sabiendo sobre qué y a quién responde cada uno, y visualizarlos en el organigrama del laboratorio.
- Seleccionar a la persona adecuada a cada trabajo conociendo el perfil del puesto
- Capacitar permanentemente a la gente para optimizar el desempeño en sus tareas específicas
- Facilitar la integración armónica y eficiente de todas las áreas de trabajo favoreciendo la comunicación fluida entre sus miembros, sobre todo en las interfaces.

Para lograr una alta calidad analítica y una adecuada financiación en el laboratorio clínico, es necesaria una Gestión de Calidad que organice el diseño, la implementación, el monitoreo y el reajuste de sus procesos. De igual forma para cumplir los objetivos enunciados en la Política de Calidad y en la Misión del laboratorio, todas las personas involucradas deben trabajar en conjunto y sin interferencias. Esta es una de las principales funciones del Liderazgo en el Laboratorio Clínico: lograr que todos los integrantes del equipo trabajen de acuerdo a la realización de los objetivos comunes (Farinati, 2009).

La metodología se divide en los siguientes procesos:

1. Proceso organizacional. En este proceso se diseña la política de calidad, misión y visión. De igual forma se define la estructura funcional del laboratorio, se definen los objetivos de calidad y se planifica y revisan los conceptos del sistema de gestión de calidad.
2. Proceso técnico. En este proceso se desarrollan todos los documentos técnicos para las tres etapas pre-analítica, analítica y post-analítica.
3. Proceso de soporte. En este procesos se establecen los programas de trazabilidad, bioseguridad, capacitación del personal, control de inconformidades, control de calibraciones y mantenimientos, compras y almacén.

Para implementar la metodología en un laboratorio de análisis clínicos, en este trabajo como fase inicial se elaboró el manual de calidad que orienta al personal sobre los nuevos procedimientos que se han de utilizar y que hacen referencia a los procedimientos del sistema de gestión calidad y describen la estructura de la documentación utilizada en el mismo.

Resultados

En el manual de calidad se asignan nomenclaturas consecutivas para los procedimientos, instrucciones de trabajo y los registros, los cuales son la base de todo el sistema de calidad. De igual forma se realizan análisis de causa que determinan las fallas en los procesos y se elaboran planes de acción y seguimiento para minimizar o eliminar desviaciones del sistema en cada una de las etapas.

En sistema de calidad del laboratorio se define en la figura 1 en la cual se observa que los cimientos en todo sistema de calidad son los registros y planes de acción.



Figura 1. Estructura de sistema de calidad.

Para la implementación del sistema de gestión de calidad en un laboratorio clínico, se han generado unas listas de cotejo de la cédula de certificación para verificar el avance implementación. Estas incluyen cada una de las especificaciones de la norma NOM-166-SSA1-1997.

Dentro del manual de calidad se diseña la política de calidad, misión y visión para el laboratorio de análisis clínicos. La política de calidad es adecuada para el propósito de la organización, cumple con los requisitos y la mejora continua del mismo sistema de gestión, y sobre todo debe cumplir los objetivos de calidad, estas quedan descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Política de Calidad, Misión y Visión.

Política de Calidad	Nuestra empresa, está realmente comprometida con su profesión, con la calidad de sus procedimientos, pero principalmente con la salud del paciente, por lo cual se aplica la mejora continua en cada una de sus etapas, se está en continua capacitación y se conocen las necesidades de nuestros clientes.
Misión	Proporcionar al cliente un servicio de calidad, con precisión, confiabilidad y a un costo competente en el mercado. Entrega de resultados a tiempo utilizando la tecnología y las herramientas existentes en el área de la salud.
Visión	Ser una empresa competitiva en la región contando con los avances tecnológicos que ayuden en la mejora de los métodos analíticos y diagnósticos logrando la certificación.

Se realizan los formatos para la el registro de los análisis con los valores de referencia impresos y se conservan por el tiempo indicado en la norma. La nomenclatura de estos registros queda definida en la tabla 2 y se muestra un ejemplo de un registro del laboratorio.

Tabla 2. Nomenclatura de registros de los análisis del laboratorio.

Registros de los análisis del laboratorio	
Área	Nomenclatura
Inmunología	BIOC-R- A-1.3-IM –OC-21-03
Química clínica	BIOC-R- A-1.3-QC-OC-21-03
Hematología	BIOC-R- A-1.3-HE-OC-21-03
Microbiología	BIOC-R- A-1.3-MC-OC-21-03
Parasitología	BIOC-R- A-1.3-PR-OC-21-03
Uroanálisis	BIOC-R- A-1.3-UR-OC-21-03

La nomenclatura de cada documento se define de la siguiente manera de acuerdo al ejemplo mostrado en la tabla 2:

BIOC - Siglas del nombre del laboratorio
 R - Registro
 A - Análisis

- 1.3 - Número consecutivo del manual
- IM - Área específica del laboratorio (Inmunología)
- OC - Mes que se realiza el análisis (Octubre)
- 21 - Día que se realiza el análisis
- 03 - Número consecutivo del paciente por día

Registro de resultados con valores de referencia

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS
 ÁREA:
 QUÍMICA CLÍNICA

CÓDIGO DE CONTROL:
 BIOC - RA - 1.3 - QC - OC2103

FECHA: 21-oct-11
 FLORENCIO CRISANTO GABRIEL
 PACIENTE: BAUTISTA
 EDAD: 5 AÑOS
 SEXO: MASCULINO
 EXPEDIENTE: OC2103
 DOCTOR(A) DRA. MIRNA HERNÁNDEZ CASTILLO

BIOMETRÍA HEMATICA

VALORES DE REFERENCIA

DE 4 - 6 AÑOS

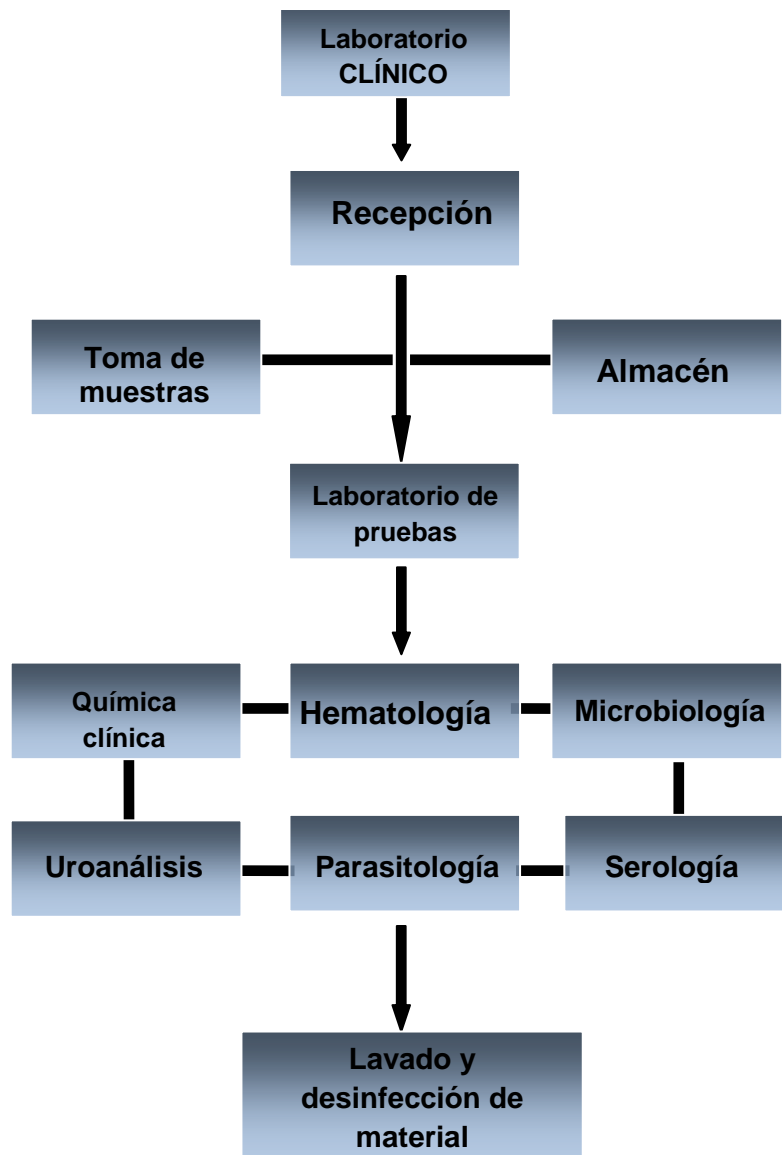
HEMOGLOBINA	14.0	gr/ dL	11 a 14 gr/dL
HEMATOCRITO	43.0	%	33.9 a 42.9 %
ERITROCITOS	4.67	millones/mmc.	3.8 a 4.8 millones/mmc
HEMOGLOBINA GLOBULAR MEDIA	30.0	pg	28 a 32 pg
CONC. MEDIA DE HB GLOBULAR	32.6	gr /dL	32 a 34.5 gr/ dL
VOLUMEN GLOBULAR MEDIO	92.1	fl	83 a 101 fl
LEUCOCITOS	6,700	/mmc.	5000 a 10,000/mmc.

FORMULA DIFERENCIAL	PORCIENTO	POR m.m.c.	PORCIENTO	POR m.m.c.
GRANULOCITOS EOSINOFILOS	1 %	67	0 a 4	0 a 400
GRANULOCITOS BASOFILOS	0 %	0	0 a 1	0 a 100
LINFOCITOS	33 %	2211	21 a 35	1000 a 3500
MONOCITOS	1 %	67	0 a 2	00 a 200
NUCLEO EN BANDA	5 %	335	0 a 2	00 a 200
NUCLEO SEGMENTADO	60 %	4020	55 a 65	2750 a 6500
NEUTROFILOS TOTALES	65 %	4355	57 a 70	3000 a 7000
PLAQUETAS	217,000	/mmc		150,000 a 400,000/mmc

ATENTAMENTE:

Dentro del manual organizacional se diseña el organigrama del laboratorio de análisis clínico mostrado en la figura 2.

Figura 2. Organigrama del Laboratorio



Se diseñan:

- El manual de procedimientos administrativos del laboratorio clínico.
- El manual de métodos analíticos del laboratorio clínico para cada prueba.
- La bitácora de mantenimiento de equipo y calibraciones. Se desarrolla el formato de registro de calibración de equipo el cual se realiza diariamente y calibración de equipo externa realizada de forma trimestral. Dentro de la bitácora de mantenimiento se diseñan los registros diarios y semanales de manutención de equipo.
- Se diseña la nomenclatura del manual de operación de cada uno de los equipos de todas las áreas del laboratorio. El desarrollo de estos procedimientos fue con la guía de operación del equipo proporcionada por el fabricante.
- Se diseña la guía para la toma, identificación, manejo y transporte de la muestra.
- Se diseña el manual de seguridad e higiene. La seguridad del personal es parte fundamental de toda organización. El sentirse a salvo, hace que las personas trabajen con la confianza de que su bienestar es prioridad para la organización. Esto trae como consecuencia una mayor productividad en cualquier empresa.
- Se diseña el manual de procedimientos para el manejo de desechos peligrosos. El desarrollo de este manual se hace en base a la norma ecológica NOM-087-ECOL-1995.

- Se diseña el manual de mantenimiento de equipo y calibraciones. Este manual cuenta con los procedimientos internos de calibración de equipo el cual se realiza diariamente y calibración de equipo externa. De igual forma se definen los programas de mantenimiento preventivo y los procedimientos para cada actividad. Esto es en base a los manuales de servicio del equipo proporcionado por el fabricante.
- Se desarrolla un Programa de desinfección y del establecimiento. Se realizan los formatos para la el registro de las desinfecciones trimestrales.
- Se desarrolla un programa de capacitación. La capacitación del personal del laboratorio debe ser continua y efectiva, para ello se realiza un cronograma de capacitación anual que incluye capacitación técnica y capacitación de reforzamiento y actualizaciones de las normas que rigen al laboratorio.

Dentro del manual de procedimientos administrativos se diseña el organigrama del personal necesario para el funcionamiento del laboratorio el cual se muestra en la figura 3.

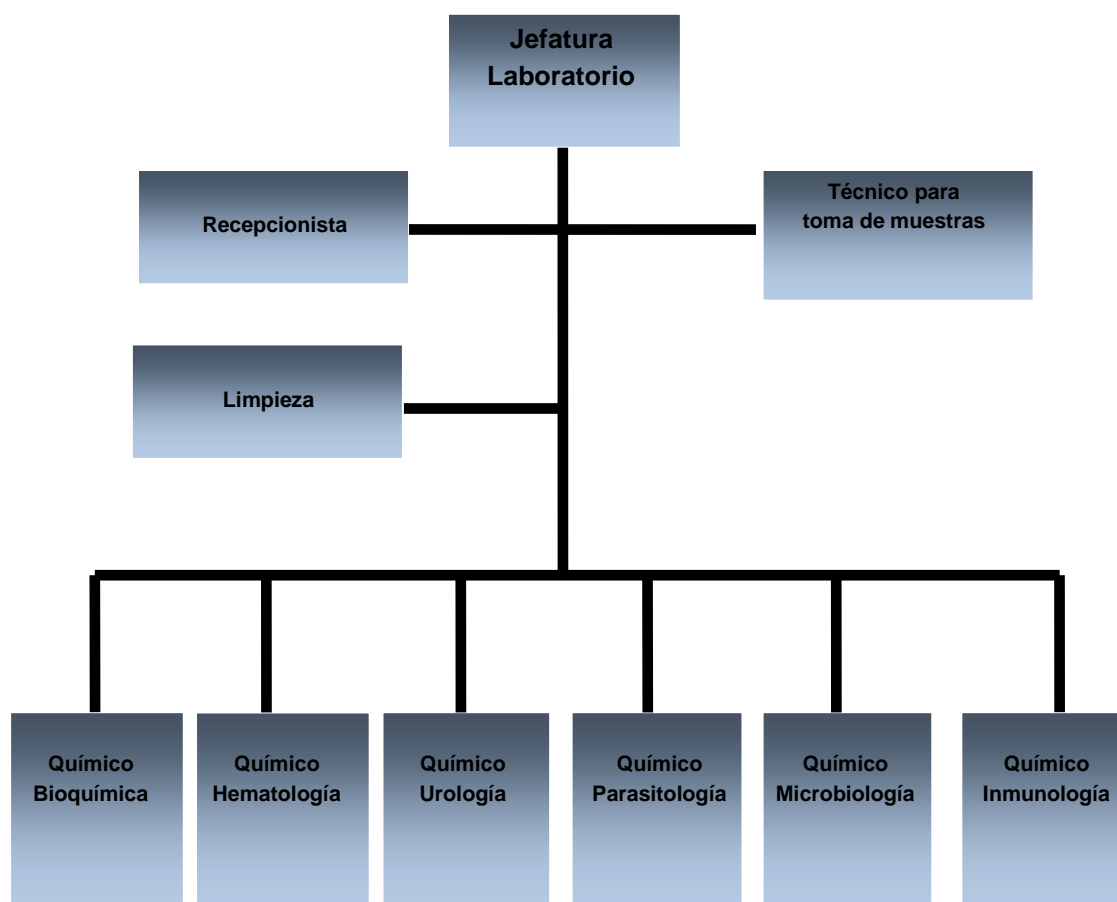


Figura 3. Organigrama del personal

Conclusiones

Un área de oportunidad dentro del laboratorio de análisis clínicos consiste en la preparación y desarrollo de un sistema de gestión de calidad como estrategia para hacerlo competitivo y sustentable, que asegure la eficiencia de los procedimientos de trabajo dando satisfacción y confianza al cliente y alcanzando la misión de la empresa.

Concordando con Pérez (2009): “Los sistemas de gestión de la calidad ayudan a las empresas a incrementar la satisfacción del cliente. Estos necesitan productos que satisfagan sus necesidades y expectativas las cuales se expresan en especificaciones de producto o servicio, llamadas requisitos del cliente”, esto conlleva simultáneamente tanto a proporcionar al cliente un servicio de calidad, con precisión, y confiabilidad como a fortalecer la sustentabilidad de la empresa que le permita resolver sus necesidades de hoy y garantizar su permanencia en el mercado por incrementar su confiabilidad y competitividad.

El Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y la Competencia Técnica de los Laboratorios Clínicos deben ser observados, analizados y comprendidos como estrategias para alcanzar la relevancia médica.

Cuando se habla de un SGC, se entiende que es un sistema de controles en los diferentes niveles de organización del laboratorio, el SGC no solo otorga eficiencia en el trabajo y mejor rendimiento del personal, sino que restringe a todos los colaboradores a cumplir ciertos lineamientos que permiten reducir los márgenes de error garantizando así un mejor servicio y atención al cliente, pero sobretodo calidad en los resultados.

No es aceptable que se quiera ver al Laboratorio Clínico como un negocio lucrativo en el que se subestime y no se anteponga el bienestar del paciente por encima de cualquier cosa. La implementación de un sistema de gestión de calidad en una MIPYME de análisis clínicos de la ciudad de Tehuacán favoreció al posicionamiento de esta empresa incrementando su clientela en un 20% en el primer semestre posterior a dicha implementación, así como al aplicar una encuesta para medir la satisfacción del cliente, esta empresa fue evaluada como un servicio "muy satisfactorio" mejorando respecto a la evaluación diagnóstica hecha antes de la implementación. La empresa considera interesante invertir en publicidad que de a conocer el hecho de contar con un sistema de gestión de calidad implementado.

Agradecimientos

Se agradece la valiosa participación del laboratorio de análisis clínicos Bioclínico de Tehuacán, Pue. y a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Tehuacán para la realización del presente trabajo.

Referencias

1. Cedillo, E. R. (2010). La estabilidad macroeconómica y las micro pequeñas y medianas empresas en México. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, vol. 15 (No. 52), p-531.
2. Correa, J. E. (2008). Importancia de las PYMES en México. *Revista electrónica COEPES*, p-1.
3. Farinati, Z. (2009). *Laboratorios clínicos control interno*. Recuperado el 14 de Marzo de 2011, de Coyuntura Online Edición: Mariano Piccinni: <http://www.coyunturaonline.com.ar/?p=1612>
4. Fortalecimiento PYME. (2010). *PYMES Nuestras empresas*, Vol. 1 (Num. 1), Pag 1.
5. Márquez, M. E. (2008). Implantación del modelo nacional para la calidad total en el laboratorio clínico. *Revista Mexicana de Patología Clínica, (Medigraphic)*, p-127.
6. Pérez, M. (2009). *Calidad en el laboratorio de análisis clínico*. Facultad de ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas UNR.
7. Portales, L., García de la Torre, C., Camacho R. G., Arandia P. O. (2009) Modelo de sustentabilidad empresarial penta-dimensional: aproximación teórica. *Administración y Organizaciones*, No. 23, Año 12, pp.113-129.
8. Sierra, A. R. (2006). El laboratorio Clínico y el Control de Calidad. *Bioquímica*, Vol 31 (Núm 02), pag 39.
9. Sierra, A. R. (21 de Junio de 2010). En México, incierta la calidad de laboratorios clínicos:experta. *La Jornada*, pág. 46.
10. Westgard, J. (2010). Cómo garantizar la calidad analítica. *Revista Mexicana de Patología Clínica*, Vol. 57 (Núm. 4), p-182.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE UN VEHÍCULO MANUAL DE CARGA EMPLEANDO ALGORITMOS GENÉTICOS Y MEF

¹Oscar Ignacio Zavala Martínez, ¹Pedro de J. García Zugasti, ¹Jaime S. Ayala Dorantes, ²Carlos Eusebio Mar Orozco

¹Instituto Tecnológico de San Luis Potosí. Av. Tecnológico s/n. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México.

²Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Desv. Lindero Tametate S/N. Tantoyuca, Ver. México.

Área de participación: Ingeniería Industrial

RESUMEN

En este trabajo se presenta la optimización de la estructura de un vehículo manual de carga empleando algoritmos genéticos y el método del elemento finito. Para el análisis de la estructura, fueron considerados los criterios de rigidez, las propiedades mecánicas y las normas de ergonomía y diseño. Se muestran los resultados obtenidos de la optimización de la sección transversal tipo "C" de la estructura del vehículo. Para verificar y validar los resultados de la optimización se utilizó el análisis y simulación por MEF.

Palabras clave: Optimización, Algoritmos genéticos, Método del elemento finito.

ABSTRACT

This paper presents a study to show the structure optimization of a loading vehicle. The genetic algorithms method and the finite element method was used to analyze the structure vehicle. The stiffness criteria, mechanical properties, guidelines ergonomics and design standards were considered to the study. The optimization results of the vehicle "C" cross section structure are showed with the validation and verification results using the FEM analysis and simulation.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la Industria Metal-Mecánica está regida por la cultura de la Calidad, aplicándose estrictas normas de calidad con la finalidad de satisfacer adecuadamente las necesidades así como los requerimientos de sus clientes. Por tal motivo dentro de estas empresas se establecen distintos mecanismos para supervisar y controlar estrictamente todas sus operaciones. Un ejemplo de ello es realizar de manera eficiente y segura la manipulación de materias primas, productos terminados, desechos sólidos, etc. Por otra parte se requiere del manejo seguro con los equipos adecuados, vehículos motrices y herramientas que satisfagan las exigencias particulares de cada empresa. El presente trabajo de investigación se enfoca a la optimización estructural de los vehículos manuales de carga cuya característica es presentar seguridad y confiabilidad, cumpliendo de esta manera las exigencias particulares de cada empresa, tomando en cuenta la Norma Mexicana **NOM-006-STPS-2000** acerca del "Manejo y almacenamiento de materiales-condiciones y procedimientos de seguridad", que establece la capacidad humana permisible para el transporte de carga con estos vehículos. Para lograr la optimización estructural del vehículo manual de carga se utilizó la técnica de optimización de Algoritmos Genéticos, el Método del Elemento Finito (MEF) en las etapas de análisis y verificación de las capacidades estructurales de dichos vehículos.

METODOLOGÍA

VEHÍCULO MANUAL DE CARGA

Son diversas las herramientas que se utilizan en el manejo de materiales para que permitan que el hombre mueva objetos pesados, los desplace más aprisa, o lo haga con menos esfuerzo. Estas herramientas aprovechan las ventajas mecánicas de la palanca o el plano inclinado, valiéndose de dispositivos tales como la rueda y su eje. Estos aparatos y herramientas permiten que el hombre mueva o levante objetos que, de otro modo, no podría mover. [1]

Tipos

Existen diferentes clases de equipo manual que se utilizan en el manejo de materiales. Los descritos a continuación son los equipos manuales [1] que comúnmente más se utilizan: Carretillas de una rueda, Plataformas de bastidor, Carretillas de dos ruedas, Carretilla para tambores, Carretilla de volteo para garrafones, Carretilla para cilindros, Carretilla manual de plataforma, Plataforma semimóvil. En el presente

trabajo se analizará únicamente los vehículos manuales de plataforma, como el que se muestra en la Fig. 1, ya que cuentan con una gran aplicación en el transporte de materiales.



Fig. 1. Vehículo Manual del tipo Plataforma.

MÉTODO DEL ELEMENTO FINITO

Para efectuar los análisis del presente trabajo por el Método del elemento finito se emplearon dos diferentes elementos de discretización, esto debido a la naturaleza de la estructura, siendo tales elementos los conocidos como hexaédricos (8 nodos) y elementos isoparamétricos (4 nodos).

Elemento Hexaédrico (8 Nodos)

El elemento lineal [2] de 8 nodos también conocido como Elemento Hexaédrico (ver Fig. 2), consiste en un cuerpo de forma cúbica cuyos 8 vértices representan los 8 nodos del elemento, significando ello 3 grados de libertad por cada nodo y por consiguiente representa 24 grados de libertad por elemento lineal en el mallado.

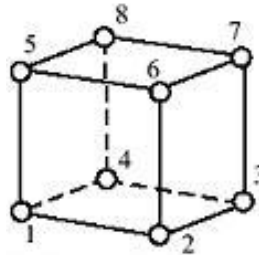


Fig. 2. Elemento lineal.

Elemento isoparamétrico (4 Nodos)

Los elementos isoparamétricos de 4 nodos [2] son empleados en análisis de casos bidimensionales y tridimensionales de ingeniería (ver Fig. 3). Tal elemento se conforma por 8 grados de libertad los cuales están considerados en cada vértice del elemento (dos grados de libertad por vértice).

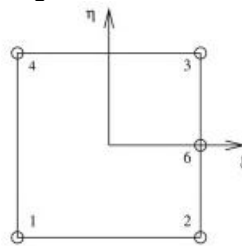


Fig. 3. Elemento isoparamétrico de cuatro nodos.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Los algoritmos genéticos [5] son estrategias de búsqueda basadas en las reglas de la genética evolutiva. Los algoritmos genéticos han sido usados para solucionar una variedad de problemas de diseño estructural. La idea principal de los algoritmos genéticos es simular la conducta de la selección natural evolutiva.

Los algoritmos genéticos están reconocidos como distintos de las diversas técnicas tradicionales de optimización [6], mostrándose enseguida 4 características particulares:

1. Los algoritmos genéticos trabajan con un código de las variables de diseño y parámetros en el problema, en vez de los parámetros actuales.
2. Los algoritmos genéticos hacen uso de búsquedas de tipo poblacional. Muchos puntos diferentes de diseño son evaluados durante cada iteración en lugar de hacer movimientos secuenciales de un punto a otro.

3. Los algoritmos genéticos solo necesitan una función objetivo o de rigidez. No se necesita realizar derivaciones u obtener gradientes.
4. Los algoritmos genéticos usan reglas probabilísticas de transición para encontrar nuevos puntos de diseño para exploración en vez de usar reglas determinísticas basadas en información de gradientes para encontrar nuevos puntos.

La estructura básica para el desarrollo de los algoritmos genéticos es la que se muestra en la Fig. 4: [5]

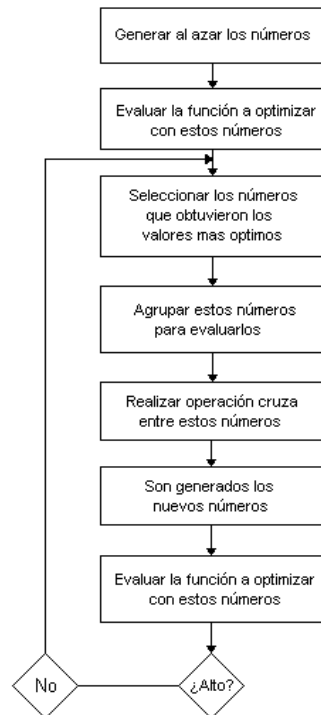


Fig. 4. Flujo en un simple Algoritmo Genético.

EXIGENCIAS EN EL DESARROLLO DE VEHÍCULOS MANUALES DE CARGA

Se establecen exigencias de acuerdo a la finalidad que van a desempeñar dichos vehículos, considerando que deberán cumplir de manera exitosa todas sus funciones tales como su principio de funcionamiento, su fácil manipulación, su fácil acceso para su limpieza y/o mantenimiento requerido. El vehículo también deberá ser diseñado bajo ciertos lineamientos dictaminados por instituciones normativas. Por tal motivo se hace referencia a la norma NOM-006-STPS-2000, "Manejo y almacenamiento de materiales-condiciones y procedimientos de seguridad", que en su apartado 8.5g menciona: "la carga que sea mayor de 2000 N, con el empleo de diablos, carretillas o patines, se realice al menos con dos trabajadores". [7] De esta manera se establece la lista de especificaciones para el vehículo manual de carga, como se muestra a continuación.

- | | |
|--|---|
| 1. Capacidad máxima de carga: 4000 N | 3. Ancho mínimo requerido del vehículo: 1000 mm |
| 2. Cantidad mínima de Rodajas: 4 Rodajas | 4. Largo mínimo requerido del vehículo: 1000 mm |

La magnitud asignada a la dimensión del ancho mínimo requerido del vehículo es propuesto a partir de aspectos antropométricos, ya que será operado como máximo por 2 personas, se considera que la longitud del ancho del vehículo será de acuerdo a la longitud medida de hombro a hombro en un hombre promedio, la cual es de 450 mm [8], por lo que se estableció como el valor de 1000 mm en el ancho del vehículo.

ANÁLISIS ESTÁTICO DEL VEHÍCULO MANUAL DE CARGA

Se realizará el análisis estático del vehículo el cual determinará la magnitud de la fuerza con la cual cambie su estado de reposo y se determinará la magnitud de la fuerza con la cual se mantenga en estado de movimiento constante. Se considerarán todas las cargas que impidan al vehículo realizar el movimiento lineal en el plano, como la fricción estática, la resistencia a la rodadura, etc. Se consideran las fuerzas conocidas que se encuentren en el sistema como la carga máxima con la cual se podrá operar el vehículo. Ver Fig. 5

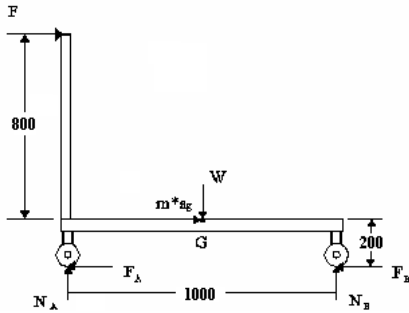


Fig. 5. Diagrama de cuerpo libre del Vehículo manual con carga (Acotación en mm).

Realizando el análisis estático respectivo se determina la fuerza F de 600 N, esto indica la fuerza requerida para poder romper el estado de reposo del sistema. También se determina la fuerza con la cual se mantenga en estado de movimiento constante el vehículo, la cual es de 27 N.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DEL VEHÍCULO MANUAL DE CARGA POR EL MÉTODO DEL ELEMENTO FINITO (MEF)

Primeramente se establece la forma estructural del vehículo manual de carga, empleando para ello la metodología de diseño bajo los criterios de búsqueda de conformación del vehículo. Los resultados obtenidos describen un marco rígido con una superficie la cual cuenta con 4 rodajas, tal como se ilustra en la Fig. 6.

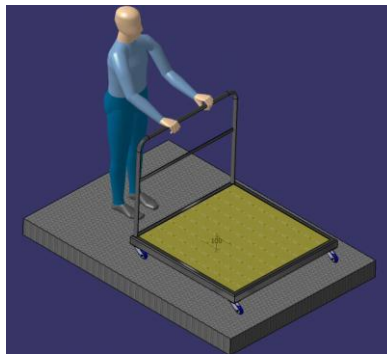


Fig. 6. Modelo del Vehículo Manual de Carga.

A partir de un análisis estático se obtienen las dimensiones y la forma del perfil, con ello se seleccionó un perfil estructural tipo "c" con las siguientes dimensiones: 76.2 mm de altura en el alma, 34.93 mm de longitud en el ala y 4.76 mm de espesor (Ver Fig. 7). El material para el marco rígido seleccionado es acero ASTM A36. De la misma manera se seleccionó una madera contrachapada para la plataforma. Bajo estos lineamientos se realiza el modelo del vehículo manual de carga, tal como lo ilustra la Fig. 7 y 8, tomando en cuenta las longitudes de cada elemento del marco rígido el cual es de 1000 mm. Se consideran las condiciones de carga en el vehículo. El modelo generado se realizara en el software Catia V5 R12®. Como siguiente paso se elabora el mallado en las zonas del marco rígido con elementos isoparamétricos de 4 nodos, como se muestra en la Fig. 8.

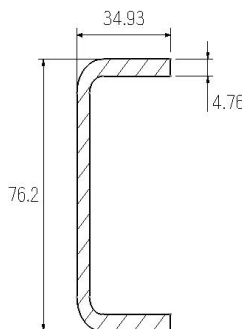


Fig. 7. Perfil "c" seleccionado (Acotación en mm).

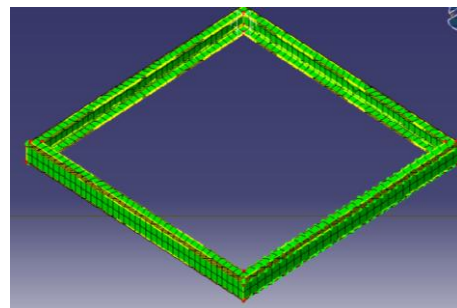


Fig. 8. Mallado del Marco Rígido.

Se realiza el ensamble de la madera contrachapada con el marco rígido en el modelo inicial, mallando con elementos hexaédricos de 8 nodos la parte de la plataforma, dichas mallas se unen mediante conexiones rígidas. La carga considerada en el estudio es de 4000 N ubicada sobre toda la superficie de la plataforma. Las condiciones de frontera se ubicaran en los cuatro vértices inferiores del marco. Así se realizan los análisis estructurales con el Método del elemento finito con ayuda del módulo de simulación del software Catia V5 R12®, los resultados de los desplazamientos y esfuerzos de von Mises se muestran en las Figs. 9, 10, 11 y 12.

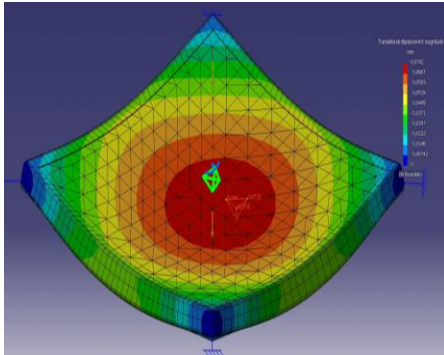


Fig. 9. Resultados de los Desplazamientos Generados.

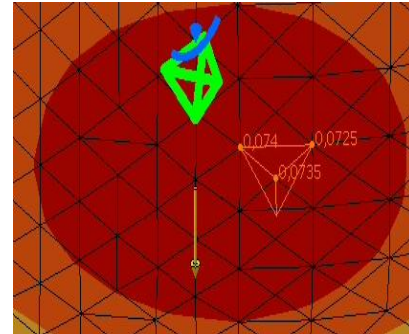


Fig. 10. Máximo desplazamiento en la plataforma.

El valor del máximo desplazamiento generado es de 0.0742 mm el cual se ubicó en la parte central de la plataforma, ver Fig. 10. El valor máximo del esfuerzo de Von mises generado fue de 18.9 N/mm², las cuales se ubicaron en los vértices del marco, ver Fig. 11 y 12.

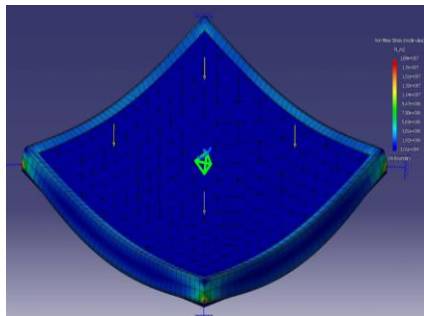


Fig. 11. Resultados de los Esfuerzos de Von Mises.

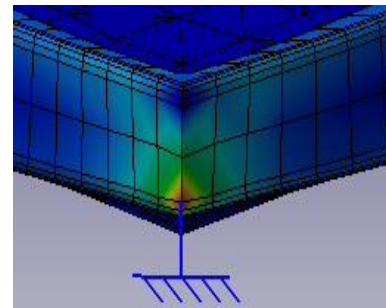


Fig. 12. Zona de Máxima Concentración de los Esfuerzos de Von Mises en la plataforma

OPTIMIZACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL PERFIL ESTRUCTURAL CON ALGORITMOS GENÉTICOS

El método a utilizar para optimizar la sección transversal del perfil son los algoritmos genéticos, con lo cual se optimizarán las dimensiones del perfil "c". Primeramente se presentarán las variables de diseño las cuales son b, h, e, que corresponden a la longitud del ala, altura del alma y al espesor del perfil. Posteriormente se determina la función de minimización $f(b, h, e)$ la cual se formula considerando el volumen del cuerpo a optimizar. Como siguiente paso se especifican las funciones de restricción, g_1 y g_2 . El último paso es establecer los límites de las variables de diseño b, h, e, los cuales se propusieron en base a los aspectos técnicos de su proceso de fabricación. A continuación se detallan las ecuaciones planteadas para efectuar la optimización.

Encontrar variables: $\{b, h, e\}$

La función de Minimización es: $f(b, h, e) = 1000 \{(b \cdot h) - [(b - e)(h - 2e)]\}$ (3)

Donde las funciones de restricción son: $g_1(x) = \frac{4032.25 \cdot h}{b \cdot h^3 - [1/6(b - e)(h - 2e)^3]} - 1 \leq 0$ (4)

$g_2(x) = b/h - 1 \leq 0$ (16)

Por lo tanto los límites de las variables son:

$$19 \text{ mm} \leq b \quad 19 \text{ mm} \leq h < 76.2 \text{ Mm.} \quad 1.252 \text{ mm} \leq e < 4.76 \text{ mm}$$

Para el desarrollo numérico de los algoritmos genéticos (Ver Fig. 4) se empleó el software Undo, donde se realizarán las iteraciones necesarias para la optimización. Las funciones de minimización y de restricción son declaradas en el software Undo. En la Fig. 13 se muestra la forma en que se represento el problema de optimización. Se realiza el proceso de iteraciones con lo cual obtenemos los siguientes resultados, ver Fig. 14.

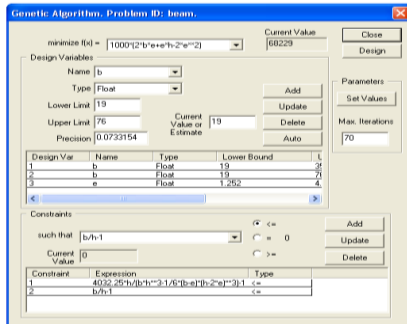


Fig. 13. Implementación de Algoritmos Genéticos.

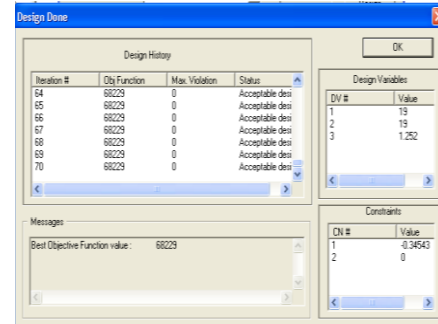


Fig. 14. Resultados obtenidos.

De esta forma los resultados se sitúan con las siguientes dimensiones al perfil “c” estructural, ver Tabla 1:

Tabla 1. Resultados obtenidos de las dimensiones del perfil “c”.

Variable de diseño	Dimensión Final Optimizada (mm)
b	19.05
h	19.05
e	1.252

EVALUACIÓN DEL VEHÍCULO MANUAL DE CARGA OPTIMIZADO

De igual manera se realizará el análisis por el Método del elemento finito al marco rígido con las mismas condiciones de carga, semejantes condiciones de parametrización del mallado, incluso las dimensiones de longitud del marco rígido del primer estudio se contemplaron, modificando en este estudio solo las dimensiones de la sección transversal del perfil estructural optimizado como se observa en la figura 15.

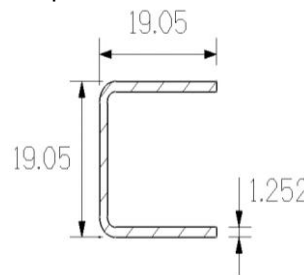


Fig. 15. Perfil estructural optimizado (Acotación en mm).

Las siguientes figuras (16 y 17) ilustran los resultados de los desplazamientos y la concentración de esfuerzos de Von Mises de la estructura al realizar el análisis por el método del elemento finito.

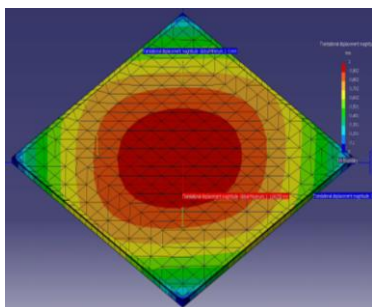


Fig. 16. Resultados de los Desplazamientos Generados.

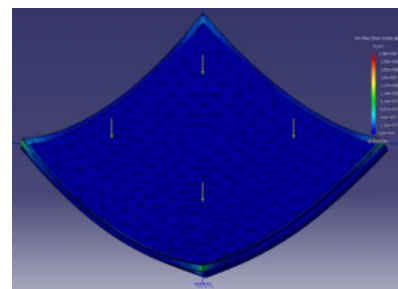


Fig. 17. Resultados de los Esfuerzos Von Mises Generados.

El valor del máximo desplazamiento generado en este análisis fue de 0.902 mm, para los esfuerzos de Von Mises fue de 228 N/mm². Al modelo del marco rígido ya analizado se agregará un manubrio, para ello se considerarán las mismas características del material, de carga y las restricciones no variarán, se incorporará una carga similar a la que aplicaría el operario sobre el manubrio, dicha magnitud será de 600 N. El manubrio será conformado por un tubo de calibre 40 de acero ASTM A36 con un diámetro nominal de 25.4 mm, su altura será de 800 mm, y su longitud será de 1000 mm. Las figuras 18 y 19 ilustran tanto el manubrio y el modelo final.

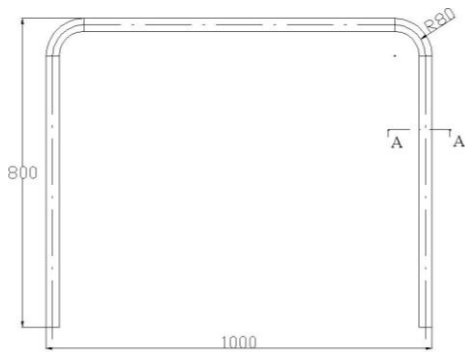


Fig. 18. Manubrio (Acotación en mm).

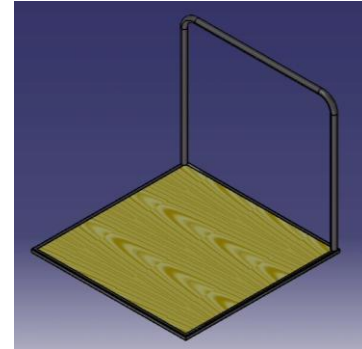


Fig. 19 Modelo Final Optimizado.

La figura 20 ilustra los resultados obtenidos al modelo final optimizado. La magnitud del máximo desplazamiento generado en este caso es 1.09 mm, se ubicó en la parte central de la plataforma.

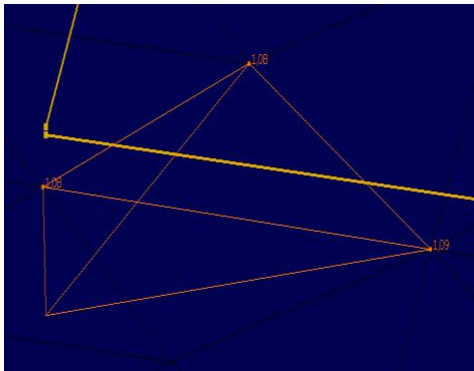


Fig. 20. Máximo desplazamiento en la plataforma del Modelo Final Optimizado.

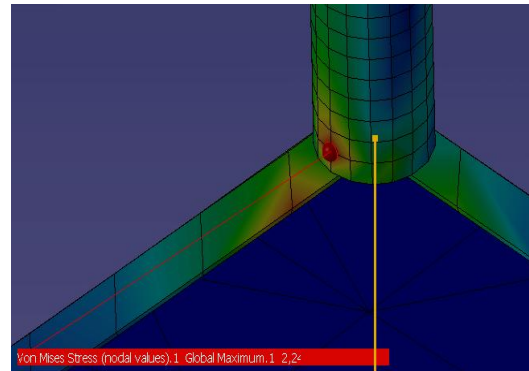


Fig. 21. Localización del máximo Esfuerzo de Von Mises generado en el modelo final optimizado

La magnitud del valor máximo del esfuerzo de Von Mises es de 224 N/mm², la cual obtuvo su valor máximo en la parte inferior del manubrio del marco rígido, ver Fig. 21.

Por consiguiente los resultados de los desplazamientos generados, son comparados con la norma ACI 318-02 los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos de los desplazamientos.

Modelo de Análisis	Desplazamientos obtenidos (mm)	Norma ACI 318-02 (L / 480)	Relación Desp. Permitido / Desp. Obtenido
Marco Rígido Propuesto	0.0742	2.083	28.1
Marco Rígido Optimizado	0.902	2.083	2.3
Marco rígido Optimizado, Plataforma y Manubrio	1.09	2.083	1.9

Con lo cual se observa que los resultados obtenidos muestran una relación “Desplazamiento Permitido / Desplazamiento Obtenido” del marco rígido optimizado es mejor que el marco rígido propuesto. La relación del

primer estudio es de 2.3, del segundo es de 28.1 y del último caso es de 1.9, de esta forma es visible el buen desempeño del empleo del método de optimización en el presente trabajo. En contra parte los resultados de los esfuerzos de Von Mises se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos de los Esfuerzos de Von Mises.

Modelo de Análisis	Esfuerzo de Von Mises (N/mm ²)
Marco Rígido Propuesto	18.9
Marco Rígido Optimizado	228
Marco rígido Optimizado, Plataforma y Manubrio	224

Es evidente que si se comparan los resultados obtenidos con respecto al valor del esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 cuyo valor nominal es de 250 N/mm² se mantiene la condición del criterio de falla establecida por Von Mises, la cual se determina por la ecuación (4).

De igual manera se puede plantear una metodología que represente paso a paso el desarrollo de este trabajo, ver Figura 22.

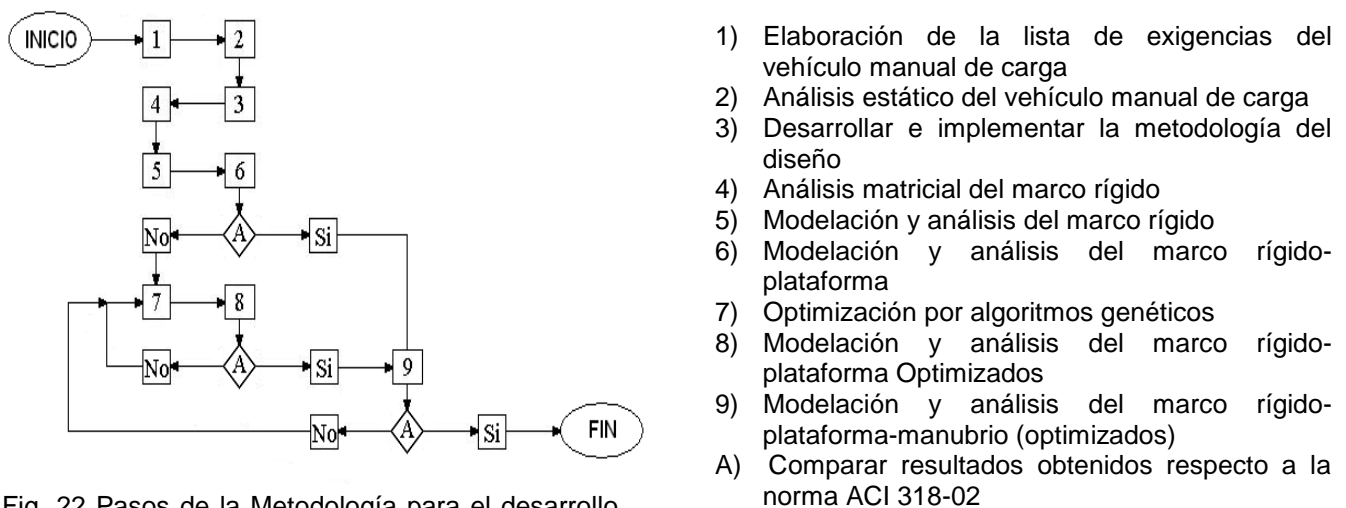


Fig. 22 Pasos de la Metodología para el desarrollo estructural de un vehículo manual de carga

- 1) Elaboración de la lista de exigencias del vehículo manual de carga
- 2) Análisis estático del vehículo manual de carga
- 3) Desarrollar e implementar la metodología del diseño
- 4) Análisis matricial del marco rígido
- 5) Modelación y análisis del marco rígido
- 6) Modelación y análisis del marco rígido-plataforma
- 7) Optimización por algoritmos genéticos
- 8) Modelación y análisis del marco rígido-plataforma Optimizados
- 9) Modelación y análisis del marco rígido-plataforma-manubrio (optimizados)
- A) Comparar resultados obtenidos respecto a la norma ACI 318-02

TRABAJO A FUTURO

Queda en extenso para un trabajo a futuro la fabricación del vehículo manual, con ello se evaluara mediante un diseño de experimentos en condiciones de carga y operación al vehículo esperando obtener resultados cercanos o semejantes a los aquí mostrados, de esta forma quedaría formulada una metodología de diseño para el desarrollo de este tipo de vehículos de carga.

CONCLUSIONES

En este estudio se analizó numéricamente el primer diseño realizando de forma posterior una optimización del vehículo manual del tipo plataforma. Seguido de ello se requirió realizar un segundo análisis numérico del vehículo ya optimizado. Considerando los resultados obtenidos y comparados con anterioridad es visible notar que el marco rígido optimizado realizará las mismas funciones que el marco rígido propuesto, pero el segundo modelo contará con un mejor desempeño respecto a su funcionamiento, puesto que será un vehículo con mayor ligereza ya que su peso estructural será de 21.15 N contra 187.4 N del primer modelo analizado, reduciendo sustancialmente la cantidad de peso del vehículo. Se hace notar que el empleo de los algoritmos genéticos es de gran ayuda para obtener los resultados óptimos y esperados. Los análisis junto a las simulaciones realizadas con programas que aplican el método del elemento finito dan una vasta idea del uso, así como aplicaciones para el diseño de dispositivos y estructuras similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bureau of Labor Standards. Seguridad industrial. Serie C. Ed. Herrero Hermanos Sucs. México, 1975.
- [2] Chandrupatla, Tirupathi R., (2002), "Introduction to finite elements in engineering", Prentice-Hall, Upper Saddle River N.J., Third Edition. USA.
- [3] Rao, Singiresu S, (2004). "The finite element method in Engineering", Elsevier Science & Technology Books, Burlington, MA, USA. Fourth Edition.
- [4] Budynas, Richard G. (1999), "Advanced Strength and Applied Stress Analysis". McGraw-Hill, Boston, Mass. USA. Second Edition.
- [5] Goldberg, David E. (1989), "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning". Addison-Wesley Longman Publishing Co., Boston, MA, USA. First Edition.
- [6] Rajan, S. D., (2001), "Introduction to Structural Analysis and Design", John Wiley & Sons, New York, USA. First Edition.
- [7] Secretaría del Trabajo y Previsión Social. NOM-006-STPS-2000. Manejo y almacenamiento de materiales, condiciones y procedimientos de seguridad. Diario oficial de la federación. México. 2001.
- [8] Ávila Chaurand, Rosalío, Prado León, Lilia R. (2001) Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. Diseño-Centro de Investigaciones en Ergonomía.
- [9] ACI 2002. "Notes on ACI 318-02 Building Code Requirements", Portlan Cement Association, Illinois.

AUTORIZACIÓN Y RENUNCIA

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Diseño Colaborativo a Distancia

S. C. Castillo Rodríguez^{1*}, G. A. Ruiz Domínguez^{1*}, R. U. Rivera Landaverde², O. M. Rodríguez Elias¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo,

²Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Hermosillo,

Av. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México.

silviacastillo@hotmail.com, *gruiz@ith.mx, ro_rivera@ith.mx, omrodriguez@ith.mx,

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Algunos de los retos constantes que enfrenta cualquier empresa, es lanzar al mercado un producto que satisfaga las necesidades del cliente, con costos de producción bajos, que sea de calidad, se venda a un precio competitivo y sacarlo en tiempos cada vez más cortos. En equipos de diseño global, estos retos se ven aunados a las barreras que acontecen al trabajar a distancia. Es por lo que ésta investigación busca analizar el diseño colaborativo a distancia con algunos participantes de la región norte del país, ya que es una zona donde empresas extranjeras se han establecido y donde han buscado tener proveedores.

Palabras clave: diseño co-localizado, diseño a distancia, equipos globales o a distancia.

Abstract

Some of the continuing challenges that faces any company is to launch a product that satisfy customer needs, with low production costs, a product of quality, to be sold at a competitive price and being on the market in shorter times. In global design teams, these challenges are coupled with the barriers that occur when working remotely. That's what this research seeks to analyze remote collaborative design with some participants of the northern region of Mexico because it is a region where foreign companies have been established and where they have sought to have suppliers.

Introducción

La globalización ha modificado la forma en que las organizaciones han ido creciendo y las formas de hacer negocio. Por estrategias de mercado o para minimizar costos, las empresas han buscado estar presentes en otros países o consiguen relacionarse con proveedores de otros países. Como consecuencia, las formas de trabajo también han ido cambiando, apareciendo equipos virtuales globales; los cuales trabajan por medio de sistemas tecnológicos para su comunicación a distancia, (Larsson, 2003).

Nos enfocamos a la actividad del diseño, debido a su complejidad, al tener que transmitir mensajes, ideas, sensaciones, texturas, dibujos, entre otros, que deben ser entendidos por todos y con ellos llegar a un consenso, para al final llegar a concretizar un producto. Se estima que un 85% de los problemas de los nuevos productos es a causa de un mal proceso de diseño, (Larsson, 2005). Para su análisis, es necesario por medio de la investigación y la realización de un proyecto de diseño a distancia, identificar las actividades claves, los intermediarios o canales de comunicación y las barreras que obstaculizan el desempeño de un equipo de diseño a distancia.

Marco Teórico

El Diseño

El diseño es una actividad social, que se basa en la contribución de diferentes orígenes, y por lo tanto de diferentes perspectivas sobre la necesidad del diseño, Bucciarelli (1988) citado por (MacGregor, 2002). La comunicación y la colaboración juegan un papel importante para conjuntar estas perspectivas y lograr una solución

óptima que satisfaga a todos los miembros del equipo y más importante al cliente. La interacción social es entonces el centro del trabajo de diseño (MacGregor, 2002).

En la figura 1, se muestra que un diseño co-localizado, es aquel en el que los miembros del equipo están trabajando a menos de 50 pies de distancia, a partir de esta longitud ya se considera que es un diseño a distancia. Cuanto más se aleja en distancia un integrante de otro, menor es la comunicación entre ellos. El diseño es una actividad social muy diversa, por lo que su éxito depende en parte, en la efectividad de los canales de comunicación y colaboración entre los miembros del equipo de diseño (MacGregor, 2002).

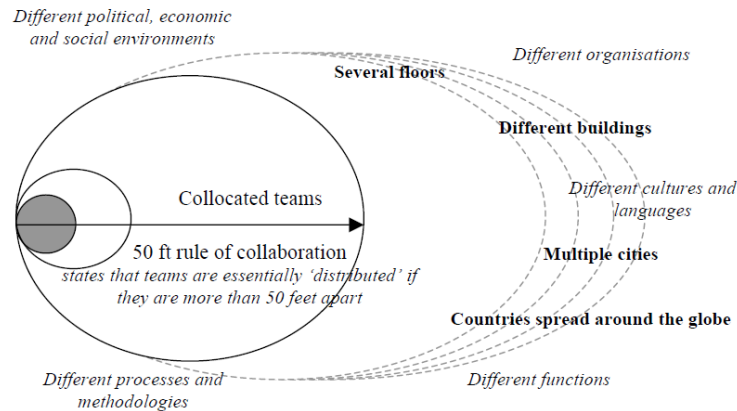


Figura 1 Escalas y variables de distribución (Henry y Greenhalgh, 1999) citados por MacGregor, 2002.

Diseño Co-localizado

Los efectos de la comunicación cara a cara, característica de un diseño co-localizado, son muy positivos; ya que se siente compromiso, atracción interpersonal, hay intercambio de información, retroalimentación, y persuasión; todo aumenta llevando a una mayor cooperación, participación, y al ajuste mutuo en tareas interdependientes, como también a una fuerte identidad de grupo, una disminución en conflictos y malentendidos y una mayor contribución y consenso entre los miembros del equipo. Cuando esta comunicación recurrente toma lugar en un entorno social compartido, las normas compartidas y las expectativas aumentan, al igual que la satisfacción laboral y las conductas de rol se adaptan cada vez mejor a la tarea y requisitos de la situación. Finalmente, los individuos que comparten un espacio, con el tiempo lo marcarán como territorio del grupo; viéndose fortalecidas la identidad de grupo y la cohesión (Kiesler & Cummings, 2002).

Diseño a Distancia

Cuando se habla de diseño a distancia se presenta una imagen de distancia geográfica, sin embargo involucra más que sólo este tipo de distancia. (Ghemawat, 2001) citada por (MacDuffie, 2007) provee un marco referencial de las diferentes formas de distancia en el contexto de la globalización. A este marco le llamó CAGE refiriéndose a la distancia cultural, administrativa/política, geográfica y económica, y desarrolló un argumento de que los diferentes tipos de distancias afectan a diferentes negocios de diferentes maneras (ver tabla 1). MacDuffie (2007) hace un aporte a dicho marco, remplazando la distancia económica por "situación laboral" para manejar los retos de administrar el trabajo distribuido a distancia.

Modelos de la actividad del diseño co-localizado

Algunos modelos de diseño co-localizados han sido propuestos por autores para describir la práctica del diseño individual y en grupo, pero en el mismo espacio físico. Después de la segunda guerra mundial, Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote (2007) proponen una metodología de diseño y desarrollo de productos. Para estos autores un diseño sistemático provee una manera efectiva de racionalizar el diseño y los procesos de producción. Estructurar el problema y tarea hace más fácil crear las posibles aplicaciones para establecer soluciones de proyectos previos y usar catálogos de diseño. Las etapas de la metodología de Pahl y Beitz (2007) son cuatro: La planificación y clarificación de las tareas, diseño conceptual, realización del diseño y diseño a detalle.

Tabla 1 Marco CAGE de Ghemawat 2001 y MacDuffie 2007.

Distancia	Ghemawat (2001)	MacDuffie (2007)
C: Cultural	Afecta a como las personas interactúan, con un lenguaje común como el factor más obvio, sin embargo, las normas sociales y asunciones acerca de “cómo hacemos las cosas” son sutiles pero poderosas.	Lo mismo, sin embargo considerando ambos niveles de análisis nacional y organizacional.
A: Administrativa/ Política	Asociaciones históricas y políticas, incluidas las relaciones de colonias / colonizador y la presencia (o ausencia) de la moneda actual, bloque comercial, la unión política, y otros factores que pueden facilitar la interacción	La relación de la organización focal con las otras; por ejemplo ¿Es una organización contratista, proveedora o cliente de otra?
G: Geográfica	Millas/kilómetros que separan aquellos que interactúan; tamaño del país; promedio de distancia de la ubicación con las fronteras; acceso a vías fluviales, infraestructura de comunicaciones y transporte.	Ubicación física, tamaño de ubicación (número de empleados); proximidad o dispersión de otras ubicaciones asociadas con la organización focal, proximidad o dispersión de la ubicación de firmas afiliadas.
E: Económica (modificada por MacDuffie como situación laboral)	La medida en la que un país rico trata con otro país rico, o un país pobre está tratando con otro país pobre, en contra de un país rico tratando con un país pobre, la influencia de las disparidades en la frecuencia e intensidad de la interacción.	La manera en la cual las interacciones involucran a los individuos de la misma o diferente situación laboral en relación a la organización focal; por ejemplo, un empleado de tiempo completo contra un empleado de medio tiempo.

Gero (1990) propone un modelo en el que los diseñadores desarrollan productos a través de ciertas actividades: Formulación, Síntesis, Análisis, Evaluación, Producción y Reformulación. Dicho autor explica que los diseñadores diseñan al determinar funciones que deben ser logradas y producir descripciones de artefactos capaces de generar estas funciones. La actividad de diseño se lleva a cabo con la expectativa de que el producto diseñado opere en el mundo natural y el mundo social, dichos mundos imponen limitantes en las variables y sus valores. El diseño involucra exploración, para saber que variables son las más apropiadas y con la exploración se aprende de las características que emergen mientras se desarrolla el diseño. Finalmente, la actividad del diseño ocurre en el contexto dentro del cual el diseñador opera y el contexto producido por el desarrollo del diseño mismo. La percepción del diseñador de lo que es el contexto afecta la implicación del contexto en el diseño. El contexto cambia como la percepción del diseñador cambia. Por lo tanto, la actividad del diseño se caracteriza por ser orientada a una meta, limitada, de toma de decisiones, exploratoria y de aprendizaje que opera dentro de un contexto que depende de la percepción del diseñador del contexto.

Lindeman, Maurer & Braun (2008) establecen que al diseñar se debe tener en cuenta la complejidad. Para estos autores cualquier objeto que se vaya a diseñar tiene un grado de complejidad, no sólo en sus componentes y su ensamble, sino también la complejidad de producción, del mercado y de la complejidad organizacional. El éxito en el producto será saber manejar o administrar de la mejor manera este grado de complejidad con ayuda de matrices. La diferencia entre los problemas complicados y complejos está dada por la dinámica en su sistema. La estructura de un problema complicado, permanece estable durante un periodo particular de tiempo, mientras que los problemas complejos se caracterizan por una alta dinámica de cambio.

La complejidad puede ser dividida en varios aspectos: complejidad numérica, relacional, de variación, disciplinaria y organizacional. Estos aspectos incluyen el número de componentes, dependencias entre éstos y sus variantes como importantes características de la complejidad, además se refieren también al número de disciplinas involucradas y a la distribución del trabajo para el grado de complejidad. Además, la complejidad puede resultar de fuentes internas o externas, pero sólo las internas pueden ser activamente administradas. Para poder controlar la complejidad, es importante entonces conocer el sistema, ya que al dividir dicho sistema se ilustrará para saber de qué está compuesto, como funciona o reacciona, y así poder coordinar sus elementos para llegar a un objetivo.

Por otro lado, Reyes (2011) propone un modelo para el apoyo de la actividad de diseño grupal co-localizado. El modelo en sí, es una interface de *hardware* y *software* que facilita a los integrantes los procesos de comunicación, los procesos de búsqueda, de acceso y almacenamiento de información sobre el diseño de producto, la organización y manipulación de los procesos de negocio, para la gestión del diseño colaborativo, así como un *software* de modalidad concurrente que permita el diseño de productos CAD, CAM y CAE. Esta interface dará pie para la creación de fuentes de información de producto como catálogos, simulaciones, documentos, base de conocimientos, modelos y planos.

Modelos de la actividad del diseño a distancia

Por los cambios ocurridos en las formas de trabajo debido a la globalización, también han surgido nuevos modelos en la actividad del diseño, Larsson (2003) cree que no sólo hay limitantes técnicas, como el ancho de banda para una colaboración distribuida, sino también en la relación significativa y la interacción entre los aspectos sociales de la colaboración con los aspectos técnicos de las herramientas informáticas. Dicho autor analiza cómo el diseño colaborativo funciona en la práctica, cómo nuevos productos son creados a través de interacciones sociales de los equipos de diseño, y cómo estos equipos son capaces de fusionar diferentes entendimientos, puntos de vista y habilidades en un producto final. El reto de alcanzar una comunicación efectiva se incrementa aún más por diferencias como lengua, cultura, educación, zonas horarias, etc. El éxito en la colaboración dependerá de la habilidad de los miembros del equipo de construir la confianza, las relaciones y el respeto para salvar las diferencias. Larsson (2005) propone una categoría más para la creación y compartición de conocimiento, el “know-who”, la cual son las relaciones interpersonales que permiten a las personas conocer “quién sabe”, para “saber a quién preguntar” y “saber en quién confiar”.

Ruiz y Boujout (2004) basados en el FBS de Gero y en el “diseño secuencial” que notaron en su investigación, proponen un “*modelo híbrido cognitivo colectivo*” para comprender las relaciones complejas entre los procesos cognitivos y la producción colectiva de artefactos, específicamente en situaciones de diseño distribuido. Si se considera que el ambiente externo es donde los diseñadores se desenvuelven, podemos decir que éste incluye los artefactos y herramientas disponibles para los diseñadores, (Ruiz, 2005). Los diseñadores están implicados en un proceso de creación/interpretación de varias representaciones del producto. Estas representaciones son materializadas por los objetos intermediarios (Boujout y Blanco 2003) citados por (Ruiz, 2005). Así, un diseñador realiza un proceso de interpretación de una representación incorporada en un objeto intermediario y el cual realiza una representación mental en el mundo interpretado de ese diseñador. Entonces, este diseñador dirige su atención en un aspecto particular de la representación y se enfoca en un objetivo en particular. Posteriormente el objetivo es afectado a través de un proceso de acción, y la representación mental es transformada en otro objeto intermediario. Este último va a ser interpretado por otro diseñador. Esta interpretación se va a enfocar sobre un aspecto particular, y formulará un objetivo específico para finalmente producir una acción en el objeto intermediario o el mundo externo. Evidentemente el segundo diseñador tendrá su propia representación del objeto intermediario o del mundo exterior, que no es forzosamente la misma que para el primer diseñador. Sin embargo, es a través de las interacciones entre los diseñadores, que los actores llegaron a construir una comprensión compartida y así facilitar la sincronización cognitiva.

MacGregor (2002) propone el D4D (*Design for Distribution*) un marco referencial de cuatro fases las cuales son: fase 0 construir una infraestructura distribuida, fase 1 definir el contexto del proyecto, fase 2 espacio de diseño distribuido, fase 3 trayecto del diseño distribuido, el cual define el espacio de trabajo a distancia y prescribe medios para navegar en él exitosamente. Este autor lo que hace es ver todos los elementos involucrados en la actividad del diseño a distancia (espacio de trabajo), ver las características y condiciones del equipo y proyecto que tiene (matriz de características) para poder plantear el tipo de escenario con el que está trabajando e identificar las fallas y posibles fallas (FMEA) para poder actuar ante ellas. Con estas herramientas forma una estructura de apoyo de varias etapas el cual llamó D4D, Diseño para la Distribución (MacGregor, 2002).

Trabajo Colaborativo Asistido por Computadora

Muy ligado al estudio del diseño a distancia, están los campos de la ingeniería computacional, ya que han estudiado la forma en la que se trabaja y se transmite el conocimiento a través de la computadora. El Trabajo Colaborativo Asistido por Computadora (CSCW por sus siglas en inglés), es el estudio de cómo la gente trabaja en

conjunto usando la tecnología de las computadoras. Involucra el estudio de las personas y las computadoras, ambas por separado y juntas (MacGregor, 2002). El CSCW integra las actividades del procesamiento de la información y de comunicación. El *groupware* se ha visto como sinónimo de la tecnología CSCW (Ellis, Gibbs, & Rein, 1991). Para Ellis *et al* (1991) el *groupware* es una clase de aplicación para grupos pequeños y organizaciones, derivado de la fusión de las computadoras, las grandes bases de información y tecnologías de comunicación.

Hay tres áreas claves para poder apoyar las interacciones en grupo, estas son:

- La *comunicación* es el intercambio de mensajes en las organizaciones. Se intenta que la comunicación sea eficaz, es decir, que tanto el receptor como el locutor de información perciban el mismo concepto; y que sea eficiente en cuanto a gastos de un mismo recurso, (Reyes, 2011).
- La *coordinación* es la organización de los recursos o elementos, usualmente dentro de una actividad como para permitir un trabajo colaborativo efectivo, (MacGregor, 2002).
- La *colaboración* es el proceso de trabajar juntos para un mismo fin, (MacGregor, 2002).

La meta entonces del *groupware* es asistir a los equipos, en la comunicación, colaboración y la coordinación de sus actividades. Ellis *et al* (1991) definen el *groupware* como un “sistema asistido por computadora que apoya a los grupos de personas comprometidas en una tarea o meta común y provee una interface de un ambiente compartido”.

Materiales y Métodos

Materiales para la investigación.

Llevamos a cabo nuestra investigación de campo en base a la réplica de la metodología que llevó a cabo (Reyes, 2011), al realizar un proyecto de diseño co-localizado, pero aplicándolo a un equipo colaborativo a distancia. El investigador debe contar con herramientas que le permitan seguir de cerca el proyecto de diseño a distancia y que lo ayuden para registrar y contabilizar los datos. Las herramientas utilizadas fueron:

Computadora Portátil: Se contó con una computadora portátil Toshiba AMD con Windows® 8 con bocinas y cámara integrada conectada a Internet. A través de ella se podía acceder a los programas que utilizaban los participantes para hacer un seguimiento de las actividades realizadas durante el proceso de diseño. Se utilizaron las aplicaciones de Microsoft Office®, para la captura de los resultados del proyecto de diseño y del estudio.

Camtasia Studio® 8 es un programa creado por la compañía de software **TechSmith** Es un *software* para grabar lo que ocurre en la pantalla y para editar videos; esta versión fue lanzada en Junio del 2012. Contar con un programa para grabar lo que ocurría en las reuniones síncronas o videoconferencias durante el proyecto, ayudó para un análisis futuro para obtener información que no se percibió al momento de las videoconferencias.

Planeación del Experimento

Se realizó un proyecto de diseño, donde trabajaron cuatro colaboradores a distancia, durante un cierto periodo de tiempo. El proyecto de diseño planteado se basó en mejorar el mecanismo de una pistola de extrusión de resina *epoxy* contenida en un cartucho bicomponente. La motivación, ocupar un nicho de mercado que actualmente se encuentra vacío, pero que es deseado por la competencia. La justificación de la mejora es debido al esfuerzo necesario de la inyección manual de las resinas bicomponentes que existen.

Recursos Humanos

Se seleccionaron a 4 diseñadores con experiencia en modelación en 3D para trabajar en equipo a distancia (localizados en las ciudades de Monterrey, Hermosillo y de la delegación de Azcapotzalco en el Estado de México), cada uno con un rol asignado (Ingeniero de Cálculos, Ingeniero de Métodos, Técnico Projectista y Jefe de Proyecto) dependiendo del área de competencia de cada uno de ellos.

Descripción del Proyecto

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo durante 6 reuniones, primero se realizó una reunión introductoria, luego 4 reuniones de trabajo colaborativo y la última reunión se dedicó a la presentación del proyecto. Cada semana se realizó una reunión síncrona a distancia de 2 horas como tope a través del programa Vyew™. Entre cada reunión colaborativa síncrona a distancia, se trabajó de manera individual y se contactaron a los otros participantes vía e-mail cuando lo requería (alrededor de 4 horas de trabajo asíncrono por semana).

Recursos Materiales

Los participantes contaron con elementos claves para la comunicación entre ellos. Cada participante trabajó a través de una computadora conectada a Internet y una diadema con micrófono y audífonos. Además que debían contar con las siguientes herramientas informáticas:

Java™ además de ser un lenguaje de programación es una plataforma informática creada por *Sun Microsystems* en 1995. Es una tecnología subyacente que permite el uso de programas como herramientas, juegos y aplicaciones de negocios. Para este proyecto Java™, permite usar la aplicación de compartir pantalla.

Vyew™ es un sistema de colaboración fundada por un equipo de graduados de *UC-Berkeley*, permite crear videoconferencias grupales en línea y mandar mensajes entre sus participantes a través del *chat*. Cuenta con una pizarra blanca compartida para dibujar, donde también pueden compartir archivos, videos, hojas de cálculo, entre otros, e incluso se puede compartir la pantalla y mostrarla a los demás.

Solidworks® es un *software* de diseño asistido por computadora, desarrollado actualmente por *SolidWorks Corp.*, una subsidiaria de *Dassault Systèmes*. SolidWorks® trabaja en el sistema operativo de Windows. El programa permite modelar piezas y ensambles y extraer de ellos los planos y otra información útil para su producción.

Otros programas: Como apoyo se utilizaron los programas de Microsoft Office® con los que se cuentan generalmente en el ordenador (Word®, Excel™ y Power Point®). Estos sirvieron para la presentación del proyecto, para la lista de costos de materiales, evaluación de costos, entre otros.

Análisis de Protocolos

El análisis de protocolos tiene sus inicios en los años 20 del siglo XX. Es un método de investigación en psicología cognitiva y fue diseñado para descubrir los procesos de resolución de problemas. El investigador toma nota y/o realiza grabaciones de la verbalización de los individuos ante la resolución de un problema y los analiza, (Cross *et al*, 1996) citado por (Ruiz, 2005) . Durante el proceso de diseño, el análisis de protocolos se utiliza para estudiar el comportamiento de los individuos en el cual llegan a la solución de un problema o a la creación de un nuevo producto. El análisis se hace con respecto a las verbalizaciones de los participantes sobre lo que piensan en relación a las posibles soluciones del problema a tratar. A partir de grabaciones, se obtiene la información verbal, para luego ser transcrita y ser calificada bajo un sistema de codificación sobre cuáles son las actividades que conforman el proceso de diseño, (Reyes, 2011). El sistema de codificación consiste en asignar códigos a las actividades realizadas por los diseñadores durante el proceso de diseño. Para este proyecto se clasificaron las actividades en:

Sincronización Cognitiva (SC): Actividades referentes a compartir una representación común (objetivos, solución, limitaciones, metodologías, etc.)

Elaboración de Soluciones Alternativas (ESA): Aportaciones de una solución nueva, complementaria o una que sustituya a la anterior.

Evaluación (E): Son los puntos de vista dados por los participantes acerca de una solución, la cual puede ser cuestionada, aceptada o rechazada.

Gestión de Proyecto(GP): Actividades relacionadas a la organización, asignación de tareas y gestión de recursos.

Las verbalizaciones de los participantes se dividen en unidades llamadas segmentos, los cuales reflejan la intención por parte del diseñador. Los datos que se involucran en el cuadro de análisis son: nombre del diseñador que ejecuta la intención, hora en la que realiza la verbalización, la transcripción de las palabras del diseñador, las acciones correspondientes de cada verbalización y las herramientas o software que se utilizan (Ver tabla 2).

Resultados

Para enriquecer la información obtenida del proyecto de diseño a distancia, se comparó con los resultados obtenidos en el proyecto de diseño co-localizado realizado por (Reyes, 2011). En los dos proyectos el tipo de actividad más frecuente de diseño, es la Sincronización Cognitiva, y es porque los diseñadores pasan mucho tiempo buscando información y dándola a conocer a sus compañeros, explicando conceptos, al igual que conociendo las limitantes, los objetivos y estrategias del proyecto.

La segunda actividad más frecuente para el diseño co-localizado fue la Evaluación, donde los diseñadores dan sus puntos de vista sobre las soluciones propuestas, aceptándolas o rechazándolas, viendo si pudieran o no tener limitantes y argumentando a favor de sus ideas. Por el contrario, en el proyecto a distancia la segunda actividad más frecuente fue la Gestión de Proyectos; además de organizar y repartir las actividades de acuerdo

a sus capacidades, para transmitir muchas de sus ideas se valieron de las herramientas de la plataforma de interacción síncrona, donde ocurrieron algunos contratiempos como que hubiera eco, que alguien se saliera de la conexión o que se cortara el sonido. En el equipo co-localizado la actividad de ESA tuvo un 22% seguido de la GP con 10%. Y en el equipo a distancia la actividad que siguió con menor frecuencia fue la Evaluación con 16% y por último la ESA con un 7%. Esto quiere decir que en el equipo co-localizado tuvieron mucha más creación de soluciones con las que se podía trabajar, en comparación con el equipo a distancia. Ver figura 4.

Tabla 2 Extracto de la transcripción para el análisis de protocolos.

Tiempo	Persona	Descripción	Codificación de la acción	Módulo
6.23	IC	Pero si vi que hicieron un dibujito a mano de un concepto así como este verdad?	SCS	Pantalla compartida de Vyew
6.31	TP	Si de hecho que se veía la vista superior nada más	SCS	Pantalla compartida de Vyew
6.34	IC	Aja		Pantalla compartida de Vyew
6.4	IM	Si pues ahí está, eso sería más que nada el mecanismo que se usaría, bueno el concepto que traíamos también nosotros.	SCS	Pantalla compartida de Vyew
6.51	IC	Aja		Pantalla compartida de Vyew
7.16	TP	Lo que también quería ver es si este mecanismo se podía adaptar a la carcasa que había mandado Adolfo.	EVC	Pantalla compartida de Vyew
7.28	IC	Eh si es lo que les comentaba hace un momento, digo aquí tiene unas distancias más o menos las modifique tratándolo de adaptar al tamaño del cartucho.	EVPL	Pantalla compartida de Vyew

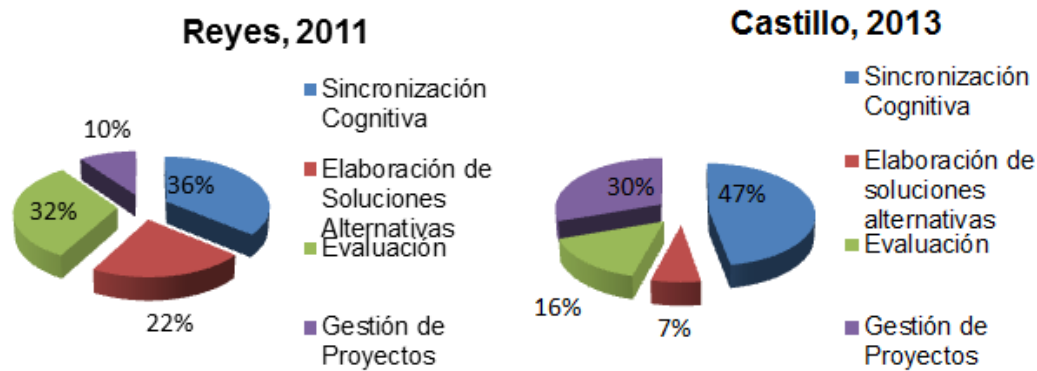


Figura 2 Comparación del proyecto de diseño co-localizado (izq.) vs diseño a distancia (der.)

Trabajo a futuro

Con los resultados obtenidos de esta investigación, se pretende trabajar en herramientas virtuales que favorezcan en general a la interacción entre diseñadores; es decir, que la plataforma misma en vez de causar problemas debe encausar y fomentar la colaboración. Se busca que a pesar de la distancia geográfica, cultural, de lenguaje y zonas horarias entre otras, pueda haber una comunicación efectiva y una interacción que se asemeje a la de equipos de diseño co-localizado.

Conclusiones

La globalización es parte del día a día en el ámbito laboral, por lo que actualmente el diseño de nuevos productos se desarrolla gracias a la colaboración de los miembros de equipos a distancia. Factores relacionados a ésta distancia como son lenguaje, cultura, economía, la misma distancia geográfica, entre otros complican el proceso de diseño. En la investigación nos enfocamos a la interacción de las personas, ya que es una de las áreas que se ve afectada y es primordial para la creación y desarrollo de nuevos conceptos de productos. Para incitar a que se lleve una comunicación efectiva entre las partes del equipo, es necesario conocer del todo el

sistema; siendo el sistema, la actividad de diseño y desarrollo de productos. Conociendo a fondo todo el sistema sabremos su funcionamiento y sus posibles comportamientos ante ciertas situaciones.

Referencias

- Chung, L., & Jane, W. (2008). Action Research on Collaborative Design. A case study. *12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design 2008* (págs. 110-115). IEEE.
- Ellis, C. A., Gibbs, S. J., & Rein, G. L. (enero de 1991). Groupware some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1), 38-58.
- Gero, J. S. (1990). Design Prototypes: a knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, 11(4), 26-36.
- Gillespie, G., Martin, R., & Vader, S. (October de 2007). Development of a Lightweight Electric Urban Delivery Truck. *Transportation Development Centre of Transport Canada*, 7-45.
- Kiesler, S., & Cummings, J. N. (2002). Chapter 3 What Do We Know about Proximity and Distance in Work Groups? En P. Hinds, & S. Kiesler, *Distributed Work* (págs. 76-109). MIT Press.
- Larsson, A. (2003). Making sense of collaboration: the challenge of thinking together in global design teams. *Technology*, 153-160.
- Larsson, A. (2005). Engineering Know-Who: Why Social Connectedness Matters to Global Design Teams. Tesis Doctoral: Univesidad de Lulea.
- Lindemann, U., Fadel, G. M., & Anderl, R. (2000). Multi-National around the clock collaborative senior design project. *ASME curriculum innovation award honorable mention*, 1-4.
- Lindemann, U., Maurer, M., & Braun, T. (2008). Chapter 2 Complexity in the context of product design. Springer.
- MacDuffie, J. P. (2007). Chapter 12: HRM and Distributed Work. En *The Academy of Management Annals* (págs. 549-615). Londres.
- MacGregor, S. (Tesis Doctoral de 2002). Describing and supporting the distributed workspace: Towards a prescriptive process for design teams. Universidad de Strathclyde.
- Matarazzo, G., & Sellen, A. (2000). The value of video in work at a distance: addition or distraction? *Behaviour & Information Technology*, 19(5), 339-348.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. (2007). *Engineering Design*. Londres: Springer.
- Perron, R., & Laborie, F. (2006). Augmented Tabletops, an incentive for distributed collaboration. *Tabletop '06 Proceedings of the First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human Computer Systems* (págs. 135-142). IEEE Computer Society.
- Reyes, G. (2011). Analisis de la actividad de diseño. Tesis para obtener el grado de Maestría, Instituto Tecnológico de Hermosillo.
- Ruiz, G. A. (2005). Carácterisation de l'activité de conception collaborative à distance: étude des effets de synchronisation cognitive. Tesis Doctoral: Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Safin, S., Juchmes, R., & Leclercq, P. (2012). Use of graphical modality on a collaborative design distant setting. *Work: A journal of prevention, assessment and rehabilitation*, 41(1), 3484-3493.
- Solesvik, M. (Agosto de 2011). Collaborative Knowledge Management: Case studies from ship design. *International Journal of Business Information Systems*, 8(2), 131-145.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2004). *Diseño y Desarrollo de Productos. Enfoque multidisciplinario*. Distrito Federal: McGraw Hill.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Enfoque de administración de operaciones en cambio de producto bajo sistema SMED: Caso de estudio

A. Guerrero Campanur¹, J. F. Arévalo Carrasco², J. E. Mendoza Covarrubias³,
¹ Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Uruapan
Carretera Uruapan-Carapan No. 5555, Col. La Basilia, Uruapan Mich.
¹aaronguerrero@tecuruapan.edu.mx, ²franciscoarevalo@tecuruapan.edu.mx,
³jemcumm@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Esta investigación presenta un enfoque de Administración de Operaciones basado en el sistema SMED (Single-Minute Exchange of Die) para reducir el tiempo de cambio de producto en el proceso de inyección de plástico (Polipropileno Expandido EPP). El sistema SMED se basa en las operaciones internas y externas del cambio de producto, operaciones que se realizan antes y durante el cambio, con el objetivo de minimizar el tiempo de ejecución del cambio de producto. El desempeño del sistema SMED es comparado en relación al tiempo de ejecución antes y después de su aplicación.

Palabras clave: SMED, Administración de Operaciones, Lean Manufacturing.

Abstract

This research presents an approach to Operations Management based on Single-Minute Exchange of Die SMED to reduce set-up time in plastic injection process (Expanded Polypropylene EPP). SMED is based on internal and external set up operations, operations that can be performed before and during changeover with the objective to minimize the execution time of the product change. SMED performance is compared in relation to the execution time before and after application.

Keywords: SMED, Operations Management, Lean Manufacturing.

Introducción

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de *Single Minute Exchange of Die*: cambio de herramienta en (pocos) minutos. Este concepto introduce la idea general que cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de un minuto, de ahí la frase *single minute*. Se entiende por cambio de producto el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria. El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (Just In Time), una de las piedras angulares del sistema Lean Manufacturing y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño. En contra de los pensamientos tradicionales el Ingeniero japonés Shigeo Shingo (1950) señaló que tradicional y erróneamente, las políticas de las empresas en cambios de molde o herramental, se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y pocos han llevado a cabo estrategias de mejora del propio método de cambio y descubrió que había dos tipos de operaciones al estudiar el tiempo de cambio en una prensa de 800 toneladas. Dichas actividades son las operaciones internas (Aquellas actividades que deben realizarse con la máquina detenida), y operaciones externas (todas las actividades que pueden realizarse con la máquina en marcha). El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y pasar de operaciones internas a externas, estudiando también la forma de disminuir las operaciones internas con la menor inversión posible. Su necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores. Nuestro caso de estudio se aplica en una empresa de inyección de plástico (Polipropileno expandido EPP).

Metodología

El cambio de herramental de una máquina: es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina comienza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo corresponde al tiempo de cambio. El objetivo del estudio de operaciones internas y externas es el de administrar las operaciones de modo tal que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, contribuyendo al perfeccionamiento del método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa. Para implementar este proyecto es necesario establecer previamente un equipo multidisciplinario de personas de diversas áreas, como operadores de producción, calidad, mantenimiento, etc., y considerar las siguientes etapas.

Tabla 1. Etapas de implantación del proyecto SMED

ETAPAS	ACTUACIÓN
Etapa preliminar	Estudio de la operación de cambio
Primera etapa	Separar tareas internas y externas
Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
Tercera etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas

Etapa preliminar.

Lo que no se conoce no se puede mejorar, por ello en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con un análisis de tiempos y movimientos, así como entrevistas con los operadores y personal de mantenimiento, principalmente. Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que se invierte en el estudio puede evitar posteriores modificaciones del método, producto de no haber descrito correctamente el proceso de cambio de herramental.

Primera etapa: Separar las tareas internas y externas.

En esta fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo, tales como la preparación de las herramientas, equipo, algunos ajustes, etc. que no deberían realizarse con la máquina detenida, pero se hace. Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas. Es muy útil realizar una hoja de procedimiento con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo nombres, especificaciones, herramientas, parámetros de la máquina, etc. A partir de esa lista realizaremos una comprobación para asegurarnos que no hay errores en las condiciones del cambio de herramental.

Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas.

La idea es hacer todas las actividades necesarias que se pueden llevar a cabo con la máquina en funcionamiento, como el preparar troqueles, matrices, punzones, para cuando esta deje de operar se realicen las actividades que necesariamente se deben llevar a cabo con la máquina detenida. De modo de que se pueda comenzar a operar lo más rápidamente posible. Denominamos como ajuste, a los arreglos de parámetros, herramental, equipo, etc., que disminuyen las no conformidades en el producto durante la puesta en marcha hasta obtener el producto de acuerdo a las especificaciones. Es común que la eliminación de ajustes sea fuertemente considerada en esta etapa. Debido que las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles. Una vez hecho el cambio de herramental se demora un tiempo considerable en lograr que el primer producto de la nueva corrida cumpla con todas las especificaciones y/o estándares de calidad. Partiremos de la base de que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. En el caso de la inyección de plástico EPP (Polipropileno expandido), algunos ajustes se pueden formar parte de las actividades externas. Los ajustes precisan una posición y medida de los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándar.

Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas.

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de ejecución de las operaciones elementales (tareas externas e internas). Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de las operaciones internas más utilizadas por el sistema SMED es la implementación de operaciones en paralelo. En las operaciones en paralelo es necesario más de un operario buscando acelerar la ejecución de la operación, por ejemplo una operación que demora 12 minutos no será completada en 6 minutos, sino quizás en 4 minutos, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen.

Todas estas etapas culminan en la elaboración de un procedimiento de cambio (hoja de instrucciones) que pasa a formar parte de la dinámica de trabajo en mejora continua de la empresa.

Aplicación del sistema SMED en el cambio de producto en el proceso de inyección de plástico.

La aplicación del sistema SMED se llevó a cabo en el proceso de Inyección de plástico expandido (polipropileno expandido EPP).



Figura 1. Máquina de Inyección EPP.
Fuente. <http://www.teubert.de/tvz2.php>

Para la obtención del número de muestras (cambios de producto) se recurrió primeramente a pronosticar el número de cambios de producto para el próximo periodo (mes) mediante el uso de datos históricos y la técnica de mínimos cuadrados. Obteniendo un pronóstico de 78 cambios de producto para el mes de agosto del 2005. Posteriormente se obtuvo el tamaño de muestra mediante:

$$n = \frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 p q} \quad (1)$$

Donde:

n= tamaño de la muestra;	q= variabilidad negativa;
Z= nivel de confianza;	N= tamaño de la población;
P= variabilidad positiva;	E= precisión o el error.

Donde con un nivel de confianza del 95%, una variabilidad positiva y negativa de 0.5 ya que anteriormente no se tenían antecedentes previos, se obtuvo un tamaño de muestra de 55 cambios de producto.

Etapa preliminar SMED. Caso de aplicación.

En esta etapa se llevó a cabo un análisis de la secuencia y de las operaciones que se realizan para el cambio de molde o herramental, teniendo como resultado un total de 123 operaciones, estas a su vez se agruparon en 33 grupos de operaciones (denotados por letras A hasta AE).

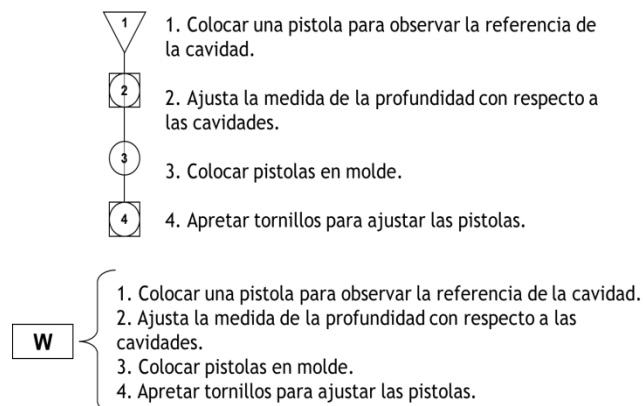


Figura 2. Diagrama de operaciones de proceso. Grupo de actividades W.

A su vez los grupos de operaciones se dividieron en dos conjuntos, operaciones para desmontar y operaciones para montar el herramental de la máquina de inyección.

Desmontar Herramental EPP			
B	12. Quitar fichas de botadores.	0:10:13	} 1:52:21 hrs
	13. Aflojar broches internos de marco.		
	13.a Lado móvil.		
13.b Lado fijo.			
C	14. Retirar mangueras de aire, materia prima y agua.	0:14:19	
D	15. Aflojar y retirar pistolas de inyección.	0:11:48	
	15.a Se retiran dos tornillos de la base de la pistola.		
	16. Aflojar y retirar cables de botadores.		

Montar Herramental EPP			
M	63. Se sube serpiente. *	0:05:03	} 3:37:48 hrs
	64. Coloca serpiente en base fija.		
N	65. Atornilla serpiente de base fija. *	0:03:41	
	66. Se acerca el marco a montar en la base fija. *		
N	67. Colocar argollas en el marco de la zona fija. *	0:10:59	
	68. Toma soya para amarrar de las argollas el marco de la zona fija. *		
	69. Colocar soya en arnés de la grúa. *		
	70. Se coloca sobre una tarima de manera vertical. *		
	71. Se sube el marco. *		
	72. Se ajusta el marco para que quede centrado. *		
	73. Atornilla marco de base fija. *		
	74. Retirar del molde argollas del marco. *		

Figura 3. Actividades de cambio de producto. Desmontar y montar herramental.

Mediante el estudio de tiempos y movimientos se obtiene un tiempo de desmontaje del herramental de 1:52:21 hrs. y de 3:37:48 hrs. para montar el herramental de la máquina de inyección. Dando un tiempo total de 5:30:09 hrs en cambio de producto.

Primera etapa SMED. Caso de aplicación.

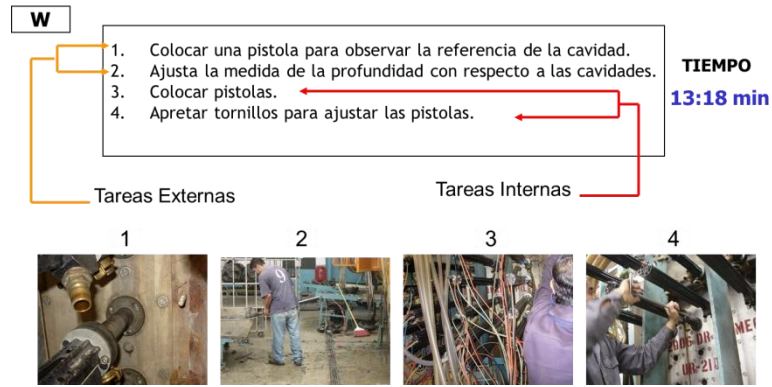


Figura 4. Primera etapa SMED. Caso de Aplicación grupo de actividades W.

En la 1er etapa se identificaron las actividades internas y externas, por ejemplo, en el grupo de operaciones W se identifica la colocación y ajuste de profundidad de pistolas de inyección de EPP con respecto a la cavidad del molde como actividades externas y la colocación y fijación en el molde como actividades internas. Un total de 323 actividades se clasificaron como actividades internas y externas en el proceso de cambio de producto.

Segunda etapa SMED. Caso de aplicación.

En esta etapa se lleva a cabo la separación de actividades internas y externas.

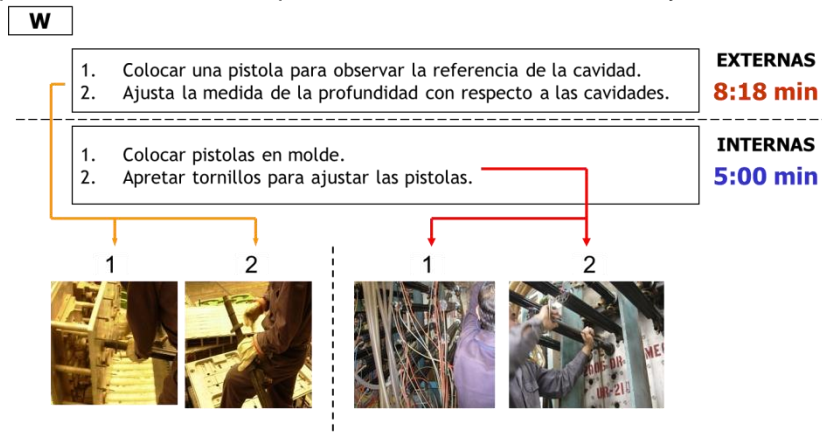


Figura 5. Segunda etapa SMED. Caso de Aplicación grupo de actividades W.

En esta etapa se obtuvo una disminución de aproximadamente 25% (1:23:24 hrs) del tiempo total del tiempo total del cambio de producto.

Tercera etapa. Caso de aplicación.

En esta etapa se consideran operaciones paralelas de las tareas internas, por ejemplo, en el caso del grupo de actividades B y C se realizan de manera paralela.

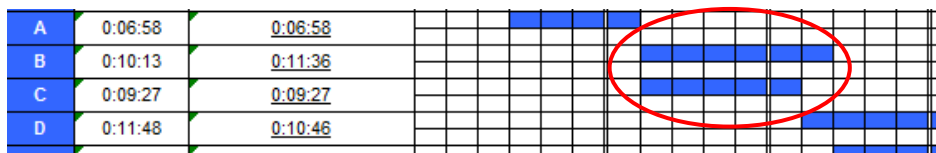


Figura 6. Tercera etapa SMED. Caso de Aplicación actividades paralelas.

Además, en base a la teoría de Pareto (80/20) se observó que los grupos de actividades que conforman el 20% del tiempo total del cambio de molde son los grupos de actividades X, W, U, con 1:19:40 hrs.

GRUPO	Operaciones para perfeccionamiento	Tiempo	%
X	110. Colocar y ajustar cables de botadores.	0:29:52	9.05 %
W	106. Colocar una pistola para observar la referencia de la cavidad. 107. Ajusta la medida de la profundidad con respecto a las cavidades. 108. Colocar pistolas. 109. Apretar tornillos para ajustar las pistolas.	0:28:33	8.80 %
U	104. Apretar broches de ambos lados del herramental (fijo y móvil).	0:21:15	6.44 %

Figura 6. Análisis de los grupos de actividades mediante la teoría de Pareto (80/20).

En el caso de los grupos de actividades X y W se diseñaron dispositivos de sujeción rápida, debido a que los ajustes se realizaban con herramienta manual.

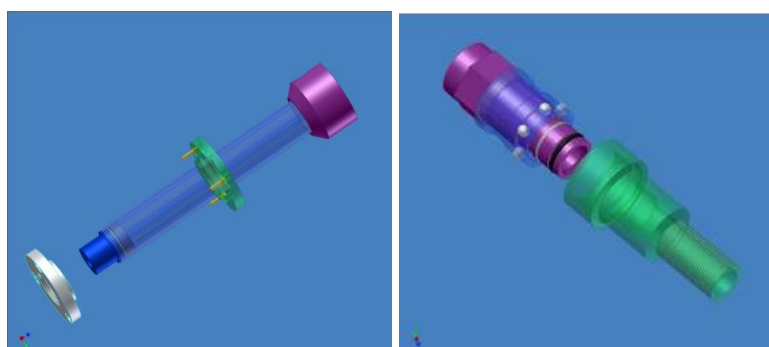


Figura 7. Diseño de dispositivos de sujeción rápida en pistolas de inyección y botadores.

El tiempo promedio de la actividad X con ajuste manual es 0:29:52 hrs, en contraste el tiempo de la misma actividad con sujeción rápida es de 0:09:35 min., una vez implementado el sistema se espera que se tendrá una disminución del 67.86 % en el desempeño del grupo de actividades X. Y en caso del grupo de actividades W (Colocar pistolas de inyección), se espera una disminución del 51% en el tiempo de este grupo de actividades. Para el perfeccionamiento del grupo de actividades U (Apretar broches de ambos lados del *herramental*) se establece cambiar el diseño de los broches de una base de medio círculo a una base cuadrada evitando con esto el giro que presentan los broches al apretarse, además de incluir herramienta neumática.

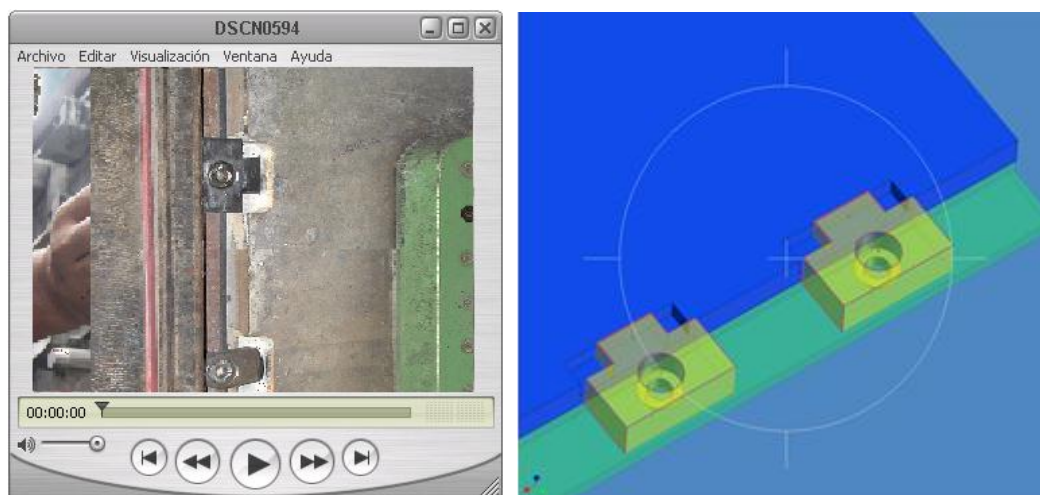


Figura 8. Diseño de dispositivos de sujeción rápida en broches.

Resultados implantación sistema SMED.

Los resultados obtenidos durante la implantación de cada una de las etapas del sistema SMED en el proceso de inyección de polipropileno expandido EPP se presentan en la Figura 9.

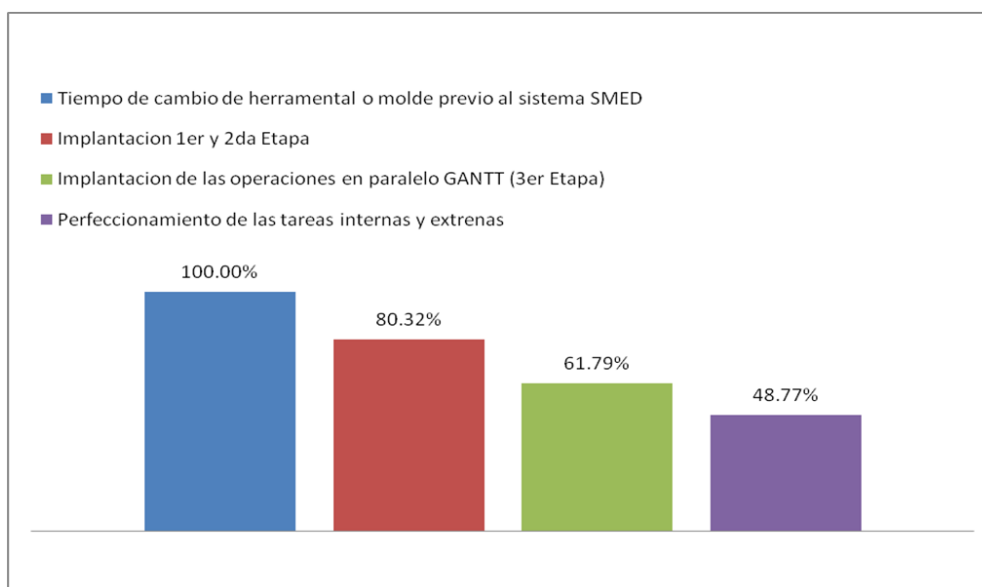


Figura 9. Desempeño por etapas de la implementación del sistema SMED.

Como se observa va de 5:30:09 hrs a 2:41:00 hrs promedio, es decir, una reducción del 48.76% en el tiempo de cambio de producto.

Tabla 2. Desempeño por etapas de la implementación del sistema SMED.

ACTIVIDADES	hrs
Tiempo de cambio de producto previo al sistema SMED	05:30:09
Implantación 1er y 2da Etapa	04:25:10
Implantación de las operaciones en paralelo GANTT (3er Etapa)	03:24:00
Perfeccionamiento de las tareas internas y externas	02:41:00

Conclusiones

Se puede concluir que mediante la aplicación de la técnica SMED en el proceso de inyección de polipropileno expandido EPP se logró reducir un 48.76% en el tiempo de cambio de producto. Además se debe entender que la reducción en el tiempo de cambio de producto, en algunos casos cuello de botella del proceso, es solamente una parte del sistema productivo. Cabe mencionar que esta reducción debe ir acompañada de una reestructura de la planeación y control de la producción y de los niveles de inventario en la empresa. Incuestionablemente se recomienda encaminarse hacia la automatización del proceso de cambio de producto dentro del proceso de inyección de Polipropileno Expandido, para no generar una dependencia total del factor humano.

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se puede considerar un análisis de la planeación y control de la producción considerando las mejoras de la implementación del sistema SMED. Así mismo dentro de un

proceso de mejora continua considerar la aplicación del sistema One-Touch Exchange of Die, (OTED) enfocado a la disminución de tiempo muerto en el cambio de producto.

Referencias

1. Shingo, Shigeo. (2003). Una revolución en la producción: sistema SMED. TGP. Tecnología de Gerencia y Producción, S.A. Madrid, España.
2. Sekine, Keníchi. Arai, Keisuki. (2006). TPM para una fábrica eficiente. TGP.
3. Liker, J.,K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacture. McGraw-Hill. New York.
4. Socconini, Luis. (2008). Lean Manufacturing. Norma Ediciones. Tlalnepantla, Estado de México.
5. Sekiene, Kenichil. (2005). Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas. Productivity Press. Madrid.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Representación por Volumen Finito de un Horno de Cocción de Ladrillos

Miguel Angel Corzo Velázquez¹, Sergio Alonso Romero², Raúl Lesso Arroyo¹,
Jose Eduardo Frias Chimal², Luis Alejandro Alcaraz Caracheo¹,

¹Instituto Tecnológico de Celaya, Departamento de Ingeniería Mecánica.
Av. Tecnológico Esq. Av. García Cubas S/N, Col. Fovissste, CP 38010, Celaya, Guanajuato,
México.

²CIATEC A.C., Departamento de Investigación en Biomecánica e Investigación en Materiales,
Omega No. 201, Fracc. Ind. Delta, CP 37545, León, Guanajuato, México.

ask0@hotmail.es, salonso@ciatec.mx, raul.lesso@itcelaya.edu.mx,
jfrias@ciatec.mx, alejandro.alcaraz@itcelaya.edu.mx,

Resumen

Se analizó un horno de cocción de ladrillos, en el cual se estudió la distribución de los perfiles de temperatura en su interior. Para ello, se realizó un análisis numérico por volumen finito en estado transitorio contemplando el detalle del estibado de los ladrillos, los efectos conductivos y convectivos de transferencia de calor dentro del horno, omitiendo los efectos de la radiación para este análisis.

Los resultados de la simulación fueron comparados con datos experimentales. Se observa una buena correlación entre los datos experimentales y los obtenidos por la simulación.

Palabras clave: *horno, transitorio, ladrillos*

Abstract

An analysis of a brick firing kiln was undertaken, in which the distribution of internal temperature profiles was studied. For this, a numerical analysis was performed for a finite volume in a transient state focusing on details of the brick placement, the effects of conductive and convective heat transfer within the kiln, omitting radiation effects for this analysis.

Simulation results were compared with experimental data. Good correlation was observed between the experimental data and those obtained by the simulation.

Introducción

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencias tenemos los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano. La variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero altera el equilibrio energético del sistema climático, siendo el dióxido de carbono (CO₂) es el más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004 [1].

Una de las principales fuentes generadoras de gases de efecto invernadero a nivel mundial es la producida por la elaboración de ladrillos artesanales debido al combustible utilizado de alto impacto ambiental (madera, neumáticos usados y plásticos). Actualmente el 75% de la producción mundial de ladrillos se concentra en 4 países, China, India, Pakistán y Bangladesh, y son estos países los que trabajan fuertemente en alternativas para disminuir la contaminación producida por esta actividad [2]. Para un caso específico, la India ha trabajado desde el año de 1970 hasta la fecha en el desarrollo e implementación de tecnología para reducir las emisiones contaminantes [3], producto de la elaboración de ladrillos. Entre los logros que se han tenido son

la implementación de hornos del tipo vertical Shaft Brick Kiln [4,5], los cuales han demostrado tener un mejor rendimiento térmico, con un consumo de 0,03 MJ de energía primaria / kg de ladrillo cocido.

Como se mencionó anteriormente una de las desventajas es el uso de los combustibles, si a esto anudamos el hecho que los hornos artesanales presentan una baja eficiencia térmica, afectan la calidad del aire en ciudades cercanas con un impacto negativo en la salud, el uso irracional del suelo y la deforestación, tenemos un grave problema de contaminación [6].

Con todo esto los Países de América Latina contribuyen con el 8,5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero por lo que se están implementando programas para mitigar el cambio climático [6].

En el marco nacional, se ha venido trabajando en esta problemática desde hace 2 décadas, tenemos a Ciudad Juárez, Chihuahua, en donde las investigaciones se centraron en conocer los gradientes de temperatura dentro del horno, en obtener un procedimiento de quemado que favorezca la calidad del ladrillo y reducir la producción de contaminantes atmosféricos [7,8].

En el estado de Guanajuato como primer avance, se realizó un estudio numérico para determinar el efecto de algunas variables de diseño sobre los perfiles de temperatura en los hornos artesanales, y donde se encontró la variable más importante resultó ser la velocidad ascenso los gases [9]. Otro trabajo que figura, es el estudio de un horno experimental sujeto a diversas variables de estudio, y en el cual se comprobó que sustituyendo el combustible tradicional por gas L.P. puede reducir el tiempo de cocción de los ladrillos y la contaminación [10].

Otros trabajos y/o estudios realizados, son con el uso de herramientas computacionales como es el caso de FLUENT, este software permite visualizar y conocer cómo el acomodo de los ladrillos permitió conocer cómo el acomodo de los ladrillos influyen en una mejor y rápida distribución de los perfiles de temperatura en el interior de horno, todo esto gracias a una mayor residencia de los gases de combustión dentro del horno [11].

Metodología

Para la construcción del modelo CAD, de acuerdo a la geometría del horno, se consideró realizar una simplificación aplicando condiciones de simetría, figura 1, usando 1/8 del horno. La simetría corresponde a las cara sur y este del horno experimental.

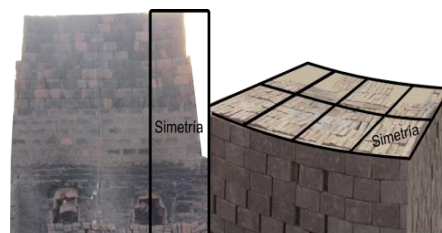


Figura 1. Simetría horno de ladrillos.

La quema experimental se desarrolló en el municipio León en la Localidad del Refugio. Se propuso analizar un horno de campaña de tipo cielo abierto ya que este tipo de horno es el preponderante en la región. Se analizó la forma en la cual productores elaboran los ladrillos sin tener ninguna intervención en el proceso al momento de realizar las mediciones de la parte experimental. Se recabaron los siguientes datos:

- Tipo de estibado de ladrillos.
- Temperatura ambiente.
- Velocidad del aire.

- Humedad del aire.
- Tipo de combustible, madera de encino.
- Medición de las temperaturas en la pared exterior.
- Medición de las temperaturas dentro del horno, manejando 52 termopares tipo K.

La quema experimental inicio a las 7 am, y se monitoreo hasta las 48 horas posteriores al inicio de la quema. Con los datos obtenidos en la quema experimental se inició la construcción del modelo CAD en base al estibado de ladrillos en el horno, se identificaron 3 secciones, figura 2, las cuales se representaron lo más cercano posible a las condiciones del horno analizado. Estas secciones son las siguientes:

- Arcos, es la primera sección que se construye dentro del horno, cumple con dos funciones: dar soporte para todos los ladrillos que se van a quemar y generar el espacio para hogar del horno donde se quema el combustible.
- Rejilla, esta sección se construye a continuación de los arcos, su función es la de distribuir los gases combustión en el interior del horno.
- Camas, El acomodo de los ladrillos en esta sección es siempre de canto, con hileras alternadas en un sentido y la siguiente girada a 90° con una separación entre filas de ladrillos de aproximadamente 2 cm.

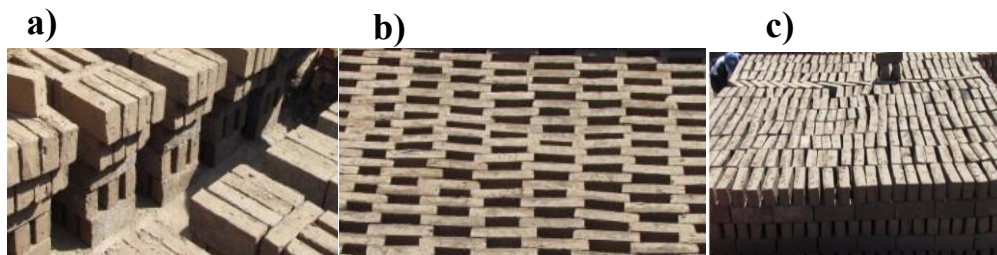


Figura 2. Secciones del horno: a) Arcos, b) Rejilla, c) Camas

Modelo Geométrico

El modelo CAD 3D fue generado en ANSYS WORKBENCH-14.0, el cual se representaron las 3 secciones mencionadas anteriormente, figura 3.

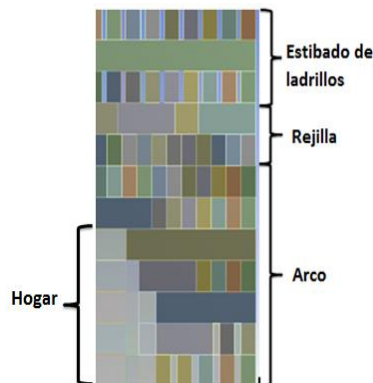


Figura 3. Modelo CAD 3D final.

Modelo Volumen Finito

El modelo mallado fue transferido a ANSYS-CFX para su posterior análisis transitorio [12]. La discretización del modelo toma parte importante para la calidad de los resultados, para ello es

importante la selección del tamaño de elemento ideal, ya que el tamaño de la malla influye significativamente en los resultados así como en el tiempo de simulación, se realizó un análisis de sensibilidad de malla en estado estable de un modelo del horno mayor, comparando 4 tamaños de 10, 15, 20 y 25 mm.

Los resultados se compararon en base a la malla más fina, como se puede observar en la tabla 1, no existe diferencia en las temperaturas alcanzada por los ladrillos. Las diferencias se pueden observar en la velocidad de los gases en el interior del horno, a un tamaño de 10-15 mm existe una variación del 6%, pero a un tamaño de elemento mayor a 15 mm este error sube a un 22% y se tienen problemas de convergencia durante la solución de modelo.

Tabla 1. Resultados análisis de sensibilidad de malla.

Tamaño de elemento en mm	Número de elementos	Temperatura alcanzada en los ladrillos	Velocidad de los gases
10	2339064	1000	4.04
15	758664	1000	4.3
20	329111	1000	5.2
25	185631	1000	5.7

Debido a los resultados expuesto, se decidió usar un tamaño elemento de 15 mm. La malla del modelo genero 372,033 elementos hexaédricos y con 4,318 contactos o interfaces, figura 4. El tipo elemento usado fue un hexaedro de 8 nodos.

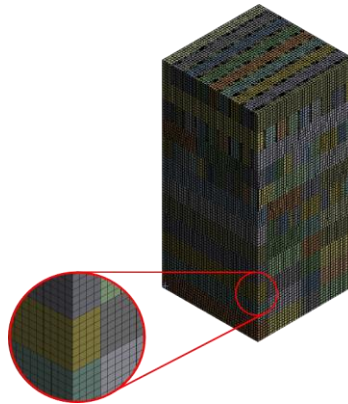


Figura 4. Modelo mallado.

Materiales

Para fines de la simulación del horno de ladrillos se generaron dos dominios (sólido y fluido):

- Ladrillos (sólido), las propiedades se manejaron constantes durante toda simulación (tabla 2).

Tabla 2. Propiedades ladrillo

Propiedad	Magnitud	Unidades
Conductividad térmica	0.69	$W m^{-1} K^{-1}$
Densidad	1600	$kg m^{-3}$
Capacidad calorífica	840	$J kg^{-1} K^{-1}$

- Aire caliente, se manejó como un gas ideal y las propiedades se manejaron constantes durante toda simulación (tabla 3).

Propiedad	Magnitud	Unidades
Conductividad térmica	0.0261	$W m^{-1} K^{-1}$
Capacidad calorífica	1004.4	$J kg^{-1} K^{-1}$

En el caso de la densidad se optó por el modelo de Buoyanci como una mejor representación de esta propiedad, debido al constante aumento de la temperatura en el interior del horno durante toda la simulación. Se usó una densidad de referencia de $1.18 kg/m^3$.

Condiciones de frontera

Las condiciones de frontera fueron determinadas mediante datos experimentales, lo cuales fueron recabados durante una quema del horno analizado. Las condiciones de operación del horno no fueron modificadas, se operó el horno como normalmente se hace en cualquier quema. Estas condiciones consisten en las siguientes:

- Se carga el horno de ladrillos frescos.
- Por las dos compuertas ubicadas en la cara este y oeste se introduce la leña a quemar.
- Se inicia la quema, encendiendo la leña.
- Se sigue alimentando el horno con forme va avanzando la quema.
- Se sellan las compuertas de alimentación pasadas 12 horas.
- Se sella la parte superior del horno con una mezcla de arcilla y estiércol.
- Se cuida la temperatura en el interior del horno, si es necesario se alimenta nuevamente el horno.
- Pasadas 32 horas el horno presenta la mayor temperatura en la parte superior, a partir de ese momento se consideran otras 24 o 32 horas para el enfriamiento.
- Se abren las compuertas de alimentación para que el aire entre y pueda enfriarse con mayor rapidez.

Entrada: Representa la entrada de los gases de combustión por la parte inferior del horno, figura 5.

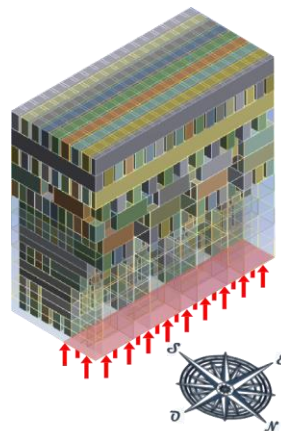


Figura 5. Condición de frontera de Entrada.

Para poder representar de manera adecuada esta condición fue necesario tomar las siguientes dos consideraciones:

- La temperatura de los gases de combustión presentó un valor variable durante la quema experimental debido a que al inicio de la quema no se tiene una combustión completa del combustible, es por eso que la temperatura va en ascenso desde $50^{\circ}C$ hasta los

1000°C. Debido a este comportamiento fue necesario la representación de esta variable mediante la siguiente gráfica:

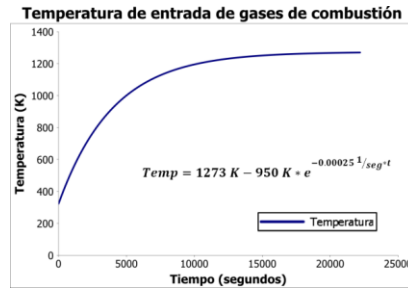


Figura 6. Gráfica de la variación de la temperatura de entrada de los gases de combustión respecto al tiempo.

- La velocidad de ascenso de los gases de combustión, al igual que la temperatura de los gases de combustión, no presentó un valor constante, pero debido a las dificultades de su medición se optó por una representación similar a la utilizada en la temperatura de los gases de combustión, teniendo como límite una velocidad reportada de 0.67 m/seg [9], y fue representada por la siguiente expresión:

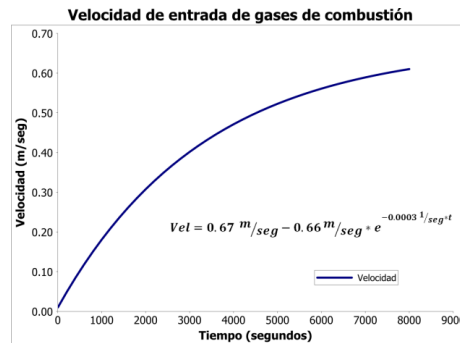


Figura 7. Gráfica de la variación de la velocidad de entrada de los gases de combustión respecto al tiempo.

Salida: Debido al tipo de horno analizado es de tipo cielo abierto, se optó por una condición de frontera salida en la parte superior del horno, figura 8, representando la salida de los gases combustión al medio ambiente bajo las condiciones promedios de 25°C y 1 atm. Por lo cual no se presenta un gradiente de presión entre la entrada y la salida.

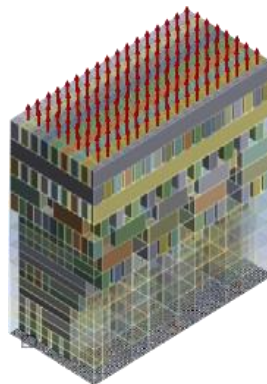


Figura 8. Condición de frontera de Salida.

Simetría: Se manejó una simetría en dos caras internas del modelo en la dirección norte y oeste, figura 9, esto debido a las condiciones simétricas que presenta el horno en esas direcciones.

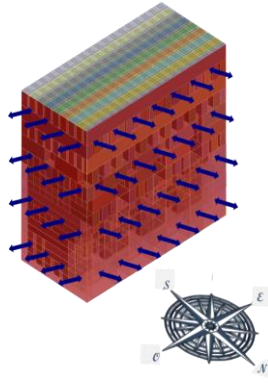


Figura 9. Condición de frontera de Simetría.

Pared: La última condición de frontera que se manejó, fue una condición de pared adiabática, en las caras exteriores del horno que corresponde a las direcciones sur y este, figura 10. Esta condición representa una condición ideal para la función que ejercen las paredes externas del horno.

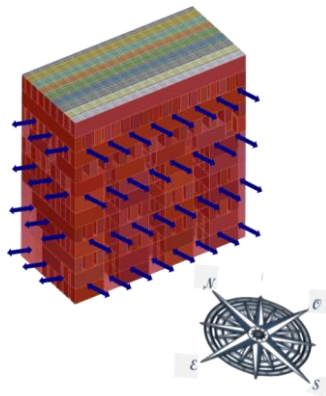


Figura 10. Condición de frontera de Pared.

Resultados y discusión

De acuerdo a la configuración geométrica del modelo CAD, figura 11, la comparación de los perfiles de temperatura obtenidos por la simulación se realizaron en 4 puntos, que representan 4 termopares colocados en las fronteras del horno los cuales 2 estuvieron ubicados en la cara este y 2 en la cara sur, las consideraciones del porque tomar estas caras para la comparación de resultados, son solamente por la forma como se construyó el modelo CAD, estos resultados son válidos para cualquier esquina del horno, en la tabla 4 se muestran las localizaciones:

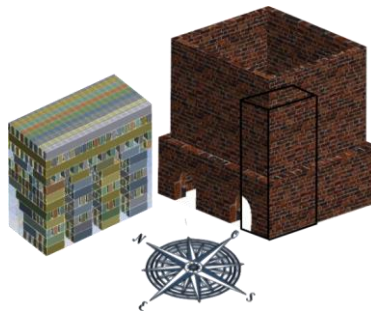


Figura 11. Detalle de geometría CAD

La primera comparación se hace en la cara Este, en donde tenemos como primeras coordenadas las del termopar NAE1, la figura 12 nos muestra la comparación de temperaturas obtenida de manera experimental y la simulación. Como se puede observar la temperatura obtenida mediante la simulación presenta un comportamiento parecido a los datos experimentales en los primeros minutos, pero conforme el tiempo continua esta tendencia se pierde.

Tabla 4. Ubicación de termopares

Termopar	Localización (x, y, z)
NAE1	0.34,0,0.8
NBE1	0.41,0,1.5
NAS1	0,0.55,0.71
NBS1	0,0.33,1.5

Analizando los datos obtenidos, tenemos que el termopar NAE1 presenta una variación de temperatura del 40% y conforme se extrapolan los datos de simulación este porcentaje va aumentando. La curva obtenida mediante la simulación presenta un comportamiento exponencial la cual es adecuada para tiempo cortos, pero, si extrapolamos la curva al tiempo final de la quema obtenemos valores de temperatura demasiado bajos, que no corresponden a los experimentales.

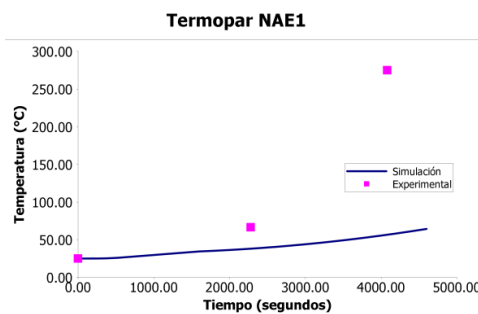


Figura 12. Comparación de datos experimentales vs simulación en el termopar NAE1.

La segunda comparación se realizó en las coordenadas del termopar NBE1. A diferencia de los resultados obtenidos en el termopar NAE1, la curva obtenida por simulación presentan una gran similitud en los resultados obtenidos experimentales, figura 13. Para este punto tenemos un error del 24.4%, pero en el caso contrario al termopar NAE1 al extrapolar la curva el error disminuye hasta un 3.42%.

En esta tercera comparación se sitúa en dos termopares ubicados en la cara sur. Esta comparación se realizó en las coordenadas del termopar NAS1.

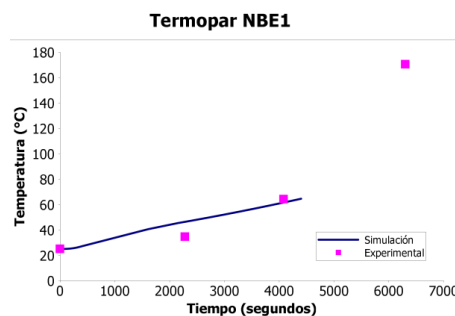


Figura 13. Comparación de datos experimentales vs simulación en el termopar NBE1.

En la figura 14, podemos observar que los resultados obtenidos mediante la simulación en las coordenadas de dicho termopar son un poco elevados respecto a los datos experimentales, obteniendo un error del 7.7% y 14.1%. Pero a diferencia de las curvas anteriores podemos observar que la curva obtenida por simulación presenta un comportamiento estable con respecto a los datos experimentales al ubicarse en los valores medios.

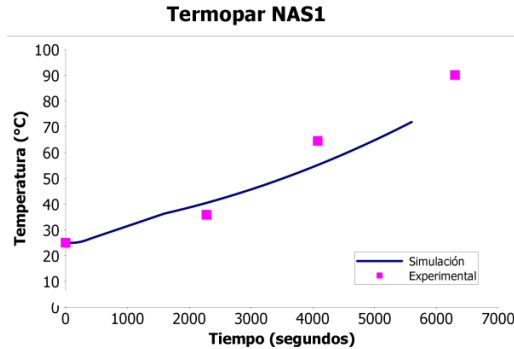


Figura 14. Comparación de datos experimentales vs simulación en el termopar NAS1.

La última comparación se realizó en el termopar NBS1, en este termopar tenemos una temperatura un poco elevada desde el principio, pero presentan un comportamiento similar al presentado experimentalmente, en los puntos de comparación tenemos un error de 20%, pero este error disminuye hasta un 11%, figura 15.

Como se pudo observar el termopar NAE1, es el termopar que presenta los resultados más alejados de los datos experimentales, esto se debe a que este termopar se encuentra en la parte inferior y en una entrada de alimentación del horno, por lo cual este termopar estuvo afectado por el fenómeno de radiación generado por la combustión del combustible, y en esta primera aproximación se omitió este fenómeno.

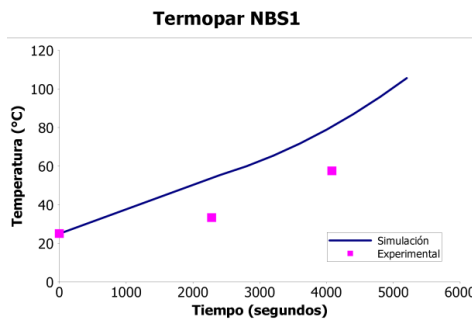


Figura 15. Comparación de datos experimentales vs simulación en el termopar NBS1.

Trabajo a futuro

Este trabajo es la primera aproximación para la representación de un horno de cocción de ladrillo rojo, para futuros trabajos tiene contemplado las siguientes condiciones:

- Incluir el fenómeno de radiación, incluyendo una fuente de radiación.
- Aumentar las dimensiones del modelo a $\frac{1}{4}$ de simetría.
- Aumentar el tiempo de simulación a 15 horas de quema
- Optimizar la geometría del horno para mejorar la distribución de los perfiles de temperatura en el interior del horno.

Conclusiones

Se observó que existe una buena correlación entre los perfiles de temperatura obtenidos mediante la simulación y los datos experimentales para los termopares NBE1, NAS1 y NBS1 que se encontraban en la parte media del horno, esto se debe a que en lo tiempo de simulación que se manejó, los efectos de radiación no son significativos en estas zonas debido a que no se presentan altas temperaturas y tampoco una fuente de radiación. Por lo tanto los efectos convectivos predominan en la transferencia de calor. Este fenómeno no ocurre en la zona del termopar NAE1, el cual se encuentra en la parte inferior del horno y está en contacto con la fuente de radiación producida por combustión del combustible del horno desde el inicio de la quema, es por eso que estos resultados nos da la confianza de continuar e incluir el fenómeno de radiación en las próximas simulaciones y mejorar los resultados.

Como objetivo final de estas simulaciones es el obtener una configuración geométrica óptima, para mejorar la distribución de los perfiles de temperatura en el interior del horno. Esta mejor distribución de temperatura nos ayudará obtener una mejor calidad y cantidad de ladrillos, ya que existe un buen porcentaje de ladrillos que se van a merma.

Referencias

1. Pachauri, R.K. y Reisinger, Cambio climático 2007: Informe de síntesis, <http://www.ipcc.ch/>, No.1, 2008.
2. Ellen Baum, "BLACK CARBON from BRICK KILNS", *Clean air task force*, 2010.
3. Greentech Knowledge Solutions, Brick Kilns Performance Assessment & A Roadmap for Cleaner Brick Production in India, <http://www.gkspl.in/>, 2012.
4. K. R. Lakshmikantan, "Vertical Shaft Brick Kiln - Technology Transfer India Experience – 1", *Gate*, 1998.
5. K. R. Lakshmikantan, "Vertical Shaft Brick Kiln - Technology Transfer India Experience – 2", *Gate*, 1998.
6. Swisscontact, "Energy efficiency in artisanal brick kilns in latin America to mitigate climate change", <http://www.swisscontact.org.pe/>, 2011.
7. González, "Diseño de horno circular experimental utilizando gas L.P. como combustible en ciudad Juárez", *Instituto de Investigaciones Ecotecnológicas*, 1996.
8. Bruce, C. W, "Development of cleaner burning brick kilns in Ciudad Juárez, Chihuahua, México", *Air & Waste Manage*, 2007.
9. Flores, "Variables de diseño de hornos de ladrillo con geometría cilíndrica y cuadrada", *Tesis de Maestría, Depto. de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Celaya*, 2000.
10. Omar Curicaveri, "Estudio Experimental del proceso de cocción de ladrillo usando gas L.P. como combustible", *Tesis de Maestría, Depto. de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Celaya*, 2001.
11. José Luis López Robles, "Estudio del quemado de ladrillo rojo para diferentes condiciones de operación", *5to. Verano Estatal de la Investigación*, 2008.
12. ANSYS Inc., "ANSYS Release 11.0 Documentation", *ANSYS Company, Pittsburgh, PA*, 2008.
13. Bird, R.B., Stewart W.E. and Lightfoot, E.N., "Transport Phenomena", *John Wiley & Sons, Inc.*, 1960.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Clasificación y codificación de piezas por medio de redes neuronales en la industria de la madera

M. en C. Marco Antonio Acosta Mendizábal¹, M. en C. Humberto Dorantes Benavidez²

¹Division de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico de estudios superiores de Chalco, Carretera Federal México Cuautla s/n, La Candelaria Tlapala, Chalco, Estado de México C.P.56641

²Division de Ingeniería Industrial, Tecnológico de estudios superiores del oriente del Estado de México, Paraje San Isidro s/n Barrio de Tecamachalco, La Paz Estado de México C.P.56400
domila3-3@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Proponemos crear un método de codificación y clasificación de piezas de madera sólida para la industria del mueble, el cual por medio de redes neuronales (Inteligencia Artificial) lograra una rápida clasificación de piezas de madera que sirva al ingeniero de diseño obtener para cada nueva pieza aquellas que se le parezcan y que puedan corresponder a su "familia" de piezas, además con esta obtención de la familia de piezas se podrá rápidamente deducir al proceso de fabricación asociado a la nueva pieza, lo que reducirá el tiempo de desarrollo del producto.

Abstract

We propose to create a method of coding and classification of solid wooden parts for furniture industry, which by means of neural networks (Artificial Intelligence) achieved rapid prototyping of pieces of wood to serve as the design engineer for each new piece get those that are similar and that may correspond to his "family" of parts, in addition to this family obtaining parts may quickly deduce the manufacturing process associated with the new piece, which will reduce product development time.

Palabras clave: Redes Neuronales, clasificación, codificación.

Introducción

En las últimas dos décadas, los sistemas de fabricación discretos han pasado de una producción de tipo masiva a una de variedad de productos. En estos sistemas, las máquinas ejecutan diferentes tareas en diferentes piezas. Ellos generan rutas diferentes según la pieza a procesar. La gran variedad de productos aumenta el tiempo de diseño y dificulta la buena gestión. Por consecuencia el logro de los objetivos de producción.

La industria del mueble puede clasificarse dentro este tipo de sistemas productivos, donde la variedad de productos y el volumen medio de producción son sus características principales. Proponemos un Proceso de Fabricación Asistido por Computador y Tecnología de Grupo, donde se implemente un método de codificación y clasificación de piezas de madera sólida para la industria del mueble.

El objetivo del método es lograr una rápida clasificación de piezas de madera que sirva al ingeniero de diseño obtener para cada nueva pieza aquellas que se le parezcan y que puedan corresponder a su "familia" de piezas.

Con la obtención de la familia de piezas se puede rápidamente deducir al proceso de fabricación asociado a la nueva pieza, lo que reduce el tiempo de desarrollo del producto. Por otro lado, la misma clasificación-codificación puede servir para reorganizar el sistema de fabricación en islas o células, donde cada una de estas células podría ser capaz de procesar una familia de piezas.

El método desarrollado, basado en el método OPITZ, utiliza códigos alfanuméricos y criterios adaptados a la industria del mueble. Nuestros resultados muestran que es posible clasificar y codificar rápidamente piezas reales fabricadas en la industria. Numerosas validaciones corroboran lo anterior.

El concepto de tecnología de grupo es bastante reciente y algunos métodos de clasificación y codificación fueron elaborados a mediados de los años setenta. La presencia cada vez importante del computador en métodos de diseño, producción y fabricación favoreció el desarrollo de este concepto en la industria manufacturera.

En la industria de la madera éste no ha sido el caso, debido principalmente al retardo que ésta tuvo en la incorporación de tecnología y de sistemas informáticos. La Tecnología de Grupo (TG) es una filosofía de fabricación en la cual piezas similares son identificadas y agrupadas en conjuntos según sus características de diseño y fabricación.

Metodología

Nuestro sistema es un modelo de codificación y clasificación de piezas mediante redes neuronales identificándolas por medio de un sistema CAD-CAM para la simplificación del método.

Las redes neuronales (o redes de neuronas artificiales), son modelos matemáticos simplificados de las redes de neuronas que constituyen el cerebro humano. Estos modelos, están compuestas por un conjunto de "neuronas artificiales" o conjunto de unidades que procesan e intercambian información.

Para nuestros propósitos escogimos una red tipo Blackpropagation la cual para su configuración se empezara por diseñar la matriz de entradas y salidas; para ello se establecieron estándares de piezas para el entrenamiento de la red neuronal. Cada pieza se define con un código específico determinado por una matriz Opitz.

La primera fase para la determinación de la secuencia de operaciones consiste en la codificación de las piezas. La segunda fase es la etapa de producción. Para la toma de decisiones a través de la base de datos almacenada en el computador se pueden presentar dos casos:

- a) Si una pieza que entra a ser producida coincide exactamente con un código almacenado en la base de datos, el computador inmediatamente retribuye el plan de producción previamente almacenado en su memoria de la base de datos.
- b) Si la pieza a producir presenta un nuevo código para la base de datos, es decir que no existe, entonces, este código es enviado a la red neuronal previamente entrenada para que retribuya el plan del proceso de producción.

Por lo tanto el diseño de la base de datos posee dos características: La primera es que existe un plan de producción para un gran número de códigos de piezas llamado base de datos estándares.

La segunda característica es que cuando son códigos de piezas nuevas, la red neuronal es la encargada de diseñar el nuevo plan de producción sin tener que modificar los planes estándares de producción ya almacenados en su memoria.

Esto significa un nuevo concepto por parte de quien toma las decisiones, asignándolo a un "sistema experto" llamado red neuronal. Si dicho plan de producción para códigos de piezas nuevas es verificable y viable, diseñado por parte del sistema experto, entonces se puede incorporar dicho plan de producción a la base de datos estándar.

La ejecución de la planeación de producción requiere desarrollar las siguientes etapas:

- Codificación de las piezas a través de la interfaz del computador mediante la matriz OPTIZ .

- Ejecución del algoritmo de búsqueda a través de la base de datos estándar.

Si el código de la pieza existe en la base de datos estándar, entonces esta base de datos edita el plan de producción.

Si el código de la pieza no existe en la base de datos estándar, entonces la red neuronal tipo Blackpropagation es la encargada de retribuir el plan de producción.

Si dicho plan de producción retribuido por la red neuronal tipo Blackpropagation, es considerado viable y confiable por parte del personal que está planeando la producción, este puede incorporar a la base de datos estándar.

El algoritmo de clasificación se puede resumir en los 8 pasos siguientes

Paso 1. Inicialización de todos los pesos sinápticos y elección del coeficiente de Similitud

Paso 2. Presentación a la red de un nuevo vector de entradas

Paso 3. Cálculo de la señal de activación, de cada neurona de la capa de salidas:

Paso 4. Seleccionar el mejor patrón (la neurona de mayor activación):

Paso 5. Test de similitud con el patrón de la categoría seleccionada.

Paso 6. Inhabilitar temporalmente el patrón de la categoría escogida. De esta forma se vuelve al paso 3 para elegir otro patrón representativo de otra categoría.

Paso 7. Actualización del patrón de la categoría.

Paso 8. Repetir: ir al paso 2, después de habilitar todos los patrones inhabilitados en el paso 6.

Ya codificadas las piezas pasaríamos a la siguiente parte del proceso que es la clasificación

En el algoritmo, hemos supuesto que los vectores de entradas (filas de la matriz), se corresponden con las piezas que se deben fabricar y que las columnas de la matriz representan las máquinas o tipos de máquinas disponible

Mediante el diagrama de flujo presentado en la figura, se puede explicar claramente la planeación de producción.

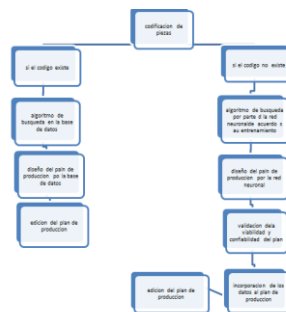


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de producción

	1º DÍGITO	2º DÍGITO	3º DÍGITO	4º DÍGITO	5º DÍGITO	6º DÍGITO
	TIPO DE PIEZA	FORMA PRINCIPAL	MECANIZADO DE LA SUPERFICIE DE REVOLUCIÓN	MECANIZADO DE LA SUPERFICIE PLANA	AGUJEROS ALARGADOS, ENGRABADOS, CHAVETEROS	
0	UD < 0.5					1
1	0.5 < UD < 3	FORMA ESTERNA	FORMA INTERNA	MECANIZADO PLANO	AGUJEROS ALARGADOS, ENGRABADOS	2
2	UD > 3					3
3	UD < 2 CON DEVIACIÓN					4
4	UD > 2 CON DEVIACIÓN	FORMA PRINCIPAL	MECANIZADO INTERNO Y EXTERNO	MECANIZADO PLANO	AGUJEROS ALARGADOS, ENGRABADOS, CHAVETEROS	5
5	ESPECIAL					6
6	A/B < 3, A/C > 4	FORMA PRINCIPAL	TALADROS PRINCIPALES	MECANIZADO PLANO	AGUJEROS ALARGADOS, ENGRABADOS, CHAVETEROS	7
7	A/B > 3	FORMA PRINCIPAL				8
8	A/B PIEZAS CURVAS	FORMA PRINCIPAL				9
9	ESPECIAL					

Figura 2. Método OPTIZ para la codificación de piezas de madera

Resultados y discusión

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de la red neuronal en Matlab como ayuda en la formación de los grupos creemos que nuestra investigación es viable por lo que continuaremos trabajando en el desarrollo de esta tesis

El desarrollo del proceso comienza con la presentación del primer vector de entradas a la red, con lo que este vector se convierte en el patrón para la primera categoría. Esta categoría queda identificada por la activación de la primera neurona de la capa de salidas.

Cuando se presenta a la red el segundo vector de entradas, se compara con el patrón de la primera categoría. Si se decide que es similar al patrón (dentro de los límites marcados por un coeficiente de similitud CS), será tratado como parte de la primera categoría y, al mismo tiempo, se actualiza el patrón para que pueda representar también a este nuevo miembro.

Si, por el contrario, el nuevo vector de entrada no es similar al patrón, se convierte en el patrón de una nueva categoría, caracterizada con la activación de la segunda neurona de la capa de salidas.

Este proceso se repite para todos los vectores de entrada de forma que, al final del proceso, todos los vectores de entrada habrán sido clasificados como integrantes de alguna de las categorías encontradas.

Se muestra en la siguiente figura parte del entrenamiento de la red

```

Entrenamiento de la red en Matlab

*DESCRIPCION: SE GENERAN LOS DATOS DE CORRESPONDENCIA
*ENTRE LA RAZON DE LOGOITUD/DIAMETRO
*Y EL CORRESPONDIENTE DENTRO AL CODIGO OPTIZ

*****olearall_sdo_sdoe #11

*ABRIR ARCHIVO DE DATOS
T1=load('T1.mat');
T2=load('T2.mat');

*PREPARAR DATOS PARA ENTRENAMIENTO
n=length(DATOS(1,:));
%DATOS(1:n,1:2); %* van a tomar los datos para entrenar
%DATOS(1:n,4); %* etiquetas de los datos de entrenamiento

*CONFIGURACION DE LA RED NEURONAL
net=newff([0 2;0.2;0 2;0 2;0 2;0 2],[20 10 10
2],{'tansig','tansig','purelin'},'trainlm');

net.trainParam.lr=0.00001;
net.trainParam.ssp='epoch';
net.trainParam.goal=1e-8;
net.trainParam.max_fail=10;

*ENTRENAMIENTO
net=train(net,T1,T2);

*VERIFICA DE RED
%INDICADOR(1:n,1:2) %* van a usar los datos para prueba
I=aim(net,T2) %* etiquetas de los datos de prueba

R=[round(T1);
round(I,4)'];
R=[T1,DATOS(1:n,4)';T1-DATOS(1:n,4)'];
R2=round(roundMat(T1,20))
    
```

Figura 3. Entrenamiento de la red neuronal para la codificación y clasificación de piezas de la industria del mueble

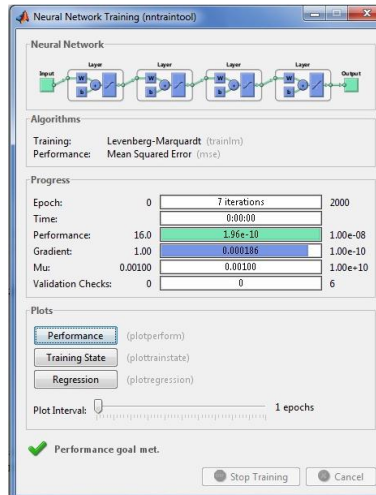


Figura 4. Resultados del entrenamiento de la red neuronal para la codificación y clasificación de piezas de la industria del mueble

Trabajo a futuro

En los próximos años es muy probable que veamos que haya muchos cambios en la industria manufacturera mexicana. Nos enfrentaremos al reto de competir con mejor calidad, mejores costos de manufactura, tiempos de producción más reducidos en nuestros productos, así como una mayor respuesta a los drásticos cambios de la demanda. Muchos métodos tradicionales para diseñar y fabricar un producto también enfrentan nuevos retos.

Por lo que nosotros seguiremos trabajando en nuestra investigación y entrenando la red hasta que nuestro método logre su objetivo que es el de lograr una rápida clasificación de piezas de madera que sirva al ingeniero de diseño obtener para cada nueva pieza aquellas que se le parezcan y que puedan corresponder a su "familia" de piezas y por qué no implementarlo en otros sistemas de producción..

Conclusiones

Nuestro trabajo centro en el modelo de manufactura celular ya que como vimos es uno de los sistemas de manufactura que más relevancia ha tenido en nuestro tiempo, a la vez proponemos agregar a este modelo la inteligencia artificial través de redes neuronales para que tengan sistemas de codificación más eficientes

En otras palabras hemos presentado un método de clasificación y codificación de piezas de madera de la industria del mueble. El método basado en el sistema OPITZ permite la codificación de pieza para la elaboración de familias de piezas, según la Tecnología de Grupos. Hemos desarrollado el método híbrido de manera de considerar las particularidades del material madera y todo esto mediante el uso de inteligencia artificial a través de redes neuronales.

Bibliografía

1. Groover M.; Zimmer E. 1987.CAD/CAM Computer Aided Designand Manufacturing, Prentice Hall Inc New Jersey. 498p.
2. Houtzel A.; Schilperoot B. 1975.Group Technology via computer(MICLASS system). American Machinist 119(17): 39-44.

3. Kunzler J.; Nakornachal V. 1982. CAD/CAM Education and status of the manufacturing consortium. En: Procc. of Conf. On Computer Aided Manufacturing and Productivity, Institute of Production Engineering
4. Kusiak A. 1987. The generalized group technology concept. Int. Journal
5. Production Research 25(4): 561-569.
6. Luong L. 1993. A cellular similarity coefficient algorithm for the design of manufacturing cells. Int. Journal Production research 31(8): 1757-1766.
7. OPITZ H. 1970. Classification system to describe work pieces. R.A. Taylor. En: W.R. Mac Connell (Ed.). Pergamon Press
8. Rembold U.; NAJI B.O.; STORR A. 1994. Computer Integrated Manufacturing and Engineering. Addison-Wesley

“Determinación de factores que afectan la producción de un destilador Solar utilizando un Diseño Experimental 2^{4-1} ”

Dr. Héctor A. Moreno C., G. Anel Valles L., Ma. Cristina García C., Alejandro Romero B, Guadalupe Vera M.
Instituto Tecnológico de la Laguna, Calzada Cuauhtémoc s/n, Col Centro, C.P 27000, Torreón Coahuila,
México, candy_jca@hotmail.com
Área de participación: Ing. Industrial

RESUMEN

En este trabajo experimental realizado en el laboratorio de química en el Instituto Tecnológico de la Laguna (ITL), se estudia la influencia que tienen cuatro factores (pre calentamiento del agua de alimentación, limpieza de vidrios, enfriamiento auxiliar y sello) en la producción de agua destilada de un Destilador Solar, para ello, se construyó un pre calentador, se instaló el enfriamiento auxiliar para llevar a cabo las pruebas y se aplicó un diseño factorial 2^{4-1} . Los resultados fueron analizados con el software MINITAB para determinar si los factores incluidos o sus interacciones influyen en la producción de agua destilada.

PALABRAS CLAVE: Destilador Solar, Precalentador, Diseño factorial, Agua desmineralizada.

ABSTRACT

In this work, carried out in the La Laguna Technological Institute (ITL), the influence of four factors, on the production of distilled water from a Solar Destillator were studied, pre heating of feed water, cleaning of glasses, auxiliary cooling and seal. To perform the different tests; the pre heating device was built, the auxiliary cooling system and seal were installed; then a 2^{4-1} experimental design was applied. Results were analyzed with MINTAB software to determine if the considered factors o their interactions affect in a significant way the production of distilled water.

INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para la vida sobre la tierra. Lamentablemente con el paso del tiempo, continuamente estamos perdiendo reservas de agua dulce. No solo es necesario disponer y conservar dicha agua, sino también desarrollar una tecnología ecológica para obtener aguas aptas para el consumo, uso en maquinas para evitar su corrosión y para uso en laboratorios de química etc. a partir de otras aguas salobres. Entre las tecnologías de purificación de agua, “la destilación solar” es la que combina las siguientes características: renovable, ecológica y económica. La destilación solar es un proceso de purificar el agua salobre por el empleo de energía solar consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. La finalidad es obtener el componente más volátil en forma pura.

La primera gran planta de destilación solar que se llevó a cabo es en 1874 cuando el inglés Charles Wilson diseñó y dirigió la instalación en el desierto de Atacama (Chile) para la Salitrera Lastenia Salinas. Esta central era capaz de proporcionar un promedio de 22 500 litros de agua diarios y estuvo en funcionamiento hasta el año 1907.

Los países desean reducir su dependencia a combustibles fósiles y buscan energías alternativas. La comarca lagunera tiene un gran potencial para el uso de la energía solar. Una de las aplicaciones con mucha viabilidad es la destilación del agua con el uso de esta energía.

El destilador solar instalado en el ITL, es un sistema que permite reproducir de manera acelerada los ciclos naturales de evaporación y condensación del agua para obtener agua destilada de una excelente calidad. La destilación solar ha estado en funcionamiento desde 1988 y surte agua desmineralizada a:

- ✓ 4 Laboratorios de Ingeniería Química
- ✓ Centro Integrado de Manufactura (CIM)

- ✓ Laboratorio de Ingeniería Mecánica
- ✓ CONALEP
- ✓ DEPI

Actualmente se producen entre 30 y 40 litros por día (lpd) de agua destilada, en primavera y verano. Se sabe que el nivel del agua, la cantidad de radiación y el espesor de los vidrios, afectan la producción; sin embargo nunca se ha determinado si hay otros factores que afecten la producción de agua destilada.

Diseño experimental 2^{4-1}

Un diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas, qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

Un diseño factorial fraccionado 2^{k-p} .

Es una fracción de $\frac{1}{2} p$ del diseño factorial completo 2^k . Se tomaran algunos tratamientos que con anterioridad se estudiaron en un diseño 2^k , considerando todos los factores pero solo reduciendo el número de tratamientos, se recomienda usar este tipo de diseño cuando los factores son mayores a 5 y se desean estudiar los niveles de calidad pero los recursos son limitados, con poco tiempo obviamente los resultados no son muy específicos; existe una estructura de alias que permite analizar los factores más rápido.

En este diseño se estudiaron 4 factores con 2 niveles cada uno, realizando 3 replicas al experimento con un diseño de experimentos fraccionado.

METODOLOGIA.

Materiales.

Destilador Solar: Se utilizó un destilador solar de dos vertientes con 10 vidrios con un espesor de 3 mm a una pendiente de 22° , con una charola de acero inoxidable de área $A = 5.20\text{m} \times 1.8\text{m} = 9.36 \text{ m}^2$. (Figura 1).



Figura 1 Destilador Solar del ITL

Características del precalentador: área $A = 0.7623 \text{ m}^2$, tubería serpentín de cobre con una longitud de 2.5 m y diámetro de $\frac{1}{8}$ " (Figura 2)



Figura 2. Imagen del precalentador solar

Sistema de enfriamiento auxiliar: Lo constituye una estructura metálica con 5 ventiladores montados, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Sistema de enfriamiento auxiliar del DS

Determinación de factores y niveles.

Se determinaron los factores y los niveles de cada factor como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores y niveles considerados en el diseño experimental

PRECALENTAMIENTO	Nivel Alto	+1	(Destapar precalentador) Abrir válvulas de entrada / salida y cerrar bypass.
	Nivel Bajo	-1	Abrir bypass, cerrar válvulas de entrada/salida y tapar precalentador
SELLO	Nivel Alto	+1	Abrir válvulas de entrada / salida y cerrar bypass
	Nivel Bajo	-1	Abrir bypass, cerrar válvula de entrada/salida
LIMPIEZA DE VIDRIOS	Nivel Alto	+1	Limpiar vidrios a las 8:00 am y a las 19 hrs.
	Nivel Bajo	-1	No se realiza ninguna actividad
ENFRIAMIENTO AUXILIAR			Retirar sistema de enfriamiento auxiliar a las 8:00 am
	Nivel Alto	+1	Instalar sistema de enfriamiento auxiliar a las 19 hrs. y ponerlo en funcionamiento (e/s)
	Nivel Bajo	-1	No se realiza ninguna actividad

Medición de la producción.

El agua destilada, producida durante las 24 horas, por el destilador solar es recibida en un Tanque de diario (Figura 4). De ahí se pasa al Tanque de almacén que es un tinaco de 1 000 litros de capacidad (figura 4) después de verificar la calidad del agua. La producción diaria se determina mediante las dimensiones del

tanque de almacén y la diferencia de nivel que se obtiene midiendo el nivel inicial del Tanque de alimentación, vaciando el agua producida al Tanque de alimentación y midiendo el nivel final del Tanque de almacén.

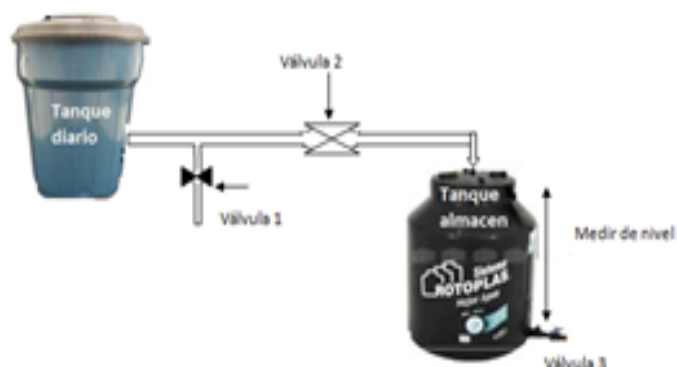


Figura 4. Esquema del sistema de almacenamiento de agua destilada

CORRIDA EXPERIMENTAL.

Se realizó un diseño con las corridas completamente al azar, con el software estadístico de MINITAB. El diseño experimental se corrió del 3 al 27 de junio del 2013, se pasaron los datos, para después correr el programa con un nivel de confianza del 95%. El orden y los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Diseño experimental 2^{4-1} y resultados

	Orden Std	Pre calentamiento	Enfriamiento Auxiliar	Sello	Limpieza	Producción Diaria L
1	6	1	-1	1	-1	40,1
2	15	-1	1	1	-1	32,8
3	14	1	-1	1	-1	45,7
4	16	1	1	1	1	43,7
5	10	1	-1	-1	1	30,4
6	7	-1	1	1	-1	28,8
7	20	1	1	-1	-1	35,2
8	24	1	1	1	1	41,5
9	1	-1	-1	-1	-1	42,1
10	3	-1	1	-1	1	38,6
11	5	-1	-1	1	1	29,6
12	4	1	1	-1	-1	40,0
13	21	-1	-1	1	1	39,9
14	2	1	-1	-1	1	29,6
15	13	-1	-1	1	1	31,2
16	8	1	1	1	1	43,6
17	17	-1	-1	-1	-1	40,2
18	12	1	1	-1	-1	35,2
19	23	-1	1	1	-1	36,8
20	22	1	-1	1	-1	38,4
21	9	-1	-1	-1	-1	38,4
22	19	-1	1	-1	1	36,0
23	11	-1	1	-1	1	43,9
24	18	1	-1	-1	1	40,0

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación se presenta el reporte de MINITAB para efectos y coeficientes

Efectos y coeficientes estimados para Producción (unidades codificadas)

Término	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante		37,5708	0,8025	46,81	0,000
Precalentamiento	2,0917	1,0458	0,8025	1,30	0,211
enfriamiento	0,8750	0,4375	0,8025	0,55	0,593
Sello	0,2083	0,1042	0,8025	0,13	0,898
Limpieza	-0,4750	-0,2375	0,8025	-0,30	0,771
Precalentador*enfriamiento	1,6250	0,8125	0,8025	1,01	0,326
Precalentador*Sello	6,8917	3,4458	0,8025	4,29	0,001
Precalentador*Limpieza	-0,4917	-0,2458	0,8025	-0,31	0,763

S = 3,93166 PRESS = 556,485
 R-cuad. = 57,51% R-cuad. (pred.) = 4,39% R-cuad. (ajustado) = 38,92%

Los factores o interacciones que tienen valores en que $p < \alpha$, se consideran significativos, es decir que tienen un efecto importante sobre la variable de respuesta que en este caso es la producción diaria de agua destilada. Se observa que ninguno de los factores considerados; limpieza de vidrios, precalentamiento, sello y enfriamiento auxiliar afecta significativamente la producción. La interacción entre el sello y el precalentamiento es la única que influye sobre la respuesta.

El valor de R^2 indica que la correlación entre las variables es baja. Solo el 57 % de la variación esta explicada.

En seguida se presenta el ANOVA reportado por MINITAB, que confirma que únicamente la interacción entre el sello y el precalentamiento influye sobre la respuesta.

Análisis de varianza para Producción (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F
Efectos principales	4	32,458	32,458	8,115	0,52
Precalentador	1	26,250	26,250	26,250	1,70
enfriamiento	1	4,594	4,594	4,594	0,30
Sello	1	0,260	0,260	0,260	0,02
Limpieza	1	1,354	1,354	1,354	0,09
2° orden (interacciones)	3	302,265	302,265	100,755	6,52
Precalentador*enfriamiento	1	15,844	15,844	15,844	1,02
Precalentador*Sello	1	284,970	284,970	284,970	18,44
Precalentador*Limpieza	1	1,450	1,450	1,450	0,09
Error residual	16	247,327	247,327	15,458	
Error puro	16	247,327	247,327	15,458	
Total	23	582,050			

Fuente	P
Efectos principales	0,719
Precalentador	0,211
enfriamiento	0,593
Sello	0,898
Limpieza	0,771
2° orden (interacciones)	0,004
Precalentador*enfriamiento	0,326
Precalentador*Sello	0,001
Precalentador*Limpieza	0,763
Error residual	
Error puro	
Total	

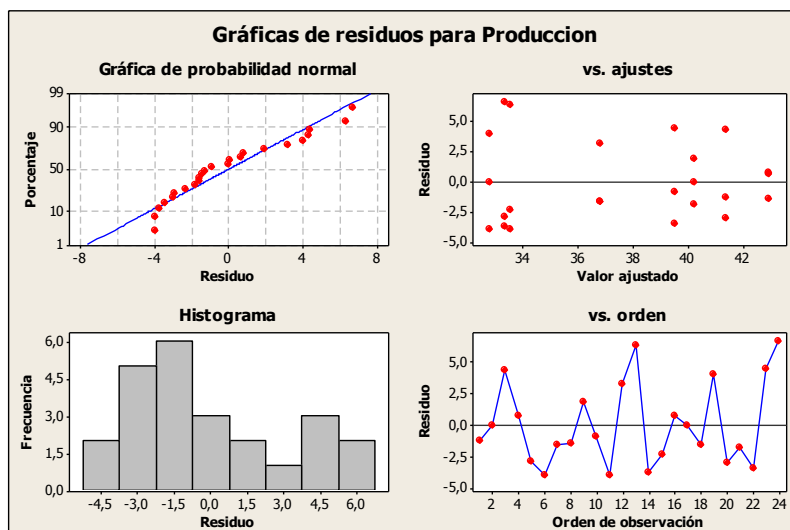


Figura 5. Graficas de Residuales

En la Figura 5 se presentan las graficas de los residuales. Las graficas indican que se cumple con los supuestos del ANOVA; la media del error es cero, los términos del error son aleatorios, independientes y normalmente distribuidos. Las varianzas de los diferentes grupos son homogéneas.

Ajuste del Modelo

Como siguiente paso se eliminan los factores e interacciones que no tienen un efecto significativo y que no son parte de la interacción que si es importante y se procede a ajustar el modelo. A continuación se presentan los resultados de MINITAB, después de hacer el ajuste.

Efectos y coeficientes estimados para Producción (unidades codificadas)

Término	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante		37,5708	0,7508	50,04	0,000
Precalentador	2,0917	1,0458	0,7508	1,39	0,179
Sello	0,2083	0,1042	0,7508	0,14	0,891
Precalentador*Sello	6,8917	3,4458	0,7508	4,59	0,000

S = 3,67810 PRESS = 389,618
 R-cuad. = 53,51% R-cuad. (pred.) = 33,06% R-cuad. (ajustado) = 46,54%

El valor de R^2 indica que aunque la interacción entre precalentamiento y sello influye significativamente sobre la producción, la correlación presenta un valor más bajo con el ajuste del modelo. El ANOVA, presentado en seguida, nos lleva a la misma conclusión que el modelo anterior.

Análisis de varianza para Producción (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F
Efectos principales	2	26,511	26,511	13,255	0,98
Precalentador	1	26,250	26,250	26,250	1,94
Sello	1	0,260	0,260	0,260	0,02
2° orden (interacciones)	1	284,970	284,970	284,970	21,06
Precalentador*Sello	1	284,970	284,970	284,970	21,06
Error residual	20	270,568	270,568	13,528	
Error puro	20	270,568	270,568	13,528	
Total	23	582,050			

Fuente	P
Efectos principales	0,393
Precalentador	0,179
Sello	0,891
2° orden (interacciones)	0,000
Precalentador*Sello	0,000
Error residual	
Error puro	
Total	

Mientras que las graficas de residuales (Figura 6), indican que se cumple mejor con los supuestos del ANOVA que con el modelo anterior.

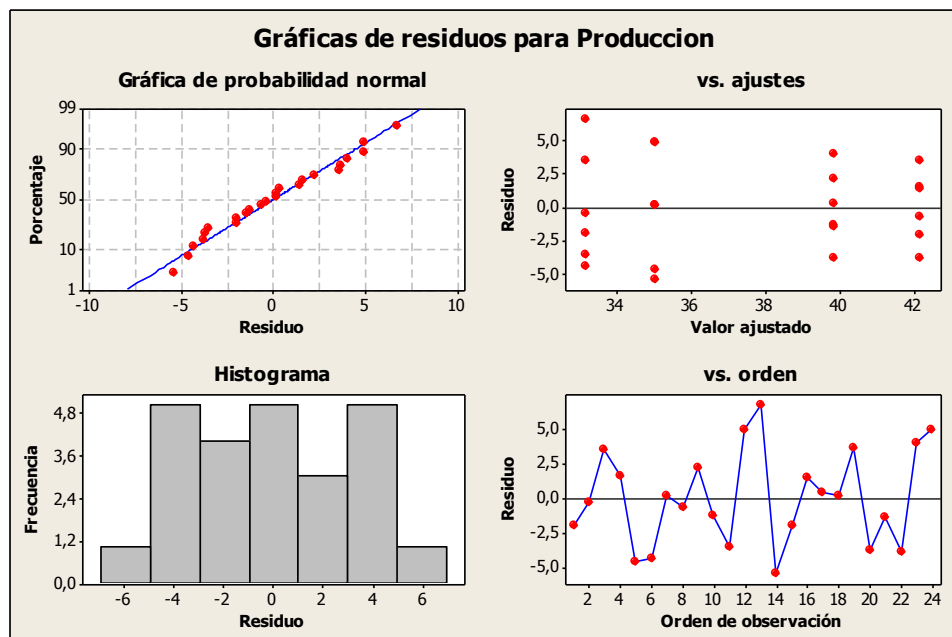


Figura 6. Graficas de Residuales después del ajuste del modelo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que únicamente la interacción entre el sello y el precalentamiento del agua de alimentación es significativa en la producción de agua destilada en este destilador, cada factor por sí solo no produce ningún efecto significativo sobre la variable dependiente. Como trabajo futuro se recomienda analizar otros factores que pudieran afectar la producción.

REFERENCIAS.

- [1] Douglas C. Montgomery. Diseño y análisis de experimentos. Limusa Wiley. Segunda edición 2007.
- [2] H. Gutiérrez Pulido, R De la Vara Salazar. Análisis y Diseño de Experimentos. Mc Graw Hill. Segunda edición 2008
- [3] R.E. Walpole, R. H Myers, S.L Myers, K. Ye Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias., Pearson Educación. Octava edición. p.p 809, 2.007

- [4] http://www.jardinbotanicodecordoba.com/imagenes_noticias/Destilacion.pdf
- [5] <http://www.sitiosolar.com/los%20destiladores%20solares.htm#sthash.wdBFGIY.dpuf>
Portal de energías renovables [sitiosolar.com](http://www.sitiosolar.com)
- [6] Robert o. Kuehl. Diseño de experimentos 2da edición.

Aplicación del Mantenimiento Autónomo en las Empresas Maquiladoras

A. García Mendez^{1*}, J. Rivera Flores^{2*}

¹Miembro de Cuerpo Académico “Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos”, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México *alejandra.garcia@itsteziutlan.edu.mx

²Responsable de Cuerpo Académico “Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos”, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México *jorge.rivera@itsteziutlan.edu.mx

Resumen

El presente resumen tiene como finalidad mostrar los resultados de la aplicación de la Técnica de Mantenimiento Autónomo de Maquinaria en empresas maquiladoras del Municipio de Teziutlán, Puebla, como resultado de los proyectos vinculados entre el Cuerpo Académico “Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos” perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, y la Industria Regional, en donde se deja en claro que si el operador se responsabiliza y toma consciencia del mantenimiento de su máquina a través de chequeos, limpieza, lubricación y ajustes menores, se reducen considerablemente los fallos y paros de maquinaria traduciéndose en entregas en tiempo y forma de la producción, e incrementando la calidad de los productos, logrando posicionar a la empresa en un nivel competitivo no solo a nivel regional si no nacional.

Palabras clave: *Mantenimiento Autónomo, Limpieza, Lubricación, Mantenimiento Productivo Total (MPT).*

Introducción

El mantenimiento autónomo forma parte del mantenimiento productivo total, siendo situado en su octavo paso de desarrollo. Es importante mencionar que del buen desarrollo del mantenimiento autónomo, depende que la maquinaria en la industria permanezca en buenas condiciones de uso durante los periodos de producción con el fin de evitar paros de maquinaria originados por descomposturas.

Definición del mantenimiento autónomo.

Para Kuno Shirose Mantenimiento Autónomo es: enseñar a los operarios, cómo mantener sus equipos por medio de la realización de chequeos diarios, lubricación, reposición de elementos, reparaciones, chequeos de precisión y otras tareas de mantenimiento, incluyendo la detección temprana de anomalías (Shirose, 2000).

Para Seiichi Nakajima, Mantenimiento Autónomo es: una característica única del Mantenimiento Productivo Total (MPT), que consiste en que sus operarios realicen actividades como inspección, lubricación, y limpieza; adicionalmente el operario debe hacerse responsable de su propio equipo (Nakajima, 1993).

Para Fumio Gotoh, el Mantenimiento Autónomo tiene dos significados: Desde una perspectiva humana, es desarrollar el conocimiento de los operarios en beneficio de sus actividades definidas en sus roles de trabajo. Desde la perspectiva del equipamiento, es establecer un área ordenada de trabajo donde algún departamento que labore en condiciones normales pueda detectar los defectos (Gotoh, 1992).

Para Audi el Mantenimiento Autónomo es: lograr que el operario sea capaz de hacerse cargo de su propio equipo de trabajo, llevando a cabo las actividades de limpieza, inspección y lubricación de manera habitual (Radhi, 1997).

El operador en el mantenimiento autónomo.

El operador es una parte capital para desarrollar el mantenimiento autónomo, su conocimiento acerca del equipo no significa que pueda repararlo tan bien como el técnico encargado de mantenimiento, sin embargo tiene la posibilidad de detectar las fallas que presente el equipo, ya que la mayor parte del tiempo, él está en contacto con su máquina, y de esta manera, es capaz de detectar defectos menores antes de que ocurra un paro de línea o un defecto de mayor índole.

Por ello es importante que se lleve a cabo el cambio de mentalidad del operario ya que antes, sólo operaba la máquina y cualquier defecto lo solucionaba mantenimiento, pero hoy día el operario conoce tan bien a su equipo, que él mismo puede solucionar defectos sencillos sin necesidad de esperar al departamento de mantenimiento, y en último caso, lleva a cabo las acciones sin éxito; pero al llegar mantenimiento éste se enfoca en otras probables fallas del equipo sin perder tiempo en las primeras acciones hechas por el operario.

El área de trabajo.

Es importante cambiar el concepto del área de trabajo del operador, en la que se considera que es sucia, donde gran cantidad de paros menores y defectos ocurren todo el tiempo. Un área de trabajo ordenada es aquella en la cual los defectos pueden ser detectados con gran facilidad, gracias al orden y las óptimas condiciones de trabajo.

Momentos del Mantenimiento Autónomo Aplicados a la Industria de la Confección

Primer Momento:

Problematizar la realidad de la empresa “Confecciones Lizbeth” en función de cómo trabaja con el mantenimiento autónomo.

Segundo Momento:

Metodologizar la investigación para lograr el objetivo, para ello es necesario trabajar con los siete puntos que se mencionan el marco teórico referente al Mantenimiento Autónomo.

Tercer Momento:

Formalizar la investigación en un documento escrito donde se plasmen los siete pasos del mantenimiento autónomo para los once tipos de máquinas que se utilizan en Confecciones Lizbeth.

Cuarto Momento:

Desarrollar cada uno de los siete pasos del mantenimiento autónomo en la empresa confecciones Lizbeth en una línea piloto.

Quinto Momento:

Concluir con los resultados que se obtuvieron al desarrollar los siete pasos del mantenimiento autónomo.

Metodología

Ejecución y Desarrollo de los Pasos Del Mantenimiento Autónomo Aplicados a la máquina recta.

Etapa 1, Limpieza Inicial

La limpieza inicial se refiere a las actividades de remover completamente alguna substancia extraña como mugre, polvo, grasa, viruta, residuos que se adhieren al equipo, herramientas y plantillas. Identificar fuentes de defectos como falta de tuercas, tornillos o en su defecto el desajuste de algún elemento del equipo; muchas veces la suciedad indica un probable defecto. Por ello es necesario eliminar todas aquellas partículas extrañas que se le adhieran al equipo. La limpieza permite hacer una inspección, durante su desarrollo; el operario toca las partes del equipo y le permite incrementar las posibilidades de que halle los defectos escondidos.

Partes Externas a Limpiar de la Máquina.

Material necesario: Brocha y Franela.

Procedimiento de limpieza de una máquina recta. Limpiar y remover polvo de focos y porta conos diario. Limpiar cabezal de la máquina a diario. Limpiar toda la mesa de la máquina a diario. Limpiar motor y cerebro cada tercer día. Limpiar y remover polvo de base de máquina cada tercer día. Limpiar y remover polvo y pelusa de hilo con brocha en el pie, aguja, pasa hilo y tira hilo. Limpiar y

desechar artículos que no sean de uso indispensable y que se encuentren dentro del cajón de la máquina cada tercer día. En la siguiente imagen se muestran las partes externas de la máquina recta.

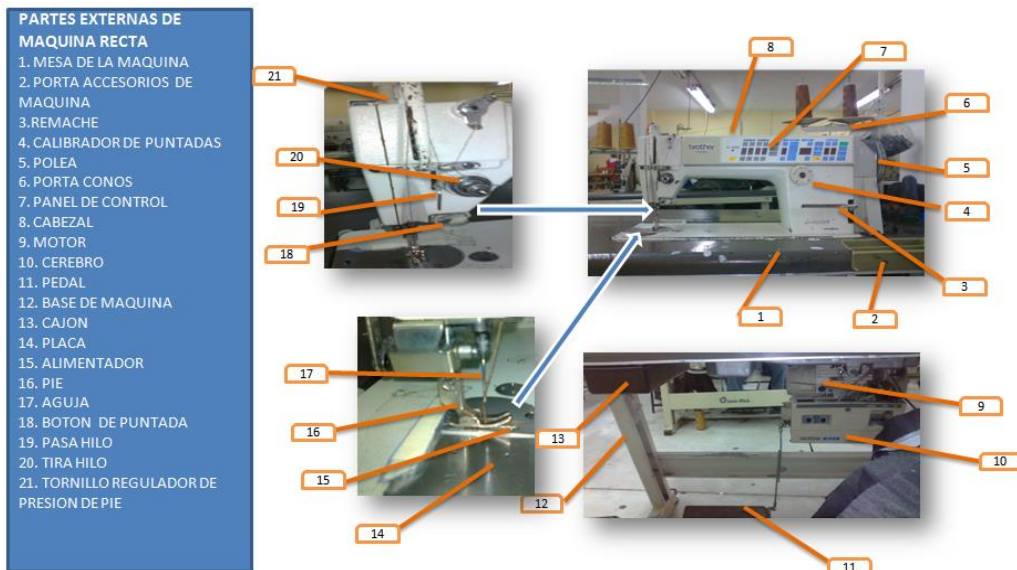


Figura 1. Partes externas de máquina recta. Confecciones Lizbeth.

Partes Internas a Limpiar De Máquina.

Material necesario: Brocha, Franela.

Procedimiento de limpieza de una máquina recta. Limpiar y remover polvo del cangrejo a diario. Limpiar contenedor de bobina y bobina a diario. Cambiar diario o cada tercer día el pabellón de la bobina para mejor tensionamiento de la máquina. Limpiar y quitar desechos o basura del contenedor de aceite a diario. Cambiar aceite de la máquina los viernes 3 minutos antes de finalizar el turno. En la figura siguiente se muestran las partes internas de la máquina recta:

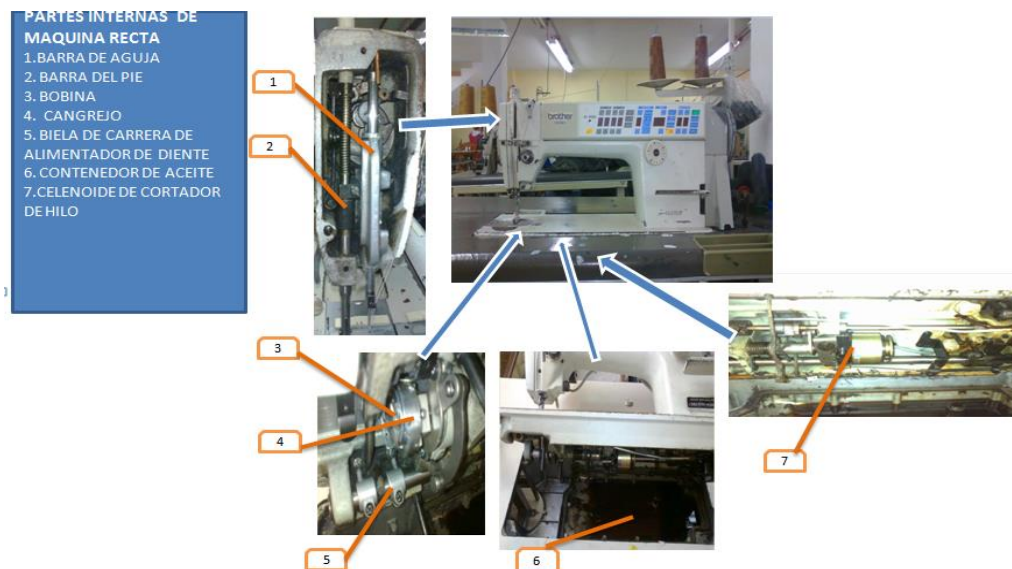


Figura 2. Partes internas de máquina recta. Confecciones Lizbeth.

Etapa 2: Eliminar Fuentes De Contaminación y Áreas Inaccesibles

En este paso se deben adoptar medidas para eliminar la contaminación y las fugas de aceites, aire, polvo, suciedad, etc., en caso de no lograrse exitosamente, este paso se tendrá que desarrollar en una serie de procedimientos más específicos. Deben también reemplazarse las piezas deterioradas o gastadas.

Para poder llevar a cabo la inspección inicial se diseñó el siguiente formato.



		LISTA DE INSPECCION DE MAQUINA RECTA																		
		MES _____ AÑO _____				# DE MÁQUINA _____														
TIPO DE PIEZAS		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	OBSERVACIONES
1.- Tornillo regulador de presión de la barra prensateles																				
		1.no barrido 2.no flojo 3 no roto 4.OK				buscamos: tornillos flojos, rotos o faltantes														
2.-Tornillos tapa frontal																				
		1.no barrido 2.no flojo 3 no roto 4.OK																		
3.-Regulador de tensión superior de la aguja																				
		1.revisar resorte no roto 2.platillos no rotos, no flojos. 3. tension adecuada 4.OK																		
4.-Tornillo sujetador de la aguja																				
		1.no barrido 2.no flojo 3 no roto 4.OK																		
5.- Tornillo sujetador del prensateles																				
		1.no barrido 2.no flojo 3 no roto 4.OK																		
6.- Tornillos de placa aguja																				
		1.no barrido 2.no flojo 3 no roto 4.OK																		
7.- Placa de aguja																				
		1.correctamente atomilladas 2.no rotas 3. no agrietadas 4. tornillos en buen estado 5.OK																		
8.-Ventanilla indicadora de lubricacion																				
		1. bien cerrada 2.no rota 3. sin fugas 4.que bombeé el aceite 5.OK																		
9.- Devanador																				
		1.tornillos, no barridos, ni faltantes 2.devane bien 3.OK																		
10.- Mesa																				
		1.que no se mueva 2.OK																		
11.- Pedal																				
		1. muñon superior en buen estado 2.muñon inferior en buen estado 3.OK																		
12.- Porta conos																				
		1.no flojos 2.tornillos apretados 3.OK																		

Figura 3. Lista de inspección de máquina recta. Confecciones Lizbeth.

Etapa 3, Estándares De Limpieza y Lubricación.

Para éste paso se generan círculos de trabajo que se dedican a establecer estándares para un trabajo de mantenimiento básico, rápido y efectivo para evitar el o los deterioros posibles. Claro que estos estándares serán fijados por personal experto quien determina que piezas del equipo, cuando deben limpiarlas y lubricarlas y como debe llevarse a la práctica.

A continuación se da a conocer en un pequeño formato de las partes que se deben lubricar y con qué frecuencia. Está información es muy indispensable para los operadores de las máquinas.

Tabla 1. Lineamientos de lubricación para la máquina recta.

Lineamientos De Lubricación Para La Máquina Recta			
			
Partes A Lubricar	Forma De Lubricar	Frecuencia	Tiempo Estimado
Tasa del cangrejo	3 gotas con aceitera	diario	1min
Cangrejo	2 gotas con aceitera	diario	1min
Mecanismo para accionar cuchillas	3 gotas con aceitera	diario	1min

Etapa 4, Inspección General

Para este paso es necesario realizar un entrenamiento en inspección y desarrollar procedimientos que le corresponden. Aquí es necesario inducir a los operarios en conocimientos que vayan de acuerdo con el funcionamiento del equipo, para que sean capaces de identificar y resolver problemas menores.

Revisar El Ensartado De La Máquina.

Existen diversas fallas por un mal ensartado de la máquina, por lo cual en esta parte se da a conocer un procedimiento para poder verificar que la máquina del operario está bien ensartada. Con ello se descarta la posibilidad de que la máquina falle por esta causa.

1. Colocar el cono de hilo sobre los platos de porta-conos.
2. Pasar la hebra de hilo por pasa hilos del porta-conos.
3. Meter la hebra de hilo en el poste pasa-hilos por los dos orificios.
4. Introducir la hebra en la tensión superior (regula el largo de la hebra).
5. Meter la hebra en la tensión inferior (regula la costura).
6. Pasar la hebra por tira-hilo inferior.
7. Meter la hebra por pasa-hilos.
8. Introducir el hilo por tira-hilo superior.
9. Pasar la hebra por pasa-hilos superior.
10. Pasar la hebra por pasa-hilos 1 de la barra de aguja.
11. Pasar la hebra por pasa-hilos 2 de la barra de aguja.
12. Ensartar aguja.

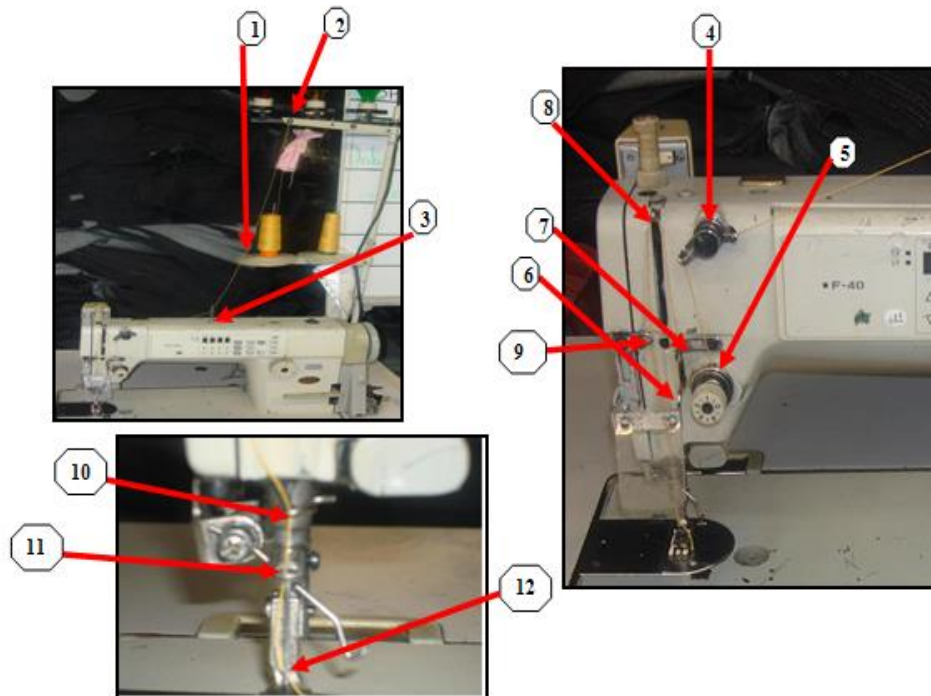


Figura 4. Ensartado de la máquina recta. Confecciones Lizbeth.

Etapa 5, Inspección Autónoma.

En este paso es necesario conducir las inspecciones generales regularmente y mejorar los procedimientos de inspección, por ello se desarrollan y utilizan hojas de control de mantenimiento autónomo, así como estándares para rutinas de inspección interna. Al lograr que el operario ejecute este paso correctamente se obtendrán las mejoras con mayor facilidad.

En esta etapa el operador inicia con las inspecciones al equipo, revisando y llenando un formato al inicio de la jornada laboral en un tiempo muy corto. La siguiente tabla muestra las principales fallas que se presentan en la máquina recta, de igual forma se mencionan los factores que las ocasionan y las posibles soluciones para cada problema.

Tabla 2 Fallas, factores y soluciones para la máquina recta. Confecciones Lizbeth.

	FACTORES DE ORIGEN	SOLUCIONES
REVIENTA HILO	Aguja mal colocada Aguja despuntada Rebaba en el cangrejo	Colocarla bien que llegue hasta el tope. Cambiar aguja. Remover la rebaba con una lija fina.
PATINA	Presión inadecuada del prénsatelas. Alimentador des calibrado. Juego en el pie por frecuencia de uso.	Ajustar tornillos de barra del prénsatelas. Calibrar el alimentador. Cambiar pie.
BRINCA	Aguja mal colocada. Rebaba en el cangrejo.	Colocar en forma correcta. Remover rebaba con lija fina.
HACE GAZA	Desbalance de tensiones. Calibre inadecuado entre hilo y aguja. Mal ensartado	Nivelar tensión de bobina y después tensión principal. Ensartar correctamente.
NO COSE	Aguja inadecuada para calibre de tela e hilo.(posición y tamaño) Mal ensartado.	Colocar adecuadamente la aguja correcta. Ensartar correctamente.

Etapa 6, Orden Y Limpieza Del Lugar De Trabajo

En este paso se debe ordenar y organizar el área de trabajo, así como estandarizar los requerimientos de orden, limpieza y seguridad. Aquí los directores y supervisores complementan la implantación del mantenimiento autónomo evaluando el rol de los operarios y definiendo sus responsabilidades, como la experiencia que deben tener para evitar los defectos que puedan presentarse.

En primera instancia se utilizaron algunos medios para difundir la técnica de las 5'S, tales como la colocación de lonas impresas con información alusiva y sencilla para la comprensión de todo el personal, trípticos informativos apoyados con algunas imágenes que ilustran el objetivo principal de cada "S", esto con la finalidad de que los trabajadores lo comprendan de manera sencilla y divertida. Otro medio empleado ha sido el audiovisual, proyectando algunos videos de higiene y seguridad en horario de comida para que todos puedan apreciarlos sin perder tiempo laboral.

El segundo paso fue dar a conocer a todo el personal tanto operativo como administrativo los conceptos de esta filosofía, así como sus beneficios y formas de aplicación según características de cada área; por medio de una presentación y videos informativos e ilustrativos, formando pequeños grupos para su mejor atención y

retroalimentación. Más adelante ya entendiendo los conceptos y aplicando esta filosofía, se llevó a cabo una evaluación para darle seguimiento y asegurar el éxito del proyecto, con ayuda de todos los ingenieros que actualmente laboran en la empresa a través de una comisión de evaluadores que pasaron a calificar el grado de avance del proyecto en cada área.

Se indujo a todo el personal operativo con la limpieza de las máquinas en producción haciendo entrega de brochas y fundas a cada uno, logrando convencer a los operadores en dejar limpia y ordenada su área de trabajo, entregando material (escobas y recogedores) para hacerlo; por otro lado se inició con la visualización y señalización de anomalías para que fueran resueltas de inmediato y así lograr que la empresa sea más productiva. De igual manera se colocaron imágenes en las máquinas y numeración para identificar como y que partes de la misma se tienen que limpiar y estar al pendiente para una mejor función. A continuación se presentan las imágenes de cómo se veía el interior de las máquinas antes de aplicar las 5'S y los beneficios que ganaron con su aplicación, como áreas más seguras, limpias y ordenadas, entre otras cosas.



Figura 5. Máquina recta, limpieza antes e después. Confecciones Lizbeth.

Etapa 7, Implantación Plena Del Mantenimiento Autónomo

En este paso se necesitó la participación de todos y cada uno de los involucrados en la planta en las actividades avanzadas de mejora, desarrollo de las metas de la compañía, y en la realización de las auditorías de las actividades que los operarios deben llevar a cabo.

La persona responsable del control y análisis de los formatos es el jefe de mantenimiento. El jefe de los mecánicos es quien distribuye los formatos, los operadores son los responsables de llenarlos y los mecánicos son los encargados de tomar acciones correctivas o preventivas según las decisiones tomadas en los análisis. El jefe de los mecánicos deberá distribuir los formatos de limpieza e inspección una vez al mes.

Resultados y Discusión

La implementación del mantenimiento autónomo en la empresa CONFECCIONES LIZBETH, ha dado excelentes resultados: La producción se mejoró en un 20% logrando una capacidad de producción de 950 pantalones diarios.

La empresa confecciones Lizbeth cuenta con 27 máquinas rectas, 8 máquinas de 2 agujas, 6 máquinas over 5 hilos, 1 máquina de ojal recto, 1 máquina de ojal de botella, 3 máquinas pretinadoras, 2 máquinas camaplanas, 1 máquina de codo, 2 máquinas cover, 2 rectas de doble arrastre, 1 fusionadora, 4 máquinas presilladoras, 1 engrapadora, y 1 desgranadora total 62 máquinas, con las que se trabajó en la implementación del mantenimiento autónomo. Se redujeron los tiempos muertos en un 30%, al igual que los reportes por fallas de maquinaria.

Conclusiones

Es de suma importancia que exista una planeación adecuada para llevar a cabo el mantenimiento autónomo en cualquier empresa donde el operario y la maquinaria estén en contacto directo, ya que esto conducirá a mejorar la disponibilidad durante los periodos de producción, al mismo tiempo que los operadores conocerán las partes de su maquinaria, el manejo y cuidados apropiados que prolonguen la vida útil del equipo.

Los alumnos involucrados en este proyecto y que son el enlace entre el Cuerpo Académico “Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos” y la empresa Confecciones Lizbeth, han puesto en práctica los conocimientos adquiridos en clase proponiendo mejoras reales a problemas reales antes de llegar a egresar del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, ampliando sus conocimientos y logrando una aprendizaje significativo.

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa Confecciones Lizbeth por el apoyo para la realización de este proyecto y al departamento de Posgrado e Investigación perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Referencias

KUNIO, Shirose. 2000. TPM para mandos intermedios de fábrica. Ed. TGP- Hoshin. 4ª. Edición Madrid.

MASAJI Tajari, Fumio Gotoh. 1992. TPM implementation. Ed. Mac Graw Hill. 1ª. Edición. U.S.A.

NAKAJIMA, Seiichi. 1993. Introducción al TPM. Ed. TGP. 3ª Edición. Madrid.

AL- RADHI, Mehdi. 1997. Moderne Instandhaltung TPM. Ed. Hanser. 1ª. Edición. Alemania.

OUNCE Villanueva, Enrique. 1998. La productividad en el mantenimiento industrial. Ed. Cecsa. 4ª. Edición. México.

E.T. NEWBROUGH Y PERSONAL DE ALBET RAMOND Y ASOCIADOS, INC. 1998. Administración de mantenimiento industrial. Es Diana 12ª. Edición. México.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Desempeño de Sistemas de Energía Solar con incidencias climatológicas: Caso región Juárez- El Paso.

M.I. Rossana Villegas Argüelles¹, Ph.D. Virgilio Gonzalez².

¹ Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Charro 610 Norte, Ciudad Juárez Chihuahua.

² Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad de Texas en El Paso, 500 West University Avenue.

Área de participación: Ingeniería Industrial.

Resumen

Uno de los problemas con el uso de celdas solares es el rendimiento que nos ofrecen. Las condiciones atmosféricas tales como la temperatura, humedad y viento, así como el movimiento rotacional y posición de la tierra con respecto al sol cambiante durante las estaciones del año, afectan a este desempeño. Este artículo describe un análisis experimental de la potencia de salida máxima en tres tipos de celdas fotovoltaicas de Silicón: Mono-cristalinas, Poli-cristalinas y Amorfás. Los resultados concluyen en un prototipo experimental de seguimiento solar basado en un micro-controlador PIC16F628A. Resultados preliminares indicaron que temperaturas de 100°F a mayores, las celdas presentan un 90 % de eficiencia y para temperaturas menores de 100°F la eficiencia aumento a un 97%. El prototipo presento un desempeño favorable en el seguimiento solar considerando un ángulo de orientación de 264° grados para los meses de verano Junio- Agosto en la zona Juárez- El Paso.

Palabras clave: Celda Solar, Seguimiento Solar, Micro-controlador.

Abstract

One of the problems using solar cells is the performance offer it. Atmospheric conditions such as temperature, humidity and wind, as well as movement and rotational position of the earth to the sun during the changing seasons, affecting this performance. This paper describes an experimental analysis of the maximum output power of three types of silicon photovoltaic cells: Mono-crystalline, Poly-crystalline and Amorphous. The results conclude on an experimental solar tracking prototype based on PIC16F8628A microcontroller. Preliminary results indicate that temperatures higher than 100°F provide 90% efficiency and for temperatures lower than 100°F provide 97% efficiency. The achievement of the prototype was favorable setting at 264° degrees orientation angle, during summer months from June- August in Juarez- El Paso area.

Keywords: Solar Cell, Solar Tracking, Microcontroller

Introducción.

La radiación solar es una de las fuentes de energía renovables que se pueden usar hoy en día para combatir el cambio climático, es importante que el sector de generación de energía sea libre de CO_2 lo antes posible.

La iniciativa *SunShot* fue iniciada por el departamento de energía de los estados unidos (DOE, por sus siglas en ingles) en el 2011 ayudando a reducir los costos de la electricidad solar de alrededor de un 75% del 2010 al 2020. Desde los tiempos antiguos se sabía que los electrones eran liberados en emisiones termiónicas (metales calientes) además del efecto fotoeléctrico. Antes de 1900, Becquerel había ya encontrado que ciertos elementos emitían el llamado β , los cuales eran electrones. Encontró que dos metales diferentes de latón inmersos en un líquido producían una corriente continua cuando se iluminaba con luz de día.

Las celdas solares o celdas fotovoltaicas de hecho, son diodos semiconductores de superficie amplia. Para calcular las necesidades de utilización de energía, se usa la medida en watts por hora por día. La potencia de salida de las celdas solares depende de múltiples factores, tales como la intensidad de la luz de día y la dirección de las celdas. Para poder obtener la potencia máxima en los sistemas estacionarios en celdas solares, se debe de añadir un seguidor solar para poder eliminar las perdidas del tiempo durante la recolección de energía.

El presente trabajo presenta una descripción geográfica básica de la zona Juárez- El Paso, después se presenta literatura relacionada de las celdas solares que existen. La metodología de de la investigación es explicada y los resultados son presentados por medio de graficas las cuales son usadas para formular las conclusiones.

Metodología.

Materiales.

Geografía zona Juárez-El Paso

El Paso, está localizado a $31^{\circ}47'25''$ al Norte y $106^{\circ}25'24''$ al Oeste, la elevación es de 3,740 pies (1,140 m) sobre el nivel del mar. Se encuentra rodeado por el desierto de Chihuahua lo cual lo hace tener un clima muy caliente durante la temporada de verano, humedad baja e inviernos moderadamente secos. Pero en varias ocasiones se presenta un clima variante extremo con altas temperaturas a temperaturas de congelación durante el año.

Ciudad Juárez, por el otro lado está localizado a $31^{\circ}44'12''$ al Norte y $106^{\circ}24'01''$ al Oeste, con una elevación de 3,674 pies (1,120m) sobre el nivel del mas. Localizado en el norte de México en el estado de Chihuahua y con bordo al sur de El Paso, Tx. Debido a su localización al igual que su vecina ciudad de El Paso es una ciudad árida. Su alta altitud hace a Ciudad Juárez más fría que otras ciudades del desierto de México.

Ambas ciudades comparten un aire común con características de terreno desérticas. Ambas poseen un abundante recurso de energía solar con un promedio de 83% de horas de luz de día y de 302- 312 días claros. La intensidad de radiación solar es alrededor de 5.72 kW-hr/m².

Celdas Fotovoltaicas.

Tres diferentes tipos de celdas fotovoltaicas de silicón básicamente existen, las llamadas mono-cristalinas, las poli-cristalinas (o multi-cristalinas) y las amorfas.

Celda Mono-Cristalina.

Estas celdas están cortadas de un cristal de silicón simple. Tiene una textura suave la cual hace el grosor visible. La principal ventaja de celda de silicón mono-cristalina es su alta eficiencia, alrededor del 15%, aunque su proceso de manufactura es complicado y la hacen estar entre los altos costos con respecto a otras tecnologías. La figura 1a presenta una foto de una celda mono-cristalina.



Fig 1. Celdas solares de silicón. a) Celda Mono-cristalina. b) Celda Poli-cristalina. c) Celda Amorfa

Celda Poli-Cristalina.

Estas celdas están hechas de un corte de bloque de silicón el cual consistente de un número grande de cristales. En el proceso de manufactura, el silicón fundido es moldeado en lingotes de silicón poli-cristalino, los cuales son cortados en obleas muy delgadas y ensambladas para formar una celda completa. Estas celdas son ligeramente menos eficientes, alrededor del 12%, también son más económicas que las celdas mono-cristalinas. La figura 1b presenta una celda poli-cristalina.

Celda Amorfa.

Estas celdas también son conocidas como Silicón amorfo (a-Si). Están fabricados en los laboratorios con una diversidad de estructuras. Este es el panel menos costoso y menos eficiente con respecto a las celdas solares antes mencionadas. Debido a su naturaleza amorfa de capas delgadas, es más flexible y se puede usar en la manufactura de celdas flexibles. Una característica pobre de esta celda solar es que su potencia de salida se reduce con el tiempo. La figura 1c muestra una celda amorfa.

Funcionamiento básico de las Celdas Solares.

Los fotones pegan en la superficie de la celda, usualmente de vidrio. Esto les permite pasar la luz a la capa del semiconductor. Los átomos en la capa de semiconductores tipo n se excitan, "soltando" electrones, lo que genera un exceso de electrones en la misma. La capa de semiconductor tipo p tiene deficiencia de electrones, lo cual atrae a los electrones excitados provenientes de la capa tipo n. En términos eléctricos, se genera una diferencia de potencial entre ambas capas de semiconductor, mejor conocido como voltaje. Ya que la única manera de llegar del semiconductor tipo n al p es a través del cable que une a ambas, los electrones escogen esta vía. Esto causa un campo eléctrico en este cable, lo cual genera electricidad.

Dispositivos utilizados en el experimento.

Celdas solares y equipo de medición.

Para la toma de los datos meteorológicos de temperatura, humedad y viento, se utilizo una estación meteorológica local (maca weatherwise®), la cual se coloco a dos metros de distancia de los paneles solares a experimentar. La figura 2a muestra la estación meteorológica y su ubicación con respecto a las celdas solares.

Los datos de temperatura y humedad se compararon con un controlador de temperatura LCD remoto de la compañía U.S. Sunlight Corp®. La figura 2b muestra el controlador de temperatura.

El voltaje de salida de las celdas solares fue tomada utilizando un milímetro marca steren®, este dispositivo se monto en una sección de madera en la cual se adjuntaron la celda solar mono-cristalina y la amorfa para su fácil manejo en la recolección de datos. La figura 2c muestra estos dispositivos montados.



Fig 2. Localización de las mediciones y herramientas utilizadas. a) Localización Estación meteorológica. b) Controlador de Temperatura. c) Dispositivos montados para fácil manejo.

Prototipo de experimentación.

Para poder mejorar el rendimiento de las celdas fotovoltaicas se desarrollo un sistema de seguimiento lumínico, el cual busca la posición de una fuente lumínica con dos fotorresistencias, el control del sistema es a través de un micro-controlador. Un servomotor rotara el mecanismo hasta tener las celdas fotovoltaicas directamente

hacia la luz. Con esto se pretende mejorar el rendimiento de las celdas fotovoltaicas durante las horas en las que el sol no está directo sobre un sistema fijo, al rotar la posición de las celdas fotovoltaicas.

En la figura 3a se muestra el circuito electrónico en su fase de prueba. Se colocaron leds para facilitar las pruebas de posicionamiento del servo (figura 3b). También se adiciono dos juegos de micro-interruptores para mejor manejo del posicionamiento del servo (figura 3c). La base del prototipo fue de Lexan (figura 3d). La base del motor por separado se muestran en las figuras 3e y 3f y por último las celdas se montaron en una placa de baquelita.

En las figura 4 se muestran las piezas separadas del prototipo en su fase de diseño y el prototipo final, el cual se valido por medio del modelado estructural y simulación del circuito electrónico.



Figura 3. Circuito electrónico prototipo. a) Circuito electrónico prototipo en fase experimental. b) Leds de posicionamiento. c) Micro-interruptores de selección de posición del servo. d) Base del prototipo. e) Servo motor montado. f) Base servomotor de material delrin. g) Celdas solares mono-cristalinas montadas.



Figura 4. Eje del prototipo. a) Eje principal. b) Impulsor de torque. c) Soporte de las celdas contra la base del prototipo. d) Posicionador del eje principal. e) Prototipo final ensamblado.

Mesa de experimentación.

Los registros de los datos se tomaron como referencia tomando en cuenta el posicionamiento del norte usando un GPS manual modelo1000 de la compañía cobra©. Los paneles fueron orientados con respecto a la posición del sol en el momento de la toma de datos según la hora del día. Se registro la longitud y latitud aproximada desde la parte superior de una casa-habitación localizada en un punto estratégico para abarcar ambas zonas de Juárez- El Paso. La figura 6 muestra la mesa de experimentación donde fueron recabados los datos.



Fig 6. Mesa de experimentación.

Modelado del prototipo

El modelado del mecanismo se llevó a cabo para estudiar las fuerzas que actúan sobre la estructura, ya sean internas o externas. El software utilizado para esto es SolidWorks© 2010 por su interfaz gráfica amigable. Se modelo cada pieza por separado y después se realizó un ensamble de todas las piezas. La figura 7 muestra las piezas con vista explotada y la figura 8 muestra el ensamble concluido.

El ensamble se realizó por medio de sistema de referenciado y relaciones. De esta manera se fijaron las piezas a la base, y se pudo mantener el dinamismo de la flecha. El motor y el circuito no se incluyeron en esta

representación virtual porque se pretende analizar la estructura y su interacción con las fuerzas externas por medio de simulaciones de fluidos.

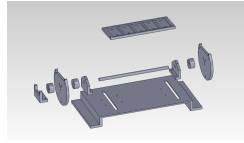


Fig 7. Piezas con vista explotada.

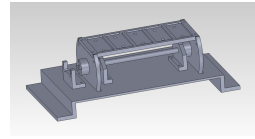


Fig 8. Ensamblaje completo del prototipo

Resultados y discusión

Orientación y posicionamiento del solar

Normalmente la irradiación varía durante los cambios estacionales y durante el periodo del día con respecto a la posición del sol, la orientación de la tierra y las condiciones del cielo. La tierra se encuentra ligeramente inclinada sobre su eje, dependiendo de su latitud provoca que la recepción de luz solar sea mayor o menor por día. La figura 9 muestra los resultados de esta inclinación, generados durante los meses de Junio-Agosto (Mediados) en la región Juárez- El Paso.

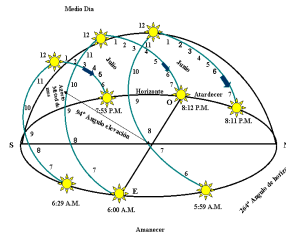


Figura 9. Cambio estacional región Juárez- El Paso

Análisis de resultados celdas fotovoltaicas

Las condiciones atmosféricas y el voltaje de salida registradas durante la experimentación arrojaron los siguientes resultados los cuales se muestran en la figura 10. Se registro el voltaje máximo de salida según las especificaciones de diseño de cada una de las celdas solares, en donde el posicionamiento final fue el marcado como voltaje máximo de acuerdo a la inclinación y orientación solar. En la figura 11 se muestran ejemplos de registro de la inclinación y orientación tomadas durante la experimentación.

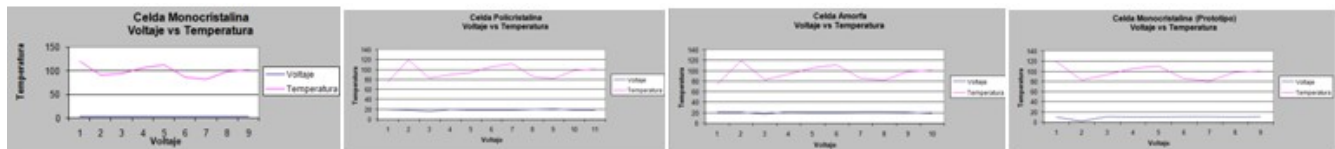


Fig 10. Resultado de voltaje vs Temperatura celdas. a) mono- cristalina. b) Poli- cristalina c) Amorfa de silicón. d) mono- cristalina (Prototipo).

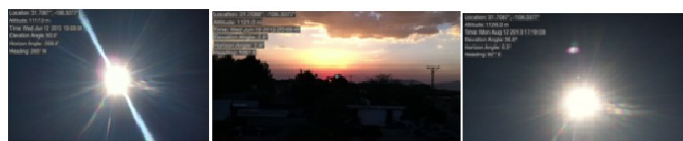


Fig 11. Ejemplos de Registro de datos de inclinación y elevación solar.

Los resultados obtenidos de los registros de velocidad de viento/humedad contra el voltaje de salida máxima se muestran en la figura 12.

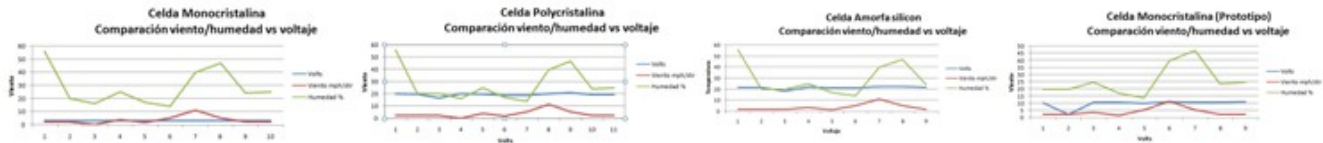


Fig 12. Resultado de viento/humedad vs voltaje. a) celda mono- cristalina. b) poli- cristalina. c) amorfa silicón. d) mono- cristalina (prototipo).

Las temperaturas registradas durante el periodo de experimentación en la zona de Juárez- El Paso registradas por el sistema meteorológico local se muestran en la figura 13, se muestra la plataforma Cumulus® de Sandaysoft© 2013, los registros de temperaturas máximas y mínimas; así como las graficas de Temperatura, Viento y lluvia registrados en el periodo Junio-Agosto (mediados) del 2013.

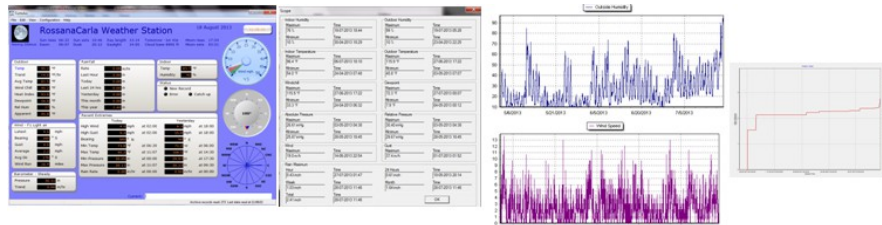


Fig 13. Descripción de Izquierda a derecha: Plataforma meteorológica Cumulus®. Registro Máximos y Mínimos. Graficas Temperatura y Velocidad del viento. Grafica de lluvia registrada. Viento y lluvia registrados en el periodo Junio-Agosto (mediados) del 2013.

Los registros meteorológicos del mes de Junio-Agosto y el registro anual se muestran en la figura 14, aquí se observa que los días de lluvia suman un total de 15 días, en donde el mes de Julio fue el que más registro, esto implicó que la temperatura bajara en esos días, aumentando la eficiencia de las celdas, aunque en los días no lluviosos y con temperaturas bajas aumentaba la eficiencia de igual manera que los días lluviosos registrados.

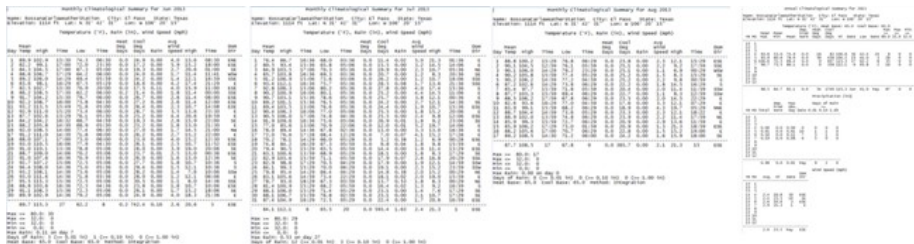


Fig 14. Registros meteorológicos en los meses de Junio-Julio-Agosto (mediados) y registro anual.

Simulación del prototipo

La simulación de la parte electrónica fue realizada en el software ISIS de Proteus©, La figura 15 nos muestra el circuito diseñado y la señal de pulso de salida para el servo que se repite con una frecuencia de 50 Hz, hay 5 Volts que varían su duración de 1 ms a 2ms.

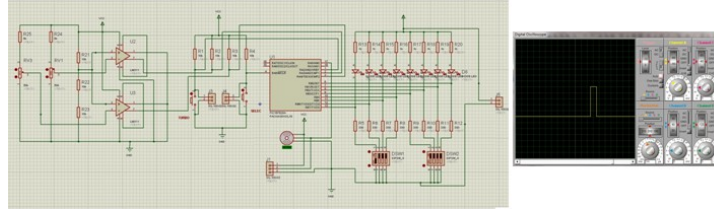


Fig 15. Circuito creado en ISIS Proteus© y la señal de pulso de salida

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos a lo largo del trabajo, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- ❖ La temperatura promedio máxima durante el periodo de experimentación en la región Juárez- El Paso fue de 98.5°F, la cual se encuentra en el rango de afectación de las celdas de un 97% de eficiencia.
- ❖ Se concluye que Junio presento la temperatura más altas de la región Juárez- El Paso, dando una afectación del 90% de eficiencia de las celdas solares.
- ❖ Se observo que las variaciones de velocidad del viento, en este caso no afectan el desempeño de las celdas solares utilizadas.
- ❖ Se observa que las variaciones de humedad en la celda mono-cristalina no hay afectación en su desempeño. En las celdas amorfas y poli-cristalina se observa una variación significativa, aumentando el desempeño a mayor humedad.
- ❖ Se observo que las celdas amorfas presentan una sensibilidad mayor a las variaciones de recepción de luz.
- ❖ Los depósitos de partículas de polvo generados en la superficie de las celdas no presentan afectación en las lecturas de voltaje de salida.
- ❖ La lluvia fue escasa presentándose en solo 15 días del periodo de experimentación, la cual bajo la temperatura y ayudo a la eficiencia de las celdas, aunque en días no lluviosos y con temperaturas bajas también aportaban un mejoramiento en la eficiencia de las celdas solares.
- ❖ El paso de nubes, afecto significativamente al desempeño de las celdas. Siendo las estacionarias las que más se afectaron, impidiendo la captación de luz al máximo.
- ❖ Se observo que la celda solar con mayor área, presenta mayor sensibilidad a los movimientos de giro hacia la iluminación solar.
- ❖ Se logro que los fotorresistores tuvieran un desempeño optimo al cubrirlos con una filmina polarizada al 35% con cuatro capas, para bloquear el excedente de iluminación al exponerse directamente al sol.
- ❖ Los resultados fueron concluyentes, el dispositivo funcionaba perfectamente y una sola celda era capaz de dar la energía suficiente para activar un diodo emisor de luz a una intensidad fácilmente apreciable.

Recomendaciones.

Derivadas del trabajo, se tienen las siguientes recomendaciones:

- Consideraciones de la celda solar
- ❖ Desarrollar mayor cantidad de registro de datos para la consideración de las áreas de la ciudad no cubiertas en este trabajo que fueron limitadas por la duración de la investigación.
- ❖ Estudio con celdas poli-cristalinas, considerando todo un estudio de ellas con afectaciones climatológicas de la región Juárez-El Paso.
- Consideraciones del prototipo

- ❖ Añadir un segundo eje para el movimiento manual para la orientación de la celda considerando un movimiento para cada estación del año.
- ❖ Trabajo a futuro de un nuevo diseño de seguidor solar, con aumento del área de la celda solar.

Agradecimientos

Se agradece profundamente el apoyo de la Universidad de Texas en El Paso (UTEP) y al departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, así como el apoyo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez el cual el presente trabajo es el resultado de mi año sabático durante el periodo enero – Agosto del 2013.

Referencias

1. "US Gazetteer files:2010,2000, and 1990". *United States Census Bureau*. February 12, 2011. Accesado en Abril 23, 2011 de <http://www.census.gov/geo/www/gazetteer/gazette.html>
2. "Geographic identifiers: 2010 Demographic Profile Data (G001): El Paso city, Texas". *U.S. Census Bureau, American Factfinder*, accesado en Enero 10, 2013, de http://factfinder2.census.gov/bkmk/table/1.0/en/DEC/10_DP/G001?16000000US4824000
3. "Normales climatológicas 1951-2010. *Servicio Meteorológico Nacional*. Accesado en Enero 12, 2013 de <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/Normal08283.TXT>
4. "NOOAA's National Weather Service". *National Weather Service*. Accesado en Agosto 2, 2009 de <http://www.weather.gov/>
5. "Average Conditions: Abraham Gonzalez International Airport". *BBC*. Accesado en Enero 12, 2013 de <http://www.bbc.co.uk/weather/7669055>
6. "SunShot Initiative", *U.S. Department of Energy*. Accesado en Mayo 1, 2013 de <http://ww1.eere.energy.gov/solar/sunshot/index.html>
7. "Solar Facts". Accesado en Julio 26, 2013 de <http://www.solar-facts.com/panels/panel-types.php>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Evaluación del servicio de proveedores en una empresa de productos desechables, por el método AHP.

R. Muñoz Hernández ^{1*}.

¹ Subdirección de LA, II y cursos de inglés, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Av. 16 de septiembre no. 54., Col. Cabecera municipal, Coacalco de Berriozábal, Estado de México. *jael2222@outlook.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En el proyecto se contempló la selección de proveedores en el suministro de película adherible en una empresa comercializadora de productos desechables para alimentos, los criterios evaluados fueron entre otros los plazos de entrega y servicio; mediante la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés).

Los resultados proporcionan una calificación porcentual indicando al proveedor que más se adecua a los requerimientos de servicio para la empresa.

Palabras clave: Proveedor, Criterios, Servicio.

Abstract

The project looked at the selection of suppliers in providing bondable film in a marketer of disposable products for food, among other criteria evaluated include the delivery and service, through the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP, for their acronym in English).

The results provide a percentage score indicating the supplier that best suited to the requirements of service to the company.

Introducción

La época actual se caracteriza por la globalización y la competencia, uno de los factores básicos en los que se apoya la competitividad de una compañía es su capacidad para gestionar eficientemente la cadena de suministro, específicamente en la adquisición de los materiales y servicios que requiere; en las cantidades, plazos, calidad y al mejor precio.

En el proyecto se consideró que un análisis de costo del producto o servicio es muy importante, pero no es el único factor relevante para la evaluación del proveedor; existe la posibilidad de una asociación estratégica por un periodo de tiempo, el cual puede ser amplio. Con base en lo anterior se consideran aspectos cuantitativos como son el precio, tiempos de entrega garantías, costes, especificaciones y cualitativos como son el servicio, atención, confiabilidad, entre otros.

En el presente proyecto se lleva a cabo la evaluación del servicio de proveedores a través del método AHP a fin de lograr una mayor competitividad en su cadena de suministros específicamente en la adquisición de película adherible para la protección de alimentos debido a su alta demanda en la empresa sujeto de estudio. El Método AHP (por sus siglas en inglés, Analytic Hierarchy Process), es una técnica multicriterio que se utiliza para la evaluación y selección de alternativas, como un instrumento de decisión en la que se reflejen las prioridades relativas de los elementos considerados, en el proceso de la toma de decisiones para estructurar un problema en forma visual, mediante la construcción de una jerarquía de atributos, la cual tiene definido tres niveles; el propósito u objetivo global del problema, los distintos atributos o criterios y la definición de las alternativas. La metodología AHP contribuye a la toma

de decisiones en general, y para la competitividad en particular donde intervienen múltiples variables o criterios de selección. (Berumen, 2008). El propósito del proyecto es identificar, y evaluar al proveedor que maximice los beneficios, minimizando la variación en las especificaciones y reducir demoras de tiempos de entrega; mediante la evaluación cualitativa y cuantitativamente a los proveedores se busca no alterar la cadena de suministro, buscando la mejora continua de todas las áreas involucradas de la empresa. El objetivo es tomar acciones correctivas para mejorar la calidad, y establecer al proveedor óptimo.

El presente estudio únicamente se enfocó en la película grado alimenticio, ya que es el material más problemático en la cadena de abastecimiento para el área de embobinado, con la finalidad de seleccionar el proveedor que cumpla con los requisitos de producción y del producto mediante su evaluación a través del Método AHP. Se llevó a cabo una investigación básica de corte transversal, del tipo exploratorio.

Las actividades básicas de la Gestión de Compras en relación a (Tejero, 2007) se basa en las siguientes actividades básicas:

- Búsqueda y evaluación de proveedores.
- Mantenimiento de archivo de productos.
- Negociación permanente de precios, calidad, presentaciones y plazos de entrega, en función de las previsiones de compra y calificación de los proveedores.
- Planificación de los pedidos por artículo y proveedor, determinando los volúmenes de pedidos y fechas de lanzamiento previstas.
- Solventar discrepancias en la recepción del producto.
- Analizar variaciones en precio, plazos de entrega y calidad.
- La selección del método de compra y las condiciones comerciales específicas.
- Aspectos legales.

A pesar de la confiabilidad del proveedor, es necesario efectuar un control rígido sobre los progresos de los pedidos. Los atrasos en la producción, en los transportes, en la recepción, deben ser identificados y establecer comunicación con el proveedor.

La preocupación del marketing es colocar sus productos o servicios en canales de distribución convenientes para facilitar el proceso de intercambio, (Ballou, 2004).

Selección de proveedores.

Se considera como proceso de evaluación de proveedores al proceso de compra, mediante la cual se logra la validación o aprobación de algunos proveedores, que tienen las competencias para satisfacer adecuadamente las necesidades de la organización y sus clientes finales, y puedan pertenecer al registro de proveedores de la empresa. La selección y evaluación de proveedores con base en su habilidad para cumplir con las especificaciones o servicios. La identificación de los materiales y servicios suministrados a la empresa, que puedan afectar la calidad de los productos y servicios, es el primer paso en el proceso de control del área de compras. Según (Urriza, 1999) algunos aspectos pueden ser considerados para evaluar a los proveedores son: Confiabilidad, Capacidad, Oportunidad y Calidad.

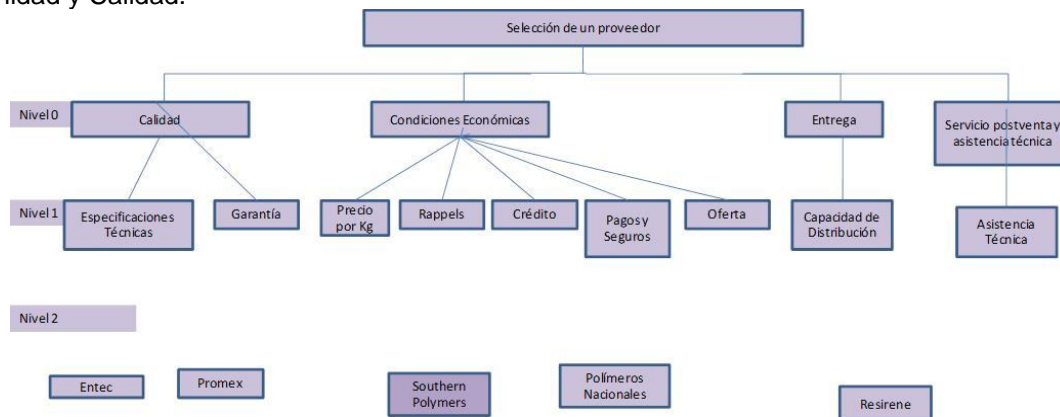


Figura 1. Selección de proveedores.

Índices de evaluación de proveedores

Los sistemas de evaluación que habitualmente se emplean según (Tejero, 2007) limitan a hacer intervenir básicamente tres factores:

- ✓ Índice de precios: (precio más bajo ofrecido/precio medio del mercado).
- ✓ Índice de calidad: (lotes aceptados/lotes servidos)
- ✓ Índice de servicio: (piezas entregadas en plazo/total de piezas solicitadas)

Aunque también cabe estacar otros factores menos cuantificables, como son asistencia técnica, servicio post venta, entre otros que tienen un alto valor para la empresa.

Proceso de evaluación de proveedores de productos

La evaluación resulta de la información ingresada por el área usuaria de la evaluación para cada producto crítico con orden de compra emitida o contrato vigente, una vez que la recepción de un producto se haya realizado. Los criterios, su definición y escala de puntaje, para el caso de proveedores de bienes o productos según menciona (Huhtamaki M., 2012).

Método AHP

Es una técnica de decisión multicriterio propuesta por Thomas Saaty (1977-1980). El propósito de AHP es permitir que el decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual mediante la construcción de una jerarquía de atributos, la cual contendría como mínimo 3 niveles:

- El propósito u objetivo global del problema, situado en la parte superior
- Los distintos atributos o criterios que definen las alternativas en el medio
- Las alternativas que concurren en la parte inferior del diagrama

Cuando los atributos o criterios no sean lo suficientemente explícitos o claros, pueden incluirse sub-criterios más operativos en forma secuencial, entre el nivel de criterios y el de las alternativas, lo que da origen a un modelo jerárquico multinivel.

Pasos del método AHP.

Para superar esta limitación en la capacidad de procesamiento, Saaty propone realizar comparaciones pareadas entre los distintos elementos, ya que el cerebro humano, está perfectamente adaptado a las comparaciones de dos elementos entre sí y para ello plantea la escala de la Tabla 1 Escala Fundamental de comparación por pares.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	<i>Igual importancia</i>	<i>El criterio A es igual de importante que el criterio B</i>
3	<i>Importancia moderada</i>	<i>La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B</i>
5	<i>Importancia grande</i>	<i>La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B</i>
7	<i>Importancia muy grande</i>	<i>El criterio A es mucho más importante que el B</i>
9	<i>Importancia extrema</i>	<i>La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda</i>
2,4,6 y 8	<i>Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar</i>	
Recíprocos de lo anterior	<i>Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes: Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5</i>	

Tabla 1: Matriz de comparaciones por pares

Consistencia de Juicios.

- Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas.
- Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna; a la matriz resultante se le denomina matriz de comparaciones pareadas normalizada.
- Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos que se comparan.

Determinación del Cociente de Consistencia.

- Para cada Línea de la Matriz de Comparación por pares, determinar una suma ponderada en base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa correspondiente.
- Para cada Línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su Alternativa correspondiente.
- Determinar la media nmax del resultado de la etapa (2.)
- Calcular el índice de consistencia para cada Alternativa.

Esta subjetividad es la que se intenta objetivizar al máximo con el procedimiento de la matriz de comparaciones pareadas, ya que el centro decisor al tener que comparar no sólo una vez los distintos elementos, sino sucesivas veces para construir la matriz, pone en evidencia las inconsistencias de sus comparaciones en el supuesto que existan.

El Jefe de Compras, el Jefe de Calidad, y el Gerente de Mercadotecnia son los responsables de realizar una visita a la planta donde se lleva a cabo el proceso productivo, analizando la calidad del producto que se abastece, los plazos de crédito que ofrece, los precios actuales que mantiene, así como los términos de entrega y servicios post venta que brinda, dando una calificación de manera unánime a los criterios mencionados con la ponderación siguiente: Excelente 4, Bueno 3, Regular 2 y Malo 1. Como se muestra en la tabla 2.

CRITERIO	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	PONDERACION
	4	3	2	1	
CALIDAD	Cumple siempre con las especificaciones del material	No cumple con alguna especificación, pero no afecta el proceso. Se acepta	No cumple con alguna especificación, esta afecta el proceso. Se acepta con desviación	No cumple con una o mas especificaciones que pueden afectar el proceso. Se rechaza	25
	No ha tenido rechazos	Al menos ha tenido un rechazo y dio acciones correctivas	Ha tenido mas de 2 rechazos y dio acciones correctivas	Ha tenido mas de 2 rechazos y no da acciones correctivas	10
	El producto cumple siempre con inocuidad	Al menos una vez se le ha rechazado por falta de inocuidad	Ha tenido más de 2 rechazos por inocuidad	El producto no cumple con inocuidad	20
	Documentación completa (Certificado de calidad, fumigación, OC, Fac/Remisión)	Falta un documento (Certificado fumigación u OC)	Falta más de un documento (Certificado de fumigación, OC, Certificado de calidad ò factura)	Llega sin documentos (Se regresa el transporte)	5
CREDITO	Mas de 60 a 75 días	Crédito a 45	Crédito a 30	Pago de contado	5
PRECIO	Por abajo del 5% del actual	Por abajo del 3% del actual	Igual al precio actual	Superior al precio actual	10
ENTREGAS	Antes de la fecha solicitada o el día de la fecha solicitada	Retrasó de 1 día	Retraso de dos días	Más de 3 días	15
SERVICIOS	Constante asesoría, soporte técnico y visita comercial	Frecuentes asesorías, soporte técnico y visita comercial	Ocasionales asesorías, soporte técnico y visita comercial	No ofrece asesorías, soporte técnico y visita comercial	10
					100

Tabla 2. Criterios y ponderaciones.

Las variables se establecieron con base en un censo realizado con los responsables del área de finanzas, producción y calidad, llegando a la conclusión de que existen varios factores a considerar en la selección de proveedores como son: la capacidad en términos de distribución, tipo de mercado de especialidad, precio u oferta, seguridad Fillrate y disponibilidad de equipo o capacidad de reacción a un punto de demanda; concluyendo en las siguientes:

- ✓ Calidad: Características técnicas del material y Garantía en caso de que no cumpla con las especificaciones. Que el material cumpla con las especificaciones técnicas como el Índice de fluidez adecuado, se revisa el color y olor de la resina
- ✓ Condiciones económicas: Precio por kilogramo, Rappels (descuento por volumen de compra), Crédito y plazos de pago, Periodo de validez de la oferta.
- ✓ Plazos de entrega: Cumplimiento óptimo de entrega en fecha y hora solicitada
- ✓ Capacidad de distribución: Entrega en fecha y hora que tiene el proveedor
- ✓ Servicio posventa y asistencia técnica – comercial que el proveedor brinde para evaluar aspectos técnicos de los materiales

Muestra de estudio.

La selección de la muestra debe llevar previamente un exhaustivo estudio sobre los diversos proveedores del ramo; sin embargo en esta línea de materia prima, no existe mucha variedad de empresas, debido a las características técnicas actualmente solo se cuenta con tres proveedores que abastecen la película adherible de grado alimenticio estos proveedores son elegidos, por buenas condiciones en precios. En la Tabla 3: se enlistan los tres proveedores y se da una breve reseña de lo que cada uno ofrece.

	FOLMEX		BUNZL		PLIMEX	
Descripción	Película Autoadherible de PVC con formulación especial. Autoadherible, estirable, atóxica transparente, brillante, especial para empacar alimentos.		Película Autoadherible de combinación de PVC con plastificantes. Autoadherible, estirable, atóxica transparente, brillante, especial para empacar alimentos.		Película Autoadherible de PVC estirables, para uso alimenticio, resistente a la congelación, excelente brillo y transparencia.	
Grado:	Alimenticio regulada por FDA		Alimenticio regulada por FDA		Alimenticio regulada por FDA	
Calibre	0.00055 a 0.00065	pulgadas	0.00035 a 0.00045	pulgadas	0.00040 a 0.00050	pulgadas
Resistencia a la tensión	1.08	Kg/2.54 cm	0.53	Kg/2.54 cm	0.53	Kg/2.54 cm
Elongación	280	%	240	%	180	%
Cling (adherencia)	197	gr.	175	gr.	48	gr.
Características físicas:	Película que presenta una muy buena adherencia a las superficies, así como muy buena resistencia a la tensión, útil para alimentos calientes ya que no presenta condensación del vapor.		Película que presenta buena adherencia a las superficies, es resistente. Con alimentos calientes puede presentar condensación de vapor.		Película que presenta buena adherencia a las superficies, es resistente. Resistente a la congelación	
Precio:	46.85 MN (Kgs)		40.49 MN (Kgs)		44.0 MN (Kgs)	

Tabla 3. Características del producto ofertados por cada proveedor.

Variab es.

Las variables se establecieron con base en un censo realizado con los responsables del área de finanzas, producción y calidad, llegando a la conclusión de que existen varios factores a considerar en la selección de proveedores como son: la capacidad en términos de distribución, tipo de mercado de especialidad, precio u oferta, seguridad Fill rate y disponibilidad de equipo o capacidad de reacción a un punto de demanda; concluyendo en las siguientes:

1. Calidad

- Características técnicas del material
- Garantía en caso de que no cumpla con las especificaciones

2. *Condiciones económicas.*
 - Precio por kilogramo
 - Rappels (descuento por volumen de compra).
 - Crédito y plazos de pago.
 - Periodo de validez de la oferta.
3. *Servicio posventa*
 - *Asistencia técnica.*

Descripción y operación de las Variables Calidad.

La empresa se encuentra certificada en ISO 9001:2008 / HACCP, y cada material que entre al almacén deberá de ser revisado por Calidad, para verificar los siguientes parámetros:

- ✓ Que el material cumpla con las especificaciones técnicas como el Índice de fluidez adecuado, se revisa el color y olor de la resina.
- ✓ Que la unidad donde el material fue embarcado para su entrega cumpla con: Certificado de fumigación, que la unidad se encuentre limpia, y el material venga perfectamente entarimado.

Condiciones económicas.

- ✓ Precio por kilogramo (y en función al tipo de cambio del día).
- ✓ Rappels (descuento por volumen de compra), se refiere a “mientras mayor sea el volumen de compra, menor será el coste por kilogramo”.
- ✓ Crédito y plazos de pago. Se refiere al periodo a partir de que el material se entrega, hasta que dicha factura sea pagada, la media se considera como 75 días.
- ✓ Periodo de validez de la oferta.

Plazos de entrega.

Se refiere al cumplimiento óptimo de entrega en fecha y hora solicitada, ya que el proveedor hace la cita para entregar, no puede entregar antes de la fecha pactada, porque se tendrían inventarios altos (considerando el inventario de seguridad), ni después de la fecha, porque aunque se tenga un inventario de seguridad, se arriesga a dejar el almacén sin resina y esto provocaría un paro de máquina.

Capacidad de distribución. Se refiere a la capacidad de entrega en fecha y hora que tiene el proveedor, y esto va en función de unidades y operarios disponibles para traficar los materiales.

Justificación de Ponderación.

Para poder tomar una decisión racional, se consideraron las opiniones de las diferentes áreas involucradas, y a lo establecido en el Manual de Calidad de la empresa, en donde están implantados los parámetros para la compra, recibo, proceso, venta y distribución del producto. De esta manera se dio la siguiente ponderación a las siguientes variables a evaluar: Tabla 4.

CRITERIO	PONDERACIÓN TOTAL
Calidad	60
Condiciones económicas	15
Plazos de entregas	15
Servicio	10

Tabla 4. Características por cada proveedor.

Se calcula la relación de consistencia (RC), considerándose que si el valor de la Matriz de Comparación Global del Paso 4.

Las secuencias necesarias para estimar la RC son:

Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad

Evaluar el promedio de los valores que determinaron en el paso anterior.

Calcular el Índice de Consistencia (IC) de A: $AC (N \text{ máx. } -) / (N - 1)$

Determinar la $RC = IC/IA$

Para los cuatro criterios en términos de la Meta Global. Se debe Multiplicar cada valor de la primera columna por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominados, Suma Ponderada.

Resultados y discusión

En la Tabla General de Comparaciones podemos observar que el Proveedor **Folmex** obtuvo un valor de 55%, se considera el proveedor óptimo para el proceso de embobinado, le sigue Bunzl con 28% y Plimex con 17%. Figura 2

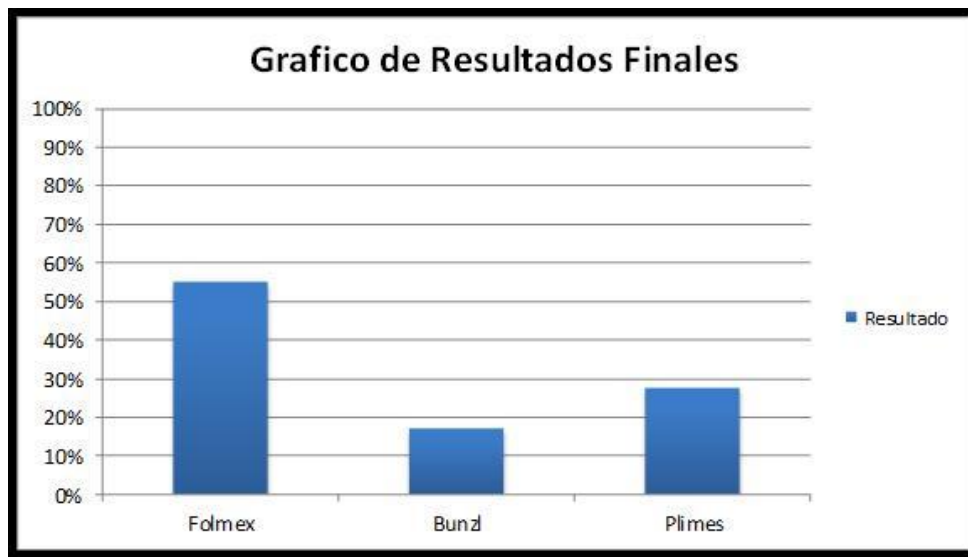


Figura 2. Características del producto ofertados por cada proveedor

De primera instancia se notará un menor rechazo de entregas. Además de poder homogeneizar el proceso por los diversos cambios de proveedores.

Se anexan las Reevaluaciones del trimestre actual donde se puede corroborar que el proveedor idóneo para la línea Chinet es Folmex. Donde se puede observar de manera más significativa los resultados esperados después de la Evaluación a través del Método AHP.

Trabajo a futuro

El Proveedor estará informado del proceso de reevaluación con la finalidad de conocer sus debilidades y así poder mejorar el nivel de servicio que ofrece, de esta manera se buscara la mejora continua iniciando por el eslabón principal de la cadena de suministros que es el abastecimiento de la materia prima del proceso de embobinado.

Conclusiones

Mediante la jerarquización con base en fines comunes entre las áreas de calidad, planeación, producción, distribución y compras, se identificó cuál es el proveedor que maximice las variables antes mencionadas para lograr el objetivo principal que es un idóneo abastecimiento y funcionamiento de la cadena de suministros de la empresa y de la misma forma ofrecer un producto que satisfaga las necesidades del consumidor.

Y se pudo corroborar la asertividad del Método AHP aplicado por medio de una reevaluación en la que también se concluyó que Folmex es el proveedor idóneo para la película adherible, debido a la importancia de ventas en la empresa.

Se obtuvo una calificación cuantitativa en porcentaje destacable para elegir al proveedor que nos brinda las mejores condiciones en calidad, precio, entregas, y servicio post venta.

Referencias

1. Ballou, R. H. (2004). "Logística y Administración de la cadena de suministro". Mexico: Pearson.
2. Berumen, S. (2008). Cambio tecnológico e Innovación en las Empresas. Madrid España: ESIC, EDITORIAL, p.p.168, 169.
3. Garcia Cascales, M. (s.f.). Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión. Universidad Politécnica de Cartagena.
4. Hugo Roche & Constantino Vejo. (2005). Métodos Cuantitativos Aplicados a la Administración.
5. Huhtamaki M. (2012). Manual Sistema Calidad.
6. Jimenez, P. (s.f.). Evaluación y Calificación de Proveedores.
7. León, O. G. (2001). Tomar decisiones difíciles. Madrid: Mc Graw Hill.
8. Moya, E. M. (2007). Gestión de Compras "Negociación y estrategias de aprovisionamiento". España: Fundación Confemetal, p.p.33-37.
9. Pymeactiva. (2012). La toma de Decisiones. Concéptos Básicos. Infopyme.
10. Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
11. Tejero, J. J. (2007). Logística Integral "La gestión operativa de la empresa". España: ESIC.
12. Toskano Hurtado, G. B. (18 de 08 de 2000). Capítulo III proceso de análisis jerárquico (AHP). Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.pdf
13. Urriza, G. M. (1999). Manual de calidad para la pequeña y mediana empresa. Universidad Iberoamericana: Dirección de Difusión Universitaria.
14. Iberoamericana: Dirección de Difusión Universitaria.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Optimización de los Parámetros de Torneado para Minimizar la Rugosidad del Acabado de una Pieza.

Ing. Francisco Emmanuel Saavedra Medina¹, M.I. Raúl Alvarado Almanza^{1*}, Dr. José Martín Medina Flores².

¹Departamento de Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte S/N, Localidad Juan Alonso, Cortázar, Guanajuato, México C.P. 38483

²Departamento de Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Norte S/N, Localidad Juan Alonso, Cortázar, Guanajuato, México C.P. 38483

*ralvarado@upgto.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial.

Resumen

En el presente trabajo, la velocidad de corte, velocidad de avance, profundidad de corte y el tipo de herramienta son los factores a considerar en la calidad de la rugosidad superficial del material a trabajar en el torno convencional (Pinacho S-90-S/200). En el cual se conducen experimentos con especímenes de Acero 1045 para ver el efecto de la variación. La rugosidad promedio Ra ha sido el parámetro considerado a minimizar, utilizando metodología Taguchi. Los parámetros de corte óptimos son: velocidad corte: 1400 rev/min, velocidad avance: 0,13208 mm/seg, profundidad corte: 0,005 mm y tipo de herramienta: es un inserto de carburo recubierto de nitruro de titanio (designación ISO DNMG 15 06 04) con el radio de punta de 0,4 mm que está rígidamente montada sobre un porta insertos derecho. La longitud considerada para el mecanizado fue de 30 mm.

Palabras clave: Rugosidad superficial, Método Taguchi, Análisis de varianza (ANOVA), Torno convencional.

Abstract

In this paper, the cutting speed, feed rate, depth of cut and the tool type are the factors to consider in the quality of the surface roughness of the material to work on conventional lathe (Pinacho S-90-S / 200). In which experiments are conducted with 1045 steel specimens to see the effect of variation. The average roughness Ra was considered to minimize parameter using Taguchi methodology. The optimal cutting parameters are: cutting speed: 860 min / rev, feed rate: 0.13208 mm / s, cutting depth: 0,005 mm type of tool: a coated carbide insert titanium nitride (ISO designation DNMG 15 06 04) with the tip radius of 0,4 mm which is rigidly mounted on a slide right inserts. The machining length considered was 30 mm.

Introducción

El objetivo del maquinado es producir piezas de alta calidad a bajo costo. El desarrollo de material de la herramienta juega un papel muy importante para lograr este objetivo. El propósito del desarrollo de nuevos materiales para la elaboración de herramientas de corte tiene diferentes ventajas, tales como reducir el coste de fabricación y plazo de entrega, el mecanizado de materiales más difíciles, mejorando así en gran manera el acabado de la superficies además de lograr tasas de remoción más altas en los metales (Wallbank, 1991). La ventaja del maquinado de alta velocidad no sólo es la de reducir los costes de maquinado y la de aumento en la tasa de remoción de, sino también los rendimientos de la buena calidad superficial de piezas maquinadas (Recep Yigit et al., 2009). Los Carburos cementados para metales duros son la herramienta para altas producciones más populares y comunes para el maquinado de materiales duros como aceros aleados, aceros al carbón, aceros de alta velocidad, aceros para rodamientos y fundición de hierro, etc. Siendo esto reportado por más de ochenta años por Edmund Isakov (2009). El desarrollo de tecnología de recubrimiento trae cambios revolucionarios en la industria de corte de metal para el maquinado en seco.

El recubrimiento en las herramientas de carburo proporciona una mejor lubricación en la interface viruta-herramienta lo que trae como consecuencia menos fricción en la herramienta y en la pieza a maquinar, esto genera que se reduzca la temperatura en el área de corte y no altere las propiedades del material maquinado

de la herramienta (Sahin y Motorcu, 2005). Las herramientas de corte con recubrimiento para materiales duros, pueden garantizar una mayor resistencia al desgaste, menor generación de calor y reducir las fuerzas de corte, lo que permite mayores velocidades de corte en comparación con un carburo sin recubrimiento. En la actualidad, el grupo más común de herramientas recubiertas consta de varias combinaciones de nitruro de titanio (TiN), carburo de titanio (TiC), titanio carbunitrurado (TiCN) y óxido de aluminio (Al_2O_3), acomodados en forma de múltiples capas substratos de cementos para carburo, con la finalidad de mejorar las condiciones de dureza y rugosidad de la superficie. Hoy en día el setenta por ciento de las herramientas de carburo cementado que se utilizan en la industria están recubiertas. (Abdullah, 1996). Desde entonces, la investigación en este campo se ha ampliado considerablemente y ha llamado la atención de investigadores como Klocke (1999) y Stappen desde (1995). El extraordinario rendimiento de los recubrimientos de TiN, junto con la evolución de las técnicas de deposición, han permitido el desarrollo de los más avanzados recubrimientos multicapa informó Imbeni et al. (2008).

La calidad en los maquinados es un índice importante para la evaluación de la productividad. Por lo general, los parámetros de corte son seleccionados en base a la experiencia, a un manual (Yang Y Tarng, 1998) o por el ingeniero, pero no produce los resultados exactos. Por lo tanto, en el proceso de maquinado, es tarea importante el seleccionar los parámetros de corte adecuados para lograr un alto rendimiento, que en gran medida influye en el coste de fabricación. Para predecir la calidad de la superficie de antemano, es importante desarrollar modelos teóricos. Thomas et al. (1997) utilizó un diseño factorial completo el cual estaba compuesto de seis factores para investigar los efectos de la herramienta de corte en la rugosidad superficial en el maquinado en seco de acero al carbono. Yang y Tarng (1998) utilizó el método Taguchi para encontrar los parámetros óptimos para la operación de torneado. Choudhury y la IE Baradie (1997) utilizó RSM y un Diseño factorial 2^3 para predecir la rugosidad en la superficie de acero de alta dureza maquinado en torno. Nian et al. (1999) utilizaron el método Taguchi con características de rendimiento múltiples en la optimización de las operaciones de torneado. Por otra parte, Lin et al. (2001) utiliza una red para la construcción de un modelo de predicción de la rugosidad superficial y la fuerza de corte.

Aggarwal et al. (2008) desarrollaron un modelo matemático sobre la rugosidad de la superficie y el consumo de energía con RSM utilizando las técnicas de Taguchi en su trabajo. En el torneado, el uso de radio de inserción mayor, la velocidad baja de alimentación y la poca profundidad de corte son recomendables para obtener mejores resultados en cuanto a la rugosidad de la superficie en el maquinado de acero AISI 1030 con inserto de metal duro con recubrimiento de TiN informó Nalbant et al. (2007) utilizando DOE Taguchi. Davim (2001) estudio la influencia de las condiciones de corte en el acabado de la superficie de giro utilizando la herramienta de carburo basado en el método Taguchi y estableció una correlación entre los parámetros de corte con la rugosidad mediante el análisis de regresión lineal múltiple. Los resultados indicaron que la velocidad de corte y la interacción entre la velocidad de corte / alimentación tienen una mayor influencia en la rugosidad de la superficie seguido por la alimentación, pero la profundidad de corte no tiene ningún significado. Singh y Kumar (2007) desarrollaron modelos matemáticos de la vida de la herramienta y rugosidad de la superficie para convertir EN24 de acero con recubrimiento de carburo de TiC y el modelo RSM fue encontrado adecuado. Se concluye de las literaturas que RSM puede predecir mejor el efecto de los parámetros de respuesta y es una mejor herramienta para la optimización.

Los aceros para herramientas que son objeto del grupo AISI en la categoría D son ampliamente utilizados en la fabricación de moldes para la producción de componentes del sector automotriz y del sector electrónico (Coldwell et al., 2003). El maquinado de acero D2 es difícil debido a su alto contenido de carbono y alto contenido de cromo. La maquinabilidad es la facilidad con que un material de trabajo es maquinado bajo un determinado conjunto de parámetros de corte y el acabado de la superficie juega un papel vital en el estudio de la maquinabilidad. El presente estudio trata de la variación simultánea de la velocidad de corte y la profundidad de corte en la rugosidad superficial en el maquinado de acero D2 con buriles de insertos de titanio carbunitrurado (TiCN).

Por lo tanto, este documento presenta el resultado de una investigación experimental sobre la predicción de la rugosidad superficial (R_a) de acero para herramientas con el diseño de parámetros de Taguchi tomando la velocidad de corte, avance y profundidad de corte como los 3 factores para este experimento. La influencia de los parámetros de maquinado en el acabado de la superficie ha sido investigado así como el estado óptimo de corte para reducir al mínimo la rugosidad de la superficie evaluada y verificada.

Estos parámetros se organizan en una forma sistemática usando los arreglos ortogonales para conducir el experimento y sus resultados se calculan y comparan usando la razón señal/ruido menor es mejor (Xydas et al., 2005).

Metodología

El material de trabajo utilizado para el presente estudio es un acero 1045 para maquinado en frío. A fin de garantizar la rigidez necesaria, la longitud de cilíndrico (L) de 140 mm con un diámetro inicial de 40 mm (D).

Método Taguchi

El objetivo de los parámetros de diseño (PJ Ross, 1996) es la optimización de los valores de los parámetros de proceso mejorar la utilidad de las respuestas, que son insensibles a la variación de las condiciones ambientales y otros factores de ruido. Fisher (1925) ha desarrollado parámetros de diseño clásico, que es muy complejo y poco práctico para su aplicación. El principal inconveniente es que un gran número de experimentos son necesarios a medida que aumenta el proceso de los parámetros. Para superar este problema, Taguchi método utiliza las matrices ortogonales de diseño experimental con un pequeño número de experimentos para ahorrar tiempo y dinero. A continuación, Taguchi utiliza la función de medir la pérdida de la característica de rendimiento desviarse del valor deseado. El valor de la función de pérdida es luego transformado en S/N.

Por lo general, hay tres categorías de la característica de rendimiento en el análisis de la relación S/N, es decir, menor es mejor, mayor es mejor, y el nominal es mejor. La relación S/N para cada nivel de los parámetros del proceso se calcula basándose en el análisis de S/R y la proporción más grande S/R corresponde a la característica de rendimiento mejor. Por lo tanto, el nivel óptimo de los parámetros de proceso es el nivel más alto con la relación S/R. A continuación, se utilizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para juzgar a los parámetros estadísticos significativos que afecta las respuestas del proceso. Con la S/R y análisis de ANOVA, la combinación óptima de los parámetros del proceso se puede predecir. Los pasos para el diseño de parámetros de Taguchi es el siguiente:

1. Selección de los parámetros del proceso y la identificación de las respuestas.
2. La asignación de niveles de los parámetros del proceso.
3. Selección de la matriz ortogonal adecuada y la asignación de los parámetros del proceso a la matriz ortogonal.
4. Realización del experimento sobre la base de matriz ortogonal.
5. Cálculo de la relación S/R.
6. Cálculo de la media S/R y análisis de resultados.
7. Análisis de varianza (ANOVA).
8. Selección de una combinación óptima de los parámetros del proceso.
9. Prueba de verificación de parámetros de proceso óptimos.

Procedimiento experimental.

El experimento se basó en los arreglos lineales propuestos por Taguchi, usando para este caso un arreglo ortogonal L8, debido a que utilizamos 3 factores y tres interacciones de estos factores; con 2 réplicas de manera aleatoria para lo que se requiere un total de 16 corridas, con los 3 factores y dos niveles seleccionados, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de corte del torno para el experimento.

Parámetros de corte	unidades	símbolo	Nivel	
			1	2
Velocidad	Rev/min	V	860	1400
Avance	mm/seg	A	0,06858	0,13208
Profundidad	mm.	P	0,010	0,005

Dado que nos interesa conocer la rugosidad en el material a maquinar, la señal ruido que se utilizó es la señal con la característica menor es mejor la cual se expresa de la siguiente manera.

$$S/N = -10 \log_{10} ((\sum R_a^2)/n) \quad (1)$$

Donde Ra es la rugosidad de la superficie que se desea medir y n el número de repeticiones.

Los experimentos se realizaron en torno convencional (Pinacho S-90-S/200), velocidad de giro máximo de 2300 rpm y con motor de 5.5 KW. El inserto de corte utilizado es un inserto de carburo recubierto de nitruro de Titanio (designación ISO DNMG 15 06 04) con el radio de punta de 0,4 mm que está rígidamente montada sobre un porta insertos derecho. La longitud considerada para el mecanizado fue de 30 mm.

La rugosidad se midió utilizando un rugosímetro de la marca Mitutoyo (SV 2000) con una distancia de desplazamiento de 8 mm y resolución de 0.0001µm. Las superficies se limpian y se coloca utilizando un bloque en V antes de cada medición. La rugosidad de la superficie se midió 3 veces. El propósito del experimento fue evaluar el acabado a la hora de maquinar acero 1045 con un inserto con recubrimiento de TiN y estudiar la influencia de la rugosidad de la superficie paramétrica. El Factor de Ra para un buen torneado de superficies se encuentra en el intervalo de 0,5 – 6 µm (Groover,2007), por lo que se utilizó como criterio Ra = 3,25 µm para el control del acabado superficial del torneado (Noordin et al., 2007).

Experimentación.

A continuación, en las tabla 2 se presentan los datos sobre la rugosidad Ra obtenidos luego de la experimentación con el inserto recubierto de TiN, así como la relación correspondiente a la señal/ruido de cada prueba.

Tabla 2. Experimento con arreglo ortogonal L8

Exp. No.	Factores e interacciones							Mediciones			Razón S/N
	A	B	AXB	C	AXC	BXC	D	a1	a2	MSD	η (dB)
1	1	1	1	1	1	1	0	2,9000	2,8513	8,2700	-9,18
2	1	1	1	2	2	2	0	2,2936	2,3786	5,4592	-7,37
3	1	2	2	1	1	2	0	2,1700	2,0763	4,5100	-6,54
4	1	2	2	2	2	1	0	1,5860	1,2136	1,9941	-3,00
5	2	1	2	1	2	1	0	0,7883	0,8103	0,6390	1,94
6	2	1	2	2	1	2	0	0,8690	0,9586	0,8370	0,77
7	2	2	1	1	2	2	0	1,1176	0,9450	1,0710	-0,30
8	2	2	1	2	1	1	0	1,3803	1,1710	1,6382	-2,14

Resultados y discusión.

Determinación de los parámetros óptimos de corte.

En la tabla 3 se presentan los datos obtenidos mediante la realización de un ANOVA utilizando los datos de la señal ruido (S/N) obtenidos por medio del método Taguchi utilizando como característica de señal/ruido menor es mejor.

Tabla 3. ANOVA

Factores e Interacciones	SS	DF	MS	F	Contribución (%)
A	86,86	1	86,86	119,270	74,82
B	0,43	1	0,43	0,586	0,37
AXB	18,50	1	18,50	25,405	15,94
C	0,68	1	0,68	0,932	0,58
AXC	8,75	1	8,75	12,013	7,54
BXC	0,14	1	0,14	0,195	0,12
Pooled error	0,73	1	0,73		0,63
Total	116,09	7			100,00

Análisis del ANOVA

El análisis de la varianza se lleva a cabo para conocer la significancia de los parámetros del proceso que afectan a la respuesta que para este caso es la rugosidad superficial. Esto se logra separando la variabilidad total de las relaciones S/N, las cuales se miden por la suma de las desviaciones al cuadrado de la media total de la relación S/N, en las contribuciones de cada uno de los parámetros del proceso y el error (NALBANT et al., 2007). La prueba F se realiza para juzgar cual es el parámetro que afecta en mayor manera a la rugosidad de la superficie. El mayor valor de F afecta más a las características de rendimiento. En la Tabla 3 el factor que nos resulta significativo es la velocidad, así como la interacción entre la velocidad y avance, además también la velocidad en interacción con la profundidad de corte.

Análisis de la señal ruido (S/N)

En el método Taguchi, el término de señal representa el valor deseable y el ruido representa el valor no deseado. Los parámetros con la relación S/N más alta siempre dan la más alta calidad con la mínima varianza (Phadke, 1989). La relación S/N para cada nivel de parámetros se calcula por medio de la relación S/N para cada nivel correspondiente, esto lo podemos observar en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de Efectos Principales de la Razón S/N

Nivel	A	B	C
1	-6,52	-3,46	-3,52
2	0,07	-3,00	-2,93
Diferencia	6,59	0,46	0,58
Clasificar	1	3	2

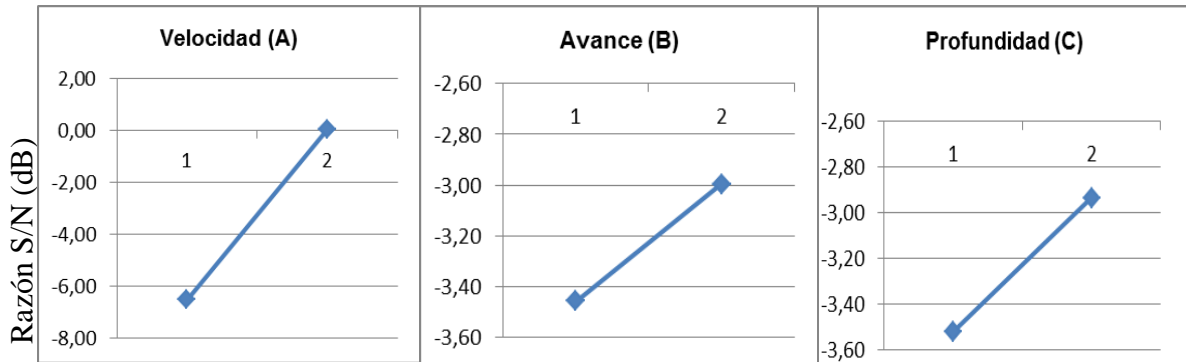


Figura 1. Gráfica de Efectos Principales de la Razón S/N

Después de analizar las figuras anteriores se puede decir que el factor velocidad es el que tiene un efecto principal en la rugosidad superficial de las piezas y esto lo podemos ver en la figura 1, donde mostramos los efectos principales por separado, con lo que comprobamos lo anteriormente aseverado.

Para comprobar que la velocidad es el factor más significativo se utilizó la característica de señal/ruido menor es mejor, con esta característica se pudo llegar a la conclusión de que los mejores factores para maquinar el acero 1045 con un inserto de TiN son la mayor velocidad elegida para nuestros niveles, la cual para este experimento resulta ser la velocidad de 1400 RPM, además podemos ver que la interacción entre la velocidad y avance, además también la velocidad en interacción con la profundidad de corte, ayudan a la hora de obtener niveles bajos dentro del factor rugosidad.

Conclusiones

En este trabajo se presenta las siguientes conclusiones de una investigación del tipo experimental sobre el efecto de los parámetros del torneado en la rugosidad superficial a la hora de maquinar acero 1045 con un inserto de TiN.

1. El efecto de los parámetros de mecanizado sobre la rugosidad de la superficie ha sido evaluado con la ayuda de una matriz ortogonal propuesta por Taguchi. Las condiciones óptimas del mecanizado para el obtener la menor rugosidad superficial posible han sido determinadas.
2. Los resultados experimentales nos muestran que la rugosidad aumenta a medida que la tasa de alimentación aumenta, la velocidad de giro del husillo disminuye y la velocidad de avance aumenta.
3. El resultado de la experimentación nos muestra que es mejor utilizar mayores velocidades de giro y menor profundidad de corte, esto con la finalidad de reducir la rugosidad superficial.
4. Para lograr un buen acabado superficial de la pieza de trabajo a la hora de maquinar acero 1045 utilizando una herramienta de corte con un inserto de TiN, la configuración óptima paramétrica se reporta como La velocidad en su nivel 2 , el avance en su nivel 2 y la profundidad en su nivel 2.
5. Utilizando estas condiciones óptimas en los niveles y además considerando las interacciones mencionadas con anterioridad la rugosidad óptima es $0,3671 \mu\text{m}$, la cual se encuentra por debajo de las obtenidas en el experimento.
6. Con los resultados anteriores se puede llegar a la conclusión que se puede utilizar este modelo para obtener menores factores de rugosidad Ra a la hora de maquinar acero 1045 con herramientas de corte de insertos de TiN.
7. Se propone el seguir experimentando sobre otros materiales, esto con el objetivo de saber si el modelo propuesto para este trabajo aplica para otros materiales y con el uso de herramientas de corte, con el objetivo de mejorar los costes de tiempo en el mecanizado, además de aumentar la vida de las herramientas y de la máquina.

Referencias.

1. Abdullah, A. (1996). Machining of aluminium based metal matrix composite (MMC), *Ph.D Thesis*, University of Warwick, Warwick, UK.
2. Aggarwal, A., Singh, H., Kumar, P., & Singh, M. (2008). Optimizing power consumption for CNC turned parts using response surface methodology and Taguchi's technique—A comparative analysis. *Journal of materials processing technology*, 200, 373–384.
3. Choudhury, I.A., & El-Baradie, M.A. (1997). Surface roughness prediction in the turning of highstrength steel by factorial design of experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 67, 55-61.
4. Coldwell, H., Woods, R., Paul, M., Koshy, Ph. Dewes, R., & and Aspinwall, D. (2003). Rapid machining of hardened AISI H13 and D2 moulds, dies and press tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 135, 301–311.
5. Davim, J.P. (2001). A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiment. *Journal of Materials Processing Technology*, 116, 305-308.
6. Fisher, A. (1925). *Statistical Methods for Research Worker*, Oliver & Boyd, London.
7. Imbeni, V., Martini, C., Lanzoni, E., Poli, G. and Hutchings, I.M. (2001). Tribological behaviour of multi-layered PVD nitride coatings. *Wear*, 251, 997-1002.
8. Groover, Mikell P. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. McGrawHill, México.
9. Isakov, E. (2009). *Cutting data for turning steel*. Industrial press, New York, USA, 104.
10. Isik, Y. (2007). Investigating the machinability of tool steels in turning operations. *Materials and Design*, 28, 1417–1424.
11. Klocke, F., & Krieg, T. (1999). Coated tools for metal cutting-features and applications. *Annals of CIRP*, 48(2), 1-11.
12. Lin, V.S., Lee, B.Y., & Wu, C.L. (2001). Modeling the surface roughness and cutting force for turning. *Journal of Materials Processing Technology*, 108, 286-293.
13. Montgomery D.C. (1991). *Design and analysis of experiments*, John Wiley and Sons, NewYork.
14. Noordin, M. Y., Tang, Y. C., & Kurniawan, D. (2007). The use of TiALN coated carbide tool when finish machining hardened stainless steel. *International Journal of Precision Technology*, 1(1), 21-29.
15. Phadke, M.S. (1989). *Quality engineering using robust design*, Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Implementación de un kit didáctico para la enseñanza del Sistema SMED

R. Romero López¹, C. Salazar Campos¹, P.C. Parroquín Amaya², S.A. Noriega Morales¹

¹ Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, ² Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ave. del Charro 450 Nte, Col. Partido Romero, C.P. 32310, Ciudad Juárez Chih., México

rromero@uacj.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

El Sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) creado por Shigeo Shingo, es una de las técnicas más usadas en la manufactura para la reducción de los tiempos de preparación. La enseñanza de esta técnica en los programas de Ingeniería Industrial y de Sistemas e Ingeniería en Manufactura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez se realiza de manera teórica en las asignaturas como Herramientas Selectas de Ingeniería Industrial y Seminario de Manufactura. El objetivo de este trabajo de investigación es implementar un kit didáctico que permita a los estudiantes conocer de forma práctica ésta técnica. Una vez manufacturado el Kit didáctico, se sigue la metodología del SMED para reducir los tiempos de preparación o cambio. Los resultados obtenidos muestran una reducción de los tiempos de preparación en un 92.479%

Palabras clave: SMED, tiempos de preparación, kit didáctico

Abstract

The system SMED (Single Minute Exchange of Die) created by Shigeo Shingo, is one of the techniques used in manufacturing to reduce setup times. The teaching of this technique in the programs of Industrial and Systems Engineering and Manufacturing Engineering at the Autonomous University of Ciudad Juarez is theoretical in subjects such as Select Tools of Industrial Engineering and Manufacturing Seminar. The objective of this research is to implement a training system that allows students to learn in a practical way this technique. Once manufactured the didactic kit, the SMED methodology is applied to reduce setup times or exchange. The results show a reduction in setup times by 92,479%

Introducción

A finales de los años 80, Japón comenzó a ganarle el mercado automotriz a los Estados Unidos lo que provocó que los norteamericanos se cuestionaran qué estaban haciendo los Japoneses y qué no estaban haciendo ellos. Por tal motivo el Instituto Tecnológico de Masachussetts (MIT por sus siglas en inglés) envió a Japón a un grupo de personas a estudiar para ver qué estaba pasando en la industria automotriz Japonesa.

Womack, Jones, & Roos (1991) escriben en su libro "La máquina que cambio al mundo" todas sus experiencias de su visita a la industria automotriz japonesa. Ellos introdujeron el concepto de *Lean Production* (Manufactura Esbelta) y a partir de ese momento, las empresas de occidente se dieron cuenta de que había una forma diferente de hacer las cosas. Sin embargo, esta nueva filosofía que era difundida en occidente, es lo que se conocía ya en Japón desde los años 50's como el Sistema de Producción Toyota (TPS por sus siglas en inglés).

La manufactura esbelta es considerada como una filosofía de manufactura que, si se implementa de forma cuidadosa, puede ser sin lugar a duda el camino hacia la manufactura global de excelencia (Papadopoulou & Özbayrak, 2005). La manufactura esbelta se caracteriza por hacer menos uso de los recursos como lo son: el esfuerzo humano, el espacio, el tiempo de producción, etcétera; comparada con la producción en masa. Este sistema de producción, también requiere de menos inventarios, fabrica con menos defectos y produce un mayor volumen de productos (Fernández, 1993).

El marco conceptual de la manufactura esbelta esta basado en pocos principios establecidos y técnicas (Martínez & Pérez, 2001). La estructura básica del modelo de evaluación, de acuerdo a los más comunes principios de la manufactura esbelta, contempla la eliminación de las actividades que no agregan valor al producto o servicio a través de técnicas para la reducción de inventarios, reducción simultanea de tamaños de lotes y tiempos de preparación, así como el uso de partes comunes para la manufactura de diferentes productos con el fin de reducir los inventarios y los tiempos de entrega (Martínez & Pérez, 2001).

Asimismo, McIntosh, Culley, Mileham, & Owen (1996) comentan que empresas de todos tamaños se encuentran bajo una constante presión para incrementar su productividad y flexibilidad para el cumplimiento con la demandas de sus clientes. Los métodos para realizar los cambios rápidos o *set up* (termino en inglés, pero usado cuando se realiza un cambio) han sido promovidos principalmente por ingenieros o consultores japoneses. Dentro de los métodos descritos por estos expertos han llegado a la conclusión de que un cambio rápido puede ser una iniciativa *kaizen* o una iniciativa de “abajo hacia arriba” con un beneficio significativo logrado con un compromiso financiero pequeño.

Para McIntosh, Culley, Mileham y Owen (2001) los cambios rápidos (*quick changeover's*) son considerados como un componente fundamental en la manufactura moderna. Mejorar su desempeño es la llave que permite responder a la fabricación de pequeños lotes de producción, así como el incremento en la productividad y la reducción de los tiempos muertos.

Una de estas herramientas enfocada a la reducción de tiempos de preparación fue desarrollada por Shingo (1985) también conocida como el sistema SMED. Su objetivo estaba enfocado en mejorar las preparaciones y montajes para la producción de prensas y máquinas herramientas, pero sus principios se aplican actualmente a las preparaciones de máquinas en toda clase de procesos.

La metodología SMED cambia el supuesto de que las preparaciones del equipo y maquinaria requieren de mucho tiempo. El concepto consiste en diferenciar las actividades de “*set-up*” que son internas de las actividades de “*set-up*” que son externas.

Aunque la metodología SMED contribuye en beneficios como los mencionados con antelación, su enseñanza, en la mayoría de los casos, es de forma teórica, no permitiendo que los estudiantes conozcan de manera práctica la implementación de cada una de las etapas y, por consiguiente, las reducciones de tiempos de preparación en cada una de ellas. Por esta razón, este trabajo presenta la implementación de un kit didáctico para conocer de manera práctica el desarrollo de cada una de las etapas del sistema SMED.

Metodología

Materiales

El material utilizado para la fabricación del kit didáctico fue el aluminio y se requirió para su manufactura una fresadora convencional y un torno horizontal. El kit didáctico consta de tres componentes, cada uno con diferentes partes como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes y partes del kit didáctico

Componente 1	Componente 2	Componente 3
Base inferior 6" x 5"	Base inferior 6" x 5"	Base inferior 6" x 5"
Utillaje 5" x 4"	Utillaje 5" x 4"	Base superior 1" x 1"
Base Superior 1" x 1"	Base superior 1" x 1"	Utillaje en U
4 Tornillos hexagonales M10 x 1.5	Llave tipo Allen	Llave tipo Allen
1 Tornillo Allen	Vernier 8"	Cronómetro
Llave hexagonal para tornillos M10 x 1.5	Contenedor para utillajes	
Llave tipo Allen	Contenedor para tornillos tipo Allen	
Vernier 8"	Cronómetro	
Contenedor para herramientas		
Cronómetro		

Método

Fabricación del kit de SMED

El primer paso consiste en fabricar el kit que simulará cada una de las etapas del SMED. Los componentes de este kit son partes que requieren de operaciones sencillas como cortes, orificios y roscas, por lo que para la fabricación de cada una de ellas se usaron maquinas convencionales. Para dar forma a la pieza, se uso una fresadora convencional al igual que para hacer los orificios. Solo en algunos cortes fue necesario el uso del torno horizontal y para la formación de las roscas se recurrió al uso de machuelos.

Videograbación del proceso de cambio.

La videograbación se realiza en el uso de cada uno de los componentes del kit con el objetivo de identificar las operaciones internas y externas, así como para determinar las mejoras y los tiempos de preparación en cada una de las actividades.

Fase mixta y separación de actividades de preparación interna (IED) y externa (OED)

El primer componente del kit, representa la situación que prevalece en un proceso donde se tiene un alto nivel de tiempo muerto por cambio de modelo. En esta fase se realiza el ensamble de las partes del primer componente para determinar el tiempo total de cambio.

Fase de conversión de preparación interna a externa

En esta fase se utiliza el segundo componente del kit, en éste se incluye una mejora al proceso de cambio, en donde se elimina el uso de los cuatro tornillos que representaba la mayor perdida de tiempo y también se incluye el uso de contenedores para el acomodo de las herramientas con lo cual se reduce el tiempo de búsqueda de las mismas.

Fase de perfección de la preparación

El tercer componente del kit se utiliza en esta fase debido a que incluye partes ya diseñadas para ser instaladas rápidamente y con pocos movimientos, reduciendo de esta forma el uso de múltiples herramientas y movimientos.

Resultados

Los componentes del kit de SMED se presentan en la Figura 1

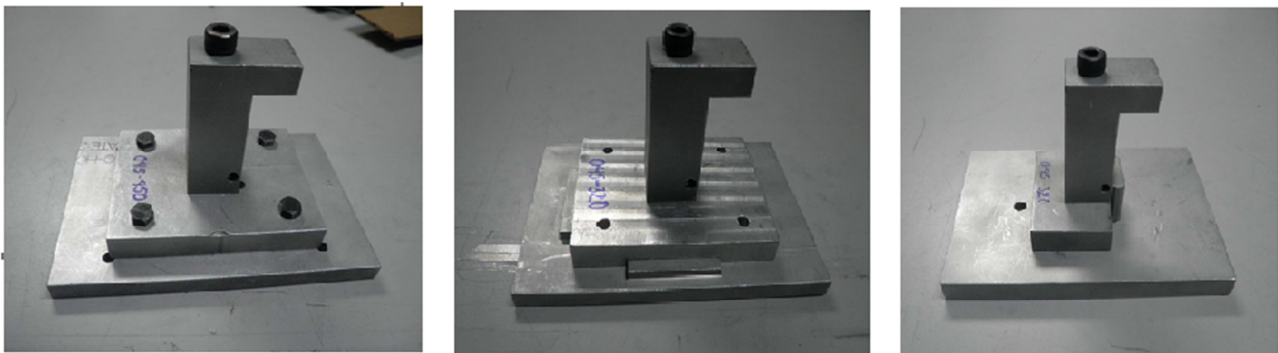


Figura 1. Componentes del Kit de SMED

Para determinar el tiempo total de cambio, se realiza una videograbación para el ensamble del componente 1 del kit de SMED. En este video se nota que la mayor parte del tiempo perdido se debe a la falta de las herramientas cerca del proceso de cambio, lo que provoca que el operador consuma demasiado tiempo con la maquina detenida mientras busca la herramienta necesaria (ver en la Tabla 2, en color resaltado, estas actividades)

Tabla 2 Identificación de actividades y tiempos

Número de actividad	Descripción	Tiempo (seg.)
1	Buscar llave allen	38
2	Quitar tornillo que fija la base superior al utillaje	14
3	Depositar la base superior en el contenedor	5
4	Buscar llave hexagonal	39
5	Quitar 4 tornillos que fijan el utillaje a la base inferior	40
6	Llevar el utillaje al almacén	8
7	Traer nuevo utillaje y colocarlo sobre la base inferior	12
8	Buscar 4 tornillos hexagonales	24
9	Colocar tornillos y apretarlos	64
10	Colocar base superior	4
11	Colocar tornillo allen para fijar base superior	15
12	Buscar vernier	23
13	Centrar base superior	29
14	Apretar tornillo allen para fijación de base superior	11
15	Llevar herramientas a su lugar	33
Tiempo total		359

Mediante el análisis del video se determinaron cada una de las actividades internas y externas para la realización del cambio de modelo, así como los tiempos de cada una de ellas (IED: tiempo de una actividad de preparación interna; OED: tiempo de una actividad de preparación externa). La Tabla 3 muestra los tiempos obtenidos.

Tabla 3 Fase I: separación de actividades de preparación internas y externas

Número de actividad	Descripción	Tiempo (seg.)	IED	OED
1	Buscar llave Allen	38		38
2	Quitar tornillo que fija la base superior al utillaje	14	14	
3	Depositar la base superior en el contenedor	5	5	
4	Buscar llave hexagonal	39		39
5	Quitar 4 tornillos que fijan el utillaje a la base inferior	40	40	
6	Llevar el utillaje al almacén	8		8
7	Traer nuevo utillaje y colocarlo sobre la base Inferior	12		12
8	Buscar 4 tornillos hexagonales	24		24
9	Colocar tornillos y apretarlos	64	64	
10	Colocar base superior	4	4	
11	Colocar tornillo allen para fijar base superior	15	15	
12	Buscar vernier	23		23
13	Centrar base superior	29	29	
14	Apretar tornillo allen para fijación de base Sup	11	11	
15	Llevar herramientas a su sitio	33		33
Tiempo total		359	182	177

En la fase de traspaso o conversión, se analiza nuevamente el video para identificar que actividades internas se pueden convertir en actividades externas. Particularmente en este caso, se convirtieron dos actividades de preparación interna a preparación externa, las que a continuación se mencionan:

- Para eliminar el uso de los cuatro tornillos hexagonales, siendo esta actividad una de las que mas tiempo consumía, se introduce la base mostrada en la Figura 2 la cual cuenta con topes que eliminan el uso de los tornillos hexagonales.

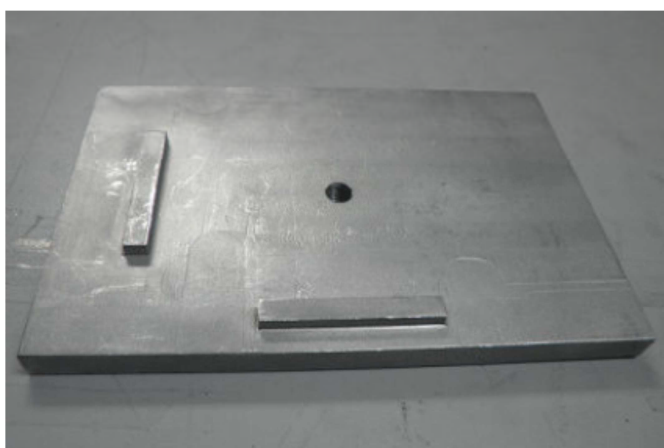


Figura 2. Base con topes para alineación de base a utillaje

- Otra de las mejoras en esta fase fue el ensamble del tornillo allen junto con la base superior al mismo tiempo, inicialmente se realizaban por separado lo que llevaba a un consumo de tiempo por ser actividades distintas.

Los resultados obtenidos en esta fase se muestran en la Tabla 4

Tabla 4. Tiempos obtenidos en la fase 2 de traspaso o conversión

Número de actividad	Descripción	Tiempo (seg.)	IED	OED
1	Aflojar tornillo que fija la base superior al utillaje	16	16	
2	Retirar la base superior junto con el tornillo	4	4	
3	Quitar utillaje	3	3	
4	Colocar nuevo utillaje sobre la base Inferior	3	3	
5	Colocar base superior junto con el tornillo	10	10	
6	Centrar la pieza	32	32	
7	Apretar tornillo allen para fijación de base superior	20	20	
Tiempo total		88	88	

Finalmente la videograbación de la fase muestra la perfección del proceso general de cambio. Las actividades de preparación interna que no fueron posible convertirlas a preparación externa en la fase anterior, se busca en esta fase, si no eliminarlas como preparación interna, al menos reducir su tiempo en que se llevan a cabo.

Las mejoras que se implementaron fueron las siguientes:

- Se introduce una nueva base inferior, la cual tiene como característica un vástago de rosca interna mediante la cual se ensambla un tornillo de corta dimensión por lo que se facilita y reduce el tiempo de roscado (ver Figura 3). Las tres piezas quedan sujetas por medio de un solo tornillo.

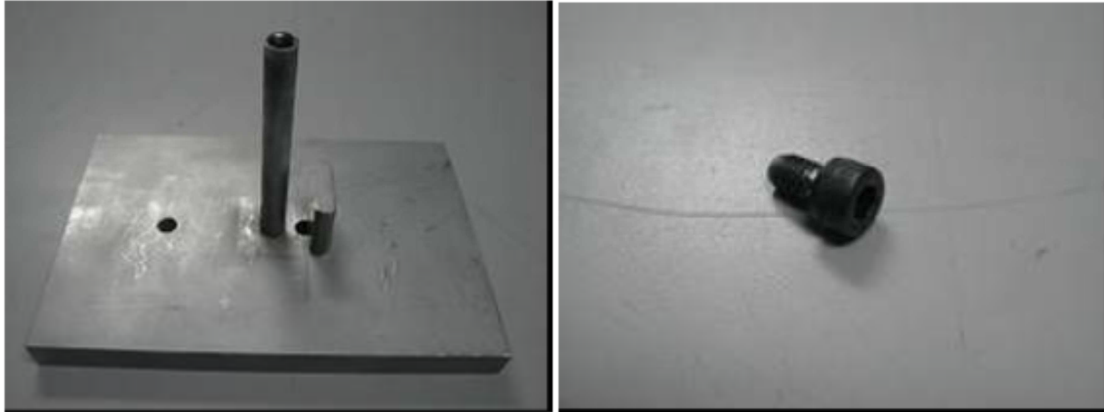


Figura 3. Base con vástago y tornillo de corta dimensión

- En la Figura 3, la base inferior muestra un tope o guía que fue implementado para un fácil y rápido centrado de la base superior, eliminando así el uso del vernier, pues era una de las actividades de preparación interna que consumía demasiado tiempo.

- Se introduce un nuevo utillaje mostrado en la Figura 4, que hace la misma función del anterior, solo que este tiene forma de U, por lo que se facilita su ensamble al hacerlo pasar sobre el vástago sin necesidad de retirar la base superior.

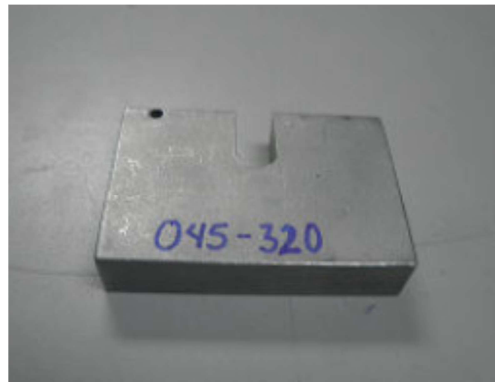


Figura 4. Utillaje en forma de U

Con las modificaciones anteriores, se logra una reducción del tiempo de preparación a 27 segundos,

La simulación de cada una de las etapas del SMED con este kit, permite observar la reducción en los tiempos de preparación en cada una de las fases. La Figura 5 muestra de forma gráfica los tiempos de preparación – en segundos- de cada una de las fases.

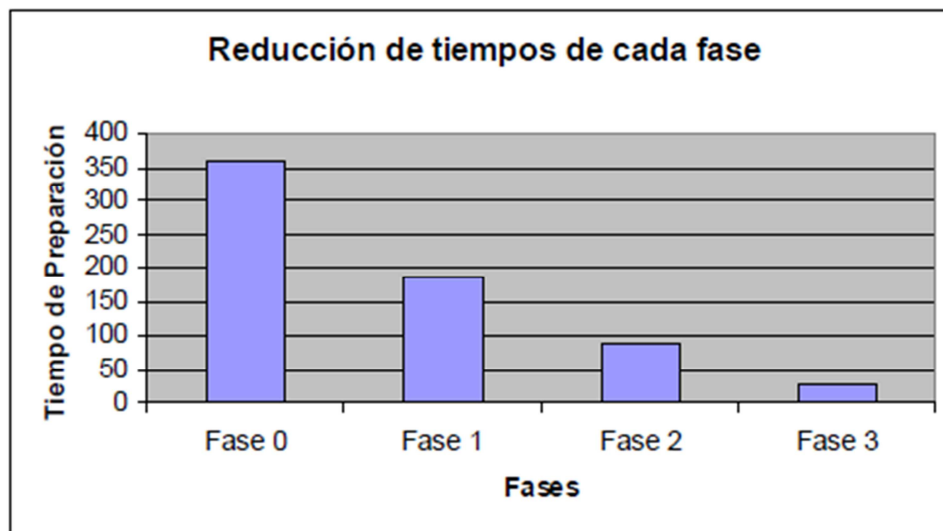


Figura 5. Tiempos de preparación en segundo obtenidos en cada fase de la metodología SMED

Conclusiones

El uso del kit didáctico para la enseñanza del Sistema SMED permitió conocer de manera práctica el uso y aplicación de cada una de las fases de la metodología SMED para la reducción de los tiempos de preparación, por lo que el objetivo de esta investigación se alcanzó.

En esta investigación se muestran los beneficios de la metodología SMED, ya que con la ayuda del kit didáctico se observó la reducción de un tiempo inicial de preparación de 359 segundos a solamente 27 segundos, logrando una disminución muy significativa de casi el 93%.

Referencias

1. Fernández, Z. (1993). La máquina que cambio el mundo. *Revista de Economía Aplicada*, 1(3), 219-222.
2. Martínez, A., & Pérez, M. (2001). Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1433-1451.
3. McIntosh, R. I., Culley, S. J., Gest, G. B., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (1996). An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(9), 5-22.
4. McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). Changeover improvement: A maintenance perspective. *International Journal of Production Economics*, 73, 153-163.
5. Papadopoulou, T. C., & Özbayrak, M. (2005). Leanness: experiences from the journey to date. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(7), 784-807.
6. Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Portland: Productivity Press.
7. Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991). *The machine that changed the world*. New York: Harper Perennial.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.

INGENIERÍA MECATRÓNICA

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | Simulación y Animación de un brazo robótico tipo antropomórfico basado en Redes Neuronales | 641 |
| | <i>José Osvaldo Angulo Aguilar, Gonzalo Armenta Corral, Pedro Ochoa Moreno</i> | |
| 2 | Modelado y análisis de elemento finito para proceso de formado en frío de tubo de acero automotriz. | 649 |
| | <i>Eloy González Villeda, Prudencio Fidel Pacheco García, Horacio Reyes Solís</i> | |
| 3 | Sintonización de un controlador PID con aplicación al enfriamiento termoeléctrico mediante un algoritmo evolutivo | 657 |
| | <i>Juan Carlos Suarez Sánchez, Juan Fernando García Mejía, José Antonio García Mejía</i> | |

Simulación y Animación de un brazo robótico tipo antropomórfico basado en Redes Neuronales

J. O. Angulo Aguilar¹, G. Armenta Corra², P. Ochoa Moreno³

Departamento de Ingeniería Electrónica

Instituto Tecnológico de Nogales

Ave. Tecnológico 911, Col. Granja

H. Nogales, Sonora, México, C.P. 84065

gonzgac@gmail.com²

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad la solución de los problemas que se presentan en el cálculo de cinemática inversa en un robot manipulador de tres grados de libertad, dos extremidades tipo antropomórfico para lo cual se emplea una Red neuronal estática multicapa para trasladar las coordenadas de un punto o trayectoria en un espacio esférico a las salidas que requiere el brazo robótico para sus movimientos. Para esto se empleó el logaritmo de optimización "Levenberg-Marquardt backpropagation" en la red neuronal siendo así capaces de obtener resultados favorables proporcionales al error establecido en el entrenamiento.

Abstract

This paper aims to solving the problems that arise in calculating inverse kinematics of a robot manipulator of three degrees of freedom, anthropomorphic type two ends for which it uses a multilayer static neural network to translate the coordinates of a point or path in a spherical space required to outputs to the robot arm movements. This was used for optimization logarithm "Levenberg-Marquardt backpropagation" in the neural network thus being able to obtain favorable results proportional to the error in the training set.

Introducción

Hoy en día existen distintos métodos y herramientas para la manipulación de objetos, las cuales pueden ser realizadas de una forma sencilla ya sea manualmente o hasta una más compleja con la intervención de máquinas especializadas para realizarlo de manera automatizada, dentro de esta última entran los robots manipuladores los cuales varían su diseño dependiendo de la finalidad de este.

Debido a la gran diversidad de finalidades que puede tener un robot manipulador, estos pueden tener "n" grados de libertad, en los cuales existen variables angulares denotadas por $\theta_i = \theta_i(t)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ y variables de posición $X_j = X_j(t)$, $j = 1, 2, 3, \dots, m$.

Existe una relación entre las variables angulares y las de posición del efector, estas pueden ser presentadas mediante ecuaciones de cinemática directa e inversa, dependiendo de cuales sean las variables que se conozcan.

Para que esta investigación tenga una mejor dirección, se plantearon tres objetivos, el primero de ellos es el uso de una estructura de red neuronal estática multicapa (MSNN) con un algoritmo de "backpropagation" con el objetivo de aprender fuera de línea, el segundo es el de desarrollar un programa para llevar a cabo la simulación y animación, e incluir un criterio de terminación para el objetivo de error, y por último, el análisis de la simulación para conocer el comportamiento de nuestro trabajo con la finalidad de dar una evaluación concreta.

Cinemática del robot

Dependiendo de la finalidad del robot que estemos empleando, pueden presentarse dos casos donde conocemos el giro o desplazamiento que puede tomar cada articulación o por otra parte, la posición a la cual deseamos que una determinada articulación o su conjunto lleguen.

Cuando se presenta la primera, es decir, cuando conocemos el giro de las articulaciones que dará el robot que estamos manejando, debemos abordar el problema mediante cinemática directa, la cual su ecuación puede ser representada mediante la siguiente ecuación.

$$x(t) = f(\theta(t)) \quad (1)$$

Donde f puede ser una ecuación no lineal, continua y diferencial. Este tipo de ecuación puede ser empleada cuando conocemos los grados de desplazamiento de las articulaciones, pero por el contrario, si lo que conocemos es la posición final del efector del robot manipulador entonces ya no es posible aplicarla, por lo que debemos de recurrir a la ecuación de cinemática inversa.

$$q(t) = f^{-1}(x(t)) \quad (2)$$

Redes Neuronales

Para la solución de problemas de cinemática inversa existen distintas soluciones, las cuales podemos clasificarlas en algebraicas [15], geométricas [2] e iterativas [3]. Entre mayor es el número de grados de libertad del robot manipulador y la complejidad de este, mayor es la dificultad mediante la resolución de las soluciones mencionadas anteriormente, por esta razón se vuelve una manera ineficiente de realizarlo, por lo cual es necesario recurrir a métodos más modernos para la realización de esto en donde podemos encontrar a las redes neuronales. "Es bien sabido que las redes neuronales pueden modelar de manera muy eficiente complejos sistemas no lineales. Para aplicaciones de robótica, las redes neuronales ofrecen varias ventajas en comparación con los regímenes de cálculo convencionales, por ejemplo, las redes neuronales aprenden a asignar una transformación de un robot de dos dimensiones entre el espacio de la articulación y el espacio cartesiano (ecuaciones de cinemática inversa y directa) usando el algoritmo de backpropagation" (Ochoa, 2007, p.3).

Dentro de lo que son las redes neuronales artificiales, es posible utilizar el algoritmo de "backpropagation" [4] especialmente para resolver problemas de cinemática inversa de un robot manipulador. Debido a la característica de 3 grados de libertad es más fácil este método que los tradicionales que conllevan un gran desarrollo analítico. Todo esto se realiza con el fin de definir la orientación del efector final del robot.

Sin dejar a un lado el mencionar las metodologías de aprendizaje convencionales de las redes neuronales artificiales se enfatiza en el hecho de no prestar atención suficiente a la discontinuidad del sistema de cinemática inversa del brazo robótico con límites típicos conjuntos. Con el fin de superar los inconvenientes de la cinemática inversa, la solución consiste proponer una novedosa arquitectura modular multicapa [5] para el aprendizaje del modelo cinemática inverso.

Una red neuronal se parece al cerebro en dos ideas básicas: la red necesita una cantidad de información para entrenarse, y las conexiones entre las neuronas almacenan la información utilizada para tomar decisiones.

La noción de memoria es supuesta en las redes biológicas estar en las conexiones sinapsis. Basado en esta hipótesis, los valores o los pesos determinan la "memoria", o "el conocimiento" de la red neuronal.

El proceso utilizado para adaptar las conexiones o sinapsis se llama aprendizaje. El entrenamiento de una red neuronal se asemeja a las técnicas de ajustes de curvas, donde las entradas y salidas de una función son conocidas, pero la función en sí misma no lo es. El proceso de entrenamiento de una red neuronal consiste en encontrar los valores de: los pesos sinápticos que conectan las entradas a la primera capa oculta, los pesos entre las capas ocultas, y los de la capa oculta previa a la capa de salida.

Metodología

La perspectiva del brazo robótico antropomórfico, se representa en la figura 1, en la cual es posible apreciar el movimiento horizontal y el rotatorio al igual que sus extremidades.

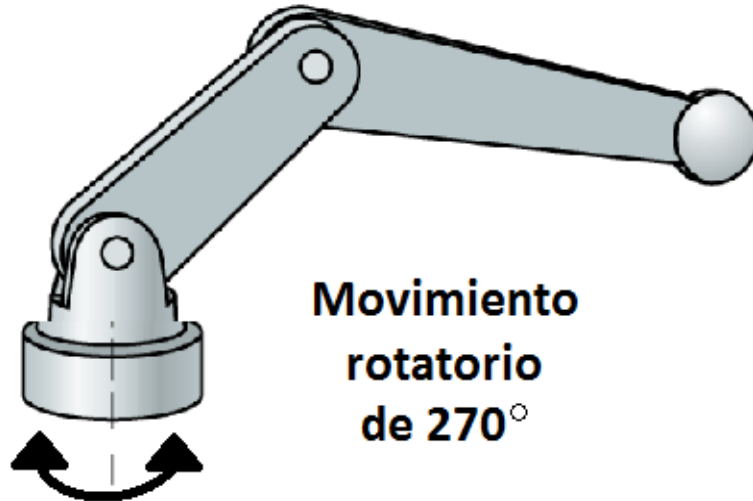


Figura 1. Representación del brazo.

El espacio de trabajo del robot articulado será compuesto por 11 capas de puntos para su representación, con esto se habla de que el robot será capaz de aprender cada uno de estos puntos puestos en cada capa a través de la red neuronal, para de esta manera acceder a cada uno de ellos cada vez que se requiera posicionar el extremo final del brazo en cualquier punto del espacio de trabajo. El robot tendrá un alcance en su movimiento rotatorio de 270°. En la figura 2 es posible apreciar la representación del espacio de trabajo con una sola capa para su mejor visualización.

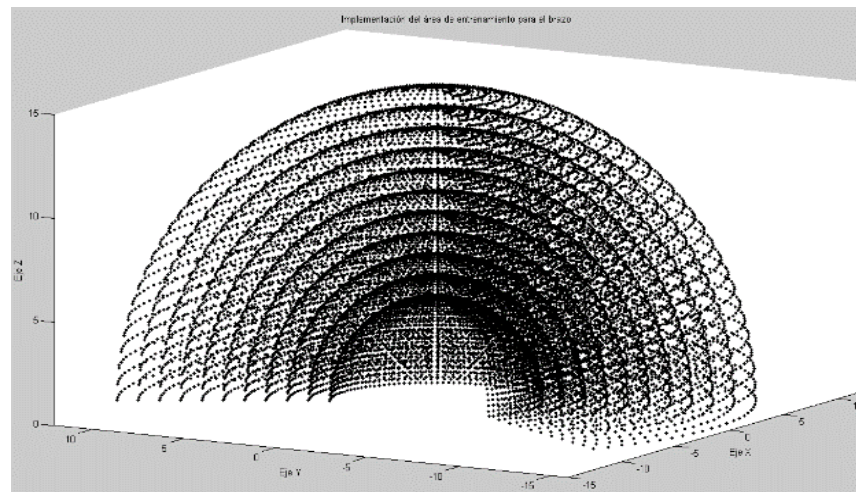


Figura 2. Espacio de trabajo del robot.

Cinemática inversa

Para realizar el análisis del movimiento y posicionamiento del extremo final del robot manipulador antropomórfico, se representa en la figura 3 donde se denotando ángulos, puntos y longitudes de este.

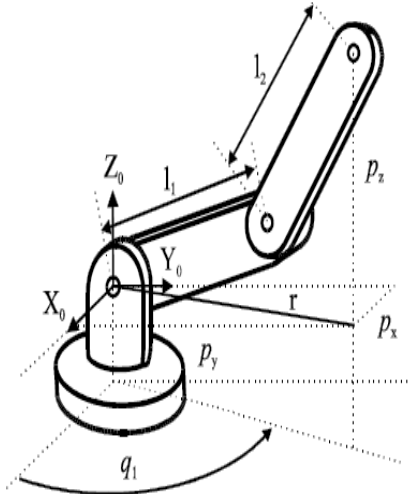


Figura 3. Versión para análisis del brazo.

Al observar la figura anterior se tiene que las longitudes L_1 y L_2 equivalen a 10 y 5 unidades respectivamente, dicho esto se tiene que el mínimo alcance del brazo en su espacio de trabajo es de 5 y el máximo de 15 unidades. Teniendo en cuenta lo anterior de esta manera se puede dar inicio al análisis de las ecuaciones para determinar la coordenada XYZ requerida para la posición del extremo final del robot manipulador. Las ecuaciones a utilizar vienen descritas por el método geométrico para el robot articular de 3 grados de libertad [8].

$$q_1 = \tan^{-1} \left(\frac{p_y}{p_x} \right) \quad (3)$$

$$\cos q_3 = \frac{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1^2 L_2^2} \quad (4)$$

Con la ecuación 5 es posible realizar el calculo del ángulo de la tercera articulacion, para esto es necesario sustituir la ecuación 4 en la 5:

$$q_3 = \tan^{-1} \left(\frac{\pm \sqrt{1 - \cos^2 q_3}}{\cos q_3} \right) \quad (5)$$

Para obtener lo que es el ángulo q_2 existen 2 maneras posibles de hacerlo, el primer caso se tiene cuando el codo que forman las longitudes L_1 y L_2 (véase la figura 3) se encuentra hacia abajo y la segunda posibilidad es cuando el codo se encuentra hacia arriba. En esta ocasión se utiliza el primer caso como se muestra en la figura 4.

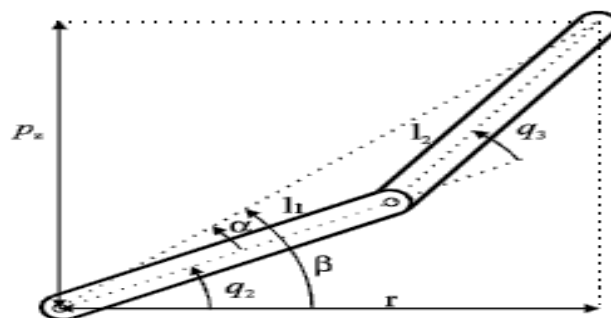


Figura 4. Codo abajo.

Por lo que la ecuación para realizar el cálculo de la articulación q_2 queda definida por la ecuación 4:

$$q_2 = \tan^{-1} \left(\frac{p_z}{\pm \sqrt{p_x^2 + p_y^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{L_2 \sin q_3}{L_1 + L_2 \cos q_3} \right) \quad (6)$$

Visto lo anterior es posible obtener los datos de los puntos que conformaran el espacio de trabajo, con estos datos es posible implementar la red neuronal.

Implementación de la red neuronal

Seguido del desarrollo de la cinemática inversa se implementa la red neuronal con los datos de entrada y objetivos, siendo los de entrada, las coordenadas XYZ y los de objetivo los ángulos q_1 , q_2 y q_3 . El algoritmo de optimización que utilizamos a través de MatLab fue el de *Levenberg-Marquardt backpropagation (trainlm)* [6], dicho algoritmo es el que viene por defecto en el *toolbox* de *Neural Network*. Este algoritmo es el más recomendado por parte de MatLab ya que es el más rápido para lograr el objetivo sin importar que consuma más memoria [6].

El entrenamiento de la red neuronal contempla los siguientes parámetros: dos capas ocultas con 20 y 10 neuronas con una función de transferencia sigmoidea (tansig) y una función de transferencia de salida puramente lineal (purelin) como se puede observar en la figura 5.

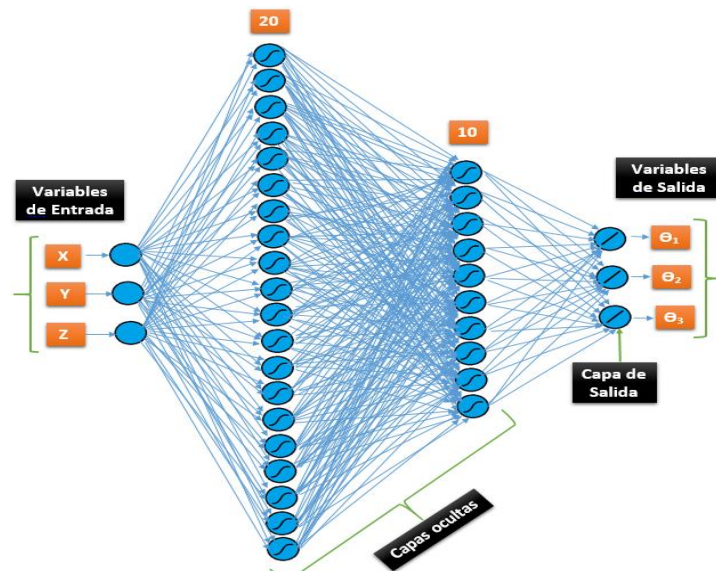


Figura 5. Capas de la red neuronal.

Como se puede observar en la figura anterior se tiene una capa de salida de 3 neuronas, teniendo como salida 3 variables siendo los ángulos requeridos y a la entrada igualmente se tienen 3 variables que son las que conforman la coordenada XYZ. El parámetro para validar el error se definió igual a 0.0001 y se limitaron las épocas (iteraciones) a 1000, teniendo entre estas en el mayor de los casos la validación del error antes de alcanzar el límite. Los parámetros restantes del algoritmo no se modificaron quedando los que trae por defecto, como lo es la función de ejecución la cual es la de error medio cuadrático (*mse*) o el valor del rendimiento del objetivo (*goal*) el cual quedo con su valor por defecto que es igual a 6 validaciones.

Resultados experimentales

Los resultados obtenidos tras realizar este trabajo fueron claramente observados tras la simulación en el entorno de MatLab teniendo en la figura 7 la gráfica de rendimiento.

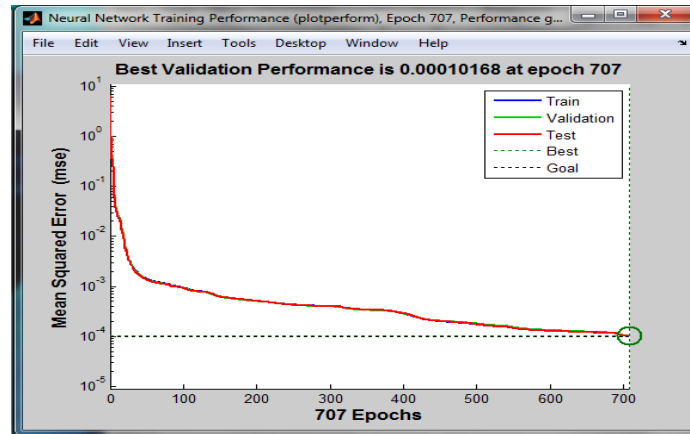


Figura 7. Grafica de entrenamiento.

En la gráfica anterior es posible observar como el error medio cuadrático cambia de acuerdo a las iteraciones realizadas, teniendo en la mejor validación de este un error 0.0001, el cual es el error deseado y este es alcanzado a las 707 iteraciones.

En el mismo entorno de MatLab es posible observar la animación del brazo y el paso del entrenamiento a través de cada punto que compone el espacio de trabajo (véase la figura 8).

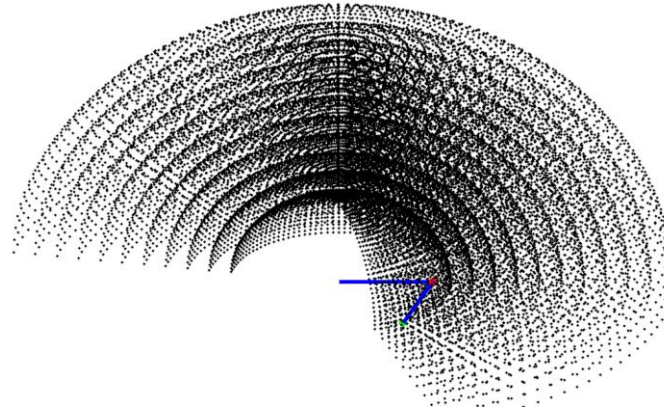


Figura 8. Entrenamiento del brazo manipulador en el espacio de trabajo.

En la figura anterior es posible percibir como recorre el extremo final del brazo los puntos de cada capa del espacio de trabajo determinando el extremo final con el punto verde que se observa al final de la primera capa.

Después de concluir el entrenamiento, el brazo realiza el trazo de un triángulo en el espacio de trabajo (véase la figura 9).

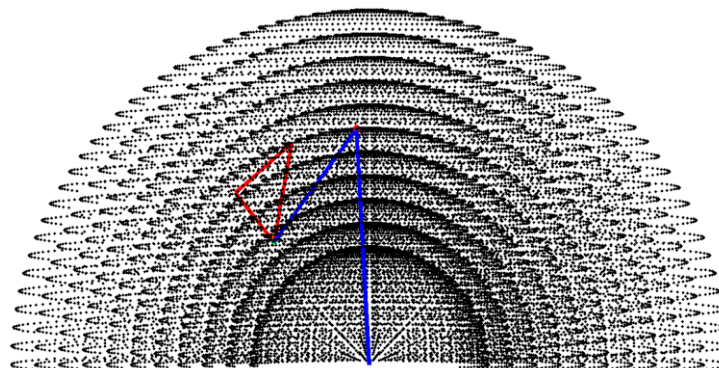


Figura 9. Trazo de un triángulo.

Conclusiones

En el transcurso de este trabajo fue posible observar como la implementación de la red neuronal estática influía claramente en la animación del brazo articulado, ya que de acuerdo al entrenamiento (en donde se especifica el error deseado) que este realizaba, el brazo respondía siguiendo un recorrido de los puntos del área de trabajo de una manera fiel siempre y cuando el error deseado fuera pequeño. Sin embargo si el error que se le permitía a este era muy grande este mismo realizaba una mala trayectoria o recorrido de los puntos del espacio de trabajo.

Para finalizar se concluye como con la implementación de una red neuronal estática es posible manejar problemas complejos de cinemática inversa como lo fue en este caso obteniendo resultados muy favorables.

Trabajo futuro

En la industria es posible ver la implementación de robots manipuladores del tipo antropomórfico pero teniendo en estos un grado de complejidad mayor ya que se llegan a manejar 6 o más grados de libertad por lo que queda como trabajo futuro agregar un efector final con 3 o más grados de libertad al igual que implementar un sistema de visión en este mismo.

Referencias

1. O. M. Pedro, H. R. S. Ivan and R. V. J. Cesar, "Simulation and Animation of a 2 Degree of Freedom Planar Robot Arm Based on Neural Networks", Robotics and Automotive Mechanics Conference, pp. 488-493, Cerma 2007.
2. G. C. S. Lee, Robot Arm Kinematics, Dynamics and Control, *Computer*, Vol. 15, Issue.12, pp.62-79, 1982.
3. J. U. Korein, N. I. Balder, Techniques for generating the goal-directed motion of articulated structures, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 2, Issue. 9, pp. 71-81, 1982.
4. Guez, A., Ahmad, Z., 1989. A Solution to the Inverse Kinematic in Robotics Using Neural Network Processing. IJCNN89. Vol. II, 299-304.
5. R. A. Jacobs and M. I. Jordan, "Learning Piecewise Control Strategies in a Modular Neural Network Architecture," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.23, pp.337-345, 1993.
6. MathWorks, 2013. Levenberg-Marquardt backpropagation Recuperado de: <http://www.mathworks.com/help/nnet/ref/trainlm.html>
7. International Federation of Robotics and United Nations. World Robotics 2004.
8. Statistics, Market Analysis, Forecast, Case Studies and Profitability of Robot Investment, United Nations Publications, 2004.
9. Manolis I. A. Lourakis, "A brief description of the Levenberg-Marquardt algorithm implemented by levmar", *Foundation for Research and Technology –Hellas*, Heraklion, Crete, Greece, 2005.
10. Hernández, R., Reyes, F., Vargas, A. 2009 Control de un Robot Antropomórfico por Medio de una Interfaz con Sensores Articulares.
11. Barrientos, A., Peñín L., Balaguer C., & Aracil R., 2007, Fundamentos de robótica, McGraw Hill, Interamericana de España. C.A, Madrid. España.
12. Masechino G., 2006, Redes Neuronales en Matlab, Recuperado de: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/meschino/Presentaciones/GUSTAVO%2007%20-%20REDES%20NEURONALES%20MATLAB.pdf>
13. Li-Xin Wei, Hong-Rui Wang and Ying Li, "A new solution for inverse kinematics of manipulator based on neural network", *IEEE, Proceedings of the Second International Conf. on Machine Learning and Cybernetics*, pp. 1201-1203, 2-5 November 2003.

14. E. Oyama, et.al, "Inverse kinematics learning for robotic arms with fewer degrees of freedom by modular neural networks systems", IEEE/RSJ Int'l. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 833-840, 2005.
15. J. J. Craig, *Introduction to Robotics: Mechanisms and Controls*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Modelado y análisis de elemento finito para proceso de formado en frío de tubo de acero automotriz.

M.I. E. González Villeda¹, M.C. P. F. Pacheco García², M.C. H. Reyes Solís³, Dr. V. Mendoza Martínez⁴

¹Departamento de Procesos y Operaciones Industriales, Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Camino real a san Mateo s/n, C.P. 74169 Huejotzingo Puebla México.

eloy.villeda@hotmail.com

^{2,3}Centro de Servicios de Alta Tecnología CESAT-UPAEP, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Once poniente 2304 Barrio de Santiago, Col. El Carmen C.P. 72410 Puebla Puebla México.

⁴Posgrados UPAEP, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 sur 110, barrio de Santiago Col. El Carmen C.P. 72410 Puebla Puebla México.

Área de participación: Ingeniería Mecatronica

Palabras clave: elemento finito, discretización, nodos.

Resumen

La caracterización mecánica de los materiales requiere de la realización de ensayos mecánicos, generalmente con protocolos establecidos y normalizados, a fin de determinar los parámetros que permitan la valoración de su idoneidad para las aplicaciones en servicio en que puedan ser utilizados.

El análisis por elemento finito a través de procedimientos virtuales de simulación y ensayos y utilizando como herramienta el software de Abaqus, demuestran que los valores numéricos obtenidos mediante el ensayo virtual no coinciden exactamente con aquellos obtenidos en laboratorio. El resultado se puede considerar lo bastante aceptable, como para establecer una primera aproximación para caracterizar mecánicamente el material de ensayo mediante el uso de los elementos finitos y reducir drásticamente los costos y el tiempo de preparación de muestras para ensayos reales.

Abstract

The mechanical characterization of materials requires mechanical testing, and established protocols generally standardized in order to determine the parameters for the assessment of their suitability for applications that services can be used.

The finite element analysis through simulation and virtual methods and assays using such software tool Abaqus show that the numerical values obtained using the virtual test do not exactly match those obtained in the laboratory. The result can be seen as quite acceptable, and to establish a first approach to characterize the test material mechanically by using finite element and dramatically reduce the cost and time of preparing samples for real.

Introducción

El método de elementos finitos por novedoso que parezca, tiene ya varios años en su forma conceptual, ya que en ello podemos recordar las bases de cálculo diferencial e integral, sin embargo el desarrollo moderno de esta técnica comienza en 1940, específicamente en el campo de ingeniería estructural, con los trabajos de Hremikoff en 1941 y McHenry en 1943, quienes propusieron el uso de dos líneas en una dimensión para representar elementos como barras o vigas para el cálculo de esfuerzos en sólidos con sección transversal continua [Hortig y Kayser 2008].

El análisis de elementos finitos desde su enfoque matemático fue desarrollado en 1943 por Richard Courant, quien usó el Método de Ritz del análisis numérico y el cálculo variacional para obtener soluciones aproximadas para sistemas oscilatorios.

En el método de elemento finito, el objeto o sistema se representa por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas donde las ecuaciones de equilibrio, junto con consideraciones físicas aplicables así como relaciones constitutivas, se aplican a cada elemento, y se construye un sistema de varias ecuaciones. El sistema de ecuaciones se resuelve para los valores desconocidos usando técnicas de álgebra lineal o esquemas no lineales, dependiendo del problema. Siendo un método aproximado, la precisión de los métodos FEA puede ser mejorada refinando la discretización en el modelo, usando más elementos y nodos [Bay y Bennani 1994].

Comúnmente se usa FEA en determinar los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos, incluso es utilizado de manera rutinaria en el análisis de muchos otros tipos de problemas, entre ellos transferencia de calor, dinámica de fluidos, y electromagnetismo. Con FEA se pueden manejar sistemas complejos cuyas soluciones analíticas son difícilmente encontradas [Simulia 2010].

Metodología

Características del diseño experimental

A partir de las facilidades en cuanto a representación geométrica que brinda el software de ABAQUS/CAE y siendo consecuente con el estudio columna de dirección, el cual se ha adoptado la modelación tridimensional de la probeta, tratando de respetar la forma de los componentes que forman el modelo real con la mayor fidelidad posible, considerando la simetría, en este sentido, las partes que integran el modelo son: matriz de extrusión, tubo de acero con diámetro de 25.4 mm., perno extrusor y perno rectificador.

Modelado del proceso de extrusión.

En este trabajo se presenta el modelado del proceso de extrusión en frío, mediante aplicación de elemento finito Abaqus®. En éste se utilizan métodos de mapeo de solución y mallado, distribuido en seis pasos los cuales se presentan durante el análisis. Así mismo se aplican herramientas para acelerar el tiempo de cómputo: el escalamiento de la velocidad, de tal manera que no afecten los resultados numéricos. Todo lo anterior con la finalidad de cuantificar la influencia de los parámetros más importantes en este proceso de conformado mecánico, la altura de la matriz así como la geometría del punzón, sobre la trayectoria de extrusión. Finalmente para la validación de los modelos, se compararon los resultados con los obtenidos de forma experimental realizados en instalaciones del centro de servicios de tecnología de alta tecnología CESAT-UPAEP.

Análisis dinámicos Explícitos

Primer paso:

Durante el proceso de generación del mallado en el primer paso se consideraron elementos cuadriláteros, tanto en la matriz, como en el perfil del tubo, el cual se aprecia un mallado no mayor de mil nodos debido a la restricción del software. En la matriz-D-24 se montaron una cantidad de 190 nodos distribuidos uniformemente de manera automática, en el perfil del tubo se consideraron 780 nodos al ser el elemento principal en estudio, en este paso se tienen un total de 970 nodos y 678 elementos.

Segundo paso

El mallado considerado es idéntico al primer paso, para darle continuidad este proceso se utiliza una matriz de reducción denominada matriz D-19.50. Para ello se montó una malla en la mencionada matriz de 190 nodos y en el perfil del tubo se montaron 768 nodos dando como resultado 970 nodos distribuidos en 678 elementos.

Tercer paso:

Se aprecia que debido a la restricción de los mil nodos en la aplicación de este software, se consideró montar para el perfil del tubo la cantidad de 768 nodos, el cual es correspondiente al paso uno y paso dos, a la matriz D-19.50 124 nodos y al punzón D-13.2 la cantidad de 90 nodos, dando como resultado para este estudio la cantidad de 991 nodos distribuidos en 674 elementos.

Cuarto paso:

Se aplica un mallado tipo cuadrilátero a la matriz D-180 montando la cantidad de 230 nodos y el perfil del tubo se considera el mismo valor de los pasos anteriores.

Quinto paso:

La malla no ha sufrido cambios o deformaciones severas a pesar de que el perfil del tubo ha sido extruido en 4 procesos o pasos anteriormente descritos. Para este quinto paso se montan

en la matriz D-17 la cantidad de 204 nodos y el perfil del tubo permanece constante, por lo cual nos arroja la cantidad de 960 nodos distribuidos en 675 elementos.

Sexto paso:

En el sexto y último paso, en la matriz D-17 se le cargaron 62 nodos, al perno D-9.2 se le montaron 46 nodos el cual realiza contacto final con la parte interna y el perfil del tubo, debido al esfuerzo realizado en el paso anterior se decidió cargarlo con 876 nodos para evitar una deformación en exceso.

Resultados y discusión

Primer paso:

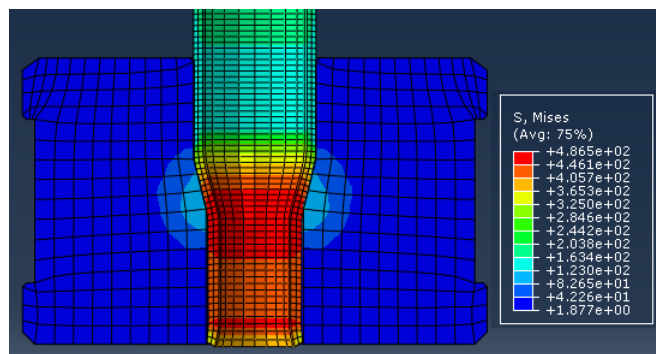


Figura 1. Primer paso con matriz inicial de $B=23.9\text{mm.}$, Tubo diámetro $D-1= 30.0\text{mm.}$ (Autoría propia).

La figura 1. Nos muestra la tensión máxima Von Mises que se presenta a partir de la parte media hacia abajo de la matriz y es en esta área en color rojo donde el valor alcanza los $4.86\text{E}+2$ Mpa. Este valor se considera favorable ya que se encuentra dentro del rango experimental.

La fuerza de reacción obtenida es de 47.12 KN , con respecto a un tiempo de 2.0 segundos durante el proceso de formado.

Segundo paso:

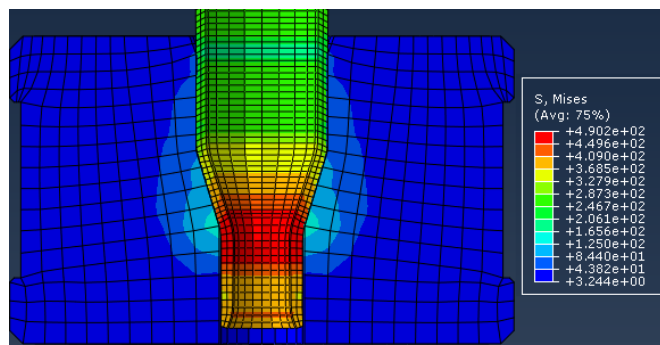


Figura 2. Segundo paso con matriz secundaria de $B=19.5\text{mm.}$, Tubo diámetro pre-extruido de $D-1= 23.9\text{mm.}$ (Autoría propia).

En este paso se observa que debido a la reducción del diámetro interior menor de la matriz el perfil se esfuerza en la parte central logrando un valor Von Mises de $4.902E+2$ MPa. Se puede observar que existe una gran cantidad de fricción en la zona de reducción.

La fuerza de reacción de formado a alcanzando un valor de 49.92 KN, en un tiempo de 1.0 segundos.

Tercer paso:

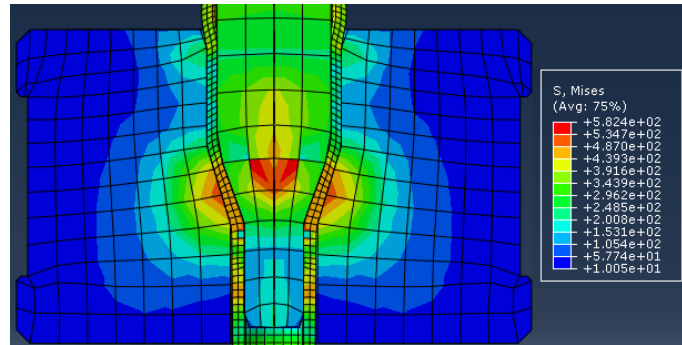


Figura 3. Segundo paso con matriz secundaria de B=19.5mm., Tubo diámetro pre-extruido de D=23.9mm. (Autoría propia).

En el tercer paso podemos considerar el 50% de la forma a extruir, en el cual el tubo en proceso de extrusión realiza contacto con la matriz en la parte exterior y el perno realiza un contacto en la parte interior rectificando la geometría. El valor obtenido en el área donde se realiza el máximo stress, el cual es de $5.824E+2$ Mpa. con respecto al tiempo de 2.5 segundos durante el proceso de formado.

Cuarto paso:

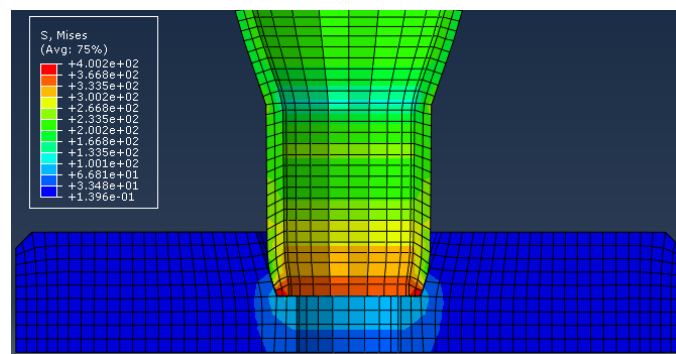


Figura4. Cuarto paso con matriz biseladora, Tubo diámetro pre-extruido de D=23.9mm, (Autoría propia).

Esta figura nos presenta el comportamiento en la parte inferior del perfil en extrusión, el cual al realizar el contacto con la matriz, forma un bisel a 20° el cual en el siguiente paso opondrá menor resistencia a la entrada de la matriz. En este paso se alcanza una fuerza de reacción de 42.28 KN, en un tiempo máximo de 0.54 segundos, formando un bisel en la parte inferior del tubo.

Quinto paso:

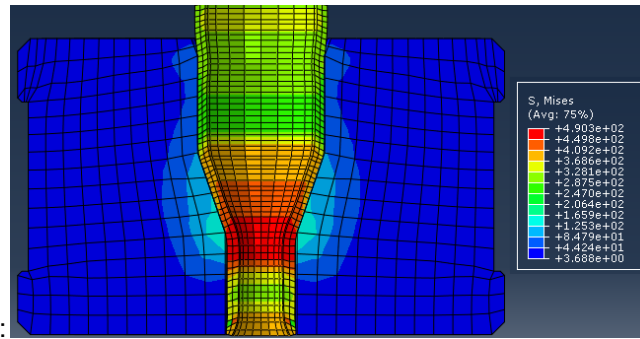


Figura 5. Quinto paso con matriz terciaria de B=17.0mm., Tubo diámetro pre-extruido biselado de D-1= 23.9mm. (Autoría propia).

En la parte inferior se muestra la formación de una región de menor velocidad o desplazamiento (zona muerta), así como una mejora en el aspecto gráfico del perfil final que se obtiene tras el análisis de una fuerza de reacción con una carga máxima de 64.32 KN, con respecto al tiempo de 3.0 segundos durante el proceso de formado. Este dato es el valor más alto obtenido de una serie de estudios realizados en abaqus.

Sexto paso:

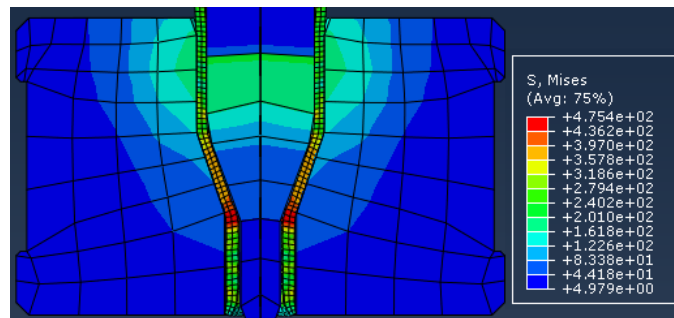
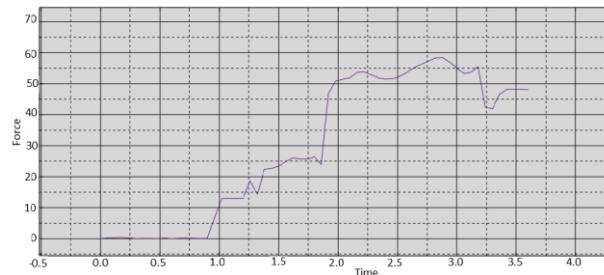


Figura 6. Sexto paso con matriz terciaria de B=17.0mm., Tubo diámetro pre-extruido y biselado de D-1= 23.9mm., Punzón de D=9.2mm. (Autoría propia).

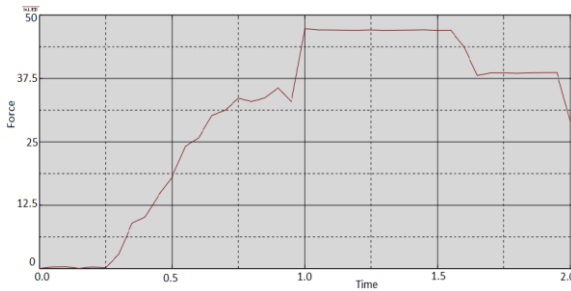
Este paso consiste en el contacto entre la matriz, el tubo y el perno, este último realiza una corrección de la superficie interna del tubo, en la cual el stress máximo lo podemos identificar en el momento en que el perno hace el contacto con la zona y de inmediato nos muestra el espectro en color rojo con un valor de 4.754e2Mpa. de tensión máxima Von Mises, sin causar daño en el material.



Gráfica 1. Relación fuerza/tiempo (Autoría propia).

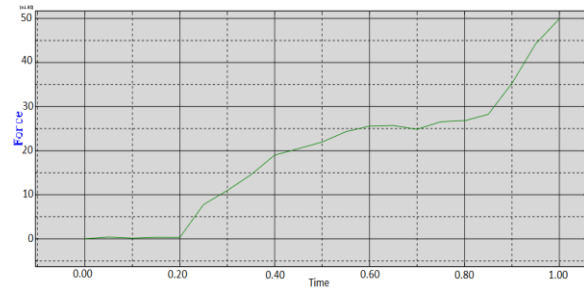
Comparación de resultados obtenidos digital en abaqus/ experimentales.

Step 1. Magnitud de 47.12 KN. / Experimental: 47 KN.



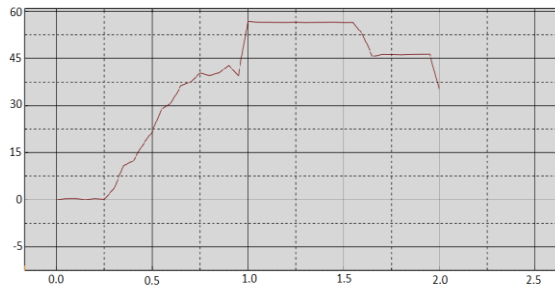
Gráfica 2. Primer paso

Step 2. Magnitud de 49.92 KN. / Experimental: 51 KN.



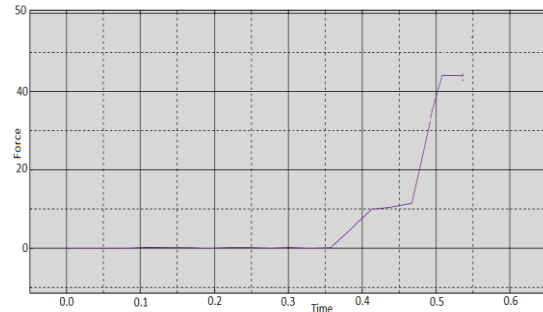
Gráfica 3. Segundo paso

Step 3. Magnitud de: 56.54 KN. / Experimental: 55.8 KN.



Gráfica 4. Tercer paso

Step 4. Magnitud de: 42.28 KN. / Experimental: 41.5 KN.



Gráfica 5. Cuarto paso

Conclusiones

Este método muestra de manera satisfactoria la aplicación de la herramienta de análisis por elemento finito a través del proceso de extrusión, donde el método FEA resultó eficiente. Dicho estudio de tipo computacional incluye el trabajo realizado mediante herramientas CAD-CAE, así como el análisis de fuerzas de reacción en el tubo y los resultados de tensión de Von Mises, los cuales nos muestran valores que deben ser tomados en cuenta para la realización del proceso de formado. El método en estudio mediante FEA, nos permitió conocer ampliamente el comportamiento del tubo de acero y la relación del perno y la matriz en el proceso de formado, obteniendo resultados comparativos semejantes, con pruebas físicas proporcionadas por **CESAT-UPAEP**.

Agradecimientos

Al M.C. Prudencio Fidel Pacheco García por facilitarme las instalaciones de CESAT-UPAEP para el desarrollo de esta investigación, al M.C. Horacio Reyes Solís por el apoyo y contribución en este trabajo tan referente.

Referencias

1. ASTM Standard F394-78, STM Annual Book of Standards, Vol.15.02, Sección 16. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1996, pp. 466-490.
2. Alcalá Cabrelles, Jorge; Llanes, L; Mateo García, Antonio Manuel; Salán, M. N; Anglada, Marc, "Fractura de materiales", Barcelona Edicions UPC, (2002), 467- 474
3. Börger, A., Supancic, P., Danzer, R., The ball on three balls test for strength testing of brittle discs: stress distribution in the disc, J. Europ. Ceram. Soc. 22(2002), 1425-1436.
4. Börger, A., Supancic, P., Danzer, R., The ball on three balls test for strength testing of brittle discs: Part II: analysis of possible errors in strength determination, J. Europ. Ceram. Soc. 24(2004), 2917-2928.
5. Barisic B., Car Z., Ikoni M., Modeling approach at determining of backward extrusion force, Metalurgia, Croacia, (2004), 865-423.
6. Bay N., B. Bennani., Limits of lubrication in backward can extrusion: Analysis by the finite-element method and physical modelling experiments, Journal of Materials Processing Technology, Francia, (1994), 589-624.
7. Farhoumand A., Ebrahimi R. Analysis of forward-backward-radial extrusion process, Materials and Design, Irán, (2008) 764-832.
8. Krishna Uyyuru Rama, Valberg Henry. Physical and numerical analysis of the metal flow over the punch head in backward cup extrusion of aluminum, Journal of Materials Processing Technology, Noruega, (2005) 174-212.
9. Hortig C., Kayser T., Parvizian F., Svendsen B., Thermomechanical modeling and simulation of aluminum alloy behavior during extrusion and cooling, Journal of materials processing technology, Alemania (2008), 576-631
10. Simulia. Abaqus Documentation V 6.10, (2010), 686-694.
11. Figueroa, Fernando, Modelado del proceso de extrusion inversa mediante software de elemento finito, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2009.
12. Hortig C., Kayser T., Parvizian F., Svendsen B., Thermomechanical modeling (2010) 115-128.
13. and simulation of aluminum alloy behavior during extrusion and cooling, Journal of materials processing technology, Alemania, (2008) 426-523.
14. Mikell P. Groover, "Fundamentos de manufactura moderna", Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México (1997), 343-358.
15. Lange Kurt. Handbook of Metal Forming, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A., (1985) 125-249.
16. Smith, William Fortune, "Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales", Madrid McGraw-Hill, (1992) 852-931.
17. Thornton, R.A. Colangelo, V.J., "Ciencia de materiales para ingeniería", Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México (1997) 803-849
18. Michael F. Ashby, David R.H. Jones, "Engineering materials 2", Pergamon Press, 1986.
19. Callister, William D., "Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales", Reverté (1995-1996) 205-220
20. M. Núria Salán, "Tecnología de proceso y transformación de materiales" Departament de Ciencia materials in ingeniería metallúrgica. UPC, ETSEIT. 104-110.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Sintonización de un controlador PID con aplicación al enfriamiento termoeléctrico mediante un algoritmo evolutivo

J.C Suarez Sanchez*, J.F. García Mejía J.A García Mejía

¹Universidad Autónoma del Estado de México Centro Universitario UAEM Atlacomulco

.Carretera Toluca-Atlacomulco km 60 Atlacomulco, México

*carlit0s-@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

Una celda termoeléctrica es un intercambiador de temperatura eléctrico que se usa como dispositivo semiconductor en la refrigeración móvil, su desempeño es susceptible de ser modificado por medio de un dispositivo denominado controlador proporcional, integral derivativo, cuyos parámetros de sintonizan por medio de un método denominado criterio de Nichols. Una alternativa a este es propuesta en el presente trabajo y consiste en mejorar el error cuadrático transformando un problema de ingeniería de control en uno de optimización numérica susceptible a ser solucionado por medio de un algoritmo evolutivo, que en este caso es un algoritmo genético con codificación real. Cabe destacar que la dinámica del sistema celda termoeléctrica-controlador, así como el algoritmo propuesto es simulado en Scilab, un software de licencia libre que se constituye como una alternativa a Matlab

Palabras clave: Celda termoeléctrica, controlador PID, Algoritmo genético

Abstract

A thermoelectric cell is an electrical temperature exchanger is used as the semiconductor device in mobile refrigeration, its performance is liable to be changed by means of a device driver called proportional integral derivative whose parameters tuned by a standard method known Nichols. An alternative to this is proposed in this work and is to improve the MSE by transforming a control engineering problem numerical optimization one susceptible to be solved by an evolutionary algorithm, which in this case is a coded genetic algorithm Real. Note that the system dynamics thermoelectric cell controller and the proposed algorithm is simulated in Scilab, free license software that is established as an alternative to Matlab

Introducción

Una celda termoeléctrica (TEC, por sus siglas en inglés) es un dispositivo semiconductor que tiene la capacidad de generar calor ó frío en función de la magnitud y polaridad, de una corriente eléctrica de alimentación. Las aplicaciones de los TEC se encuentran en micro refrigeración, refrigeradores móviles, presentan ventajas como su tamaño reducido, así como largo tiempo de vida útil, amigable con el ambiente (Tarter 2007). Una celda termoeléctrica de manera típica está caracterizada por la función de transferencia descrita en (1) (Song 2010)

$$\tilde{T}_L(s) = G_1(s)\tilde{I}(s) + G_Q(s)\tilde{Q}_L(s) + G_a(s)\tilde{T}_a(s) \quad (1)$$

Donde

$\tilde{T}_L(s)$ representa la temperatura de la cara de enfriamiento

$\tilde{I}(s)$ es la corriente de entrada

$\tilde{T}_a(s)$ es la temperatura ambiente

Además

$$G_I(s) = \frac{N(s)}{sD(s)} \quad G_Q(s) = \frac{E_H \sinh(qL) + Akq \cosh(qL)}{D(s)} \quad G_a(s) = \frac{AA_F h k q}{D(s)}$$

Donde

$$N(s) = \{Akq[\alpha_L \bar{T}_L \cosh(qL) - \alpha_H \bar{T}_H] + \alpha_L \bar{T}_L E_H \sinh(qL)\}s + \frac{Akq\beta}{C\gamma} [E_H(1 - \cosh(pL)) - Akp \sinh(pL)]$$

y

$$D(s) = AkqE_L \cosh(qL) + E_H E_L \sinh(qL) + AkqE_H \cosh(pL) + A^2 k^2 p q \sinh(pL)$$

El modelo matemático se reduce a la expresión mostrada en (2) dado que se considera a la temperatura ambiente como constante. Al aplicar constantes especificadas en (Song 2010), se obtiene (3), cuya respuesta a una entrada de 1.55 amperes se muestra en la Figura 1, se puede observar que el tiempo de establecimiento, es decir donde no se presentan cambios en el eje del tiempo t es alrededor de 325 segundos, en un valor de -9.90C en el eje y, que representa la temperatura de enfriamiento de la TEC

$$\bar{T}_L(s) = G_I(s)\bar{I}(s) \tag{2}$$

$$G_I(s) = -6.4061 \left(\frac{0.064s + 0.00854}{s^2 + 0.5964s + 0.00855} \right) \tag{3}$$

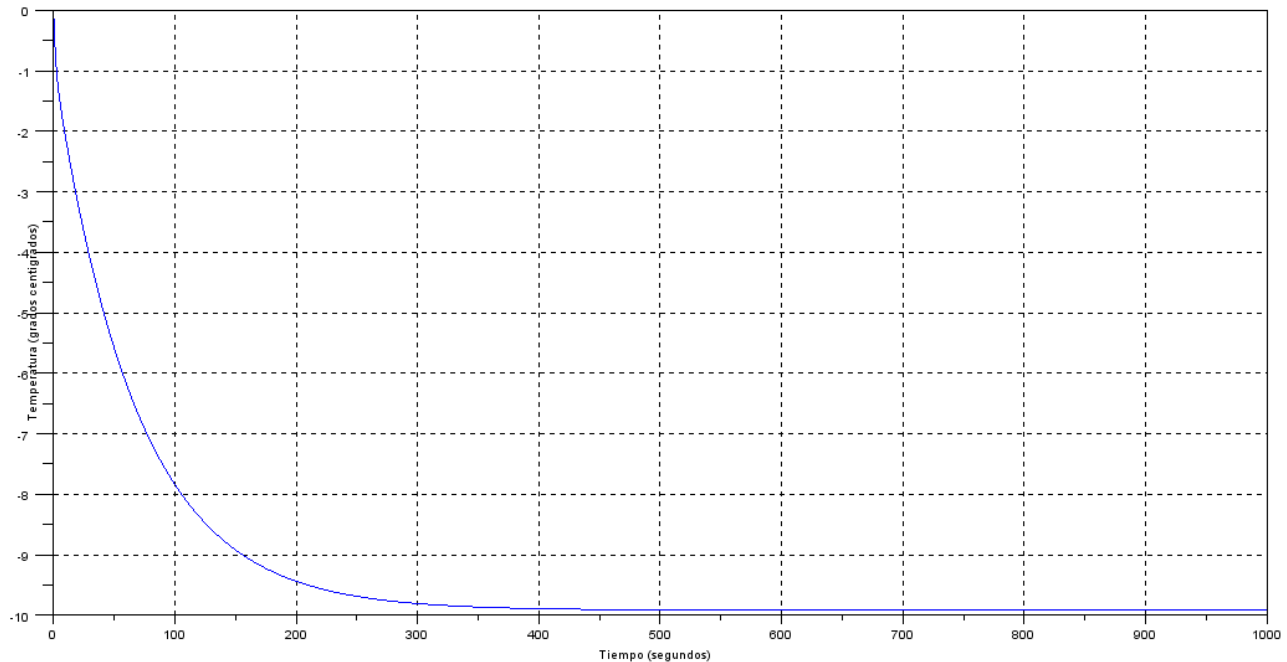


Figura. 1. Respuesta de la celda termoeléctrica

El desempeño de la TEC mostrado en la Figura 1 puede mejorarse mediante el uso de técnicas que se encuentran enmarcadas dentro de la ingeniería de control, la cual se encarga del estudio de esquemas que manipulen las respuestas de fenómenos físicos mediante actuadores. Uno de los esquemas más usados en la ingeniería de control se denomina controlador Proporcional, Integral, Derivativo (PID) cuya expresión matemática se muestra en la ecuación 4. La expresión matemática del TEC controlado por medio de un PID se muestra en la ecuación 5, donde R(s) es la referencia de temperatura que se desea obtener.

$$C(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = \frac{k_p + k_i + k_d s^2}{s} \tag{4}$$

$$\frac{\tilde{T}_L(s)}{R(s)} = \frac{G_I(s)C(s)}{1 + G_I(s)C(s)} \quad (5)$$

La forma más común de calcular los valores k_p, k_i, k_d es por medio del ajuste de Ziegler-Nichols. Una alternativa de lo anterior es mediante un algoritmo genético, transformando un problema de control en uno de optimización, la cual es una de las áreas de la ingeniería, es un conjunto de ideas que encuentran el mejor resultado bajo ciertas consideraciones denominadas restricciones (Chow 2008). Un caso particular de esta es la optimización numérica la cual es un proceso donde el óptimo global (valor máximo o mínimo) de una función objetivo es buscado mediante la elección de una combinación de variables, esto se puede expresar en (6). (Ponstein 2004)

$$\min(\max) f(x), x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \in \mathbb{R}^n \quad (6)$$

Las restricciones en un problema se suelen expresar como

$$g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad h_j(x) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, r$$

Donde $f(x), g_j(x)$ y $h_j(x)$ son funciones escalares del vector x . Los componentes de $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ son denominados variables, $f(x)$ es la función objetivo, $g_j(x)$ y $h_j(x)$ son funciones que describen las condiciones de iniquidad e igualdad respectivamente. El vector óptimo x que resuelve la expresión (6) se denota por x^* con el correspondiente valor de optimización $f(x^*)$. Las posibles formas de resolver el problema general descrito en (6) son las siguientes (Snyman 2005):

- Analíticamente
- Emulándolo y midiendo físicamente las variables de interés
- Resolviéndolo mediante técnicas computacionales, como los algoritmos evolutivos

Los algoritmos evolutivos (EA, por sus siglas en inglés) son series de pasos definidos con aplicación en la optimización o de aprendizaje con la capacidad de evolucionar. Estos tienen tres características principales (Burger 2007):

- Basado en la población. Un EA mantiene un conjunto de soluciones, llamada población.
- Fitness-orientada. Todas las soluciones de una población se llama individuo, tiene una representación llamada código y la evaluación de desempeño se denomina aptitud (o fitness).
- Variación de motor. Los individuos de una población que se someten a una serie de operaciones con la finalidad introducir variaciones en su código.

Uno de los primeros algoritmos evolutivos, empleados en la optimización numérica fue el algoritmo genético simple (GA, por sus siglas en inglés), desarrollado por John Holland en la década de los 60 en la Universidad de Michigan (Yang 2011). Un algoritmo genético simula algunos aspectos propios de la teoría de la evolución de las especies de Darwin. Los mejores individuos de una determinada población tienen mayores posibilidades de supervivencia y reproducción; las cuales disminuyen o son nulas para los débiles.

Los pasos que caracterizan a un algoritmo genético simple son los siguientes (Mitchell 1998) (Mitsuo 2000):

1. Definir una función de aptitud o función objetivo f_{obj}
2. Generar una serie de posibles soluciones de manera aleatoria (población)
3. Codificar la población
4. Evaluar f_{obj} con la población, iniciando así la i ésima generación
5. Seleccionar soluciones que se reproducirán
6. Aplicar una operación de cruzamiento

7. Mutar algunos elementos resultantes del cruzamiento
8. Reemplazar elementos de la población de la i ésima generación con los mejores elementos de vi y vii
9. Detener, si se cumple criterio de paro, caso contrario saltar a 4

La población como se indica en el paso 2 del listado anterior está formada por posibles soluciones del problema y reciben el nombre de cromosomas que se codifican de diversas maneras, donde las unidades mínimas existentes en este se denomina gen. Algunas formas de codificación de cromosomas se enlistan a continuación:

- Codificación binaria.
- Codificación alfanumérica
- Codificación real

Otro aspecto relevante de los algoritmos genéticos son los operadores involucrados, los cuales son:

- Selección: el cual se encarga de escoger pares de cromosomas que se cruzaran
- Cruzamiento: recombina las características de dos cromosomas con la finalidad de obtener una nueva solución. Este operador depende del tipo de codificación seleccionado
- Mutación: la cual se encarga de variar de manera aleatoria algunos elementos obtenidos del cruzamiento (menos del 5% de la población), depende, al igual que el cruzamiento de la codificación

Metodología

En esta sección se muestra los pasos que se realizaron para optimizar el controlador PID, aplicado a la celda termoeléctrica. Donde el objetivo perseguido es la minimización del error medio cuadrático, el cual se explica como la diferencia que existe entre la respuesta del TEC y la referencia deseada

Función objetivo

Como se mencionó en secciones anteriores, un algoritmo genético tiene una función objetivo, la cual cabe destacar únicamente puede ser maximizada. Para construir la función objetivo se parte de la ecuación 6 obteniendo (7)

$$\tilde{T}_L(s) = \frac{G_I(s)C(s)}{1 + G_I(s)C(s)}R(s) \quad (7)$$

De (7) y (5) se puede observar que la salida $\tilde{T}_L(s)$ depende de los valores k_p, k_i, k_d . Con base a la definición de error se tiene

$$e(s) = R(s) - \tilde{T}_L(s) \quad (8)$$

De (8) puede derivarse una función objetivo que se muestra en (9)

$$f_{obj}(k_p, k_i, k_d) = \max \left(\frac{1}{1 + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e(k_p, k_i, k_d)^2}} \right) \quad (9)$$

Población y codificación

La colección de sujetos propuestos como posibles soluciones son generados de manera aleatoria (40 en total) con una distribución uniforme, codificando los cromosomas con números reales, de tal forma que el formato del cromosoma tiene la siguiente forma

$$cromosoma = [k_p, k_i, k_d]^T$$

Selección

Los cromosomas que se seleccionaron para el cruzamiento en sucesivas generaciones fueron escogidos mediante una ruleta, donde los sujetos con mayor valor de afinidad, (mayor valor de $f_{obj}(k_p, k_i, k_d)$) se privilegian sobre los de menor afinidad. El operador de ruleta es el más estocástico de los métodos de selección, en relación con el torneo y el elitismo, es por eso que fue empleado en este trabajo.

Cruzamiento

Caracterización de las propiedades de permeación de gases

La mutación también está ligada al tipo de codificación por lo tanto se aplica un operador denominado mutación de paso a 2 individuos de cada generación, este proceso se muestra a continuación. A partir de un cromosoma C_i' se puede obtener un cromosoma transformado o mutado C_i'' a partir de la siguiente expresión donde el tamaño de paso de la mutación $\beta = [0,1]$ y la dirección de la misma se representa por d (King 2006)

$$C_i'' = C_i' + \beta * d \quad (10)$$

Resultados y discusión

En esta sección se discuten los resultados del desarrollo que se documenta en esta propuesta, en la Figura 2 se muestran las soluciones k_p, k_i, k_d generadas de manera aleatoria con una distribución normal, donde el rombo representa el óptimo encontrado, la Figura 3 muestra en la línea azul continua la respuesta obtenida por medio del PID ajustado con algoritmos genéticos, en línea azul punteada se muestra el ajuste de Nichols, la línea verde representa la referencia, en la Figura 4 se observa que el algoritmo converge hacia la solución mostrada en la Figura 2 alrededor de la generación o iteración 20. En la Tabla 1 se muestra la síntesis de resultados.

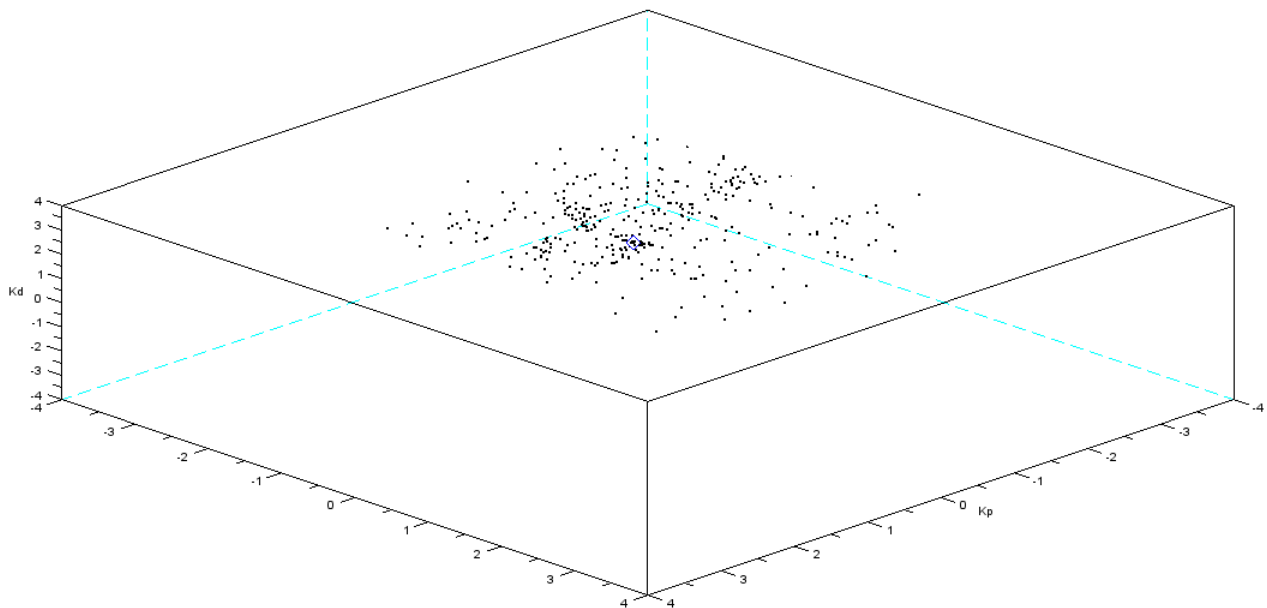


Figura. 2. Soluciones generadas y solución encontrada

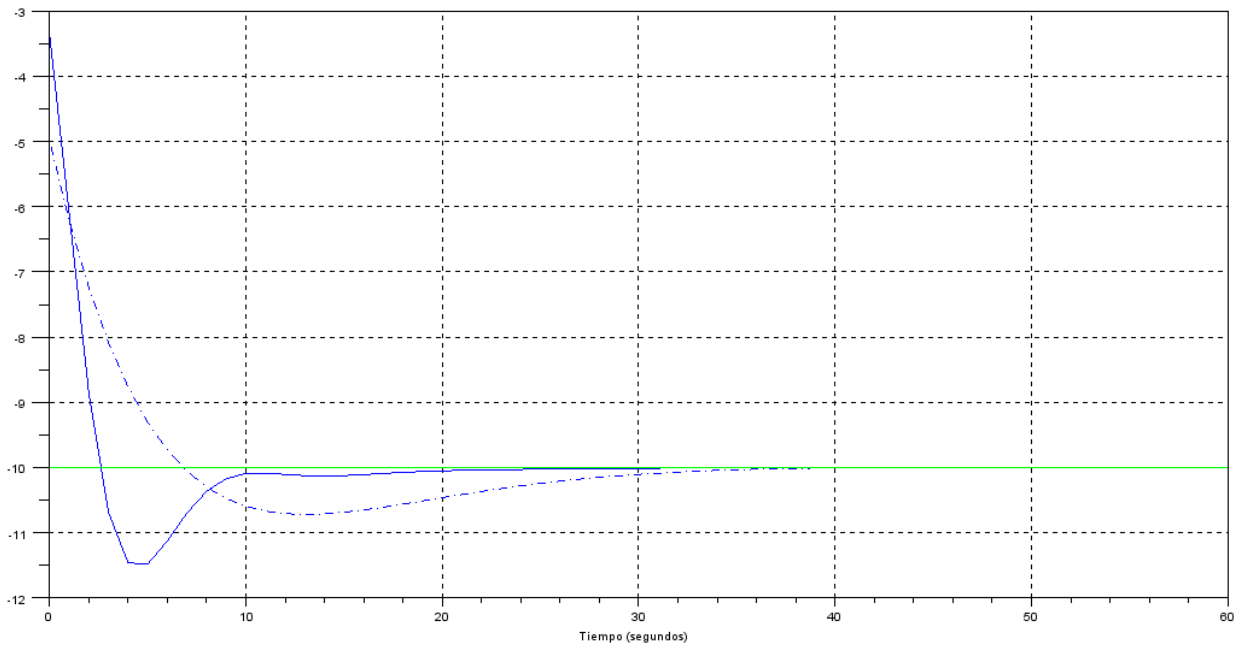


Figura. 3. Respuesta de Nichols vs Respuesta ajustada con algoritmo genético vs referencia

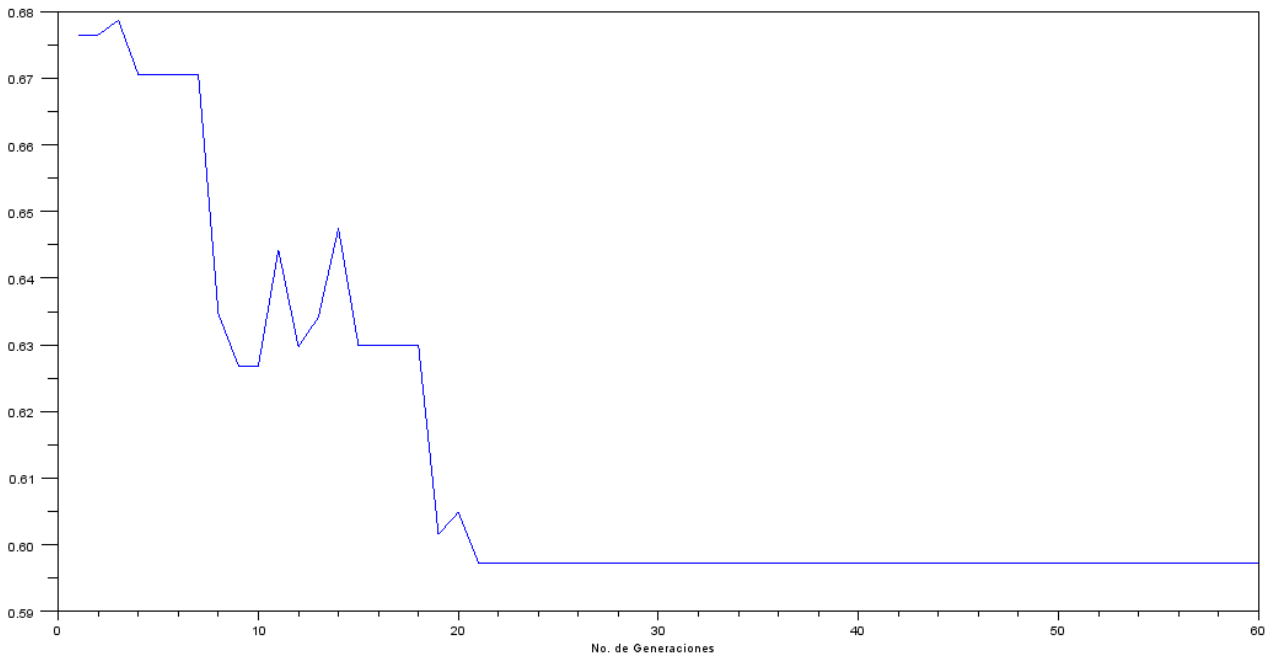


Figura. 4. Convergencia del algoritmo

Trabajo a futuro

Se propone usar un algoritmo genético multiobjetivo que considere diversas propiedades de un controlador PID, también es necesario implementar el uso de restricciones que controlaran la convergencia del algoritmo y los valores válidos.

Conclusiones

Como los muestran los resultados mostrados en la Tabla 1 se observa que el tiempo de establecimiento, así como el error cuadrático medio se reducen, lo cual era el objetivo del algoritmo genético, se observa el sobre impulso presenta un incremento, el cual puede ser disminuido mediante el uso de restricciones o convirtiendo el algoritmo de uno simple a uno de múltiples objetivos, se observa que la convergencia del algoritmo es alta. Con esto en mente es posible afirmar que el ajuste de parámetros de un controlador PID es más efectivo mediante técnicas de optimización basada en algoritmos evolutivos en comparación con técnicas analíticas como el ajuste de Nichols.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados de la UAEMex por el apoyo brindado en la realización de este proyecto

Referencias

1. Cao, J-H.; Zhu, B-K.; Ji, G-L. and Xu, Y-Y. (2005). Preparation and characterization of PVDF-HFP microporous flat membranes by supercritical CO₂ induced phase separation. *J. Membrane Sci.* **(266)** 102-108.
2. Matsuyama, H.; Yano, H.; Maki, T.; Teramoto, M.; Mishima, K. and Matsuyama, K. (2001). Formation of porous flat membrane by phase separation with supercritical CO₂. *J. Membrane Sci.* **(194)** 157-165.
3. Mikawa, M.; Seki, N.; Nagaoka, S. and Kawakami, H. (2007). Structure and gas permeability of asymmetric polyimide membranes made by dry-wet phase inversion: influence of alcohol as casting solution, *J. Polym. Sci. B: Polym. Phys.* **(45)** 2739-2747.
4. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Structures and gas separation properties of asymmetric polysulfone membranes made by dry, wet, and dry/wet phase inversion, *J. Appl. Polym. Sci.* **(43)** 1491-1502.
5. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Relationship between substructure resistance and gas separation properties of defect-free integrally skinned asymmetric membranes, *Ind. Eng. Chem. Res.* **(30)** 1837-1845.
6. Reverchon, E. and Cardea, S. (2004). Formation of cellulose acetate membranes using a supercritical fluid assisted process. *J. Membrane Sci.* **(240)** 187.
7. Reverchon, E. and Cardea, S. (2005). Formation of polysulfone membranes by supercritical CO₂. *J. Supercrit. Fluids.* **(35)** 140-148.
8. Reverchon, E. and Cardea, S. (2006). PVDF-HFP Membrane formation by supercritical CO₂ processing: elucidation of formation mechanisms. *Ind. Eng. Chem. Res.* **45**, 8939-8946.
9. Reverchon, E.; Cardea, S.; Rapuano, C. (2006). Formation of poly-vinyl-alcohol structures by supercritical CO₂. *J. Appl. Polym. Sci.*, **104**, 3151.
10. Reverchon, E.; Schiavo Rappo, E. and Cardea, S. (2006). Flexible supercritical CO₂-assisted process for poly(methyl methacrylate) structure formation. *Polym. Eng. Sci.* **(46)** 188-196.
11. Temtem, M.; Casimiro, T. and Aguilar-Ricardo, A. (2006). Solvent power and depressurization rate effects in the formation of polysulfone membranes with CO₂-assisted phase inversion method. *J. Membrane Sci.* **(283)** 244-257.
12. Tsivintzelis, I.; Pavlidou, E. and Panayiotou, C. (2007). Porous scaffolds prepared by phase inversion using supercritical CO₂ as antisolvent I. Poly(L-lactic acid). *J. Supercrit. Fluids.* **(40)** 317-326.
13. Xu, Q.; Pang, M.; Peng, Q.; Jiang, Y. and Li, J. (2004). Application of supercritical carbon dioxide in the preparation of effect of biodegradable polylactide membranes. *J. Appl. Polym. Sci.* **(94)** 2158-2165.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

SISTEMAS COMPUTACIONALES

1	Viabilidad en la aplicación de componentes Moodle para el proceso de virtualización en el SNEST	666
	<i>José Abel Díaz Aguado, Felipe Luna García y Susana Bello Saldaña</i>	
2	Aplicación web para Automatizar la Elaboración de Horarios de Clases	673
	<i>Montserrat Masdefiol Suárez, Angelina Márquez Jiménez, Lily Alejandra Medrano Mendoza, David Cortes Palacios y Filiberto Sarabia Morales</i>	
3	Análisis de niveles IMECA para PM2.5 y PM10 en Nogales, Sonora con minería de datos	680
	<i>Indelfonso Rodríguez, Sigilfredo García, Guillermina Muñoz y Ana Luisa Perea.</i>	
4	Desarrollo y construcción de una Ontología basada en el Metamodelo del Diagrama de Objetivos KAOS	688
	<i>Carlos Vélez Carvajal, Sebastián Gómez Arias y Jaime Guzmán-Luna</i>	
5	Recomposición Automática de Servicios Telco Convergentes	696
	<i>Jorge Antonio García Cárdenas and Jaime Alberto Guzmán Luna.</i>	
6	Diseño de un sistema de monitoreo de halterofilia utilizando un modelo biomecánico	704
	<i>Francisco Javier Rosas Ibarra, María Trinidad Serna Encinas, Cesar Enrique Rose Gómez y Javier Enrique de La Vega Bustillo</i>	
7	Multicluster HPC sobre un middleware de clusters HPC	712
	<i>Juan Santos Cruz, Abelardo Rodríguez León, José Hernández Silva y Marco Antonio Romo Medina</i>	
8	Estándares Semánticos para Representar Objetos de Aprendizaje	720
	<i>Ingrid-Durley Torres y Jaime Guzmán-Luna</i>	
9	Arquitectura de software para codificación fácil en células de desarrollo en universidades	728
	<i>Miguel Ángel Gil Ríos, María Dolores Juárez Ramírez, Myriam Soria García, Julio César Mosqueda Gómez y Mario Juan De Dios</i>	
10	Valoración de la metodología INGENIAS para desarrollo de SMA usando un caso de estudio	736
	<i>Erik Hernández, Cora Beatriz Excelente y Carlos Pérez-Corona</i>	

Viabilidad en la aplicación de componentes Moodle para el proceso de virtualización en el SNEST

J.A. Díaz Aguado^{1*}, F. Luna García¹, S. Bello Saldaña²

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Col. Villa Moderna, C.P. 39090, Chilpancingo Gro., México

²Departamento de Ciencias Económico Administrativo, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Col. Villa Moderna, C.P. 39090, Chilpancingo Gro., México

*adamo432@gmail.com

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

Actualmente las instituciones educativas dirigen sus esfuerzos para lograr una mayor cobertura en la prestación de sus servicios educacionales, implementando para ello, la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación, con la finalidad de establecer la virtualización de tales servicios. La mayoría de estas instituciones educativas, han optado por el uso de la plataforma de software libre Moodle, con la finalidad de producir “ambientes educativos virtuales”. Sin embargo, en estas implementaciones de educación virtual realizadas con Moodle, se ha observado que tal implementación está orientada a la estructuración propia de la plataforma y que obedece al concepto que sus desarrolladores tienen en particular sobre la virtualización. En este artículo se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada, donde se efectuó un análisis a los componentes software que integran a Moodle, para identificar aquellos componentes de posible reutilización en el proyecto de virtualización en el SNEST.

Palabras clave: componentes software, Moodle, reutilización de código, virtualización.

Abstract

At present the educational institutions direct its efforts to achieve a major coverage in the service of its educational services, helping for it, the use of the information technologies and the communication, for the purpose of establishing the virtualization of such services. Most of these educational institutions, they have chosen for the use of the platform of free software Moodle, for the purpose of producing “educational virtual ambiances”. However, in these implementations of virtual education realized with Moodle, it has been observed that such an implementation is faced to the proper structure of the platform and that it obeys the concept that its developers have in particular on the virtualization. In this article there appear the obtained results of the realized investigation, where there carried an analysis out to the components software that they integrate to Moodle, to identify those components of possible reuse in the virtualization project in the SNEST.

1. Introducción

En el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST), varios de los Institutos Tecnológicos que lo integran, muestran una tendencia creciente en el uso de la plataforma Moodle, que también es conocida como un sistema de gestión de aprendizaje (LMS) Learning Management System. Siendo esta una aplicación web que permite establecer Ambientes Educativos Virtuales, motivo por el cual se ha seleccionado a esta misma, con la finalidad de implementar ambientes de aprendizaje que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje, los cuales son accedidos por alumnos y docentes. Sin embargo, también se están realizando proyectos de investigación, como ocurre en el Instituto de Chilpancingo, Luna, F. y Hernández, J. [2012] y Díaz, J., Luna, F., Bello, S. y Sánchez, D. [2012], con cuyos resultados se busca fundamentar y dirigir los futuros procesos de virtualización en el SNEST.

Este proyecto parte de la percepción sobre los resultados obtenidos en investigaciones previamente realizadas en el SNEST en lo que a virtualización se refiere, por lo que se considera la siguiente conceptualización de virtualidad, que fue generada en una de estas investigaciones: “La virtualidad de una entidad, se constituye

por su interacción con otra entidad que la virtualizó al fungir como intermediaria de la interacción que ha tenido con otras entidades, pero que la presenta con las capacidades adicionales que le requiere su interacción con aquellas.”, Luna, F. y Hernández, J. [2012]. El concepto de virtualización definido para esta investigación es, la de crear mediante el uso de software, una versión virtual de varios recursos tecnológicos, los cuales estarán disponibles mediante una plataforma virtual académica.

Ambos conceptos se concretaron en un enfoque particular y generaron como consecuencia, la necesidad de diseñar y construir una plataforma de software, que corresponda completamente con ese enfoque y cuya construcción podría implicar un tiempo bastante considerable, percibiéndose también que la reutilización de código es una estrategia que puede posibilitar la reducción significativa del tiempo de construcción de esa plataforma específica. Por consiguiente, se seleccionó a Moodle para determinar la reutilización de sus componentes de software, primordialmente por ser una plataforma de software orientada a la creación de ambientes virtuales de aprendizaje y dada su característica de software libre, lo cual posibilita la obtención, análisis y reutilización de su código fuente, otro factor determinante en su selección, es la experiencia personal de varios docentes de distintas Academias del instituto, referente al uso y el desarrollo de proyectos de investigación sobre la plataforma Moodle, Díaz, J., Luna, F., Bello, S. y Sánchez, D. [2012].

Esta investigación tiene su origen a partir de la idea, de que en esta plataforma de software, se podrían encontrar componentes de posible reutilización en otros proyectos de virtualización, cuya identificación y comprensión resultaría en una apreciable reducción del tiempo de desarrollo de tales proyectos.

Siendo la reutilización de código una técnica suficientemente desarrollada, conformando la primera etapa de esta técnica, por la identificación y descripción de los componentes del código que se pretenden reutilizar, es a partir de los resultados que habrán de obtenerse en esta etapa, que se deben establecer las metas que habrán de alcanzarse en este proyecto. Se realizó un estudio del arte, referente a otras investigaciones previas sobre la reutilización de código, de las cuales fueron seleccionadas y consideradas tres de estas para la realización de este trabajo, aportando varios elementos de valor que resultaron de gran relevancia para identificar y analizar los posibles módulos de Moodle que pudieran ser reutilizados, entre las aportaciones más relevantes de estos proyectos se encuentran, la de conocer el esquema de un módulo de Moodle, estos módulos se almacenan en la carpeta moodle/mod y cada uno de ellos, en un directorio individual. Rodríguez, F. [2007], en otro trabajo se consideró el aspecto de desarrollo de bloques para Moodle, lo cual permitió identificar que son uno de los tipos de extensiones que emplea Moodle, siendo el otro tipo de extensión disponible, los módulos, como diferenciar a estos, crearlos y/o reutilizarlos en un momento dado, Macías, D. [2010], el tercer trabajo aporta información sobre la estructura de su base de datos y la opción de modificar módulos existentes o añadir nuevas funcionalidades a Moodle, García, M. [2010].

2. Metodología

La metodología empleada fue la de análisis de sistemas, la cual se integró por las siguientes etapas:

1) Identificación de objetivos del sistema: Se analizó el diagrama de contexto del sistema que constituye la plataforma Moodle. Esta actividad permitió identificar y especificar las entidades y las interacciones con respecto a estas, con las que se tiene definido su diseño, así como, la interacción del sistema de Moodle, de acuerdo a los objetivos del mismo.

2) Identificación y descripción de entradas y salidas de datos: Se identificaron los elementos de datos que utiliza Moodle y sus características, que constituyen las entradas y salidas del sistema de la plataforma.

3) Identificación y descripción de funciones de procesamiento de datos: Se elaboró un diagrama de nivel superior que considera los módulos de Administración y los módulos de Desarrollo del sistema que constituye Moodle. Se identificaron y especificaron las funciones de procesamiento que definen la funcionalidad de la plataforma.

4) Identificación y descripción de funciones de almacenamiento de datos y de la estructura del almacenamiento de datos: Se elaboró un documento de especificación de procesos del Administrador y Desarrollador de la plataforma Moodle, identificados para su uso en la virtualización.

Se definieron dos entidades, las cuales se identificaron a cada una de estas como: “Desarrollador” y “Administrador”, entendiéndose como “Desarrollador” al usuario que utiliza los componentes cuyo uso le debió haber sido autorizado por el “Administrador”, y no entendiéndose como tal, al usuario desarrollador de la plataforma y que por tanto debería conocer los componentes a nivel de código y de la estructura de diseño de dicha plataforma.

Por lo tanto, la metodología de análisis de sistemas antes especificada, fue aplicada para lograr identificar y describir los componentes de software definidos en la plataforma Moodle, para ser utilizados por el “Desarrollador”, así como por el “Administrador”, produciéndose por tanto en ambos casos, productos similares en cada etapa de la aplicación de la metodología.

Los requerimientos iniciales de la plataforma virtual académica, la cual será desarrollada en la siguiente fase de esta investigación son: La Entidad Virtual funcionará como un medio de interacción entre los integrantes de una Entidad Real (docentes, alumnos y directivos), los cuales podrán realizar solicitudes y acciones, esta Entidad Virtual ofrecerá servicios automatizados para resolver necesidades o situaciones que se han abordado previamente. Esta virtualización deberá proporcionar las facilidades de trabajo, sin que sea necesaria la presencia física en un mismo espacio por parte de sus usuarios, puesto que la Entidad virtual estará disponible vía web, permitiendo como consecuencia de esto, ser accesible desde cualquier lugar y de cualquier equipo de cómputo móvil, así mismo se lograrán establecer puntos de acuerdo en común, discutir temas de relevancia, trabajar y colaborar en equipo, generar e incluir una mayor cantidad de recursos digitales por parte de sus usuarios, los cuales estarán disponibles para otros usuarios, ampliando el horizonte de ideas y creando nuevas visiones de cada tópico a tratar. Estas funcionalidades permitirán que cada uno de los usuarios, puedan retroalimentar y actualizar de manera continua, la información que se esté generando en ese momento en la Entidad Virtual.

El Entorno Virtual utilizará un esquema de trabajo organizado mediante proyectos, que a su vez podrán estar integrados por uno o más sub-proyectos, los cuales serán administrados y asignados por un coordinador general, para este primer prototipo, esta función será desempeñada por el Presidente de la Academia de Informática, quien será el responsable directo de su administración, pero a su vez el Secretario y los Integrantes de la Academia, podrán tener asignado uno o varios proyectos por parte del Presidente, en los cuales deberán fungir, de acuerdo a la asignación dada, como coordinadores y/o colaboradores, con los respectivos privilegios y restricciones que le serán otorgadas por el mismo Presidente.

3. Desarrollo

Las etapas que se desarrollaron fueron las siguientes:

1) Identificación de objetivos del sistema: Con el análisis del diagrama de contexto, se observó la interconexión existente entre las entidades externas y el sistema por medio del flujo de datos bidireccionales, los cuales permiten realizar solicitudes al sistema y obtener la información requerida. Los procesos se realizan mediante el gestor de cursos virtuales Moodle, donde los principales actores que intervienen son: el administrador, el cual realiza las diferentes configuraciones en el curso y recibe solicitudes e informes si así lo requiere, los docentes, los cuales ingresan la temática de los cursos virtuales, las actividades a realizar y los distintos recursos que estarán disponibles, responden a las inquietudes de los alumnos y califican las tareas desarrolladas por estos mismos. Y los alumnos, quienes ingresan a sus respectivos cursos para realizar las distintas actividades que tienen programadas, asimismo disponen de una serie de recursos didácticos para el desarrollo de dichas actividades y tareas. González, A. [2008].

Se realizó la instalación de Moodle en un servidor propio de la Academia de Informática, la versión utilizada es la 1.9, debido a que se localizó un sitio web <http://moodle.org/xref/nav.html?index.html>, en el cual se encontró disponible el código fuente de esta versión, organizada de manera jerárquica (por directorios), que dispone de un editor de PHP, que tiene el nombre de PHP Cross Reference of Moodle 1.9.9, situación que resulto favorable para la identificación de varios componentes de software, de igual forma, se realizaron las distintas pruebas en este servidor para verificar la funcionalidad de estos mismos. En la siguiente figura 1, se muestra la pantalla

principal de la Academia de Informática que fue implementada con Moodle y en la cual se realizaron las distintas pruebas experimentales sobre diversos módulos:



Figura 1. Página principal de la Academia de Informática, empleada para la realización de las pruebas del código de los componentes.

2) Identificación y descripción de entradas y salidas de datos: Se analizó la estructura de la bases de datos en el sitio web: http://docs.moodle.org/dev/Database_schema_introduction, donde se observó que cuando se instala Moodle, las tablas de la base de datos son generadas y actualizadas por varios archivos script de manejo de base de datos ubicados en varios lugares, por lo tanto, no existe una representación esquemática canónica, esto debido a la estructura modular de la plataforma, por lo que la base de datos no se encuentra almacenada en un solo lugar. González, A. [2008]. La capa de base de datos en Moodle ha sido escrita utilizando la librería de PHP ADOdb, que fue creada para proporcionar un método estándar de acceso a varios sistemas de bases de datos, utilizando una interfaz de programación consistente. Las librerías de bases de datos nativas en PHP son específicas de una base de datos, por lo que es complicado usarlas para generar un programa que soporte múltiples servidores de bases de datos. Gracias al uso de ADOdb, Moodle proporciona soporte para varias bases de datos, entre las que se incluyen: MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL y Oracle. García, M. [2010].

Se elaboró un diccionario de datos a partir de la tabla Usuarios, que permitió identificar como se registran los datos de los Administradores, Profesores y Alumnos. González, A. [2008]. En la siguiente figura 2, se observa uno de los distintos diagramas relacionales que se obtuvieron en el sitio web antes mencionado y que muestra las tablas de los distintos roles y cursos de la plataforma Moodle:

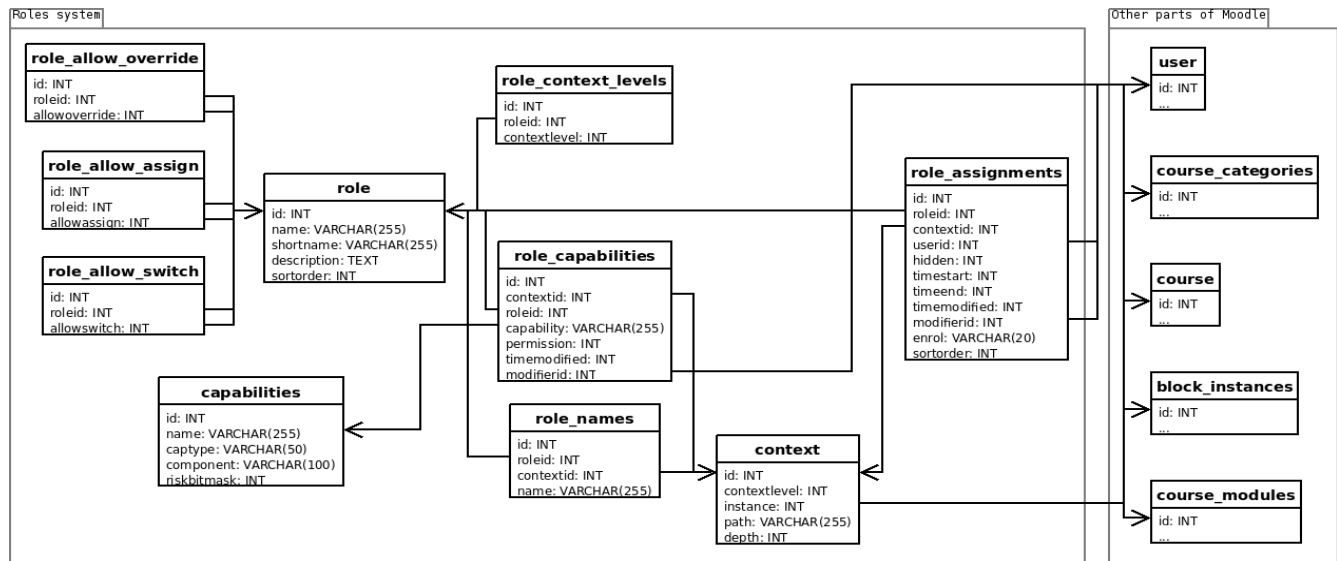


Figura 2. Diagrama relacional de la tablas de Roles y Cursos en Moodle.

3) Identificación y descripción de funciones de procesamiento de datos: Se identificó la forma en cómo se realiza el procesamiento de la información en Moodle, esta plataforma se basa en un núcleo del sistema conocido como “Moodle core”, el cual se encuentra rodeado de una gran cantidad de *plugins* (complementos), que proveen de funcionalidad específica a la plataforma. Los *plugins* en Moodle pueden ser de varios tipos distintos: autenticación, bloques, matriculación, temas, actividades, entre otros más. González, A. [2008].

Todos los módulos comparten funcionalidad específica entre si y el núcleo. La distribución estándar de Moodle incluye el núcleo del sistema y un número de módulos de todos los tipos que proveen de la funcionalidad base del sistema y con el cual se puede empezar a funcionar sin carencias ni problemas de ningún tipo.

En la siguiente figura 3, se muestra un mapa conceptual del núcleo de Moodle y las distintas interacciones que se presentan entre los módulos de Moodle, mediante el empleo de estos *plugins*:

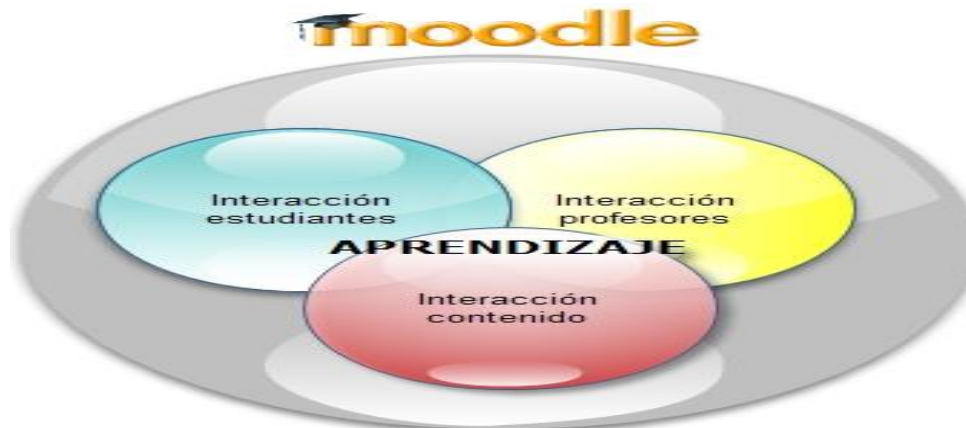


Figura 3. Mapa conceptual del núcleo de Moodle y las interacciones efectuadas por los plugins.

4) Identificación y descripción de funciones de almacenamiento de datos y de la estructura del almacenamiento de datos: En esta etapa se observó que la base de datos de Moodle está organizada en aproximadamente doscientas tablas relacionadas. La instalación por defecto le añade el prefijo (mdl) al nombre de cada una de estas tablas. Cada componente principal del sistema normalmente tiene una o más tablas, cada una identificada con el nombre del componente.

Los archivos que son incorporados por los usuarios a plataforma, se almacenan en el directorio moodledata. En este directorio también se almacenan los datos de sesión de los usuarios cuando ingresan en el sistema, en los

datos de Moodle, también se almacenan los paquetes de idioma opcionales que pueden ser descargados desde la interfaz de administración. Moodle estructura los datos del directorio ya sea por usuarios o bien por cursos. Cada curso tiene un directorio, nombrado con un número entero que representa el identificador único asignado a dicho curso en la base de datos. Es posible determinar estos valores navegando en un curso a través del sitio de Moodle e inspeccionando los parámetros en la URL, por ejemplo, al examinar la URL de un curso:

<http://localhost/workspace/moodle19/course/view.php?id=3>

Se puede observar que el id=3, al final de la cadena, es el identificador del curso, en caso que un usuario haya incorporado un nuevo archivo en este curso, existirá un directorio con el nombre: moodledata/3, en este directorio, Moodle almacena datos de sus módulos en la subcarpeta moddata, cuando un módulo necesita almacenar archivos, los almacena dentro de esta carpeta en un directorio con el mismo nombre que el módulo, por ejemplo, el módulo Wiki tendrá en este lugar, un directorio llamado wiki. Además, Moodle creará una carpeta llamada backupdata si se han realizado copias de seguridad de algún curso. Los archivos que han sido incorporados directamente por un usuario usando la interfaz de archivos del curso, se encontrarán en la raíz de este directorio. Los usuarios pueden crear también sus propios directorios y subdirectorios dentro del directorio raíz. García, M. [2010].

4. Resultados y discusión

Una vez efectuado el análisis de los resultados obtenidos en cada una de las cuatro etapas que fueron desarrolladas, se identificó que la reutilización del código de Moodle, en relación a los módulos que lo integran no es posible en su totalidad, porque se requieren de otros módulos que no se pueden identificar con precisión, de igual forma, existe una total dependencia de la base de datos que utiliza la plataforma, la cual presenta inconvenientes al momento de analizar los atributos de las distintas tablas que la integran, debido a que esta base de datos está integrada por más de doscientas tablas, lo cual implica el tener que realizar un análisis más detallado de su estructura, que permita conocer cuáles serían las tablas de mayor relevancia y que pueden ser consideradas para el prototipo que se tiene considerado desarrollar en una siguiente fase de esta investigación.

El análisis realizado a la estructura funcional de Moodle, permitió retroalimentar los requerimientos iniciales del prototipo en cuestión, esto debido a que es posible incorporar la lógica y los procedimientos que emplea Moodle en su funcionamiento, los cuales pueden ser aplicados en la realización de esta nueva plataforma virtual, la cual tendrá como fundamento, varias de las características y cualidades que se han observado en Moodle, sin que esta pretenda ser una copia fiel del original, sino que más bien, que considere varias de las funcionalidades que ofrece Moodle y las cuales estarán diseñadas de acuerdo a los requerimientos y necesidades propios de los Institutos Tecnológicos que integran el SNEST.

5. Trabajo a futuro

Esta investigación fue considerada desde sus inicios, para ser realizada en dos fases: la primera de ellas, la cual ha sido descrita en este artículo, se enfocó en determinar la viabilidad en la aplicación de componentes Moodle para el proceso de virtualización y una vez conocidos los resultados antes descritos, se continuará con la segunda fase del proyecto, en donde se optó por desarrollar una plataforma virtual académica independiente de Moodle, la cual será programada empleando el lenguaje de programación PHP, tomando en consideración varios de los aspectos que se analizaron en esta investigación, lo cual permitirá disponer de una plataforma virtual institucional generada con software libre, permitiendo realizar una virtualización de varios procesos académicos propios de los Institutos Tecnológicos que integran al SNEST, en una primera instancia se tiene considerado el desarrollo de un primer prototipo que será implementado en la Academia de Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, posteriormente se tiene programado que esta sea utilizada en un mediano plazo, en todas las demás Academias existentes en la Institución, y a largo plazo, pueda ser difundida y utilizada en todos los Institutos Tecnológicos del país.

6. Conclusiones

Durante esta investigación, se realizó la implementación de la plataforma Moodle 1.9, la cual cuenta con una arquitectura modular, y en donde se efectuó el análisis de varios códigos de sus componentes de software, en los cuales se observó, que al momento de intentar ser reutilizados en un sitio independiente o distinto a la plataforma, se producían varios errores en su ejecución, esto originado por la necesidad de disponer de la base de datos que utiliza originalmente Moodle, así como varios de los directorios que contienen módulos específicos que interactúan directamente con el código de los módulos evaluados. Se logró determinar mediante estas pruebas experimentales, la no viabilidad en la reutilización de los componentes de Moodle, debido a la total dependencia que tienen sus componentes de software con su estructura funcional en todo su conjunto.

También se logró comprobar que la reutilización de código, mediante la abstracción, permite observar con mayor precisión las distintas bibliotecas de software, en las que se agrupan varias operaciones comunes a cierto dominio, lo cual simplifica el desarrollo de programas nuevos. De esta manera se aprovecha el trabajo previo, se economiza tiempo y se reduce la redundancia.

Otro aspecto relevante del análisis efectuado, fue el de identificar el funcionamiento lógico de la plataforma Moodle, lo que permitió generar una retroalimentación en la toma de decisiones, sobre el prototipo que se desarrollará para la siguiente fase de esta investigación, la cual será la creación de una plataforma virtual académica independiente de Moodle, puesto que existen varias funcionalidades que no son acordes a las necesidades propias de los procesos académicos de los Institutos Tecnológicos, ya que el concepto con el cual fue desarrollado Moodle, es de propósito general y por lo tanto, esta puede ser utilizada en todos los niveles educativos existentes, así como en el ámbito de la capacitación, formación y actualización, tanto profesional, como laboral.

7. Referencias

1. Luna, F. y Hernández, J. (2012). Diseño de virtualización en un caso de estudio para fundamentar la virtualización en el SNEST, CICOM 2012. ISBN 978-607-7760-62-7
2. Díaz, J., Luna, F., Bello, S. y Sánchez, D. (2012). Prototipo de virtualización de la Academia de Informática del ITCH basado en dos plataformas de software libre, Primer Congreso Nacional de Tecnologías de la Información y Seguridad. ISBN 978-607-00-6844-7
3. GNU General Public License, (2005). *Moodle for Teachers, Trainers and Administrators*, Free Software Foundation Inc.
4. González, A. (2008). Guía de Apoyo para el uso de Moodle 1.9.4 Usuario Administrador, EUITIO - Universidad de Oviedo.
5. González, A. (2008). Guía de Apoyo para el uso de Moodle 1.9.4 Usuario Desarrollador, EUITIO - Universidad de Oviedo.
6. Rodríguez, F. (2007). Tutorial para la creación de un módulo en Moodle, GNU General Public License, Universidad de Extremadura.
7. Macías, D. (2010). Plataformas de enseñanza virtual libres y sus características de extensión: Desarrollo de un bloque para la gestión de tutorías en Moodle, Universidad de Alcalá.
8. García, M. (2010). Análisis del desarrollo de extensiones para Moodle: Desarrollo de un módulo para la gestión de laboratorios docentes, Universidad de Alcalá.
9. Sitio web de MoodleDocs (2013). Recuperado durante los meses de enero a junio del 2013, de <http://docs.moodle.org/es>.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Aplicación web para Automatizar la Elaboración de Horarios de Clases

M. Masdefiol Suárez, A. Márquez Jiménez, L.A. Medrano Mendoza, D. Cortés Palacios, F. Sarabia Morales

División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla,
Carretera Costera del Golfo KM 140+100, San Andrés Tuxtla, C.P. 95804, Veracruz, México
mmasdefiol@hotmail.com

Área de participación: Ing. en Sistemas Computacionales

Resumen

En la actualidad, existe gran cantidad de avances tecnológicos, cuyo objetivo es facilitar y agilizar el o los procesos que se realizan dentro de empresas, institutos educativos o negocios, por mencionar algunos ejemplos. Uno de estos avances son los sistemas de información, los cuales son un conjunto de datos organizados y preparados para su posterior uso, generados principalmente para satisfacer una necesidad.

Tomando en cuenta estos avances, cada vez es más necesario desarrollar software basándose en la comprensión de cada proceso, por lo tanto a continuación se describe el desarrollo de una aplicación web que permite automatizar el proceso de elaboración de horarios de clases en el Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITSSAT), no dudando que ésta pueda también apoyar a cualquier otra institución que realice este mismo proceso.

Palabras clave: proceso, horarios de clases, aplicación web.

Abstract

There are currently plenty of technological advances, which aim to facilitate and speed up the processes that are performed within companies, educational institutions and businesses, to name a few. One of these advances is information systems, which is a group of data organized and prepared for subsequent use, mainly generated to satisfy a need.

Taking into account these advances, it is increasingly necessary to develop software based on the understanding of each process. Therefore, a web application development tool to automate the class schedule process in the Higher Technological Institute of San Andres Tuxtla (ITSSAT) will be described. Without any doubt, this process will be useful for other institutions that perform this same process.

Keywords: process, class schedules, web application.

Introducción

Con el crecimiento de la población estudiantil ha surgido la demanda de Instituciones educativas y servicios tecnológicos, por ello, el Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITSSAT) tuvo la necesidad de ampliar sus instalaciones, e impartir nuevas carreras, sin embargo, esto trajo como consecuencia que el proceso de elaboración de horarios de clases que se realizan al inicio de cada semestre sea más complicado e inclusive tardado, ya que estos se realizan de manera manual provocando que se pierda mucho tiempo que podría ocuparse para realizar otras tareas.

El Área Académica conformada por los jefes de división de las carreras y jefes de departamentos, son los encargados de realizar el proceso de elaboración de horarios de clases. Para poder realizar este proceso, se deben de considerar diversos aspectos como grupo, materias que se impartirán, distribución de aulas, laboratorios, talleres y la disponibilidad de los docentes.

Cada división de carrera tiene asignados docentes los cuales tienen que impartir clases no sólo en la carrera a la que pertenecen sino que también en otras carreras, para lo cual en cada periodo de elaboración de horarios de clases se realiza un análisis del perfil de las materias a impartir para solicitar a la división correspondiente la asignación de docentes para la impartición de las mismas.

Por lo anterior, para poder agilizar este proceso, en el Área Académica se propone el proyecto de implementación de una aplicación *web* que automatice el proceso de elaboración de horarios de clases, evitando empalmes de aulas, materias, validando la disponibilidad de los docentes y generando los documentos requeridos por los jefes de división, lo cual será de gran ayuda ya que permitirá ocupar el tiempo que anteriormente requerían para digitalizar la información en realizar otras labores y así también se podrá disminuir el impacto ambiental que se genera durante el desarrollo de estas actividades.

Metodología

La Ingeniería *Web* (*IWeb*) es una metodología enfocada a la creación, implantación y manutención de aplicaciones y sistemas *web*, la cual se relaciona con establecer y utilizar principios científicos, de ingeniería y de gestión, y con enfoques sistemáticos y disciplinados del éxito del desarrollo, manejo y mantenimiento de sistemas y aplicaciones basados en *web* de alta calidad. *UWE* está especializada en la especificación de aplicaciones adaptativas, y por tanto hace especial hincapié en características de personalización, como es la definición de un modelo de usuario o una etapa de definición de características adaptativas de la navegación en función de las preferencias, conocimiento o tareas de usuario.

La elaboración de la aplicación se basó en los modelos de desarrollo de aplicaciones *web*, *IWeb* y *UWE* de las cuales se tomarán las siguientes fases:

Análisis de requisitos

Para conocer las necesidades del Área Académica del ITSSAT, en particular de las diferentes divisiones y departamentos se hizo uso de técnicas de recolección de información. Mediante la aplicación de cuestionarios a cada uno de los jefes de división y departamentos, se pudo conocer los requerimientos de cada uno de los usuarios con el fin de detectar las necesidades, puntos de vista, y experiencias presentadas en el proceso de elaboración de horarios de clases, dentro de la institución educativa (ITSSAT).

Las técnicas y métodos aplicados para la recolección de información, fueron de gran ayuda para conocer el funcionamiento y necesidades del Área Académica, sin embargo, una parte fundamental para comprender el funcionamiento y plantear las ideas que sirvieron de ayuda en el planteamiento de una solución adecuada fué observar a los usuarios en sus labores, identificando los factores involucrados en el proceso así como los reportes de problemas del sistema actual.

Requerimientos del Sistema

Requerimiento es la descripción de los servicios y restricciones de un sistema de software, es decir, lo que el software debe hacer y bajo qué circunstancias debe hacerlo. Los requerimientos pueden ser:

Requerimientos funcionales: Describen las interacciones entre el sistema y su ambiente, en forma independiente a su implementación. El ambiente incluye al usuario y cualquier otro sistema externo con el cual interactúe el sistema.

Requerimientos no funcionales: Describen atributos sólo del sistema o del ambiente del sistema que no están relacionados directamente con los requisitos funcionales. Los requisitos no funcionales incluyen restricciones cuantitativas, como el tiempo de respuesta o precisión, tipo de plataforma (lenguajes de programación y/o sistemas operativos, entre otros)

Dentro de los requerimientos identificados para el desarrollo de la aplicación fueron:

Requerimientos Funcionales

- El usuario deberá poder registrar las carreras necesarias junto con su respectivo jefe de División.
- La aplicación web deberá proporcionar al usuario la posibilidad de registrar las materias que necesite al igual que docentes, aulas, laboratorios y talleres.
- El usuario podrá realizar la carga de horario una vez registrada la información necesaria para ello.
- Se podrán asignar materias a otras Divisiones para que se encarguen de impartirla.
- Los grupos pueden llevar las materias según su semestre y agregar o quitar según sea la carrera.
- Proporcionar consultas de la información generada de la elaboración de horarios como lo son consulta de horario de los docentes, grupos, aulas, laboratorios y talleres todas estas con sus respectivos archivos en formato PDF.
- Las consultas de horario de docente, grupos, aulas, laboratorios y talleres contarán con la versión digital solo para consultar o la versión lista para imprimir.
- Garantizar la integridad de los datos.

Requerimientos No Funcionales

- La interfaz será diseñada con colores grises para no cansar demasiado la visión del usuario y así ayudarlo a realizar su labor.
- Los formularios de registro serán ajustados para garantizar la velocidad de captura mediante el uso puro del teclado si así lo requiere.
- La interfaz se deberá diseñar para proporcionarle al usuario facilidad de uso y agilidad para realizar sus labores.
- Las consultas de horario de docente, grupo y carrera deben cumplir con el formato utilizado en las Divisiones dentro del Instituto.
- La aplicación debe cumplir con el proceso de elaboración de horarios.
- La información será protegida mediante contraseña en la base de datos.
- Los usuarios necesitarán de una contraseña para poder entrar a la aplicación web.

Modelo de interacción

Se desarrollan los casos de uso identificados, también se realizan los diagramas de secuencias y diagramas de colaboración, además de realizar el diseño de un prototipo de la interfaz de usuario. En la Fig. 1. se muestra el comportamiento de los elementos del sistema (actores, relaciones, dependencias, entre otros) permitiendo al usuario tener una visión gráfica de los requerimientos solicitados.

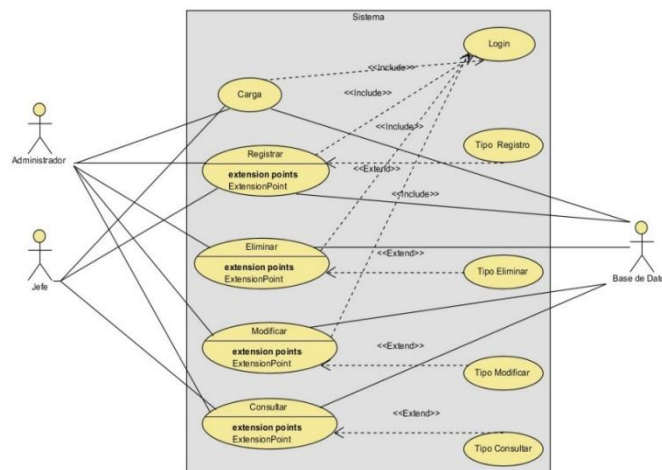


Fig. 1. Diagrama de Casos de uso

Modelo de navegación

Permite conocer la estructuración de los módulos de la aplicación, para brindarle al usuario una aplicación mas ordenada y entendible posible, lo que facilitará el uso adecuado y aprovechamiento de la misma. En la Fig. 2. se muestra el diseño modular de la aplicación.

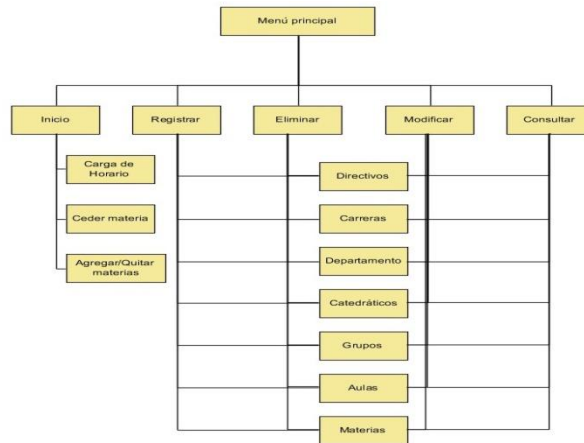


Fig. 2. Diseño Modular

Diseño de presentación

En esta etapa se escogen los diseños de las múltiples ventanas, los estilos del marco, diseños de los botones, se especifican los mensajes de notificación que contendrá la aplicación además de representar la estructura mediante la notación de *UML*.

Diseños de Salidas

Los diseños de salida se han clasificado en:

- Salida por pantalla: permite mostrar consultas por pantalla de grupos, aulas (Fig. 3.) y horarios de docentes, permitiendo eliminar o modificar alguno de ellos.
- Reportes impresos: permite mostrar e imprimir la ocupación de aulas, horarios de grupos (Fig. 4.) y horarios de docentes (Fig. 5).

Fig. 3. Ocupación de Aulas

Fig. 4. Reporte Horarios de Grupos

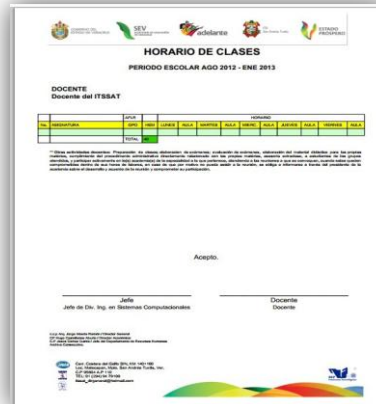


Fig. 5. Horarios de Docentes

Diseños de Entradas

Los diseños de entradas están basados en cumplir con los requerimientos de salidas considerando una interfaz fácil y práctica, y estos permiten:

- Registro: permite registrar las carreras, aulas (Fig. 6.), catedráticos (docentes) (Fig. 7.), grupos y materias (Fig. 8.), así como directivos, departamentos. Se podrán registrar todas las carreras, planes de estudio vigentes así como su respectivo jefe de división. Además de registrar los departamentos, los directivos actuales, las aulas, laboratorios y talleres donde impartir las clases teóricas-prácticas. También se tendrán que registrar los grupos a los cuales se les asignará horario y los docentes que impartirán clases y las materias impartidas por cada división.
- Carga de horarios (Fig. 9.): Se podrá realizar el proceso de elaboración de horarios de clases evitando los empalmes de aulas, docentes y grupos, verificando la disponibilidad de los docentes.
- Agregar o quitar materias: Se manejarán los arrastres y adelantos de materias solicitados por los grupos, en caso de que existan materias que no estén consideradas en el periodo a elaborar.
- Asignación de horas complementarias: Además de las horas frente a grupo, a los docentes se les tienen que asignar actividades complementarias a desarrollar durante el semestre

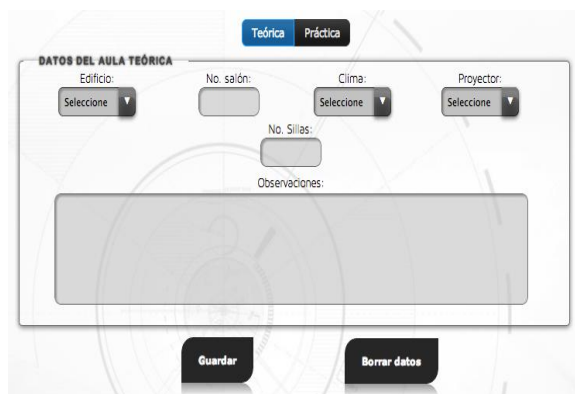


Fig. 6. Registros de Aulas

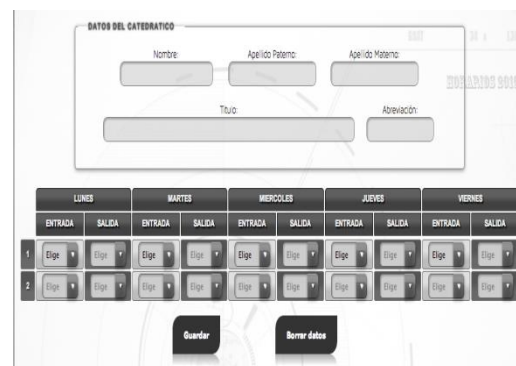


Fig. 7. Registro de Docentes

Fig. 8. Registro de Materias

CLAVE	MATERIA/CATEDRÁTICO	HORAS		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		
		HT	HP	HORA	AULA	HORA	AULA	HORA	AULA	HORA	AULA	HORA	AULA	
ACF-0902	CÁLCULO INTEGRAL	3	2	5	A3	14-15	A3	14-15	A3	14-15	A3	14-15	A3	
ACF-0903	MATEMÁTICA BÁSICA	3	2	5	A1	13-14	A2	13-14	A3	13-14	A2	13-14	A2	
ACF-1000	MATEMÁTICA BÁSICA	2	2	4				18-19	A5			15-17	A7	
ACF-1001	MATEMÁTICA BÁSICA	2	2	4	16-17	A3	16-17	A3				19-21	LQ	
ACF-1002	MATEMÁTICA BÁSICA	3	2	5	11-12	A1	12-13	A1	12-13	A1	12-13	A2	12-13	LQ
ACF-1003	MATEMÁTICA BÁSICA	2	2	3										
ENG-0002	INGLÉS I	0	4	4	17-18	A4	17-18	A4			16-17	A4	17-18	A4
INT-0004	INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA	1	0	1					11-12	A6				

Fig. 9. Carga de Horario

Codificación

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó *HTML*, lenguajes de programación *web* como *PHP*, *JavaScript*, *CSS*, técnicas de desarrollo como *AJAX* y el manejador de base de datos *MySQL*.

Php, lenguaje de lado servidor que brinda la posibilidad de crear páginas dinámicas con acceso a la información almacenada en la base de datos, el lenguaje de lado cliente *JavaScript* que permite la creación de aplicaciones *web* más fluidas, mejor estructuradas y sobre todo más fácil de usar por el usuario, la biblioteca *jQuery* que ayuda a la creación de un código más fácil de entender y a la mejora visual de las aplicaciones, *XML* (*eXtensible Markup Language*) que permite la comunicación entre los diferentes lenguajes de programación para el procesamiento de los datos, el sistema de gestión de bases de datos relacional *MySQL* el cual es utilizado para manipular la información almacenada en la base de datos mediante consultas, eliminaciones y actualizaciones de los registros, el lenguaje de marcado de hipertexto *HTML* (*HyperText Markup Language*) el cual define la estructura de los componentes de la aplicación *web* y las relaciones entre los mismos, la técnica de desarrollo *Ajax* la cual proporciona realizar múltiples tareas en una misma página sin tener que refrescarla completamente, las hojas de estilos en cascadas (*CSS*) utilizadas para la elaboración de los diseños de botones y menús de la aplicación *web*, el servidor *HTTP* *Apache* para la gestión de la aplicación *web*, y otros software de edición de textos e imágenes como *Notepad++*.

Pruebas

Se realizaron las pruebas del contenido incluyendo pruebas a la base de datos, prueba de interfaz de usuario, pruebas a nivel componente, pruebas de navegación y las pruebas enfocadas a los conflictos del servidor, así como de seguridad y desempeño.

Resultados y discusión

Con la implementación de la aplicación *web* en el ITSSAT se logró:

- Reducir el tiempo empleado en el proceso de elaboración de los horarios de clases, evitando los empalmes en la asignación de horarios de aulas.
- Facilitar la asignación de actividades complementarias a los docentes
- Asignar materias a otras divisiones o departamentos para ser impartidas por los mismos,
- Manejar arrastres y adelantos de materia por grupo
- Agilizar el proceso de generación de documentos, los cuales anteriormente para la digitalización de los mismos, se empleaban días e inclusive semanas ya que cuando era necesario realizar modificaciones por cuestiones de errores o simplemente por cambios en la disponibilidad del docente o grupos, estos afectaban a diferentes archivos como lo son: El horario de docente, grupo y aulas.
- La aplicación *web* cuenta con diversas opciones que sirven como apoyo para facilitar la elaboración de horarios de clases, y digitalización de los documentos requeridos como Consultas de Aulas, Consultas

de Docentes, Consultas de Grupos, Generación de reportes en PDF de Aulas, de Grupos, de Docentes, horarios de Inglés, así como Estadísticas gráficas de la ocupación de aulas y docentes.

Trabajos a futuro

A partir de la implementación de la aplicación *web* dentro del ITSSAT en el Área Académica y de un periodo de prueba por parte de los usuarios finales, han surgido nuevas ideas para darle valor agregado a la Aplicación *Web*, que si bien ha reducido hasta un 50% el tiempo dedicado por los Jefes de División a la tarea de realizar los horarios de clase, también puede incluir tareas nuevas como enviar el horario al docente por email, sugerir horarios de docentes o notificar al Jefe de División que faltan materia por cargar en la Aplicación.

Conclusiones

Con la implementación de la aplicación *web* se logró optimizar el proceso de elaboración de horarios de clases del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, reduciendo el tiempo empleado para ello, así como para la digitalización y unificación de los reportes requeridos por el Área Académica, brindado además fiabilidad de horarios libres de errores (empalmes, validado la disponibilidad del docente y del grupo) y ofreciendo la disponibilidad de realizar consultas o imprimir reportes de ocupación de aulas, horario del docente y grupos desde cualquier dispositivo que cuente con un servicio estable de internet.

La aplicación *web* por el momento ha cubierto los requerimientos solicitados por el usuario, cabe mencionar que esta se encuentra en constante actualización debido al surgimiento de nuevos requerimientos por parte del usuario y la optimización de los módulos de la misma para brindarle a usuario la comodidad de utilización.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla el apoyo brindado para este proyecto de investigación y para la publicación del mismo.

Referencias

- [1] SOMMERVILLE, IAN. *Ingeniería de Software*. (7ª. Ed.). Ed. Prentice Hall.
- [2] BRAUDE, J. *Ingeniería de Software. Una Perspectiva Orientada a Objetos*. Ed. Alfaomega.
- [3] PRESSMAN ROGER S. *Ingeniería de Software. Un Enfoque Práctico* (6ª. Ed.). México. Mc Graw Hill.
- [4] LARMAN, CRAIG. *UML Gota a Gota*. Ed. Pearson
- [5] JANET VALAD. *PHP y MySQL Para Dummies*. 2ª Ed.
- [6] WEITZENFELD, A. *Ingeniería de Software Orientada a Objetos con UML, Java e Internet*.Thompson.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Análisis de niveles IMECA para PM_{2.5} y PM₁₀ en Nogales, Sonora con minería de datos

I. Rodríguez Espinoza^{1*}, S. García Alva², G. Muñoz Zamora³, A. L. Perea Camacho⁴

¹Division de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Tecnológico 911, 84065 Nogales, Sonora, México

*indelfonso_rodriguez@depiitn.edu.mx, sgarcia@depiitn.edu.mx, guillemunoz@depiitn.edu.mx, aperea@utnogales.edu.mx

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

Debido a la importancia de conocer los niveles de contaminación del PM₁₀ y PM_{2.5} en la ciudad de Nogales, el presente documento tiene como objetivo mostrar los diferentes niveles y cantidad de veces de acuerdo al IMECA que alcanzaron estos contaminantes por partículas durante el monitoreo de la estación de calidad del aire, en el año 2011, ubicada en Nogales, Sonora. A los registros crudos obtenidos, se les aplicó el proceso ETL (Extraer, Transformar y Cargar), cuya actividad inicial es la extracción de los datos generados por minuto en la estación, se limpiaron los datos de errores para que sean valores válidos y con base a las Normas Oficiales Mexicanas establecidas para cada contaminante, agruparlos en horas para su respectiva lectura, para ser cargados en la base de datos destino y analizarlos mediante la implementación de minería de datos con el algoritmo ID3 utilizando la herramienta de software libre WEKA.

Palabras clave: Minería de datos, contaminación atmosférica, IMECA, Partículas suspendidas.

Abstract

Due to the importance of knowing the levels of PM₁₀ and PM_{2.5} pollution in the city of Nogales, this paper aims to show the different levels and amount of times according to IMECA contaminants reaching these particles during monitoring the air quality station, in 2011, located in Nogales, Sonora. A raw records obtained, we applied the ETL (Extract, Transform and Load), whose initial activity is the extraction of data generated per minute at the station, cleaned data errors to be valid and based values to the Mexican Official Norms set for each pollutant, group them in hours for its respective reading, to be loaded into the target database and analyzed by implementing data mining with ID3 algorithm using the open source WEKA.

Introducción

En contaminación atmosférica se reconoce como partícula a cualquier material con un diámetro que oscila entre 0.0002 y 500 micrómetros (μm). En conjunto se designan como partículas suspendidas totales (PST). Las partículas suspendidas (PM, por sus siglas en inglés) forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos suspendidos en el aire, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen. [1]

La fracción respirable más pequeña es conocida como PM_{2.5} y está constituida por aquellas partículas de diámetro inferior o igual a las 2.5 micrómetros, representan un mayor riesgo para la salud humana, dado que en su mayoría no es retenida en la nariz, pasando directamente a los pulmones. Cada tipo de partículas está compuesto de diferente material y puede provenir de diferentes fuentes. En el caso de las PM_{2.5} su origen está principalmente en fuentes de carácter antropogénico como las emisiones de los vehículos diésel. [2]

El PM₁₀ se define como la materia particulada que mide menos de o igual a 10 micrómetros de diámetro aerodinámico mediano de la masa. PM₁₀ puede ser directamente emitido a la atmósfera a partir de varias fuentes o se puede formar en la atmósfera como resultado de la condensación o las reacciones químicas de otros contaminantes. [8]

El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) el cual tiene su base en normas oficiales mexicanas, funciona en México como valor de referencia para que la población comprenda de manera más sencilla los niveles de contaminación que prevalecen en el aire, a través de un número y color dependiendo del nivel de gases y partículas.

La información proporcionada minuto a minuto por la estación de monitoreo de la calidad del aire, no puede ser utilizada por las normas oficiales mexicanas debido a que estas requiere que la información se agrupen por horas

y se eliminen los datos basura, para lo cual se desarrolló una herramienta ETL (Extraer, Transformar y Cargar), además se utilizó como base el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, con el firme propósito de analizar la cantidad de ocasiones que rebasó los diferentes niveles del IMECA, información de manera consiente y poder aprovecharla en su totalidad, se aplicó minería de datos a los registros de los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5} mediante la herramienta de análisis de datos Weka GUI Chooser. Con la finalidad de conocer el comportamiento de estos dos contaminante en la ciudad de Nogales, Sonora en el año 2011.

Obtención de los datos

Con la intención de impulsar de manera decidida el cuidado del medio ambiente y contar con un equipo de monitoreo de la calidad del aire, el gobierno federal a través de SEMARNAT y el gobierno estatal por medio de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) en colaboración con la Red Estatal de Información e Infraestructura sobre Calidad del Aire (REIICA), instaló una estación de calidad del aire en Instituto Tecnológico de Nogales, Sonora.

Una investigación es válida al estar sustentada en información verificable, que responda a lo que se pretende demostrar, para ello, es imprescindible realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a seleccionar, según las Normas Oficiales Mexicanas. [5]

Esta herramienta ETL viene a formar parte fundamental del ciclo de vida de la implementación de la inteligencia empresarial. Proceso que permite a las organizaciones mover grandes cantidades de información desde múltiples fuentes, en nuestro proyecto de investigación los datos provienen sólo de una estación de calidad del aire. [3]

La aplicación de la herramienta ETL extrae los datos crudos obtenidos en columnas que únicamente los expertos y quien los administra los entienden, son generados por la estación de calidad del aire, la cual arroja información minuto a minuto las 24 horas del día y los 365 días del año, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla. 1 Datos crudos por minuto

	A	B	L	M
1	rid	DateTime	PM@10 ug/m3	PM2@5 ug/m2
2659	NOGALES*103718	17/06/2011 23:59	35.4	12.1
2660	NOGALES*103719	18/06/2011 00:00	35.4	12.1
2661	NOGALES*103720	18/06/2011 00:01	35.4	12.1
2662	NOGALES*103721	18/06/2011 00:02	35.4	12.1
2663	NOGALES*103722	18/06/2011 00:03	35.4	12.1
2664	NOGALES*103723	18/06/2011 00:04	35.4	12.1
2665	NOGALES*103724	18/06/2011 00:05	35.4	12.1
2666	NOGALES*103725	18/06/2011 00:06	35.4	12.1
2667	NOGALES*103726	18/06/2011 00:07	35.4	12.1
2668	NOGALES*103727	18/06/2011 00:08	35.4	12.1
2669	NOGALES*103728	18/06/2011 00:09	35.4	12.2
2670	NOGALES*103729	18/06/2011 00:10	35.4	12.3
2671	NOGALES*103730	18/06/2011 00:11	35.5	12.5
2672	NOGALES*103731	18/06/2011 00:12	35.5	12.6
2673	NOGALES*103732	18/06/2011 00:13	35.5	12.6

La muestra global fue de 512,000 registros, los cuales se necesitó agrupar en horas a través de la herramienta ETL desarrollada, como lo establecen las Normas Oficiales Mexicanas permitiendo agrupar parcialmente 8533 registros y, si consideramos que trabajar con datos crudos, tal y como los proporciona la estación, se caracteriza principalmente por tener una serie de problemas comunes como inconsistencia, registros duplicados por tiempos prolongados por fallas en los equipos y valores nulos o negativos, por ello se realiza una transformación de los registros dejando solo aquellos valores libres de errores, permaneciendo solo 5633 registros como podemos apreciar en la tabla 2. Es importante mencionar que los datos registrados en una hora deben contener al menos

el 75% de los datos, es decir, 45 minutos deberán ser válidos para que la hora se considere valida y pueda ser sumada al total de registros, quien confirma que esto se cumpla es la herramienta ETL. La implementación del proyecto se llevó acabo con una muestra de registros de Junio del 2011 a Junio de 2012.

Tabla. 2 Datos utilizados para la generación del árbol

Estación	Año	Mes	Día	Horas	PM10	%Registro	Limite	IMECA
Nogales	2011	6	18	1	35.288	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	2	34.313	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	3	27.925	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	4	27.411	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	5	23.680	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	6	26.391	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	7	33.376	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	8	35.430	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	9	35.618	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	10	27.716	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	11	20.748	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	12	19.485	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	13	23.080	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	14	21.103	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	15	21.603	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	16	21.968	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	17	22.508	100	Dentro	Verde-BUENA
Nogales	2011	6	18	18	28.810	100	Dentro	Verde-BUENA

A continuación la tabla 3 muestra cantidades, como el intervalo de tiempo de las lecturas, los rangos mínimos y/o máximos de los contaminantes por partículas del PM_{2.5} y PM₁₀, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas así como el estado que guarda la calidad del aire, representado por el IMECA con respecto a estos contaminantes atmosféricos con sus niveles y calidad.

El IMECA es una escala adimensional que se utiliza para indicar la calidad del aire y este tiene como propósito informar a la ciudadanía de forma sencilla y veraz, por lo que se considera usar una escala numérica de 0 a 500 puntos o una escala de colores como se muestra en la tabla 3, motivo por el cual los arboles de decisión de ambos contaminantes manejan en sus ramas una etiquetas indicando un color en cada uno de los niveles, según su nivel de concentración de los contaminantes atmosféricos o límites permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas.

Tabla. 3 Normas Oficiales Mexicanas por partículas PM_{2.5} y PM₁₀

INTERVALOS (IMECA)		CONCENTRACIONES		NORMAS OFICIALES MEXICANAS			
PARTICULAS MENORES A 10 MICROMETROS							
PM ₁₀		µg/m ³		NOM-025-SSA1-1993			
Color	Calidad	IMECA		1 HORAS	8 HORAS	24 HORAS	ANUAL
Verde	Buena	0-50	0-60	✓		✓	✓
Amarillo	Regular	51-100	61-120	✓		✓	✓
Naranja	Mala	101-150	121-220	✓		✓	✓
Rojo	Muy mala	151-200	221-320	✓		✓	✓
Morado	Extremada mala	>200	>320	✓		✓	✓
PARTICULAS MENORES A 2.5 MICROMETROS							
PM _{2.5}		µg/m ³		NOM-025-SSA1-1993			
Verde	Buena	0-50	0-15.4	✓		✓	✓
Amarillo	Regular	51-100	15.5-40.4	✓		✓	✓
Naranja	Mala	101-150	40.5-65.4	✓		✓	✓
Rojo	Muy mala	151-200	65.5-150.4	✓		✓	✓
Morado	Extremada mala	>200	>150.4	✓		✓	✓

Elementos de la interfaz WEKA y metodología de aplicación del Algoritmo ID3

El algoritmo de aprendizaje simbólico que ha despertado mayor interés dada su utilidad en los problemas de clasificación del mundo real es el llamado ID3, definido por Quinlan en 1986. Este pertenece a la familia de algoritmos de nombre palindrómico TDIDT (Top Down Inductive of Decision Trees) el cual genera un árbol de

decisión [7] a partir de un conjunto de experiencias, generando el conjunto de reglas asociadas a él como se aprecia en la figura 5. Estos árboles de decisión es uno de los más sencillos y fáciles de implementar, ya que toma de entrada un objeto o situación descrita en la tabla 2, con base al conjunto de atributos de la tabla 3 y regresa como resultado un árbol de decisión. Generalmente pueden tener un rango más amplio que simples funciones booleanas, pero por simplicidad, consideremos primero sólo estas.

La minería de Datos puede definirse como extracción no trivial de información implícita, previamente no conocida y potencialmente útil desde los datos. [4] El objetivo de la minería consiste principalmente en la generación de información, descubrimiento de relaciones entre variables de patrones ocultos. Para llevar a cabo la aplicación de la minería se utiliza un conjunto de algoritmos, los cuales se basan en distintas áreas como la matemática, estadística, inteligencia artificial y redes neuronales. El proceso de la Minería de Datos contiene algunos tipos de tareas, como: asociaciones, secuencias, clasificaciones, agrupamientos. Para esta actividad, donde se hace uso de la clasificación, mediante el descubrimiento de patrones, es muy utilizado dentro de lo que se conoce como "Data Mining", además empareja o asocia datos a grupos predefinidos, encuentra modelos funciones que describen y distinguen clases o conceptos para futuras predicciones. Actualmente también existe una variedad de herramientas computacionales que implementan algoritmos de Minería de Datos, por mencionar algunos Excel, Weka, RapidMiner, Pentaho; cómo podemos ver son herramientas gratuitas y comerciales.[6]

Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) es una herramienta que permite el análisis de datos mediante aplicación de técnicas de minería de datos y se distribuye como software libre, Weka GUI Chooser ofrece cuatro interfaces (Explorer, Experimenter, KnowledgeFlow, Simple CLI), que pueden ingresar desde su pantalla inicial, como lo muestra la figura 1. La opción Explorer permite llevar a cabo la ejecución del algoritmo de análisis sobre un solo archivo de datos.

Los datos provienen de una base de datos, en un archivo plano transformado con formato arff (Attribute-Relation File Format) que la herramienta Weka GUI Chooser es capaz de cargar y procesar, lo tomaremos como base para mostrar los resultados. La estructura del archivo está formada por tres secciones, mencionando la primera como la cabecera que es donde se define el nombre de la relación o formato (@relation <nombre-de-la-relación>) y la segunda serían los atributos donde son declarados junto al tipo de dato que componen la tercera sección, como se aprecia en la figura 2.

Es factible que todos los atributos no sean relevante y específicos para obtener conclusiones adecuadas mediante las técnicas de minería de datos, pero sí son necesarios para determinar el grado de concentración de los contaminantes atmosféricos aunado a los requerimientos de la Normas Oficiales Mexicanas.

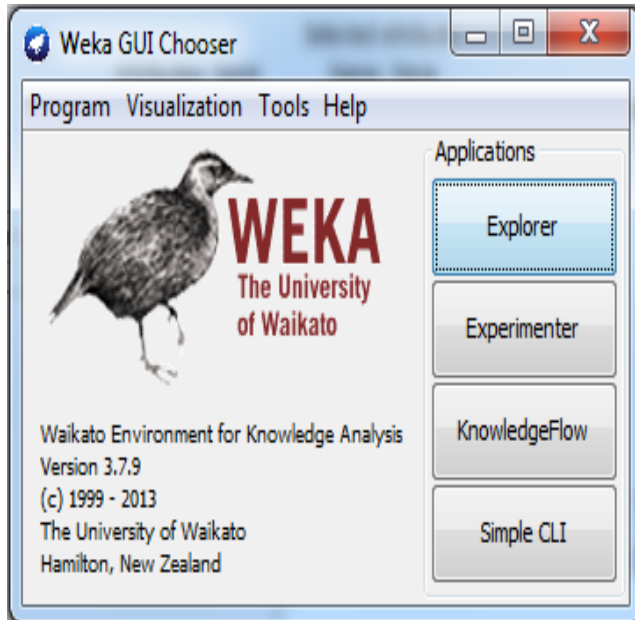


Figura 1. Interfaz Weka

```
<<CABEZERA>>
%Estacion,Año,Mes,Dia,Horas,Prom_PM10,
%PM10,Limite_permitido,IMECA

<<ATRIBUTOS>>
@relation Registros

@attribute Estacion {Nogales, Agua_Prieta}
@attribute El_ano real
@attribute El_mes real
@attribute El_dia real
@attribute 24_hras real
@attribute PM_10 real
@attribute PM10 {Dentro, Fuera}
@attribute IMECA {Verde-BUENA, Amarillo-Regular, Naranja-
Mala,Rojo-MuyMala,Morado-Extrem}

<<DATOS>>
@data

Nogales,2011,6,14,2,15.72,100,Dentro,Verde-BUENA
Nogales,2011,6,14,1,23.73,100,Dentro,Verde-BUENA
Nogales,2011,6,14,0,41.431667,100,Dentro,Verde-BUENA
Nogales,2011,6,13,23,53.248333,100,Dentro,Verde-BUENA
```

Figura 2. Archivo plano con formato arff

En Weka Explorer la opción Classify, cuenta con una gran variedad de herramientas que permite detectar los comportamientos de los datos. También nos permite seleccionar el algoritmo, los cuales están agrupados en categorías: bayes, functions, lazy, meta, misc, rules, trees. En este trabajo se seleccionó el algoritmo clasificación ID3 el cual se encuentra dentro de la clasificación de Trees, según la figura 3.

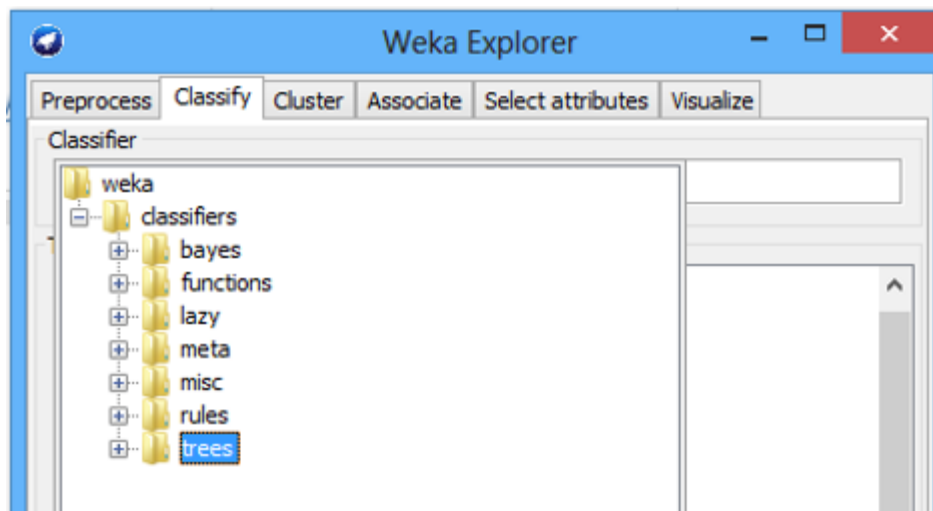


Figura 3. Selección de la clasificación Trees

Además el algoritmo ID3 permite trabajar con valores continuos para los atributos, separando los posibles resultados tan solo en dos ramas como lo podemos apreciar en las figuras 5 y 7, también puede ser aplicado a cualquier tipo de variable predictorias, continuas y categóricas.

Implementación PM₁₀

A continuación se visualizarán y detallarán los resultados de la aplicación del algoritmo ID3 con la herramienta Weka GUI Chooser con los datos obtenidos en la sección anterior, tomando como base el archivo plano .arff como se indica en la figura 2, proveniente de la base de datos aplicando la técnica de clasificación Trees.

En la figura 4 podemos apreciar los resultados de la información que nos muestra, resalta el valor del total de registros que contiene el archivo plano utilizado, mostrando la mayoría de los datos están en el primer nivel, donde la calidad del aire es buena como lo registra la tabla 3, además la precisión detallada por clase con las categorías obtenidas, sus medias y desviaciones estándar, así como porcentaje de instancias que pertenece a cada uno de los cinco grupos arrojados (a,b,c,d,e), obteniendo valores únicamente los 3 primeros grupos o niveles de los cinco que tiene el IMECA como lo podemos observar en la primer columna de la tabla 3.

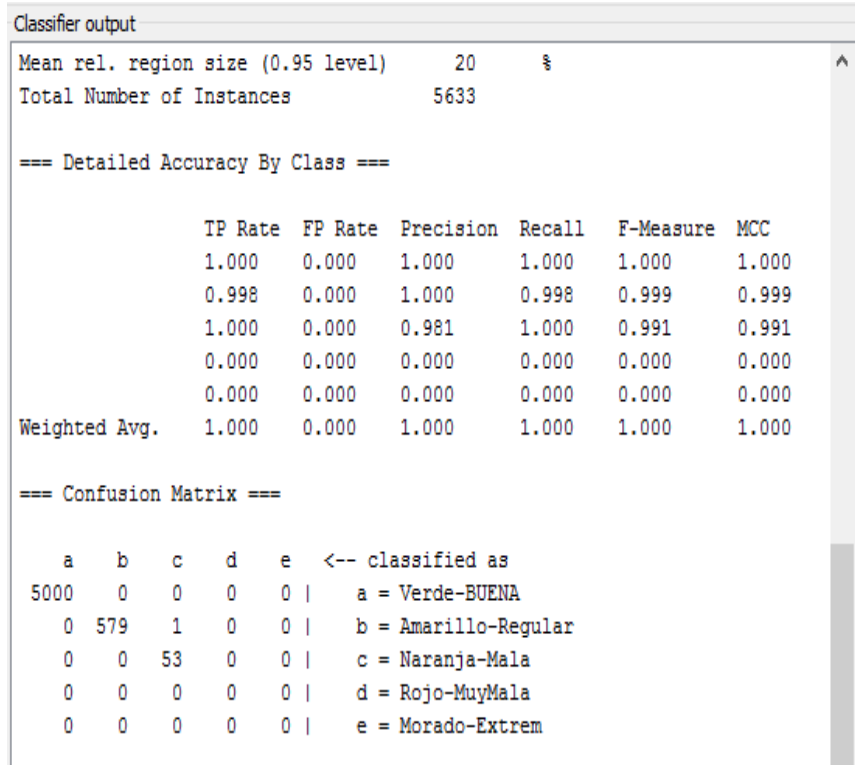


Figura 4. Datos de clasificación de salida de la Aplicación del Algoritmo ID3 en PM₁₀

Con respecto a los resultados arrojados con las técnicas de clasificación podemos apreciar en el árbol de decisión para el contaminante PM₁₀ que de los registros se obtuvo: **a).** La calidad del aire en este periodo, tomando como referencia la tabla 3 se puede interpretar el IMECA, se descubrió que de los 5633 registros tomados del archivo plano 5000 están dentro del rango o la calidad del aire se considera como buena. **b).** Encontramos que 632 registros están fuera de rango, interpretando el árbol decimos que 580 están entre 51 y 100 puntos IMECA por lo que se puede decir que la calidad del aire se considera regular y como punto final 53 registros están entre los 101 y 150 puntos IMECA por lo tanto la calidad del aire se considera mala. Claramente vemos que el contaminante PM₁₀ de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas según la tabla 3 decimos que los límites permisibles donde la calidad del aire se considera buena, el 88.77% de la muestra están se encuentra en el nivel más bajo. Así mismo sabemos 10.27% se encuentra en el segundo nivel donde la calidad del aire se considera regular y 0.96% están el tercer nivel y la calidad del aire se considera mala.

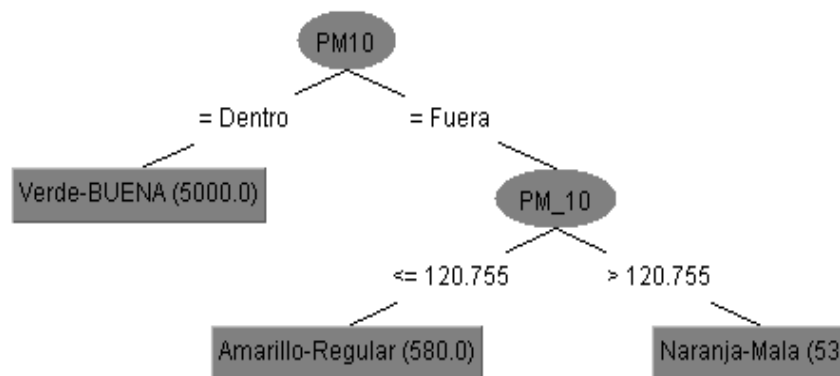


Figura 5. Árbol de decisión para el contaminante PM₁₀

Claramente vemos que el contaminante PM₁₀ de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas según la tabla 3 decimos que los límites permisibles donde la calidad del aire se considera buena, el 88.77% de la muestra están se encuentra en el nivel más bajo. Así mismo sabemos 10.27% se encuentra en el segundo nivel donde la calidad del aire se considera regular y 0.96% están el tercer nivel y la calidad del aire se considera mala.

Implementación PM_{2.5}

De la misma forma que se obtuvieron los datos para el contaminante PM₁₀, para la aplicación del algoritmo ID3 fue la que se usó en la adquisición de los registros para el PM_{2.5} y la figura 6 muestra los resultados que arrojó la herramienta Weka GUI Chooser y nos muestra como primer dato relevante que el número de registros hallados en el primer nivel es menor a los encontrados en el contaminante PM₁₀, esta figura también contiene cinco grupo de datos, el cual a diferencia del PM₁₀ que solo mostró datos en tres grupos, el PM_{2.5} registra datos en los cinco grupos generados. A continuación el árbol de decisión del contaminante PM_{2.5} en la Figura 7 muestra el comportamiento de los registros que se dio bajo el mismo tamaño de muestra y fechas que el PM₁₀. El 74.80% del total de la muestra se encuentra en el primer nivel conforme a la Norma Oficial Mexicana del PM_{2.5} como se aprecia en la tabla 3, donde la calidad del aire se considera buena. El 22.88% de los datos se encuentran en el segundo nivel en donde la calidad del aire se considera regular. El tercer nivel obtiene el 1.74% de los registros y la calidad del aire se considera mala. El cuarto nivel donde la calidad del aire es considerada muy mala se tiene 0.54% y por último el nivel cinco donde la calidad del aire es extremadamente mala, pero donde la cantidad del registros no es alarmante ya que solo se tiene el 0.04%. Cada nodo interno corresponde al contaminante que se está investigando con los valores de la Norma con sus respectivos atributos y las ramas están etiquetadas con los valores adquiridos de la clasificación.

Classifier output						
Mean rel. region size (0.95 level)	20	%				
Total Number of Instances	5633					
=== Detailed Accuracy By Class ===						
	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC
	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0.999	0.000	1.000	0.999	1.000	0.999
	0.990	0.000	0.990	0.990	0.990	0.990
	0.967	0.001	0.906	0.967	0.935	0.936
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
Weighted Avg.	0.999	0.000	0.999	0.999	0.999	0.999
=== Confusion Matrix ===						
a	b	c	d	e	<-- classified as	
4213	0	0	0	0	a = Verde-BUENA	
0	1288	1	0	0	b = Amarillo-Regular	
0	0	98	1	0	c = Naranja-Mala	
0	0	0	29	1	d = Rojo-MuyMala	
0	0	0	2	0	e = Morado-Extrem	

Figura 6. Datos de clasificación de salida de la Aplicación del Algoritmo ID3 en PM_{2.5}

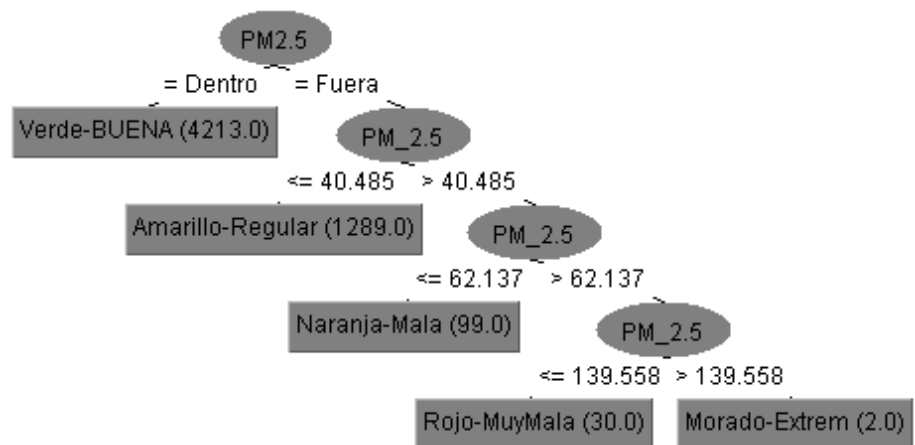


Figura 7. Árbol de decisión para el contaminante PM_{2.5}

Trabajo a futuro

Para trabajos a futuro podemos continuar con la el análisis del nivel IMECA del resto de los contaminantes de gases (Ozono (O₃), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) Óxidos de Nitrógenos (NO_x)) que monitorea la estación de calidad del aire.

Otra investigación podría ser la comparación sobre los resultados obtenidos en el análisis del nivel IMECA entre los contaminantes por partículas y gases, mediante la implementación de otro algoritmo de clasificación a través de minería de datos, utilizando una herramienta de software libre. Además buscar relación entre datos meteorológicos y los contaminantes particulados y gases.

Conclusiones

Informar y comunicar los resultados optimiza el flujo de la información entre las persona involucradas, por lo que de primera instancia se pone de manifiesto el nivel IMECA de los contaminantes por partículas, lo cual nos indica el estado que guarda la calidad del aire en la ciudad.

Para lograr analizar la cantidad de ocasiones en que los contaminantes PM_{2.5} y PM₁₀ rebasaron los diferentes niveles del IMECA se utilizaron las herramienta del ETL desarrolladas y se implementó el software Weka GUI Chooser para la implementación del algoritmo ID3 en un total de 512000 registros de datos por minutos, los cuales se agruparon en horas en 8533 registros, después de limpiar la información inconsistente se obtuvieron 5633 registros, a los cuales se les aplico la minería de datos a través de la actividad de clasificación de Trees con Weka.

Ambos contaminantes fueron evaluados con el mismo número de registros y con la información obtenida podemos decir que el 88.77% del total de la muestra para el PM₁₀ y el 74.80% para el PM_{2.5} están dentro del límite permisible y la calidad del aire se considera buena y el resto de los registros están fuera del rango de calidad diferente de buena. Importante mencionar que el PM_{2.5} tiene registros donde la calidad del aire se considera extremadamente mala.

Por lo cual se concluye que la ciudad de Nogales, Sonora está expuesta a niveles de regulares a malos de acuerdo con el IMECA del contaminante particulado PM_{2.5}, en un 18.67% más que el PM₁₀.

Referencias

1. Freeman A. Myrick. (1999) III Bowdoing College. Control de la Contaminación del Agua y el Aire – Evaluación de Costo – Beneficio. Editorial: LIMUSA Noriega Editores.
2. Scheel Mayenberger Carlos. (2008). Dinámica de Ecosistemas Industriales. Editorial Trillas.
3. Ralph Kimball, Joe Caserta “The Data Warehouse ETL Toolkit” Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data. ISBN 0-7645-6757-8 Kimball Group 2004
4. Rockach L. and Maimon O. (2007). Topdown induction of decisión tres classifiers - a survey. IEEE Transaction Systems.
5. Normas Mexicanas de Calidad del Aire, consultada por internet el 28 de Junio de 2013. Dirección de internet: www.ine.gob.mx/calair-info/559-calair-nom-cal-air
6. José Hernández Orallo, M José Ramírez Quintana, Cesar Ferri Ramírez “Introducción a la Minería de Datos” ISBN: 978-84-205-4091-7, Última reimpresión, 2007
7. http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/D11GFN7U425SQYLD3HNPB971MUNG4S.pdf
8. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Structures and gas separation properties of asymmetric polysulfone membranes made by dry, wet, and dry/wet phase inversion, *J. Appl. Polym. Sci.* (43) 1491-1502.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Desarrollo y construcción de una Ontología basada en el Metamodelo del Diagrama de Objetivos KAOS

C. A. Vélez Carvajal^{1*}, S. A. Gómez Arias^{1**}, J. A. Guzmán Luna^{1***}

¹Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 80 No 65 - 223 Bloque M8A, Medellín, Colombia

*caavelezca@unal.edu.co, **seagomezar@unal.edu.co, ***jaguzman@unal.edu.co

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

En el presente trabajo se expone el desarrollo y la construcción de una ontología que representa los elementos y las relaciones del metamodelo del diagrama de objetivos de KAOS. Adicionalmente se muestran algunas consultas y resultados de las inferencias obtenidas por el razonador. La herramienta utilizada para desarrollar esta ontología es Protégé y el razonador es Pellet. Una de las ventajas del metamodelo es la definición de las relaciones entre clases de forma binaria, la cual permite declarar todas las propiedades de los objetos con sus propiedades inversas. Se puede concluir que gracias a las inferencias obtenidas por parte del razonador, se ahorran instanciaciones manuales a la ontología, ya que con las propiedades inversas de los objetos, el razonador es capaz de crear las instancias inferidas automáticamente.

Palabras clave: KAOS, Ontología, Protégé, Meta-modelo, Diagrama de Objetivos.

Abstract

This paper outlines the development and construction of an ontology that represents the elements and relationships of the KAOS goal diagram metamodel. Additionally, this paper shows some queries and results inferences concluded by the reasoner. The tool used to develop this ontology is Protégé and Pellet reasoner. One advantage of the metamodel is the definition of relationships between classes in binary form. It allows declaring all object properties with inverse properties and thus can be concluded that thanks to the inferences drawn by the reasoner, there are saved manual instantiation of the ontology, since the reasoner is able to create automatically inferred instances according to the inverse properties of the objects.

Introducción

KAOS [1] es una metodología para la ingeniería de requisitos, que permite al analista la identificación de requisitos para cualquier sistema de información [2]. La ventaja principal de esta metodología es la capacidad de alinear los requisitos, objetivos y metas de la organización [3].

La metodología KAOS está basada en un enfoque orientado a objetivos que presenta varios niveles de expresividad y razonamiento: un nivel semi-formal para modelar y estructurar objetivos, un nivel cualitativo para la selección entre las alternativas, y un nivel formal de ser necesario, para realizar un razonamiento más preciso sobre los diferentes elementos asociados a los requisitos. Cada elemento (objetivo, expectativa, requisito) en el lenguaje de modelado de KAOS tiene una estructura de dos niveles: la capa exterior (semántica y gráfica) donde el concepto se declara junto con sus atributos y relaciones con otros conceptos, y la capa interna para la definición formal del concepto [4].

Las ontologías se han convertido en herramientas de representación del conocimiento fundamentales para la web semántica y cualquier sistema basado en conocimiento. Éstas permiten especificar conceptos de diversos dominios del conocimiento, mediante el uso de un lenguaje basado y susceptible a la lógica, por tanto, de ser eventualmente “interpretado” por un ordenador [5], es por esto que para realizar una correcta definición y caracterización de los elementos de un diagrama es de suma importancia estudiar su metamodelo.

El presente artículo tiene por objetivo mostrar la forma en que se desarrolló una ontología que representa el metamodelo del diagrama de objetivos de KAOS. Para tal fin, se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, se define el concepto de metamodelo y se enumeran algunas de sus utilidades; luego, se presenta el

metamodelo que se va a trabajar y la estructura en que se realizó en Protégé; después, en la sección *Data properties*, se detallan las propiedades de los datos que contiene la ontología que básicamente se asocian a los atributos de cada clase; en la sección *Object properties* se explican las propiedades de los objetos, que se refieren a las relaciones entre las clases; en la sección *Consultas e Inferencias* se muestran algunas consultas e inferencias realizadas por el razonador sobre la ontología y una instanciación que se hizo para un caso de estudio; finalmente, se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

Metamodelo

Un metamodelo es una definición precisa de los conceptos y reglas necesarias para la creación de modelos semánticos [7]. Los metamodelos pueden servir para múltiples propósitos [8]:

- Definir un esquema para datos semánticos que necesitan ser almacenados.
- Especificar un lenguaje que soporte una metodología particular o proceso.
- Establecer un lenguaje para expresar semántica adicional de la información existente.
- Permitir a un analista capturar, analizar y entender mejor nuevos enfoques.
- Servir como base para definir una herramienta automática de soporte.

Lamsweerde define un modelo para la representación de los requisitos del sistema en el enfoque de KAOS [6]. Este modelo está conformado por:

- Un modelo de objetivos: Caracterizado principalmente por la definición de los objetivos, requisitos y expectativas de la organización así como la jerarquía entre estos.
- Un modelo de objetos: Caracterizado por los elementos a bajo nivel de la organización tales como las relaciones entre entidades del modelo de clases UML.
- Un modelo de agentes: Caracterizado por los elementos responsables de realizar una acción dentro de la organización y la representación de éstos.
- Un modelo de operación: Caracterizado por la especificación a nivel operacionalizable de los objetivos, es decir la reducción de enunciados complejos (como objetivos) a operaciones simples.

Para el modelo de KAOS, Lamsweerde et al. en [9] ha propuesto un metamodelo, sin embargo, desde su publicación, este modelo se ha refinado. Matulevičius et al. en [10] propone un metamodelo que recopila estos avances y que se muestra en la figura 1.

Con base en este último se realizó la ontología que se detalla en este artículo, debido a que en comparación con el metamodelo propuesto por Lamsweerde et al. en [9], el trabajo de Matulevičius propone más relaciones entre los componentes del modelo y clasifica mejor por ejemplo los objetivos, los agentes las pre y post condiciones.

Protégé es un editor de ontologías de código abierto y un marco base de conocimientos. La plataforma soporta ontologías de modelado a través de un cliente Web o un cliente de escritorio. En Protégé, las ontologías se pueden desarrollar en una variedad de formatos, incluyendo OWL, RDF (S), y el esquema XML. Este editor se encuentra desarrollado en Java, es extensible, y proporciona un entorno de plug-and-play que hace que sea una base flexible para la creación rápida de prototipos y desarrollo de aplicaciones [11].

Haciendo uso de *Protégé 4.1*, se tomaron cada una de las clases que se muestran en la figura 1, y se modelaron teniendo en cuenta las generalizaciones existentes. De manera que se obtuvo un modelo como se muestra en la figura 2, que corresponde al grafo que representa las clases del modelo y sus relaciones respectivas.

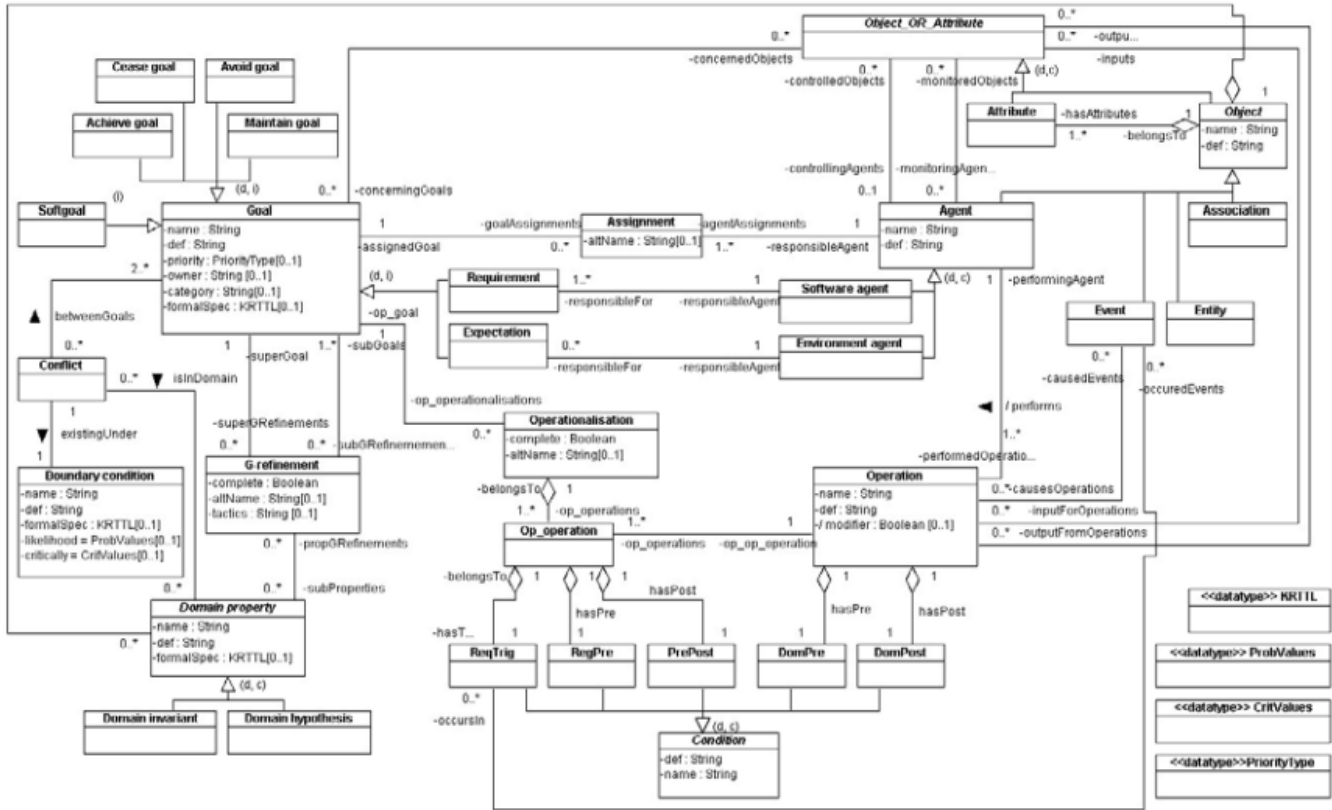


Figura 1. Metamodelo de KAOS propuesto por Matulevičius et al. [10].

En las siguientes secciones se explica la forma en que se instanciaron las propiedades de los datos (*Data properties*) y de los objetos (*Object properties*).

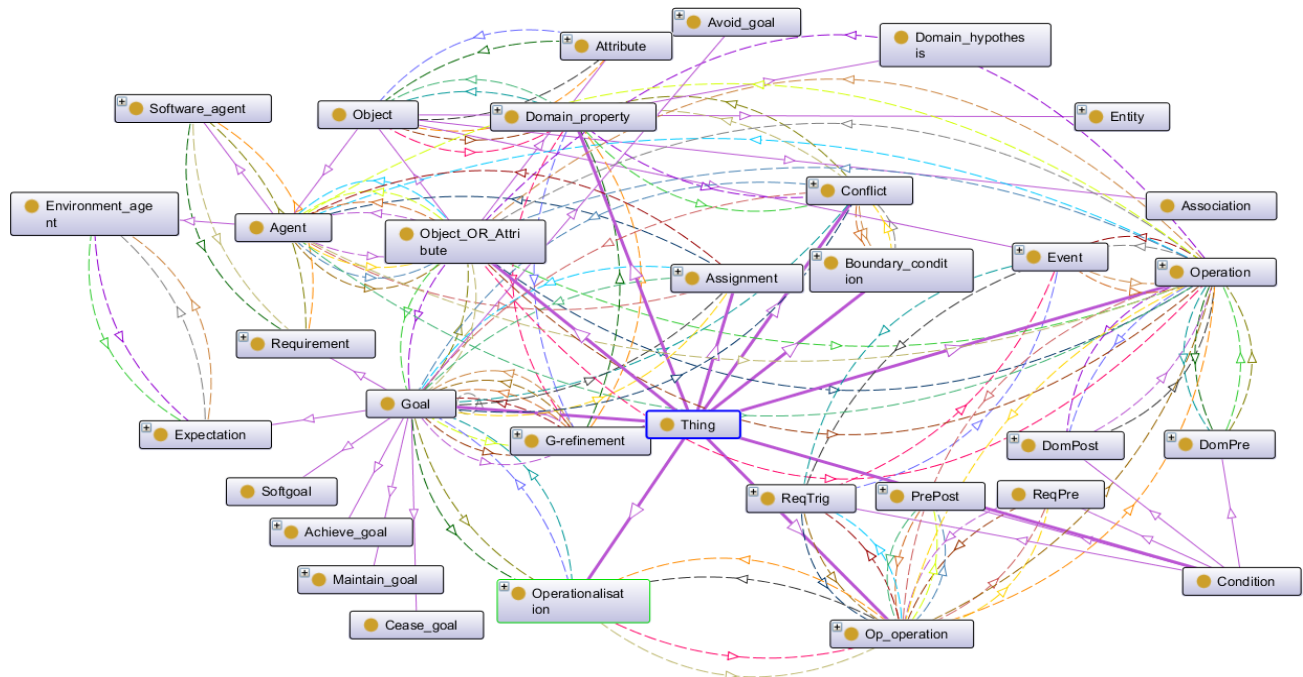


Figura 2. Grafo de la ontología construida.

Data properties

Con los *data properties* se pretende modelar los atributos de las clases. Así, por ejemplo, un objetivo tendría nombre, definición, prioridad, dueño, categoría y especificación formal.

Sin embargo, como varias clases también tienen atributos comunes, como nombre, definición y especificación formal, es por esto que para evitar inferencias incorrectas por parte del razonador, se hace necesario crear propiedades diferentes para cada atributo de cada entidad, de manera que el concepto "objetivo" tenga un "nombre del objetivo" (*nameG*), la "condición de límite", un "nombre de condición de límite" (*nameBC*), y análogamente para las demás entidades.

Si no se hace la distinción entre atributos, es decir, se dejan varios elementos en el dominio (e.g. *goal*, *boundary condition* y *domain property* para *formalSpec*), lo que ocurre es que el razonador infiere que cualquier instancia de estas clases es equivalente a las demás clases. Por ejemplo, en la figura 3 se muestra que el razonador obtuvo que un objetivo (*AccurateSpeed/LocationEstimates*) es también una propiedad de dominio, lo cual no es cierto. Precisamente en la explicación de por qué concluyó eso, asegura que se debe a que la propiedad de dominio es parte del dominio de la *data property* de especificaciones formales (*formalSpec*).

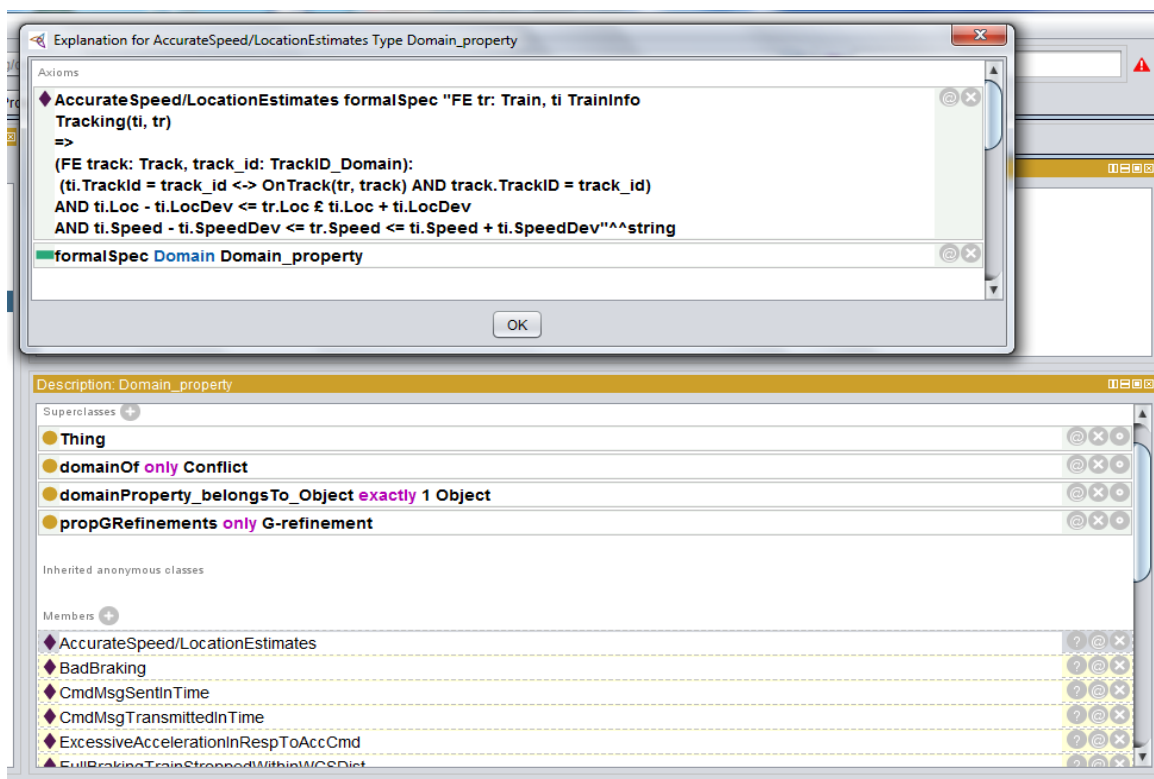


Figura 3. Ejemplo de inferencia incorrecta por parte del razonador, por tener varios elementos en el dominio de una propiedad de datos.

Si bien hay algunos tipos de datos complejos, se entienden por simplicidad como *string*. Por ejemplo, la especificación formal (*formalSpec*) es de tipo *KAOS Real Time Temporal Logic (KRTTL)*, sin embargo, esta es una descripción que se puede hacer a través de cadenas de texto.

La especificación formal utiliza algunos símbolos que para la codificación de texto de la ontología, precisó de los cambios que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Equivalencias de símbolos para representar especificaciones formales.

Símbolo en KRTTL	Símbolo equivalente en string	Símbolo en KRTTL	Símbolo equivalente en string	Símbolo en KRTTL	Símbolo equivalente en string
\wedge	AND	\exists	E (exists)	\square	WS (white square)
\vee	OR	\rightarrow	->	\bullet	BC (black circle)
\neg	NOT	\Rightarrow	=>	\circ	WC (white circle)
\leq	<=	\leftrightarrow	<->	\forall	FE (For every)
\geq	>=	\blacklozenge	BD (black diamond)	\blacksquare	BS (black square)
\neq	!=	\diamond	WD (white diamond)	-	-

Object properties

Las *object properties* suelen asociarse a relaciones entre las clases. Para cada relación deben salir dos propiedades de objetos. Por ejemplo, se tiene la relación *Software_agent isResponsibleFor Requirement* (ver figura 1), también hay que definir una relación *Requirement responsible_SoftwareAgent Software_agent*. Así se procede para todas las relaciones entre clases.

Con el fin de evitar el mismo problema que se presentaba con los *data properties*, cada una de las propiedades de los objetos se instanció de forma tal que tuviera sólo un tipo de dato para el dominio y otro para el rango. Adicionalmente, como habían propiedades cuyo nombre se repetía (e.g. *belongsTo*), los nombres de esas propiedades se completaron añadiendo el rango o el dominio. Por ejemplo, como hay varias propiedades que pertenecen a *Op_operation*, quedaron definidas como *reqPre_belongsTo_Op_operation* (nótese el *Op_operation* al final). Se separan los conceptos a través del guión bajo (_) para facilitar posibles tareas posteriores de lectura del XML de la ontología.

Una de las ventajas de tener un metamodelo es que permite visualizar relaciones binarias, entidad a entidad, de forma tal que fácilmente se puede detectar qué relaciones son transitivas e invertibles. De hecho, como se mencionó anteriormente, todas las propiedades de objeto tienen una propiedad inversa, pues si hay una relación de la entidad A a la B, esa misma relación se puede ver de B hacia A. Por ejemplo, hay una relación *attribute_belongsTo_Object*, que mapea *Attribute* a *Object*, entonces existe una relación inversa que mapea de *Object* a *Attribute* que es precisamente *hasAttributes*.

Ahora bien, con respecto a las características de las propiedades, se tiene establecido que si la relación es de uno a uno, es tanto funcional (*Functional*) como inversamente funcional (*Inverse functional*). O si es muchos a uno, tan sólo es funcional, o de uno a muchos, inversamente funcional. Estas características se tuvieron en cuenta en el proceso de desarrollar la ontología de KAOS, con base al metamodelo analizado.

Las propiedades simétricas implican que tanto el dominio como el rango deben del mismo tipo, si no, el razonador asumirá que ambas son iguales. Además, significan que si A tiene una relación P con B, entonces B tiene también esa relación P con A [12]. La relación es de antisimetría, si no puede existir esa relación P de B hacia A. Por la forma en que se presenta el metamodelo, en principio, todas las relaciones son de antisimetría, pues están claramente diferenciadas y dadas entre entidades diferentes. Por ejemplo,

“*responsible_EnvironmentAgent*” es asimétrica porque una expectativa no es agente de ambiente de un agente de ambiente.

Sin embargo, puede darse el caso de que un evento sea causa de otro evento. Por tanto, tiene propiedades de transitividad. No obstante, para ello deberíamos definir al evento como parte del rango de esa relación de causalidad, lo cual no es siempre cierto. Así que simplemente se define como que son el mismo evento.

En el caso de “*controlledObjects*” y “*controllingAgents*”, como un agente es un objeto, es posible que se dé la situación en la que un agente controle o monitoree a otro agente, por ende es posible que tenga control sobre sí mismo (que, en efecto, es un fenómeno común). Así que no sólo serían propiedades transitivas, sino también reflexivas. A pesar de un agente ser un objeto, la relación está dada es de objeto a agente, y no de agente a agente. Es decir, si decimos que son transitivas y reflexivas, el razonador etiquetaría objetos, que no son agentes, como agentes.

Por otra parte, si bien un objetivo tiene conflictos con otros objetivos, el metamodelo explícitamente define una entidad “conflicto”. No estaría bien decir que es simétrica. Hubiera estado bien si se hubiera definido directamente esta propiedad entre objetivos. Pero como es entre “objetivo” y “conflicto”, es necesario definirla como asimétrica e irreflexiva. Lo mismo ocurre con *G-Refinement*. Si fuera una relación entre objetivos, estaría bien decir que es transitiva. Pues si un objetivo se subroga en subobjetivos, y estos en otros, el primero se estaría definiendo también a través de la definición de los últimos. Sin embargo, la relación que se establece no es entre objetivos, sino con un elemento nuevo que hace parte del metamodelo “*G-Refinement*”.

Con respecto a la cardinalidad, ésta permite describir la cantidad de entidades que puede haber en el rango de una relación. Pero también esa descripción se convierte en una definición, ya que establece condiciones necesarias para que se dé esa relación. Por ejemplo, es necesario que un *Object* sea *Object_OR_Attribute*, y también es necesario que tenga al menos un atributo que sea miembro de la clase *Attribute* y que, si tiene *hasDomainProperty*, sea con un elemento de la clase *Domain_property*. Además, como hereda características de *Object_OR_Attributes*, también hereda sus clases anónimas (condiciones necesarias o necesarias y suficientes). Este ejemplo se puede apreciar mejor en la figura 4.

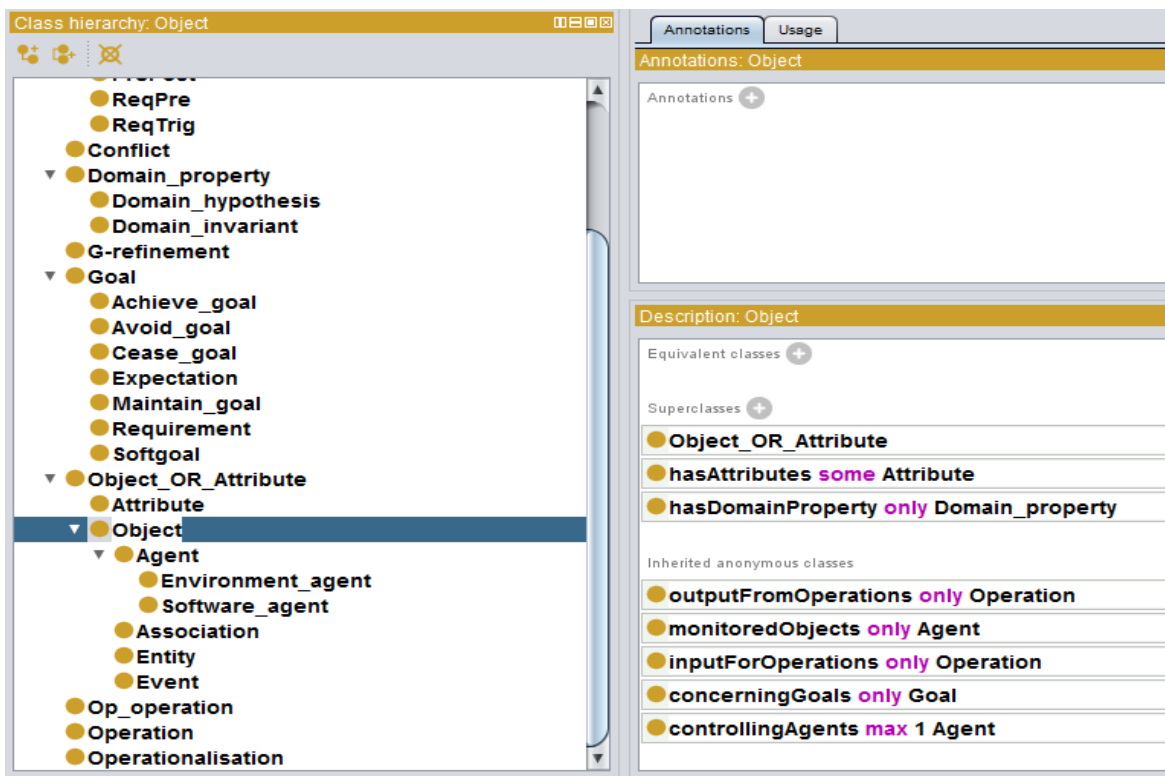


Figura 4. Clases anónimas para *Object* que definen condiciones necesarias a través de la cardinalidad.

Consultas e Inferencias

Como hay propiedades inversas, no se instanciaron todas las propiedades de objetos, ya que se buscó que el razonador encontrara estas relaciones. En efecto, hay relaciones que no tienen instancias en la ontología, pero el razonador Pellet de JENA en las consultas SPARQL, las infiere. Por ejemplo, se tienen instancias de la relación *conflictsWith*(*Conflict*, *Goal*), pero no de su propiedad inversa *hasConflict*(*Goal*, *Conflict*). Sin embargo, el razonador infiere las tripletas faltantes.

La misma consulta y razonamientos se pueden aplicar sobre propiedades de objeto como *controllingAgents*, *existsUnder*, *hasDomainProperty*, *inputs*, *isInDomain*, *monitoringAgents*, *occursIn*, *op_operationalisations*, *operation_has_Op_operation*, *operationalisation_has_Op_operations*, *outputs*, *performingAgent*, *responsibleAgent*, *subGoal*, *subProperties*. Esto, ya que son propiedades inversas de instancias ya definidas.

Por otra parte, otro concepto que puede ser de interés está ligado con las relaciones de herencia. Para ello, se realiza la consulta que se muestra en la figura 5.

```
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

SELECT ?subject ?object
WHERE
{
  ?subject rdfs:subClassOf ?object
}
```

Figura 5. Consulta en SPARQL para identificar relaciones de herencia.

Al ejecutar el razonador Pellet, no se encuentran declaraciones que contradigan a las definiciones del metamodelo. Sin embargo, a diferencia del razonamiento que realiza el plugin de Pellet en Protégé, al realizar una consulta SPARQL mediante el Pellet de JENA (en Java), se halla que todas las clases heredan de *Thing* y pueden heredar de sí mismos.

Instanciando la ontología, se pueden hacer todo tipo de consultas. Se crearon instancias de la ontología con base en el caso de estudio del sistema de control de trenes, cuyo diagrama de objetivos fue expuesto y analizado por Emmanuel Letier en [13], y con base en éste se realizaron consultas con el razonador para estudiar las inferencias a las que llega. El razonador Pellet no sólo permite inferir relaciones nuevas, sino que facilita encontrar errores en el proceso de definición manual de la ontología.

Revisando toda la ontología, el razonador encontró que los objetivos de logro y de mantenimiento son similares. La razón de esta inferencia está especialmente encausada en que el agente de software *TrainControl System* es encargado de un objetivo de mantenimiento *SafeAcc/SpeedCmdInCmdMsg* y uno de logro *CmdMsgDeliveredInTime*.

Conclusiones y Trabajo a futuro

Se presentó el desarrollo de una ontología con base al metamodelo del diagrama de objetivos de KAOS propuesto por Matulevičius et al. en [10].

La ontología se desarrolló en Protégé y mostró las ventajas de tener un metamodelo, especialmente debido a las relaciones binarias entre entidades, que permiten definir las propiedades de las relaciones con mayor claridad, ya que fácilmente se identifican las propiedades inversas, la cardinalidad y el tipo de datos en el dominio y rango. Adicionalmente, la posibilidad de tener un lenguaje propio de las tecnologías de la web semántica que permite representar los elementos del diagrama de objetivos KAOS.

El razonador Pellet, a través de consultas SPARQL de las librerías de JENA, infiere propiedades de objetos que no estaban instanciadas, evaluando las propiedades inversas de las que sí lo estaban. De esta forma, es mucho el trabajo que se ahorra, ya que sólo definiendo las propiedades inversas, se infieren instancias adecuadamente.

Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco del proyecto de investigación: “Modelo de procesamiento terminológico basado en ontologías para la desambiguación verbal en la educación de requisitos de software”, financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín DIME, a través de la convocatoria “Convocatoria del Programa Nacional de Proyectos para el Fortalecimiento de la Investigación, la Creación y la Innovación en Posgrados de la Universidad Nacional de Colombia 2013-2015”.

Referencias

1. Lamsweerde, A., & Letier, E. (2004). From Object Orientation to Goal Orientation: A Paradigm Shift for Requirements Engineering. *Radical Innovations of Software and Systems Engineering in the Future* (pp. 153-166). Venecia: Springer.
2. Respect IT. (2007). A KAOS Tutorial. Objectiver.
3. Almsned, F., & Keppens, J. (2010). Requirements Analysis: Evaluating KAOS Models. 2nd International Workshop for Requirements Analysis, (pp. 869-874). Londres.
4. Lapouchnian, A. (2005). *Goal-Oriented Requirements Engineering: An Overview of the Current Research*. Toronto: University of Toronto.
5. Pedraza-Jiménez, R., Codina, L., & Rovira, C. (2007). Web semántica y ontologías en el procesamiento de la información documental. *El profesional de la información*, 16(6), 569-578.
6. Lamsweerde, A. (2009). *Requirements Engineering. From System Goals to UML Models to Software Specifications* (pp. 278-290). Great Britain.
7. UML. (2004). Object Management Group (OMG). *Unified Modeling Language Specification*.
8. Sousa Brito, I. S. (2008). *Aspect-Oriented Requirements Analysis*. PhD Thesis, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Lisboa.
9. Lamsweerde, A., Dardenne, A., & Fickas, S. (1991). Goal-directed Concept Acquisition in Requirements Elicitation. *Proceedings of the 6th international workshop on Software specification and design* (págs. 14-21). IEEE Computer Society Press.
10. Matulevičius, R., Heymans, P., & Opdahl, A. L. (2006). Ontological analysis of KAOS using separation of reference. In *Proc. EMMSAD* (Vol. 6).
11. Noy, N. F., Sintek, M., Decker, S., Crubézy, M., Ferguson, R. W., & Musen, M. A. (2001). Creating semantic web contents with protege-2000. *Intelligent Systems, IEEE*, 16(2), 60-71.
12. Horridge, M. (2011). *A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools*. The University of Manchester.
13. Letier, E. (2001). *Reasoning about Agents in Goal-Oriented Requirements Engineering*. PhD Thesis, Université catholique de Louvain, Département d'Ingénierie Informatique.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Recomposición Automática de Servicios Telco Convergentes

J. A. García Cárdenas^{1*}, J. A. Guzman_Luna^{1**}
¹Grupo Sistemas Inteligentes Web - SINTELWEB,
Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión,
Universidad Nacional de Colombia, Carrera 80 No 65 - 223 Bloque M8A, Medellín, Colombia
*joragarcia@unal.edu.co, **jaguzman@unal.edu.co

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

En este artículo se propone una arquitectura para la recomposición de Servicios Telco Convergentes que permita solucionar las fallas que se presenten durante el proceso de ejecución, haciendo uso de algunas técnicas de planificación de forma automática. La idea principal es implementar técnicas de planificación dependiendo de los problemas que se presenten concernientes a la composición de servicios de telecomunicaciones y servicios web.

Palabras clave: *Recomposición, Planificación Automática, Convergencia.*

Abstract

This article proposes a architecture for the recomposition of Convergent Telco Services that solve faults occurring during the execution process, making use of some planning techniques automatically. The main idea is to implement planning techniques depending on the problems that occur about the composition of telecommunications and web services.

Introducción

Dentro del modelo de negocios de las empresas de telecomunicaciones llamadas Telco, el modelo tradicional utilizado por ellas para implementar esta clase de servicios poco a poco ha ido evolucionando [1]. En los últimos años ha surgido un nuevo modelo estructural de negocios llamado Telco 2.0 que combina los servicios de Telecomunicaciones y los Servicios Web con el fin de extender las capacidades de las aplicaciones o servicios y buscar nuevas formas de hacer negocios.

En cuanto a los Servicios Web son sistemas de software autónomos identificados por URIs que pueden ser publicados, localizados, y se acceden a través de mensajes codificados basados en estándares XML (SOAP, WSDL, y UDDI) y transmitidos usando protocolos de Internet [2]. Los Servicios Web encapsulan la funcionalidad de la aplicación y los recursos de información y hacen que estén disponibles a través de interfaces de programación [2], es decir, proporcionan un mecanismo estándar para que diferentes aplicaciones de software que están siendo ejecutadas en diferentes plataformas y/o marcos de trabajo puedan interoperar [3].

En [4] presentan que el modelo mínimo y más comúnmente aceptado para la composición orientada a servicios, es la Arquitectura Orientada a Servicios (AOS). Esta consta de los siguientes roles básicos: (i) el proveedor de servicios quien es el propietario de los servicio, es decir, es el sujeto (o una organización) que provee los servicios; (ii) el requeridor de servicios, también conocido como el cliente, es el sujeto que busca e invoca servicios con el fin de alcanzar algunos objetivos, y (iii) el directorio de servicios, que es el sujeto que provee un repositorio/registro de las descripciones de los servicios, donde los proveedores publican sus servicios y los requeridores buscan los servicios.

Por otro lado, dentro del tema de composición de Servicios Telco, se ha tratado de hacer este proceso de forma automática o semiautomática. Para lograrlo se han estudiado ampliamente numerosas técnicas entre las que se distingue las asociadas a una de las ramas de la Inteligencias Artificial, conocida como la planificación

automática ó planificación en IA. Planificar es el razonamiento sobre la acción. Este es un proceso de deliberación explícita y abstracta que escoge y organiza las acciones anticipándose a los resultados esperados [4]. Un tema asociado a la planificación es la replanificación la cual consiste en la reconstrucción de planes en caso de alguna falla. Existen diferentes técnicas que permiten adaptar los planes a las nuevas situaciones y en este trabajo nos enfocaremos en las técnicas de replanificación presentadas en [5] en el cual propone un modelo de tres capas para la computación orientada a servicios en la que se fomenta la combinación de técnicas de resolución de problemas: A Basic Execution Monitoring and Replanning Strategy y Problem Specific Replanning Strategies.

Las técnicas de replanificación están generalmente integradas a los sistemas o arquitecturas de planificación automática y su importancia está en que ante nuevas situaciones, problemas o errores, permiten adaptar, corregir o descartar un plan que ha dejado de ser válido [5].

Este artículo está organizado de la siguiente manera: inicialmente se presenta un escenario de motivación a este trabajo, luego se describen las posibles fallas en la ejecución de Servicios Telco Convergentes además describimos la arquitectura propuesta para abordar los problemas y realizar la recomposición. También se presenta y compara la arquitectura propuesta con algunos trabajos relacionados y al final se exponen las conclusiones y trabajos futuros que se desprenden de esta investigación.

Escenario de motivación

Con el fin de ilustrar cómo funcionaría la recomposición de Servicios Telco Convergentes, se presenta el siguiente caso de estudio: un sistema lector de correos electrónicos o buzón de voz en un ambiente donde interactúen servicios Telco y Servicios Web. De tal manera que el sistema debe detectar en que idioma está el mensaje original, luego debe traducirlo al idioma nativo de quien va a recibir la información en caso de no coincidir, y al final se leerá el mensaje en forma de audio teniendo en cuenta que al principio puede ser un texto o buzón de voz. La Figura 1, representa más claramente el caso de estudio en cuestión.

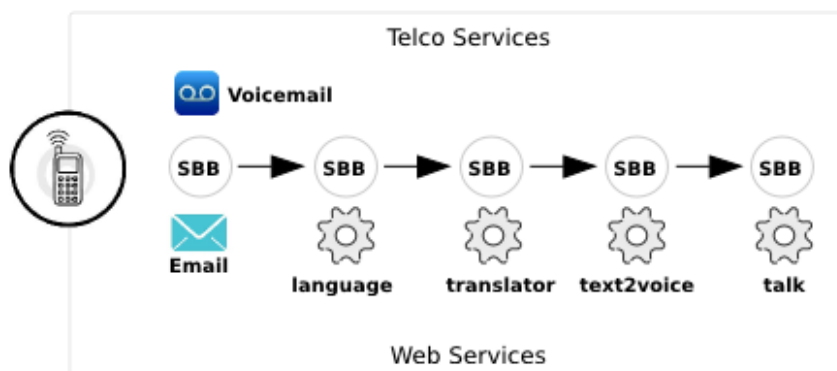


Figura 1. Caso de Estudio – Servicio Telco convergente

Hay que tener en cuenta que el esquema representado se ejecutaría en una plataforma con un entorno de ejecución que soporte la convergencia de estos servicios mencionados como por ejemplo Mobicents que es una arquitectura que permite administrar estos servicios o aplicaciones integrando servicios Telco y Servicios Web.

Adicionalmente hay que mencionar que Mobicents implementa JSLEE (Java Service Logic Execution Environment) que es una especificación estándar para servicios de telecomunicaciones [6], el cual a su vez posee un componente llamado Service Building Block (SBB) los cuales encapsulan la funcionalidad de un servicio y pueden estar compuestos de otros SBBs.

En la Figura 1 vemos lo que serían las actividades en secuencia a ejecutar como plan través en el entorno de ejecución representadas por los SBBs, iniciando el proceso a través de una llamada telefónica.

El flujo del proceso continúa involucrando la consulta de nuevo correo ya sea a través de buzón de voz o correo electrónico, de ser así entonces la siguiente actividad de ejecución identificará el idioma del nuevo correo haciendo uso de un servicio que cumpla con esta tarea, luego si el idioma del mensaje no corresponde con el que se pretende escuchar, éste es traducido usando un traductor para el mensaje según la forma en que se encuentra y el siguiente servicio se encargará de convertir el mensaje si es texto a voz, finalmente, el resultado de todo el proceso es presentado en forma de audio usando un servicio que sintetice el mensaje en forma de sonido. Todos estos servicios deben interactuar y funcionar de forma automática en un ambiente convergente. Es posible, como en todo sistema que se puedan presentar fallas durante la ejecución del Servicio Telco Convergente, en este caso debe actuar un componente de recuperación de dichas fallas, para lo cual hemos propuesto una arquitectura de recuperación de fallas en Servicios Telco Convergentes de forma automática, ver la sección 4. En la siguiente sección se detallan las posibles fallas susceptibles de ser corregidas.

Posibles fallas en la ejecución del Servicio Telco Convergente

Cuando un sistema se implementa y se encuentra en proceso de ejecución o ejecutándose pueden surgir inconvenientes teniendo en cuenta que el estado del mundo es dinámico, es allí donde se van a presentar fallas las cuales hay que identificar y resolver para lograr el objetivo final del proceso o tarea a realizar. Dentro de los posibles problemas o fallas que se presentan en [7] nos indican tres posibles errores que pueden ocurrir, los cuáles se resumen en la siguiente tabla, así como las acciones a realizar para solucionarlo:

Tabla 1. Fallas en la Ejecución

Error	Solución
Causado por un servicio atómico.	Se selecciona otro servicio homólogo.
Causado por el proceso.	Se selecciona otro plan de la lista de planes generados.
Causado en medio de la ejecución.	Se planifica desde el inicio. Se empieza de nuevo.

Adicionalmente en [8] nos muestran posibles problemas teniendo en cuenta el estado actual, y los clasifican en los siguientes:

Causas de Planes Inválidos:

- Servicio que dejó de estar disponible.
- Hechos que satisfacían una condición previa de algún servicio en la secuencia de la planificación actual cambiado de tal manera que la compatibilidad semántica con su servicio anterior no es válida.
- Servicios recientemente introducidos pueden causar sub-optimidad del plan actual en cuanto a su longitud de camino al estado de determinado objetivo.

Además de volver a planificar en los siguientes casos de los fenómenos observados de cambios de estado del mundo:

- Disponga de una instanciación de operador (servicio) (acción). Este es el caso si se ha introducido un nuevo operador, o (b) el estado del mundo (conjunto de hechos) cambió de tal manera que un operador cuya instanciación era imposible antes puede instanciarse ahora, o (c) nuevos predicados que son parte de las condiciones previas o efectos de un operador se introducen, lo que es posible crear instancias de este operador.
- Un operador (servicio) del plan ya no es posible, si alguno de los opuestos de los casos 1.a - 1.c sostiene.
- El estado del objetivo cambió debido a un cambio de la solicitud de planificación original.

Si los hechos o los objetos cambian, se busca para el primer operador qué condición previa es satisfecha por el nuevo hecho y comienza a planear de nuevo desde allí, mientras que las acciones de ayuda obtienen una instancia con el nuevo hecho(s).

El caso en el que un predicado $p()$ se puede reducir los cambios (a) a este último caso de cambiar los hechos, si se añaden nuevos hechos. (b) para el caso de cambio de operador o , si las condiciones previas o efectos de o incluyen $p()$, o (c) para el caso de cambios de hecho, si la eliminación de $p()$ implica la eliminación de todas las instancias de $p()$.

En la siguiente tabla se muestra posible casos en que se realizaría replanificación.

Tabla 2. Casos de Replanificación

Caso	Solución
Caso de nuevo operador.	Dependiendo la heurística de posible ayuda a resolver el problema, se busca la posición en particular donde incluir el replanificar a partir de. De lo contrario empieza al principio.
Caso en el que se ha perdido el operador	Si un operador no está disponible el plan es inválido. Se intenta con uno alternativo que tenga el mismo efecto.
Caso de nuevo objetivo	Planificar de nuevo a partir de la posición

Hay que indicar que las fallas que se presenten serían detectadas por el sistema de monitoreo en el ambiente de ejecución del Servicio Telco Convergente y serían reportadas a través de las Alarmas con los detalles del problema.

Arquitectura propuesta de recomposición

Como solución al problema de fallas en tiempo de ejecución de los Servicios Telco Convergentes, en la Figura 2 se propone una arquitectura con el fin de enfrentar las fallas que se presenten durante la ejecución de forma automática. Esta arquitectura toma elementos de la Arquitectura propuesta en [7].

En términos generales nuestra arquitectura al final es un componente utilizable en otras plataformas para realizar recomposición o replanificación dependiendo del tipo de sistema utilizado es decir en términos de Planning Domain Definition Language (PDDL) o de JSLEE a través de un servidor de aplicaciones tipo Mobicents o Rhino; nuestro modelo se activa a través de las alarmas reportadas en el ambiente de ejecución y automáticamente invocarán nuestra componente que básicamente tiene tres elementos principales: La Interfaz, el Motor de Replanificación o Recomposición y el conjunto de Técnicas de Planificación de IA utilizables .

Esta arquitectura permite la recomposición de Servicios Telco Convergentes para la recuperación de fallas automáticamente usando técnicas de planificación IA.

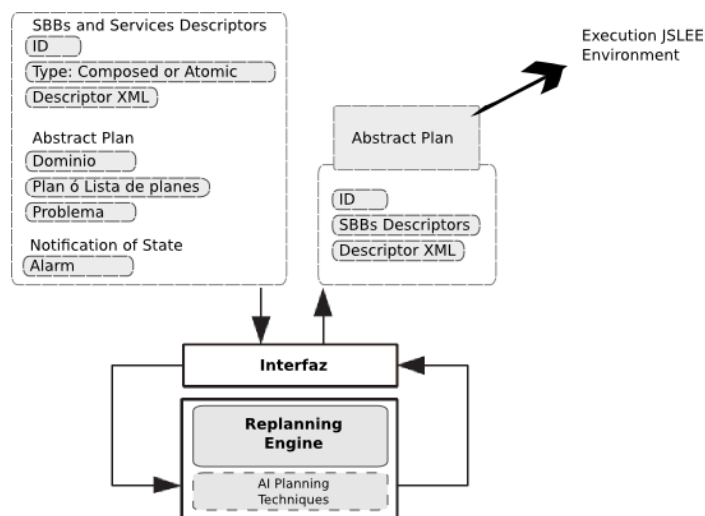


Figura2.ArquitecturaPropuesta

Para una mejor comprensión del modelo, describimos cada parte del mismo, como sigue:

La Interfaz

Este componente funciona como un elemento de entrada y salida principalmente que convierte los datos de entrada a información específica usable por el Motor de Replanificación. Del mismo modo, cuando el proceso llevado a cabo termine, nuevamente se convierte la salida al ambiente de ejecución externo. En cuanto a las especificaciones de entrada tenemos que es necesario suministrar la siguiente información:

Descriptor del Servicio y de sus SBBs: ID del SBB, Descriptor XML, Tipo (Si es compuesto o atómico).

Plan Abstracto: Dominio, Plan o lista de planes y problema. Normalmente se espera en PDDL.

Notificación de Estado: Alarma generada.

En cuanto a la Alarma generada, el elemento facilitador Alarm de JSLEE es el principal componente para reportar fallas, incluyendo detalles como: Id, Timestamp, Level, Type, Instance, Message y Cause.

Cada SBB además debe tener un descriptor XML, para definir los metadatos SBB, como lo es el ID de SBB, la clase abstracta, la interfaz local, los eventos que maneja (y que métodos manejan a cada uno), etc.

Los descriptores de Servicios y SBBs son archivos XML que tienen una descripción del servicio especificando su nombre, vendedor y versión, que está compuesto de uno o más SBB, así como la prioridad. Y para el caso de los SBBs, las clases abstractas de los SBBs deben implementar llamados a los objetos locales que se deban implementar, así mismo se define un descriptor XML del SBB donde se especifica una referencia definida por el nombre, el vendedor y la versión; además de la clase abstracta que utiliza, y los eventos que implementa el cual tiene un nombre y una referencia del tipo de evento con su nombre, vendedor y versión.

Esta información es importante para posibilitar el descubrimiento de los servicios encapsulados en los SBB.

Motor de Replanificación

La información de la falla presentada es utilizada por este componente que se encargará de resolver el problema según las posibles fallas que se mencionaron anteriormente, resumidas en las Tablas 1 y 2.

En el motor de replanificación analiza la falla y se utilizan distintas técnicas de planificación como apoyo para encontrar la solución al problema.

En cuanto a las soluciones, serían de dos tipos:

- Descubrimiento de Servicios homólogos previamente encapsulados en SBBs disponibles para invocar o ejecutar.

- Construcción en tiempo real de un Servicio (SBB encapsulado) necesario o un Servicio Telco Convergente, desplegado (deploy) en el servidor y listo para invocar en ese momento, teniendo en cuenta el mundo real.

Técnicas de Re-planificación

En este trabajo nos enfocaremos en las técnicas de replanificación presentadas en [5] en el cual propone un modelo de tres capas para la computación orientada a servicios en la que se fomenta la combinación de técnicas de resolución de problemas:

A Basic Execution Monitoring and Replanning Strategy, la principal rutina replanificación es SOLVE-PROBLEM y sus argumentos son: el objetivo, estado inicial, el número límite de ciclos de planificación y ejecución antes de desistir. El algoritmo de ésta técnica está descrito en [5].

Problem Specific Replanning Strategies, es una variación de la estrategia básica, debido a las diferentes implementaciones que se puedan dar, por ejemplo cuando hay dominios y problemas donde un enfoque es más especial (menos genérico) puede ser apropiado.

Ésta contiene dos estrategias: IsolatedSerial e IsolatedParallel. Una estrategia Isolated divide el dominio en varios (parcialmente superpuestos) sub-dominios donde cada uno consiste exactamente en un servicio.

La idea es dividir el (servicio) dominio en una colección de sub-dominios, de acuerdo con unos criterios predefinidos. Cada uno de los sub-dominios es sujeto a un proceso de planificación y ejecución independiente.

Trabajos relacionados

Una serie de trabajos previos discuten o tienen propuestas para la composición y/o recomposición automática de servicios, así como en aplicaciones Telco:

En el trabajo de [9] se presenta una arquitectura donde se aplica la planificación automática para el procesamiento autónomo de servicios web. Este trabajo sugiere aplicar técnicas de replanificación automática como un medio para superar automáticamente las fallas que surgen durante la ejecución del servicio previamente compuesto buscando crear un plan alternativo dependiente del contexto. Este trabajo es importante porque categorizan según el contexto los errores que se presentan para tomar decisiones en materia de reutilización de planes o conversión al siguiente plan, basado en los planificadores de Inteligencia Artificial (IA). Sin embargo, el enfoque aplicado a los SW sobre replanificar en este trabajo no se aplica al campo de los servicios Telco convergentes ni tampoco la selección de varias técnicas de planificación para recuperarse de las fallas como pretendemos en nuestra arquitectura.

En [10] se centran en investigar los problemas, diferentes soluciones y orientaciones para la implementación de servicios Web que son administrados por un Web Service Management System (WSMS). Identifica las características principales de un WSMS y realiza un estudio comparativo de sistemas de implementación de servicios web representativos con respecto a elementos o mecanismos como: composición automática, optimización (en la composición del plan) y monitoreo con miras a la evolución de las tecnologías de servicios web teniendo en cuenta el acceso eficiente al servicio web, la composición automática del servicios, manejo de ontologías para servicios web, descubrimiento y recuperación de fallas. Esto lo hace diferente a nuestra arquitectura por el hecho de no incluir la recomposición o reparación de las fallas que se presenten.

En [11] se enfocan en la Convergencia de las telecomunicaciones en la nube, sobre todo en las Next Generation Networks (NGN), mostrando las tendencias de los Telcos, influencias y efectos e incorporando la combinación de Infraestructura como Servicio Infrastructure as a Service (IaaS, Infrastructure as a Service), Plataforma como Servicios Platform as a Service (PaaS, Platform as a Service) y Software como servicio Software as a Service (SaaS, Software as a Service). IaaS está en la capa más baja y es un medio de administración de almacenamiento básico y calcula las capacidades de los servicios estandarizados través de la red, además de soportar la carga de trabajo. La capa media, o PaaS, es la encapsulación de un entorno abstracto de desarrollo, así como la carga y testeo de servicios. SaaS es la capa más alta y cuenta con aplicaciones completas ofrecidas como un servicio en demanda a través de múltiples clientes, y que permite correr una sola instancia del software que sirven a múltiples clientes. Lo anterior permite la integración, escalabilidad e implementación de servicios convergentes sin necesidad de que un usuario tenga conocimiento sobre la infraestructura en la "nube". De igual forma en este trabajo, no se incluyen los elementos de monitoreo, ejecución o replanificación cuando se presenten problemas en los servicios Telco convergentes como pretendemos en nuestra propuesta.

En [12] se propone una arquitectura para compañías Telco habilitada para hacer un híbrido o combinación con la "web 2.0". Además propone también un diseño e implementación de un corredor de servicios específicos Telco convergente haciendo uso la especificación Parlay X que provee una API para abstracción de servicios web. En este trabajo tratan el tema aplicaciones híbridas en conjunto con los servicios de telecomunicaciones, pero no incluyen la recomposición automática o recuperación de fallas para servicios Telco convergentes.

En el trabajo de [13] se enfocan en la utilización de técnicas de planificación de Inteligencia Artificial (IA) como HTN para mejorar la flexibilidad de la composición de servicios Web automáticamente. En este trabajo proponen la combinación de un modelo de proceso de decisión de Markov y la planificación HTN para abordar la composición de servicios Web. En el modelo, la planificación HTN es mejorada para descomponer una tarea en múltiples formas y, por tanto, ser capaz de encontrar más de un plan, que contempla las propiedades funcionales y no funcionales. Además, cuando la ejecución de los resultados del plan seleccionado resulta en una falla, los planes candidatos pueden asegurar que las tareas se llevarán a cabo sin descuidar las restricciones o incrementando premisas. La propuesta anterior no incluye un proceso de monitoreo de los planes en ejecución que entregue la posible falla al proceso que se encargue de replanificación como pretendemos en nuestra arquitectura y aunque no mencionan la aplicación de la técnica utilizada por el autor en el dominio de

los servicios Telco convergentes, esta técnica podría ser utilizada en el futuro en arquitectura para la recuperación de fallas en los mismos.

En [14] se presenta un framework para composición automática de servicios. Este framework describe el proceso para la composición automática incluyendo servicios de telecomunicaciones y dominios Web. Además describen su arquitectura para la composición automática a través de un prototipo pero no se muestran detalles de implementación. En este trabajo también realizan validación a la composición de los servicios en cuanto a las propiedades no funcionales expresadas en los requerimientos del servicio, no obstante, en ningún momento se denotan como elementos de recuperación de fallas en el proceso, haciéndolo diferente a nuestra propuesta.

En [15] su trabajo está enfocado en que los usuarios finales puedan crear, personalizar y compartir sus propios servicios desde la composición de otros servicios de forma fácil y rápida y combinados con los servicios Telco. Ellos describen un framework llamado Plataforma Abierta para la Creación y Ejecución de Servicios Centrada en el Usuario (OPUCE, por su sigla en inglés) el cual posee un servicio de Telecomunicaciones centrado en el usuario. La plataforma OPUCE utiliza también servicios estandarizados y características de la plataforma IMS (IP Multimedia Subsystem): ubicuidad, presencia de información, mensajería instantánea, Pulsar para hablar bajo telefonía y multimedia. Además validan un prototipo tipo laboratorio donde ponen a prueba a OPUCE proveyendo un escenario real de convergencia y crearon un editor para la composición de los servicios donde se refleja gráficamente el flujo del servicio creado.

Además en [16], su trabajo está enfocado en que los usuarios finales puedan crear, personalizar y compartir sus propios servicios desde la composición de otros servicios de forma fácil y rápida y combinarlos con los servicios Telco. Ellos describen un framework llamado Plataforma Abierta para la Creación y Ejecución de Servicios Centrada en el Usuario (OPUCE, por su sigla en inglés) el cual posee un servicio de Telecomunicaciones centrado en el usuario. Dentro de la descripción de la arquitectura de OPUCE no se ve reflejado la composición automática de servicios Telco convergentes ni mecanismos de recuperación en caso de fallas.

En [17] presentan el enfoque OMELETTE, lo cual permite al usuario final realizar aplicaciones híbridas usando servicios Telco. OMELETTE posee dos características importantes que permiten un rápido desarrollo: un motor de recomendación para proporcionar ayuda a usuarios o desarrolladores durante un desarrollo manual y un motor de composición automático que es capaz de hacer tareas de desarrollo. Este motor automático se basa en la configuración del perfil de usuario y sus preferencias para llevar a cabo su tarea. Al igual que algunos de los trabajos anteriores, éste carece de características de recuperación de fallas a pesar de tocar el dominio de los servicios Telco, no se asemeja a nuestra arquitectura.

En las propuestas arriba mencionadas se tratan varios temas importantes para construir nuestra propuesta, pero ninguna implementa la recomposición de servicios Telco convergentes cuando se presentan fallas en la composición de un servicio previamente, y mucho menos de forma automática usando técnicas de planificación.

Conclusiones

La recomposición de Servicios Telco Convergentes es una tarea compleja que debe tener en cuenta mucha información debido a las fallas presentadas para actuar de la manera indicada y entregar una solución acorde al ambiente de ejecución y monitoreo.

Los Servicios Telco Convergentes tolerantes a fallos apoyados en técnicas de planificación en Inteligencia Artificial abren toda una gama de posibilidades que bajo una arquitectura orientada a servicios generan plataformas altamente escalables y una interacción entre diferentes sistemas propios o externos.

En la arquitectura aquí propuesta se espera globalizar las fallas más comunes para la recomposición de los Servicios Telco Convergente integrando las técnicas de replanificación actuales aunque iniciando con las presentadas por [5] y futuras como un instrumento útil en plataformas o arquitecturas de planificación de tareas. Como trabajo futuro se propone integrar e implementar nuestra arquitectura en varias plataformas y revisar el comportamiento del modelo para enriquecer este proceso del manejo de fallas y recomposición de Servicios Telco Convergentes y lograr los de las tareas o procesos que se estén realizando o en su defecto los estados objetivo.

Agradecimientos

Este trabajo es soportado por el proyecto “Apoyo al Grupo de Sistemas Inteligentes Web - SINTELWEB - Convocatoria Nacional - Apoyo para el Fortalecimiento de Grupos de Investigación o Creación Artística 2012” código Dime 205010011129 de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Referencias

1. Davies J, Duke A, Mehandjiev N, Rey GÁ, Stinčić S D8. 5. Telco 2.0 Recommendations.
2. Zeng L, Benatallah B, Ngu AHH, Dumas M, Kalagnanam J, Chang H (2004) QoS-aware middleware for web services composition. *Softw Eng IEEE Trans* 30:311–327
3. Booth D, Haas H, McCabe F, Newcomer E, Champion M, Ferris C, Orchard D (2004) Web services architecture.
4. Guzmán Luna JA (2009) Modelo de Planificación y Ejecución Concurrente para la Composición de Servicios Web Semánticos en Entornos Parcialmente Observables. Universidad Nacional de Colombia
5. Joachim Peer (2006) Description and Automated Processing of Web Services. University of St. Gallen
6. Falcarin P, Venezia C (2008) Communication web services and JAIN-SLEE integration challenges. *Int J Web Serv Res IJWSR* 5:59–78
7. Corrales JC, Falcarin P (2012) User Centred Automated Composition in Telco 2.0. pp 104–110
8. Klusch M, Renner KU (2006) Fast dynamic re-planning of composite owl-s services. *Proc. 2006 IEEE WICACM Int. Conf. Web Intell. Intell. Agent Technol.* pp 134–137
9. Moore C, Xue Wang M, Pahl C (2010) An architecture for autonomic Web service process planning. *Emerg Web Serv Technol Vol III* 117–130
10. Yu Q, Liu X, Bouguettaya A, Medjahed B (2008) Deploying and managing Web services: issues, solutions, and directions. *VLDB J* 17:537–572
11. Penza A (2011) 50th FITCE Congress in Palermo On track. *Fitce Forum*
12. Blum N, Magedanz T, Schreiner F (2008) Services, enablers and architectures: Definition of a connected web 2.0/telco service broker to enable new flexible service exposure models. *Proc Int. Conf. Intell. Networks ICIN Bordx.* pp 20–23
13. Chen K, Xu J, Reiff-Marganiec S (2009) Markov-htn planning approach to enhance flexibility of automatic web service composition. *Web Serv. 2009 ICWS 2009 IEEE Int. Conf.* pp 9–16
14. Shiaa M, Falcarin P, Pastor A, L’ecu’e F, Silva E, Pires LF (2008) Towards the automation of the service composition process: case study and prototype implementations. *ICT-MobileSummit 2008 Conf. Proc. Stockh. Swed. IIMC Int. Inf. Manag. Corp.* 1:
15. Yelmo JC, Del Alamo JM, Trapero R, Falcarm P, Yi J, Cairo B, Baladr’on C (2008) A user-centric service creation approach for Next Generation Networks. *Innov. NGN Future Netw. Serv. 2008 K-INGN 2008 First ITU-T Kaleidosc. Acad. Conf.* pp 211–218
16. Yelmo JC, del Álamo JM, Trapero R, Martín Y-S (2011) A user-centric approach to service creation and delivery over next generation networks. *Comput Commun* 34:209–222
17. Chudnovskyy O, Nestler T, Gaedke M, Daniel F, Fernández-Villamor JI, Chepegin V, Fornas JA, Wilson S, Kögler C, Chang H (2012) End-user-oriented telco mashups: the OMELETTE approach. *Proc. 21st Int. Conf. Companion World Wide Web.* pp 235–238

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Diseño de un sistema de monitoreo de halterofilia utilizando un modelo biomecánico.

F. J. Rosas Ibarra*, M. T. Serna Encinas, C. E. Rose Gómez, J. E. de la Vega Bustillos,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, CP.
83170, Hermosillo, Sonora, México,
*francisco.rosas.ibarra@gmail.com.mx
Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

El trabajo presentado en este artículo, consiste en la descripción a detalle de la arquitectura propuesta del sistema de monitoreo, así como del modelo biomecánico definido para la halterofilia. El objetivo es proporcionar a los entrenadores la posibilidad de prevenir lesiones, ayudándoles a corregir la técnica de sus deportistas y por ende tener una mejor preparación para sus competencias. Para ello se requiere de un módulo de lectura de las posiciones registradas durante el entrenamiento por cada atleta, de manera que cada movimiento del ejercicio se capturará mediante cuatro sensores Kinect®; el módulo de procesamiento se compone de un conjunto de redes neurodifusas, que se utilizarán para el manejo de la incertidumbre generada durante la comparación de los datos recogidos, con el patrón base almacenado en el modelo biomecánico.

Palabras clave: Sensor Kinect, Halterofilia, Modelo biomecánico, Redes neurodifusas.

Abstract

This paper presents a detailed description of the proposed architecture for the monitoring of weightlifting athletes, as well as a biomechanical model defined for this discipline. The aim of our research is to provide to the coaches the ability to prevent injuries and helping to correct the technique of their athletes and therefore get a better training for their competitions. The system includes an input module to register the positions of each athlete during the training, so that each movement of the exercise will be captured using four Kinect® sensors. Also, the system includes a processing module, this module will use a neuro-diffuse model to manage the uncertainty generated during the comparison of the data collected against the basic pattern stored in the biomechanical model.

Introducción

Actualmente, los jóvenes deportistas de alto rendimiento han presentado lesiones que los dejan fuera de las competencias, lo cual puede ser por la falta de técnica, por el desequilibrio muscular, por la fatiga, por la sobrecarga, por los factores psicológicos o por el calentamiento mal realizado; así como las condiciones meteorológicas, el equipamiento, el estado del terreno, entre otros.

Dependiendo del deporte que se practique se presentan distintos tipos de lesiones: por ejemplo un jugador de futbol soccer se puede lesionar un tobillo, una rodilla y/o la cabeza; un levantador de pesas se puede lesionar la espalda, las muñecas y/o los hombros; un beisbolista se puede lesionar un hombro y/o el codo. Si no se cuidan al realizar los entrenamientos y en la forma de realizar los ejercicios, los atletas pueden presentar lesiones, incluso si los ejercicios están bien ejecutados pueden producirse lesiones si no se realiza un buen calentamiento.

Hasta donde se tiene conocimiento, no se ha desarrollado un sistema de monitoreo que permita prevenir lesiones en los atletas de alto rendimiento de halterofilia. El equipo de futbol soccer AC Milán, utiliza un sistema basado en Data Mining desarrollado por Computer Associates International, el cual maneja una gran cantidad de datos guardada de cada jugador, como son: alimentación, fatiga, tipos de entrenamientos, entre otros, para calcular mediante fórmulas estadísticas, la probabilidad que tiene un jugador de sufrir una lesión [1].

En este artículo se mostrará el diseño de un sistema de monitoreo para los entrenamientos de halterofilia utilizando un modelo biomecánico y redes neurodifusas. En la primera parte se presenta el marco teórico, el cual nos introducirá en los temas de interés; después se describirá el desarrollo que se enfoca en una arquitectura genérica del sistema y en el modelo biomecánico desarrollado para halterofilia; en las siguientes secciones se muestran los resultados esperados y los trabajos futuros; por último, se presentan las conclusiones de este trabajo.

Marco teórico

Lesiones en atletas de alto rendimiento

Las lesiones osteomioarticulares es el grupo de lesiones de los tendones, los músculos y los ligamentos observados con mayor frecuencia en el deporte; éstas son un tipo de lesión derivadas de las lesiones de los tejidos blandos, que se definen como las lesiones inducidas por actividades deportivas y caracterizadas por la respuesta de la matriz celular durante el proceso de inflamación, separación y degeneración [2].

Los atletas de alto rendimiento tienen un nivel de preparación muy alto y para obtenerlo se debe seguir un proceso de adaptación al nivel creciente de cargas físicas, por lo que se debe tomar en cuenta las leyes biológicas para la adaptación de las condiciones de entrenamiento físico en el deporte [3].

En ocasiones los atletas se lesionan cuando realizan ejercicios en los entrenamientos, esto se podría derivar por la falta de técnica, por el desequilibrio muscular, por la fatiga, por el calentamiento mal realizado, por la sobrecarga, por el estado del terreno, por el equipamiento, entre otros. Es por esa razón que a los entrenadores les ayudaría tener un sistema de monitoreo de los entrenamientos en busca de fallas técnicas en los movimientos de sus atletas, con el fin de proporcionarle una posibilidad de prevenir éstas lesiones.

Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de registrar de forma directa, continua y reversible un parámetro físico o la concentración de una especie química [4]. Existen dos tipos de sensores: los analógicos y los digitales, los primeros emiten una señal comprendida por un rango de valores que varían en el tiempo y son proporcionales a los efectos que están midiendo. Los segundos son los que frente a un estímulo pueden cambiar de estado, ya sea de cero a uno o viceversa, no existen estados intermedios y los valores de tensión son únicamente 0 y 5 volts [5].

Algunos sensores que se utilizan actualmente para el desarrollo de proyectos en robótica son: sensores de contacto, sensores por ultrasonido, sensores de movimiento. Estos últimos son los más importantes, ya que dan información sobre la evolución de las distintas partes que forman el robot y de esta manera se puede manejar, con un grado de precisión elevada, la evolución del robot en su entorno de trabajo [5].

De los sensores de movimiento se desprenden los sensores de deslizamiento, los sensores de velocidad, los sensores de aceleración y los sensores de posición; un sensor de posición tiene como función medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio.

Los dispositivos Kinect® utilizan sensores de movimiento los cuales con una función llamada Skeleton Tracking pueden detectar los 20 puntos de inflexión más importantes del cuerpo humano como se muestra en la figura 1, y entregar la información de la posición en coordenadas X, Y, y Z (plano tridimensional) [6].

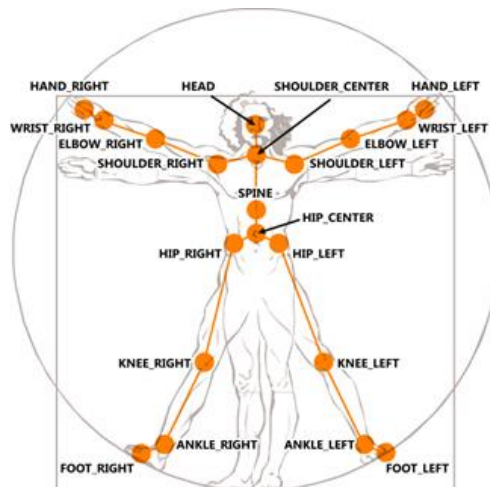


Figura 1. Puntos de inflexión que detecta Skeleton Tracking.

Biomecánica

La biomecánica tiene muchas definiciones, una de ellas es la que dio a conocer el Instituto de Biomecánica de Valencia en 1992 y es: “La biomecánica es un conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica y distintas tecnologías en: primero, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos, y en particular del cuerpo humano; segundo, en resolver los problemas que le provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido”[7].

La biomecánica puede clasificarse como: biomecánica médica, biomecánica ocupacional, biomecánica industrial, biomecánica ambiental y biomecánica deportiva [8]. Esta última es la que se utiliza para el diseño de equipamiento para mejorar el rendimiento deportivo, realizar análisis de movimientos deportivos para la prevención de lesiones, ayudar a analizar las destrezas motoras, y en general contribuye a la optimización de la técnica en la práctica deportiva, favoreciendo el desarrollo de técnicas deportivas.

La biomecánica deportiva fue creada por P. F. Lesgaft en la segunda mitad del siglo XIX a consecuencia del desarrollo de la biomecánica de los ejercicios físicos, y se encarga de evaluar una actividad deportiva con el fin de diseñar técnicas de entrenamiento, mejorar el rendimiento y así evitar lesiones [9].

Redes neurodifusas

La lógica difusa trata de imitar la habilidad de la mente humana de tomar decisiones mediante información relevante previamente recolectada, y se compone de dos conceptos: las variables lingüísticas y las reglas difusas, las primeras son palabras u oraciones en lenguaje natural o sintético para denotar valores con los que trabajar; las segundas son reglas de la forma SI – ENTONCES de la forma simple, que utilizan las variables lingüísticas donde dos o más variables de entrada generan una salida [10].

Una red neuronal artificial (RNA) se puede definir como un conjunto de neuronas unidas entre sí por medio de conexiones, en la cual cada elemento trabaja sólo con información local y asincrónicamente. El conocimiento se almacena en las conexiones o pesos sinápticos, los cuales serán ajustados de acuerdo a las reglas de aprendizaje que se dispongan, a este proceso se le conoce como entrenamiento. El conocimiento adquirido en esta fase se refleja en determinados valores de los pesos sinápticos con los cuales la red debe ser capaz de dar la salida correcta a una entrada no vista anteriormente [11].

La figura 2 muestra la estructura jerárquica de un sistema basado en RNA, la cual comienza con la neurona, después viene la capa que es un conjunto de neuronas en el mismo nivel, la red que es un conjunto de capas y por último, el sistema neuronal que contiene entradas, una red, una parte algorítmica y salidas.

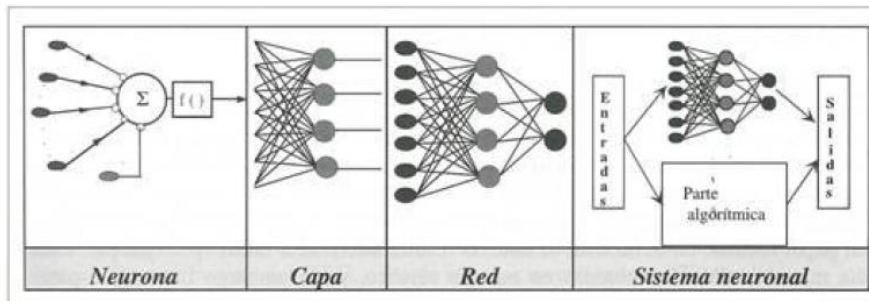


Figura 2. Estructura jerárquica de un sistema basado en RNA.

Un conjunto difuso es una generalización de un conjunto ordinario cuya función de partición toma sólo dos valores, cero o uno. La función de partición da una medida del grado de similitud de un elemento con el conjunto difuso [12]. Las RNA se pueden complementar con la lógica difusa para resolver problemas complejos.

Halterofilia

También conocida como levantamiento de pesas, es un deporte individual, acíclico, de poca movilidad y de máxima intensidad. Es acíclico porque la fase final de un levantamiento no marca el inicio de una nueva repetición, de poca movilidad porque los movimientos se generan en un plano vertical con poca translación horizontal del atleta o la barra, de máxima intensidad porque el gasto de energía por unidad de tiempo es muy alto [13]. En las figuras 3 y 4 se muestran los tipos de levantamientos que se ejecutan en la halterofilia, el arranque y el envión respectivamente.

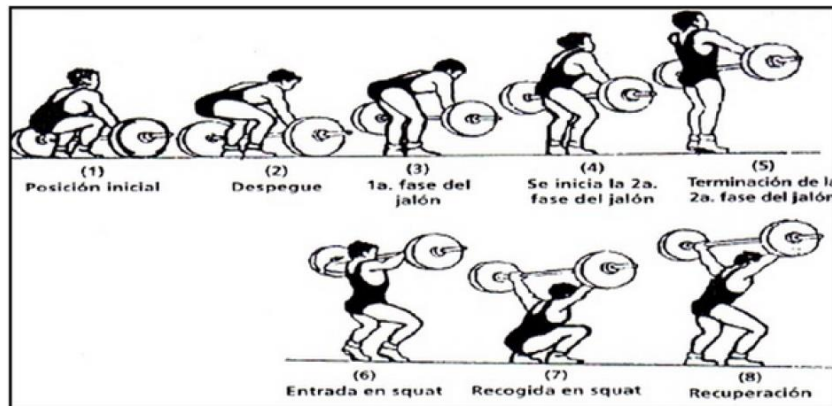


Figura 3. Arranque.

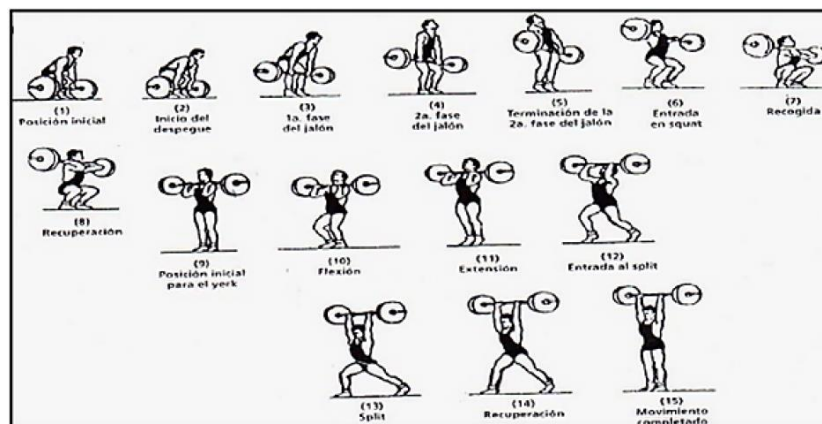


Figura 4. Envión.

Desarrollo

Arquitectura propuesta del sistema

En la figura 5 se muestra la arquitectura propuesta del sistema, la cual se compone de tres módulos que son: Módulo de lectura, módulo de registro y módulo de procesamiento.

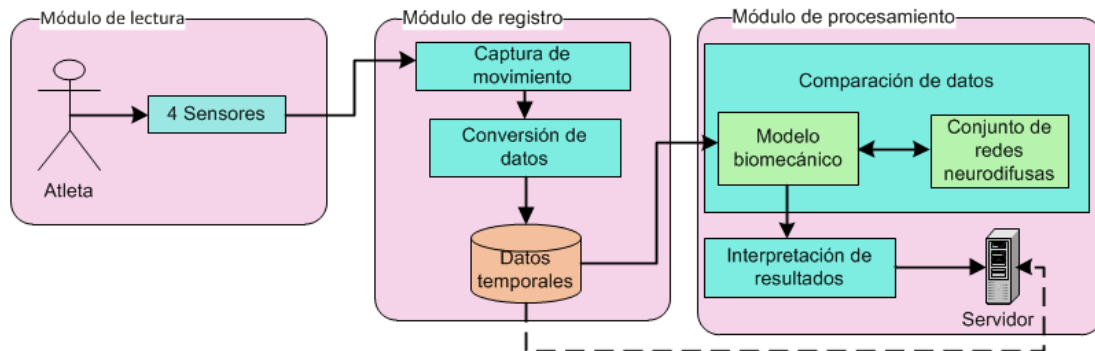


Figura 5. Arquitectura genérica del sistema.

El módulo de lectura se encarga de recoger los datos de los movimientos del atleta en el entrenamiento mediante 4 sensores Kinect®.

El módulo de captura tiene dos procesos, la captura de movimiento y la conversión de datos. El primero consiste en obtener los datos recogidos por los sensores; y el segundo se encarga de convertir esos datos (que son coordenadas X, Y, Z) en las variables que se utilizarán para medir la precisión de los movimientos, como lo serían los ángulos, la velocidad vertical, el desplazamiento horizontal, el tiempo, entre otros. Estas variables se almacenarán en una base de datos temporal, que se encuentra en el servidor, de donde se enviarán al módulo de procesamiento.

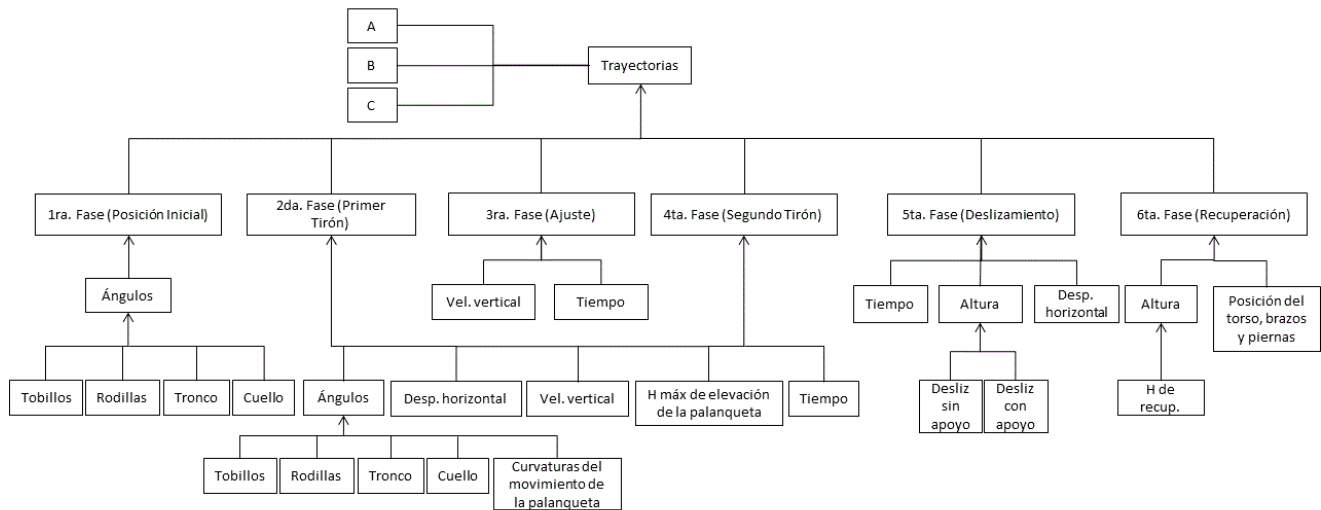
El módulo de procesamiento incluye dos procesos: la comparación de datos y la interpretación de resultados. El primero engloba 2 grandes componentes: un conjunto de redes neurodifusas encargadas de manejar la incertidumbre generada, cuando no exista una coincidencia exacta entre los datos capturados durante el entrenamiento y los datos del patrón base previamente capturado; el segundo componente consiste en un modelo biomecánico (patrón base) generado para la halterofilia (Ver figura 6). El proceso de interpretación de resultados consiste en mostrar al entrenador los resultados de la comparación de los datos, así como los errores que tuvo el atleta en la ejecución, de manera que puedan corregirse para evitar una futura lesión.

Modelos biomecánico para halterofilia

Un modelo biomecánico es una estructura que representa la relación entre los objetivos de las destrezas y los factores que los producen [14]. En la figura 6 se muestra el modelo biomecánico propuesto para el deporte de halterofilia, el cual se divide en seis fases, que son:

- 1ra. Fase (Posición Inicial)
- 2da. Fase (Primer Tirón)
- 3ra. Fase (Ajuste)
- 4ta. Fase (Segundo Tirón)
- 5ta. Fase (Deslizamiento)
- 6ta. Fase (Recuperación)

Modelo Biomecánico para Halterofilia



Fuente propia

Figura 6. Modelo biomecánico para halterofilia (Fuente propia).

La primera fase comienza con el movimiento del levantamiento, en esta fase es esencial la posición a tomar, por ello se necesita conocer los ángulos de tobillos, rodillas, tronco y cuello. Aquí se mide el nivel de exactitud que se tiene al iniciar el levantamiento, es necesario que los ángulos sean lo más preciso posible para tener un mejor levantamiento y evitar algún tipo de lesión.

En la segunda y cuarta fase (primer y segundo tirón respectivamente) se realizan los movimientos con la mayor cantidad de fuerza, porque es donde la barra primero se despega del suelo y luego se levanta por delante hasta la cabeza. En estas fases, además de medir los ángulos de tobillos, rodillas, tronco y cuello, también se mide la curvatura de movimiento que toma la palanqueta (barra), el desplazamiento horizontal de la barra, la velocidad vertical que debe de tomar la barra para que el levantamiento sea más fácil, la altura máxima de elevación de la barra y el tiempo en el que el movimiento se considera óptimo.

La tercera fase, de ajuste, sirve para pasar de la segunda a la cuarta fase, y lo único que se necesita conocer es la velocidad vertical que tiene la barra y el tiempo de ejecución; puesto que el ajuste es un intermediario, el tiempo que se ocupa es muy pequeño y la velocidad es alta.

La quinta fase, el deslizamiento, es cuando el pesista se coloca por debajo de la pesa para que la barra quede sobre su cabeza y poder terminar el ejercicio; se necesita conocer el tiempo, el desplazamiento horizontal y la altura, la cual se divide en: desliz sin apoyo y desliz con apoyo, que serían los dos tipos de levantamiento que hay en la halterofilia, arranque y envión respectivamente, por lo que cada uno tiene diferentes alturas.

En la sexta fase, se termina el movimiento y el pesista debe quedar inmóvil de los brazos, piernas y tronco, con la pesa sobre su cabeza hasta que los jueces consideren terminado el movimiento, se necesita conocer la altura de la barra en la recuperación y la posición de torso, brazos y piernas.

Al modelo biomecánico para halterofilia, previamente definido, se le asignarán los diferentes parámetros a cada una de las variables que conforman cada fase, y servirá de patrón base con el que se compararán los movimientos registrados, durante el entrenamiento de los atletas.

Resultados esperados

Con la arquitectura y el modelo biomecánico utilizado en el diseño del sistema propuesto, ya definidos, se espera brindar a los entrenadores de halterofilia, un sistema de reconocimiento vectorial que permita monitorear, de manera correcta y precisa, los movimientos realizados durante el entrenamiento, buscando con ello la posibilidad de prevenir lesiones en los deportistas, así como de ayudarles en la depuración de la técnica.

Trabajo a futuro

Iniciar con la implementación del sistema de reconocimiento vectorial, para corroborar tanto la funcionalidad del mismo como la verificación del análisis de resultados que arroje el sistema.

Conclusiones

El trabajo presentado en este artículo se focaliza en presentar la arquitectura del sistema de monitoreo propuesto, y en la descripción del modelo biomecánico para halterofilia, compuesto por seis fases: posición inicial, primer tirón, ajuste, segundo tirón, deslizamiento y recuperación. El objetivo del sistema propuesto consiste en proporcionar a los entrenadores de halterofilia, un mecanismo que les auxilie en el monitoreo correcto y preciso de los movimientos ejecutados durante un entrenamiento, brindando la posibilidad de evitar lesiones en sus atletas.

Referencias

1. Molina, L. C. (2002). Data Mining: Torturando los datos hasta que confiesen. Fundacion Oberta de Cataluña (FUOC), Barcelona, España. Visitado Noviembre 2012: <http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/molina1102/molina1102.html>
2. Álvarez Cambras, R.; Jacobo Núñez M. E.; Marrero Riverón, L. O. and Castro Soto del Valle, A. (2004). Lesiones de partes blandas en atletas de alto rendimiento, Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología, (18) 2, Cuba.
3. Mishchenko, V. S.; Monogarov, V. D. (2001). Fisiología del deportista: bases científicas de la preparación, fatiga y recuperación de los sistemas funcionales del organismo del deportista de alto nivel, Editorial Paidotribo, Barcelona, España.
4. Areny, R. P. (2004). Sensores y acondicionadores de señal: prácticas, Marcombo, (2).
5. Ortíz, E. C. (2011). Monitoreo de sensado de temperatura y humedad en cuartos de comunicaciones con tecnologías de bajo coste (zigbee), Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Proyecto de titulación, Mayo.
6. Webb, J.; Ashley, J. (2012). Beggining kinect programming with the Microsoft Kinect SDK, Editorial Apress, Nueva York.
7. Izquierdo, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte / Biomechanics and Neuromuscular Basis of Physical Activity and Sports. Editorial Médica Panamericana, [Online]. Available: <http://books.google.com.mx/books?id=F4I9092Up4wC>
8. Silva-Moreno, A. A. (2004). Biomecánica, 1er. Encuentro participación de la mujer en la ciencia, CIATEC, Laboratorio de Investigación en Biomecánica, Omega 201 Industrial Delta.
9. Ford J.; Ángel E. (2010). La biomecánica deportiva en el arte marcial del full contact, Tesis de licenciatura, Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
10. Zadeh, L. A. (1994). Soft computing and fuzzy logic, Software, IEEE, (11) 6, pp. 48–56.
11. Nigrin, A. (1993). Neural networks for pattern recognition. MIT Press.
12. Martín, J. D. (2000). Implementación de Redes Neuro-Difusas para ser Aplicadas en Problemas de Clasificación Y Modelización. USA: dissertation.com.
13. Molina, P. C. (2005). Manual de capacitación en iniciación en levantamiento de pesas.
14. Hay, J. G.; Reid, J. G. (1988). Anatomy, Mechanics, and Human Motion, Parent Hall PTR

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Multicluster HPC sobre un middleware de clusters HPC

J. Santos Cruz^{1*}, A. Rodríguez León¹, J. Hernández Silva¹, Marco A. Romo Medina¹

¹ *Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Veracruz Calzada Miguel Ángel de Quevedo 2779, Veracruz, México.*

**{santos.juan,arleon,jhsilva,romo}@itver.edu.mx*

Área de participación: Sistemas Computacionales.

Resumen

En la actualidad las plataformas que dan soporte al cómputo intensivo se han visto superadas por la complejidad de los problemas que en ellas corren, esto quiere decir que en muchas ocasiones no alcanzan a cubrir todo el poder de cómputo que los problemas requieren.

Una solución que se había venido utilizando es la tecnología Grid, sin embargo la utilización de esta tecnología necesita una infraestructura (hardware y software) más compleja que la de computación de alto desempeño (HPC). Otra limitante en esta tecnología es que no se pueden ejecutar programas paralelos multisites. En el presente artículo se muestra una alternativa que puede resolver estos problemas y la llamamos **MulticlusterHPC**, esta alternativa permite la ejecución de programas paralelos multisite sin la limitación de la Grid. Esto se logra con la unión de varias clusters cada uno con su respectivo middleware unidos por una VPN.

Palabras clave: *Grid, Programas paralelos multisites, HPC.*

Abstract

At present the platforms that support the computation intensive have been overtaken by the complexity of the problems that they run, this means that in many occasions do not reach to cover all the computing power that the problems require.

A solution that had been using is the Grid technology, however the use of this technology needs a infrastructure (hardware and software) more complex than the high-performance computing (HPC). Another limiting factor in this technology is that they cannot be run parallel programs multisites. In this article shows you an alternative that can solve these problems and we call it "MulticlusterHPC, this alternative allows the execution of parallel programs the multisite without the limitation of the Grid. This is accomplished with the union of several clusters each with their respective middleware united by a VPN.

Introducción

Hablar de cómputo intensivo es hablar de Supercomputadoras, Clusters y Grids. En los inicios del cómputo intensivo la única manera de obtener gran capacidad de poder de cómputo era mediante las Supercomputadoras, las cuales son el tipo de computadoras más rápidas y potentes que existen en un lapso de tiempo determinado, teniendo como principal característica que pueden procesar enormes cantidades de información en poco tiempo [TR09].

Una evolución natural de las supercomputadoras se dio con los Clusters los cuales según [JD04] se definen como un conjunto de computadoras (personales o servidores) interconectadas por una red de alta velocidad y software especializado (Middleware), que funcionan como si fuera una sola supercomputadora. Los Clusters se han convertido en el sustituto de las supercomputadoras, ya que alcanzan el mismo poder de cómputo pero a costos mucho más bajos y con la ventaja adicional de una escalabilidad progresiva. Existen 3 diferentes tipos de clúster según el servicio que prestan:

- **Clúster de Alto Rendimiento (HPC).**
- **Clúster de Alta Disponibilidad (HA).**

- **Clúster de alta productividad (HTC).**

La Computación Grid es el siguiente nivel de tecnología de uso de recursos distribuidos. Una Grid es la tecnología que permite utilizar diferentes recursos como lo son computo (supercomputadoras y Clúster), almacenamiento (BD y RAIDS) y aplicaciones específicas, que no están centralizadas geográficamente [JD04]. Sin embargo la utilización de una Grid conlleva una serie de conocimientos adicionales para su administración así como su utilización, lo que ha creado cierto conflicto con algunos usuarios ya que, tienen que prestar un poco más de tiempo para poder realizar sus pruebas en la infraestructura Grid, en vez de dedicar ese tiempo para la solución de los problemas de sus proyectos.

Problemática.

El uso de clústeres para cómputo intensivo y paralelo ha ido en crecimiento en los últimos años. En la actualidad hay una gran cantidad de clústeres de producción en los que corresponde a software paralelo. Al hablar de clústeres paralelos no se puede dejar de mencionar el modelo de programación por pasos de mensajes, ya que estas dos tecnologías van de la mano.

Dentro de las bibliotecas de paso de mensajes más populares se encuentran PVM (Parallel Virtual Machine) y MPI (Message Passing Interface), esta última se convirtió rápidamente en uno estándares para el desarrollo y ejecución de programas paralelos. El éxito inicial de esta biblioteca se debe en gran medida a que en su versión libre, con dos implementaciones: MPICH y LAM/MPI.

En la actualidad los clusters se han visto superado por la complejidad de los problemas que en ellos corren, ya que no cuentan con el poder de cómputo necesario para la ejecución de las aplicaciones. Es aquí donde nace la necesidad de crear un implementación de middleware para cluster en la cual se puedan ejecutar programas paralelos multisites.

Estado del arte

Haciendo una revisión de los trabajos relacionados con la problemática planteada, se encontraron que básicamente se cuenta a 2 soluciones. Una de ellas nos lleva por el uso de la tecnología Grid y la otra por el uso de las capacidades ampliadas de los clúster a través de multicluster.

Grid.

Para [TR09] Grid se define como “es un tipo de sistema paralelo distribuido geográficamente que permite la compartición de recursos de forma dinámica en tiempo de ejecución en función de su disponibilidad, capacidad, rendimiento, costo y usuarios con requerimientos de calidad para sus servicios”

La computación Grid permite compartir recursos sobre una red de sistemas heterogéneos utilizando estándares abiertos, con el fin de optimizar los resultados, esto significa que se cuenta con mayor poder de CPU, almacenamiento, memoria y recursos de red, con la finalidad de que el usuario pueda acceder cuando fuese necesario sin importar la ubicación geográfica en la que se encuentre.

Los principales usos de la computación Grid están dirigidos a la minería de datos, así como para Grid de servicios como lo son Gisela.

Multicluster

Para [FL07] en general, las bibliotecas de paso de mensajes resuelven básicamente dos problemas técnicos para poder ser utilizadas:

- **Identificación única de procesos.** Los programas paralelos son un conjunto de procesos que se pueden identificar de manera unívoca, independientemente de que se ejecuten en un ambiente de memoria compartida o distribuida.
- **Transferencia de datos entre los procesos.** Se reconoce que las primitivas básicas de comunicación son del tipo punto a punto (send () y receive ()) entre dos procesos, también se suelen incluir otras variantes como las comunicaciones colectivas (del tipo de broadcast ()), por ejemplo).

En este sentido, en cualquier plataforma (hardware) que pueda resolver estos problemas se podría utilizar una implementación de paso de mensajes como lo es MPI. Los clústeres han adoptado de manera satisfactoria estas librerías ya que estos dos problemas lo resuelven de una manera sencilla. Adicionalmente, todo lo relacionado con la transferencia de datos y comunicaciones lo resuelve el middleware de los cluster con protocolos estándares como lo es TCP/IP.

Lo antes mencionado se complica si se tiene la idea de ejecutar programas paralelos en más de un Clúster o lo que es lo mismo ejecución MULTICLUSTERS. Algunos problemas que se tienen al ejecutar programas paralelos MULTICLUSTERS son los siguientes:

- No se puede asumir que las todas comunicaciones punto a punto tiene el mismo rendimiento, puesto que un proceso puede enviar datos a dos procesos, uno ubicado en un nodo dentro del mismo Clúster y el otro en un nodo de un cluster remoto.
- La heterogeneidad de las máquinas que componen a los diferentes Clústeres. La asimetría de las unidades de procesamiento en un mismo clústeres es muy común, por lo tanto es también probable que esta se de en los nodos de cluster remotos.

De acuerdo a [FL07] en los primeros esfuerzos por realizar herramientas o bibliotecas que pudieran llevar a cabo la ejecución de programas paralelos MULTICLUSTER se puede mencionar a MagPle del proyecto albatros[AL11], esta biblioteca fue orientada a la optimización de las comunicaciones colectivas de MPI en redes WAN, algunas otras bibliotecas lo fueron MPI-Connect, que después fue remplazada por PVMPI y por último IMPI, todas estas bibliotecas fueron propuestas a fines de la década de los 90's.

Comparativo

En la tabla 1 comparativa se ponen en evidencia cada una de las características entre la computación Grid y Multicluster HPC.

CARACTERISTICAS		GRID	MULTICLUTER
Escalabilidad		Buena	Regular
Distribución Geográfica		Buena	Buena
Heterogeneidad		Buena	Buena
Recursos Compartidos		Buena	Buena
Múltiples Administradores		Buena	Mala
Middleware:	Seguridad	Buena	Regular
	Administración	Buena	Buena
Ejecución de Programas Paralelos		Regular	Buena

con Paso de Mensajes.		
Acceso	Buena	Buena

Tabla.1 Comparativo Grid vs Multicluster HPC.

En la tabla 1 se muestra en comparativo entre las dos tecnologías, es evidente que la tecnología Grid es mucho más robusta que el Multicluster, sin embargo esta robustez conlleva la implementación de más recursos que el multicluster y sin embargo aun con todo las características en las que supera la computación Grid al Multicluster esta no puede realizar la ejecución de programas paralelos multiclusters.

La primer característica que se compara en la Tabla 1 es la escalabilidad en la computación Grid es muy buena ya que las diferentes plataformas existentes en la actualidad tiene desde unos cuantos cientos de usuarios hasta los millares; en multicluster esta característica es un poco limitada ya que esto depende de la tecnología que se utilizó para la interconexión de los clústeres que conforman la plataforma en su totalidad, la más utiliza es OpenVPN y en su versión libre se ve limitada a unos cuantos usuarios.

La segunda característica que se comparo fue la distribución geográfica en esta las dos tecnologías tienen una buena distribución ya que ninguna está limitada, en el caso de la Grid un site puede estar en el continente europeo y otro en Latinoamérica y no existe ningún problema entre estos. En el caso de multicluster, de igual manera pueden estar separados los Cluster y no presentan ningún inconveniente.

La heterogeneidad es la tercera característica que se comparó en la Tabla 1. No teniendo ningún problema en este aspecto ya que ambas aprovechan los recursos de diferentes arquitecturas, no siendo esto factor que impida su buen funcionamiento.

Con respecto a la compartición de recurso en ambas tecnologías es muy buena, ya que las dos optimizan al máximo la disponibilidad de sus recursos entre sus usuarios.

La siguiente característica que se comparo fue la de múltiple administración. En este aspecto Grid cuenta con una muy buen esquema de administración con tres diferentes niveles de administración (local, regional y global).En el caso de multicluster esta tarea solo se lleva a cabo por una sola entidad centralizada que administra todo.

Al hablar de Middleware, que es la siguiente característica que se comparó, es importante señalar que cada una de las tecnologías usa diferentes tipos de Middleware, En el caso de la computación Grid el Middleware es el encargado de la mayor parte de la administración de la Grid. En cambio en multicluster el Middleware es independiente en cada Cluster y la parte de la comunicación entre los Cluster es manejada por la VPN. La comparación entre los Middlewares se realizó en dos ámbitos uno comparando la seguridad y otro la administración, en el primer ámbito (seguridad) el middleware Grid supera al de multicluster ya que contiene fuertes mecanismos de seguridad propios de la Grid; En el segundo ámbito (administración) ambos Middlewares son muy buenos puesto que cuentan con los mecanismos necesarios como lo son la administración de usuarios permisos y demás, pertinentes de cada tecnología.

La penúltima característica que se comparó entre las tecnologías fue la ejecución de programas paralelos con paso de mensajes. En esta la computación Grid se ve superada por multicluster ya que aunque en una Grid se puede ejecutar un programa paralelo, esta se limita solo a un Site, esto quiere decir que si un programa quiere correr un proceso en otro Site no es posible, en cambio, en multicluster no tiene esta limitación.

La última característica que se comparo fue la accesibilidad. En esta las dos tecnologías garantizan de manera adecuada el acceso a su infraestructura a todos los usuarios adecuadamente identificados.

Solución

La idea central de este trabajo es tener la posibilidad de ejecutar programas paralelos en más de un Clúster, sin la necesidad de instalar toda una infraestructura (Middleware) de computación Grid.

Es conveniente mantener la propuesta de cómputo paralelo MULTICLUSTER separado de la de Grid Computing, al menos por dos razones:

- **Compartición de recursos:** La computación Grid está propuesta como una solución integral para compartir recursos de cómputo y almacenamiento a gran escala de distribución y capacidad.
- **Administración y seguridad de la infraestructura Grid:** La computación Grid tiene más de lo necesario que el cómputo paralelo MULTICLUSTER, ya que la computación Grid implementa un sistema muy elaborado para proveer la adaptación de los diferentes sistemas de seguridad que se utilizan localmente por cada institución conectada a la Grid.

Según [FL07] desde hace algún tiempo, se han estudiado características específicas de cómputo paralelo multiclusters tales como el problema generado por las interconexiones no dedicadas y los problemas de seguridad involucrados. A modo de resumen, en este trabajo previo se reportan algunos detalles técnicos importantes a tener en cuenta para cómputo paralelo multiclusters:

- En los ambientes no dedicados, muchos de los problemas de disponibilidad de los nodos de los clusters son propios de la falta de control sobre los mismos, no de las comunicaciones o estabilidad de los mismos nodos.
- Aunque la interconexión de los clusters no es exclusiva siempre hay conectividad entre los clusters a utilizar, salvo algunas excepciones poco frecuentes. Esto se debe a que la interconexión se encuentra mezclada con el tráfico de Internet, por lo que se le deba mantener una buena administración independientemente de la utilización de cómputo paralelo multiclusters.
- El rendimiento de las comunicaciones entre los clusters no es constante dado que no es dedicado, pero en general es muy cercano al máximo absoluto, al menos para transferencias de pocos datos. Como es de esperar, el rendimiento para las comunicaciones multiclusters fluctúa dependiendo de días y horarios.
- Los mecanismos básicos de seguridad que se imponen en las instituciones (y que son de uso común en casi todas las instalaciones de computadoras) normalmente impiden la utilización directa de implementaciones de MPI como MPICH y LAM/MPI. Estas implementaciones imponen un patrón de tráfico TCP/IP que normalmente es cancelado por los firewalls o mecanismos de seguridad de las instituciones.

Después de analizar todas las limitaciones que presenta la ejecución de programas paralelos multiclusters se estudió una posible solución, la cual proveyó las herramientas necesarias para atacar cada uno de los puntos antes expuestos.

Para [FL07] una solución es la utilización de una VPN ya que, desde el punto de vista técnico, todo lo que necesita MPI para ser utilizado en un Cluster es que tenga conectividad TCP/IP como en una red local y es precisamente lo que una VPN provee en cualquiera de sus versiones o implementaciones. Sin lugar a duda, se tienen algunos costos por la implementación de una VPN para cómputo paralelo multiclusters, estos costos son:

- Se debe de instalar y configurar el software de la implementación VPN que se haya elegido, en nuestro caso OpenVPN.

- Se debe de tomar en cuenta que se afectará los controles de seguridad (Firewalls) implementados en las instituciones donde se encuentren ubicados los Clusters.
- En el tiempo de ejecución existe una sobrecarga de procesamiento y en el tráfico de datos por el entubamiento (encriptación, enrutamiento y des encriptación) de las comunicaciones sobre el esquema de cliente/servidor atreves de un puerto bien conocido.

En el reporte que presenta [FL07] menciona que no todas las implementaciones de MPI se pueden ejecutar en una VPN, por lo que optan por utilizar MPICH ya que no presentó ninguna complicación. Este es un punto muy importante a considerar para el fin de este proyecto.

En las conclusiones descritas por [FL07] indica que se experimentó en un escenario en el cual se conectaba dos Cluster mediante una VPN, ejecutando un programa paralelo con procesos que se ejecutaban en los dos Clusters al mismo tiempo, lo anterior comprueba que si es posible la ejecución de programas multiclusters sin la necesidad de la instalación de una infraestructura (Middleware) como la que proporciona la computación Grid.

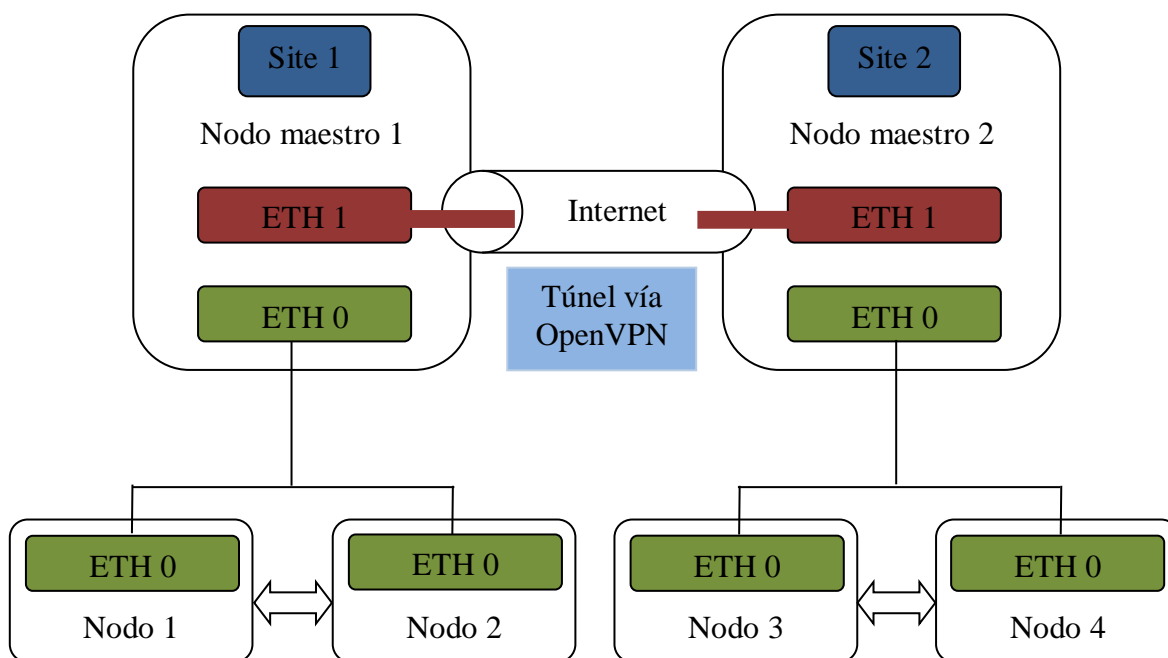


Figura 1. Arquitectura de Multiclustero.

En este proyecto en específico el middleware que se está utilizando es Rocks-Cluster el cual se define como una colección de software libre para la administración de clustersHPC. El objetivo principal de Diseño de Rocks-Cluster es hacer la instalación del clúster tan fácil como sea posible. Sin lugar a dudas, se ha recorrido un largo camino hacia el logro de este objetivo. Para lograr esto, la instalación por defecto hace una serie de suposiciones razonables acerca de lo que el software debe incluir y cómo el clúster debe estar configurado. Sin embargo, con un poco más de trabajo, es posible personalizar muchos aspectos de Rocks-Cluster. [JD04]

Otra tecnología empleada en este proyecto es una VPN. La VPN crea una red privada sobre una red pública (usualmente Internet) para conectar sitios remotos o usuarios entre sí. Una VPN usa conexiones

"virtuales" enrutadas a través de Internet desde una red privada hacia un sitio público externo. Mediante el uso de una VPN, se puede garantizar la seguridad entre los nodos interconectados. [CI08] La implementación de esta tecnología utilizada fue OpenVPN la cual brinda una serie de características como son:

- Compresión en tiempo real.
- Redes de túneles a través de NAT.
- Utilizar toda la encriptación, autenticación y certificación de las características de la biblioteca OpenSSL para proteger el tráfico de red privada, ya que transita por Internet.
- Puede crear un túnel de cualquier subred IP virtuales o adaptador Ethernet través de un único puerto UDP o TCP.

Adicionalmente a Rocks-Cluster y OpenVPN se utiliza Anaconda el cual es el programa de instalación de Red Hat. Está escrito en Python con algunos módulos personalizados en C. Anaconda está organizado en etapas, la primera etapa es un instalador que carga los módulos del kernel necesarios, posteriormente anaconda utiliza un mecanismo de auto-instalación, que permite instalaciones masivas a través del archivo de configuración Kickstart [DS04]. La instalación con Kickstart se puede hacer usando un CD-ROM, disco duro o en una red mediante FTP, NFS o HTTP [DS04], estas dos herramientas son utilizadas para la automatización de la instalación de los elementos del Multicluste.

Análisis de los resultados.

El integrar una distribución de Middleware para Clúster base, (en nuestro caso Rocks-Cluster) con la tecnología VPN (OpenVPN) permite obtener una herramienta para la ejecución de programas paralelos multisites, aprovechando al máximo cada una de las características de las dos tecnologías fusionadas y dejando de lado las complicaciones que conlleva la utilización de la computación Grid, tanto las de infraestructura como las administrativas.

La implementación se puso a prueba en dos clusters uno en ITVER en Veracruz y otro en CICAP en Cuernavaca, en las primeras pruebas se realizaron las siguientes tareas: instalación de la VPN, e instalación y configuración de los paquetes adicionales de forma manual (sin la utilización de Anaconda y Kikcstar),

Actualmente se están realizando las modificaciones en el instalador de Rocks-Cluster, anaconda para poder llevar a cabo toda esta serie de pasos de manera automatizada. Esto se hace con el fin de que los administradores de multicluste no se preocupen de los procesos de instalación. Se busca que el proceso de instalación sea menos tedioso y no se necesite conocimientos extras sobre Sistemas Operativos y Redes para que quede configurado de manera adecuada.

Trabajo a futuro

Tener estructurada la implementación al 100 %, esto conlleva desde la realización de la VPN, su configuración hasta que realice el proceso de manera automatizado.

Se pretende ir agregando servicios los cuales vayan simplificando cada vez más la administración de MULTICLUSTERS HPC dentro de los cuales se incluyen el seccionamiento de las redes privada, el agregar nuevos miembros a la VPN, así como ir automatizando todo el proceso.

Otro punto que se pretende en trabajos a futuro es la de la evaluación en conjunto de la implementación, es decir, poner en marcha la implementación e ir observando los procesos que realiza desde la instalación de los paquetes adicionales, hasta comprobar que haya realizado de manera correcta cada una de las tareas asignadas, así como también el tiempo que lleve realizar la instalación por completo.

Conclusiones

Contar con un MULTICLUSTER HPC permite realizar la ejecución de programas paralelos multisite, sin necesidad de la instalación de toda la infraestructura como ocurriría en la computación Grid. El usar un middleware popular como lo es Rocks-Cluster modificado y con servicios adicionales facilita la instalación ya que no se requiere conocimientos adicionales para su administración y ejecución de programas paralelos en varias plataformas sin intervención del usuario.

Referencias

[TR09] Trobec, R. , Vajtersic, M. , Zinterhof, P.(2009), *Parallel Computing Numerics, Applications and Trends*.London: Springer.

[JD04] Joseph, D. (2004), High Performance Linux Clusterswithc OSCAR, Rocks, openMosix and MPI. UnitedStates of America: O'REILLY.

[FL07]Fernando, L.R., Antonio, Q., Armando, G., Fernando, G. T.(2007).Computo paralelo intercluster.

[AL11]Albatross.(2011). Wide AreaCluster Computing Homepage. Recuperado el 13 de mayo del 2013 de <http://www.cs.vu.nl/albatross/>.

[DS04] D. Sloan Joseph (Noviembre, 2004) High Performance LINUX CLUSTERS with OSCAR, Rocks,openMosix, and MPI, EDITORIAL O'REILY.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Estándares Semánticos para Representar Objetos de Aprendizaje

Ingrid-Durley Torres ^{1*}, J. Guzman-Luna²

¹Centro de Investigación, Institución Universitaria Salazar y Herrera, CR 70 # 52-49, Medellín, Colombia

²Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión, Universidad Nacional de Colombia, Kra 80 # 65-223, Medellín, Colombia

*i.torres@iush.edu.co

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

Los Objetos de Aprendizaje están jugando un papel importante para la conceptualización de los actuales modelos de enseñanza-aprendizaje. Un objeto de Aprendizaje, es comúnmente reutilizado virtualmente, implicando grandes esfuerzos encaminados a encontrar y buscar los objetos en distintos tiempos y contextos; lo anterior, constituye un problema nada trivial, debido a que la heterogeneidad terminológica y significativa, que se da entre los actores: creadores, que desarrollan los objetos de aprendizaje y los docentes y estudiantes quienes los consumen, apuntan a conceptos que pueden resultar completamente diferentes o nada compatibles. Para hacer frente a tal inconveniente, este trabajo, expone la necesidad de que cada objeto de aprendizaje, provea la información semántica suficiente a través de estructuras cognitivas denominadas ontologías; de esta manera se gestionan de manera inequívoca la terminología asociada a un dominio, potencializando los procesos de almacenamiento, búsqueda y recuperación de los mismos objetos.

Palabras clave: *Objetos de aprendizaje, heterogeneidad, terminología, semántica y ontologías.*

Abstract

Learning Objects are playing an important role in the conceptualization of the current models of teaching and learning. A learning object can be reused virtually implying great efforts to find and search for objects in different times and contexts above, is a nontrivial problem, because the terminology and significant heterogeneity, which can occur between actors: suppliers, who develop learning objects and the teachers and students who consume them, point to concepts that may be completely different or not compatible. To address that problem, this paper describes the need for each learning object, provide sufficient semantic information through cognitive structures called ontologies, thus unequivocally managed terminology associated with a domain, powering the storage processes, search and retrieval of these objects.

Introducción

Una dificultad, con la que se encuentra un usuario del ámbito de aprendizaje virtual, está reflejada en la heterogeneidad semántica con la que se definen algunas especificaciones asociadas a los propios Objetos de Aprendizaje (ó OA como abreviación). Cada actor es independiente y autónomo y por ende, cada OA es marcado comúnmente por su creador (proveedores- docentes u organizaciones), asociando su propia especificación sintáctica y hasta de significados (semántica). Considerando, además que son varios los creadores, es posible que algunos o ninguno, sean muchas veces coincidentes, con las especificaciones acuñadas por los propios usuarios finales (alumnos o docentes), quienes finalmente son los que usan los OA. Este aspecto, tiende a ser más complejo, cuando se trata de construir sistemas que logren procesos automáticos de OA, ya que algunos OA pueden perseguir por ejemplo, el mismo objetivo de aprendizaje, aunque la especificación sea sintácticamente distinta (Ej. Enseñar que es un “carro”, es lo mismo que enseñar que es un “coche”) o tener asociada la misma especificación sintáctica en su objetivo, pero significar diferente (enseñar que es un “banco” –para sentarse- no es lo mismo que enseñar que es un “banco” – de gestión de dineros). A nivel de metadatos, todos ellos cubren la especificación sintáctica-descriptiva, dando libertades de marcado en varios de sus campos, lo cual, impide a las máquinas dar una interpretación independiente, que

permita proveer procesos automáticos. Para abordar este inconveniente algunas organizaciones formulan estándares que permiten definir unos metadatos para facilitar la búsqueda y clasificación de OA a través de sus campos. Pero la existencia de diferentes estándares, entre los que algunos campos tienen libre opción de marcado por parte del usuario, así como la ausencia de una conceptualización formal de lo que es un OA, limitan la reutilización de los mismos. Una tecnología que resulta exitosamente aplicada para casos de heterogeneidad de significados y ausencia de vocabularios consensuados, es la web semántica [15], al cual desde las ontologías [5], rellenan un número de nuevos requisitos relacionados con los procesos automáticos, tales como la búsqueda, recuperación o composición de nuevos materiales didácticos [12].

En este trabajo se propone una alternativa de representación formal de un OA y sus correspondientes metadatos, para proporcionar mayor flexibilidad en la descripción del concepto de OA. Esto permitirá fomentar la reutilización de este tipo de recursos, además de facilitar la automatización de tareas relacionadas con la gestión de tales objetos (búsqueda, recuperación y composición).

Marco Teórico

Objetos de Aprendizaje

Según Willey [14] los OA son “cualquier recurso digital que puede ser reutilizado para apoyar el aprendizaje”; Mason, Weller y Pegler [8] los definen como “una pieza digital de material de aprendizaje que direcciona a un tema claramente identificable o salida de aprendizaje y que tiene el potencial de ser reutilizado en diferentes contextos”. Todas estas definiciones, junto con la descrita por la IEEE, son muy amplias y en la práctica resultan inoperables ya que no hay un elemento claro que distinga a los OA de otros recursos. Se dan como ejemplos de OA los contenidos multimedia, el contenido instruccional, los objetivos de aprendizaje, software instruccional, personas, organizaciones o eventos referenciados durante el aprendizaje basado en tecnología [6]. Otros autores son más específicos en cuanto a los recursos del campo educativo, como [3] que define un OA como una estructura (distribución, organización) autónoma que contiene un objetivo general, objetivos específicos, una actividad de aprendizaje, un metadato (estructura de información externa) y por ende, mecanismos de evaluación y ponderación que indican que son desarrollados con elementos multimedia con el fin de posibilitar su reutilización, interoperabilidad, accesibilidad y duración en el tiempo. [9] los define como “cualquier recurso con una intención formativa, compuesto de uno o varios elementos digitales, descrito con metadatos, que pueda ser utilizado y reutilizado dentro de un entorno e-Learning”. Dada la variedad de las definiciones, así como la diversidad de recursos que se consideran como OA, es difícil llegar a un término estricto. Para los alcances de esta propuesta se acudirá a la siguiente definición, que presenta una relación de todas las anteriores y la cual es resumida gráficamente en la figura 2-1. Inspirada en la definición [10].

Definición 1 Un OA, se define como todo material estructurado de una forma significativa. Que corresponde a un recurso de carácter digital que permite ser consultado a través de la web, cuenta además, con una ficha de registro o metadato consistente en un listado de atributos que además de describir el uso posible del objeto, permiten la catalogación y el intercambio del mismo y finalmente está asociado a una intención formativa.



Figura 1. Definición de un OA

Hasta ahora, el tema de la estandarización fue citado con notable recurrencia, debido a que la estandarización se vuelve un tópico clave para seguir operando e incluso creciendo las aplicaciones actuales. Esta es la razón por lo que a continuación se presentan de manera resumida solo aquellos estándares que resultan pertinentes a esta propuesta.

Estándares de los OA

En el ámbito del aprendizaje virtual, los estándares se ven como necesarios ahora más que antes, dado el alcance global que tienen las aplicaciones de aprendizaje por el uso de los sistemas de telecomunicaciones y al creciente interés de los individuos en la autoformación y en el aprendizaje a lo largo de toda la vida, que está marcando un mayor uso de los modelos de aprendizaje virtuales en línea que crecen de forma dispersa. Contar con aplicaciones estandarizadas marcará un mejor y mayor aprovechamiento de los esfuerzos hasta ahora invertidos en este campo. La creación de estándares globales es una tarea compleja. En el caso de los OA, los grupos de trabajo en estándares son los encargados de establecer la información suficiente y necesaria para describir un objeto de aprendizaje: qué contiene, dónde se usarán, nivel de dificultad, lenguaje, versión, etc. Entre los trabajos más importantes en esta dirección se encuentran los estándares emitidos por IEEE [6], IMS [7] y ADL [1]. Estos estándares específicamente trabajan para unificar el uso de una nomenclatura común para describir el contenido de los objetos de aprendizaje. Esto con el fin de facilitar su búsqueda y descubrimiento y favorecer así su reutilización, describiendo su contenido en una etiqueta que se “pegaría” al objeto. La información contenida en la etiqueta de un objeto de aprendizaje es conocida como los metadatos (metadata) del objeto. Es decir, datos acerca de los datos (es decir, conjunto de atributos o elementos necesarios para describir un recurso). Se trata de información descriptiva acerca del objeto. Entre las principales iniciativas para la formalización de estos metadatos está el LOM. En el año 2002 se emite el estándar 1484.12.1 [6] que acredita al modelo de datos LOM como el estándar de metadatos para OA LOM (de sus siglas en inglés Learning Object Model) especifica la semántica y la sintáctica de un conjunto mínimo de metadatos necesario para, completa y adecuadamente, identificar, administrar, localizar y evaluar un OA. Su propósito es facilitar a autores, alumnos y a sistemas automáticos, la tarea de buscar, compartir e intercambiar OA, permitiendo el desarrollo de catálogos que contemplan la diversidad cultural e idiomática de los contextos en los que se puedan utilizar los objetos y sus metadatos. LOM es muy extenso (76 elementos y además es extensible) por lo que para tener una mejor organización y estructura, los metadatos se organizan en forma jerárquica. Su comprensión no es trivial y las condiciones para llenarlos de forma adecuada tienen que estudiarse previamente, a fin de tener consistencia y contar con registros apegados a lo que el estándar recomienda. Para poder asignar valores, exige contar con algunos conocimientos técnicos del recurso y conocimientos del campo pedagógico, por lo que se requiere de intervención humana (tal vez especializada). Los elementos que componen el LOM, se organizan básicamente en siete categorías, las cuales se citan a continuación: i) Categoría general. Los metadatos en esta categoría representan información general sobre el material educativo que describe el mismo como un todo. ii) Categoría lifecycle (ciclo de vida). Esta categoría agrupa metadatos referidos a la historia y estado actual del proceso de producción y mantenimiento del material educativo por parte de los autores. iii) Categoría *metadata* (meta-metadatos). Esta categoría agrupa información relativa a los metadatos en sí (de ahí su nombre). iv) Categoría *technical* (técnica). v) Categoría que agrupa metadatos relativos a las características y requisitos técnicos del material en sí. vi) Categoría *educational* (educativa). Categoría que agrupa metadatos relativos a los usos educativos del material. vii) Categoría *rights* (derechos). Categoría que agrupa metadatos relativos a los derechos de propiedad intelectual del material. viii) Categoría *relation* (relación). Categoría de metadatos utilizados para establecer relaciones entre el material y otros materiales. ix) Categoría *annotation* (anotación). Anotaciones y comentarios sobre el material educativo.

Web Semántica

Al generar los metadatos de un recurso se obtienen datos que logran procesarse de manera más eficiente. Sin embargo, una restricción importante para la recuperación de recursos a través de sistemas automatizados es la incapacidad de búsquedas semánticas que afronten correctamente la heterogeneidad conceptual; problema que dentro de la Web sigue causando gran número de respuestas fallidas en los buscadores más potentes, ya que los motores carecen de inteligencia y aún no procesan el significado de las palabras. Para cubrir esta deficiencia es necesario utilizar una misma semántica sobre los OA que unifique conceptualmente a: quienes buscan en ellos, con los creadores de contenidos, con los que catalogan y finalmente con los que publican. Por ello, esta se convierte en una tarea difícil de lograr para una misma comunidad y mucho más difícil entre comunidades. Para esto, se está experimentando sobre la Web Semántica, una extensión de la Web actual, en la cual, la información tiene un significado bien definido, permitiendo a computadores y a personas trabajar de forma cooperativa [2]. García señala [4]: “la idea de la web semántica es tener datos en la Web bien definidos y enlazados de manera que puedan ser usados de forma más efectiva para un descubrimiento, una automatización, una integración y una reutilización entre diferentes aplicaciones. Para ello la web evoluciona,

ofreciendo una plataforma accesible que permita que los datos se compartan y se procesen por herramientas automatizadas o personas”.

El desarrollo de la web semántica se apoya principalmente en dos tecnologías: el XML [13] para el etiquetado de la estructura de un recurso que pueda ser interpretado por una máquina y el RDF (*Resource Description Framework*) [RDF, 2004], para la especificación de metadatos e información sobre el recurso. Para el desarrollo de la web semántica se adoptó el concepto de ontologías para encontrar equivalencias en términos comunes que se identifican de forma diferente. Formalmente, una ontología se define como una especificación explícita de una conceptualización compartida [5]. En la práctica se definen vocabularios comunes para compartir información dentro de un determinado dominio, es decir, se realiza un proceso sofisticado y estructurado para la normalización exhaustiva de la información. A diferencia de otros vocabularios (tesauros y diccionarios), en las ontologías se agregan axiomas que permiten realizar inferencias sobre los conceptos. Las ontologías catalogan y definen los tipos de cosas que existen en un cierto dominio, así como sus relaciones y propiedades.

Caracterización Ontológica de los OA

Como se citó anteriormente, los OA de aprendizaje que se modelan en este trabajo se ajustan a la Definición 1, donde un OA se define como: todo material estructurado de una forma significativa. Este tiene que corresponder a un recurso de carácter digital que será consultado a través de la web, cuenta además, con una ficha de registro o metadato consistente en un listado de atributos que además de describir el uso posible del objeto, permiten la catalogación y el intercambio del mismo y finalmente esta asociado a una intención formativa.

Para modelar este tipo de OA, se hace necesario abordar cada elemento citado en la definición anterior indicando como va a ser caracterizado en este trabajo. El común de ellos y aparentemente más simple se refiere al recurso web, el cual según la W3C [15] corresponde a cualquier cosa que tiene identidad (llámese video, audio, texto, simulación, entre otros), identificada por un URI, que reside en Internet y que es accesible a través de cualquier versión implementada del protocolo http o su equivalente. El segundo elemento, define los metadatos y en este aspecto existe uno ya referenciado, el estándar IMS-MD, el cual se focaliza en la descripción de lo que es un OA. El tercero, se relaciona con la intención formativa que en este caso, hace referencia a qué conocimientos se van adquirir con tal OA. Los tres elementos son representados semánticamente por la ontología descrita en la Figura 2. Sin embargo, trasladar semánticamente estas especificaciones, implica en un solo lenguaje construir una descripción no sólo fácil de leer y comprender, sino también fácil de escribir por el usuario, que a la vez, permita el intercambio y procesamiento de la tal información a través de Internet, sin la intervención humana. En este sentido la realidad muestra al OWL (uno de los lenguajes de marcado XML recomendados por la W3C), como uno de los más referenciados cuando de especificaciones semánticas se trata. Por esta razón en esta tesis el lenguaje de referencia utilizado para la especificación semántica de los OA, consiste en una especificación OWL.

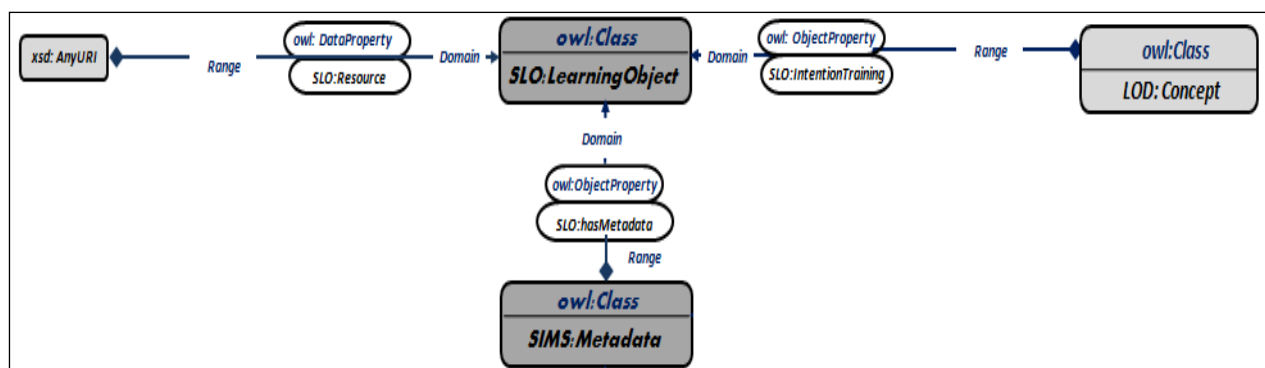


Figura 2. Definición ontológica de un OA

En este caso un OA O *Learning Object*, es representado semánticamente por la descripción abstracta de la que se denomina ontología SLO (*Semantic Learning Object*) la cual, corresponde a un concepto cuya representación abstracta se compone del ya citado recurso descrito semánticamente por el concepto *Resource* de la ontología SLO, el cual hace referencia a un tipo de dato simple del espacio de nombre del XML Schema (xsd), denominado *anyURI* usado para especificar una dirección URI en un atributo. Mientras que para el caso de la intención formativa, esta es representada por un concepto OWL, denominado *Concept*. Finalmente, se

define la ontología de metadatos la cual corresponde al Concepto *Metadata*, propiamente dicho de la ontología SIMS, cuya representación está orientada a modelar semánticamente algunos de los campos del estándar LOM. Con esta formalización se obliga a que cada OA que se genere dentro de este modelo, corresponda a la instanciación (datos concretos) de cada uno de los campos acá descritos, uno por cada elemento; excepto para LOD, dado que un OA consigue referenciar a una o más intenciones formativas. Siguiendo este enfoque lo primero que se intentará definir es la llamada la ontología *SIMS:Metadata*.

SIMS:Metadata

La representación semántica de los metadatos corresponde a algunos de los elementos citados bajo el estándar LOM. No se representaron todos, debido a que para el alcance de este trabajo los seleccionados resultan suficientes dentro del proceso de composición de rutas de aprendizaje. Es importante, resaltar que el *SIMS*, adopta el estándar LOM, razón por la cual la especificación semántica, coincide con tres de las nueve categorías principales del LOM, que agrupan el resto de campos del estándar. Sin embargo los campos agrupados por estas tres categorías, tampoco se son usados en su totalidad. Una representación semántica del IMS-MD, permite a un usuario construir instancias de los metadatos que van a describir cada uno de los OA, tal como se hacía sintácticamente, sin embargo, la gran ventaja radica en que los campos que antes eran opcionales o de libre expresión del lenguaje natural, ahora son representados como “hechos” entendibles y procesables por las máquinas aunque se encuentren en “conocimiento humano”, potencializando así una base de conocimiento sobre la cual se realizan complejos razonamientos e inferencias. El proceso para semantizar los metadatos referenciados en el LOM, se requiere la consideración y especificación de los mismos elementos, pero esta vez, en el lenguaje ontológico OWL. Tal desarrollo implica generalmente cuatro pasos: i) Definir las clases de la ontología. ii) Organizar las clases jerárquicamente (clase-subclase). iii) Definir las propiedades de las clases y los valores permitidos para las mismas. iv) Creación de instancias asignando valores a las propiedades.

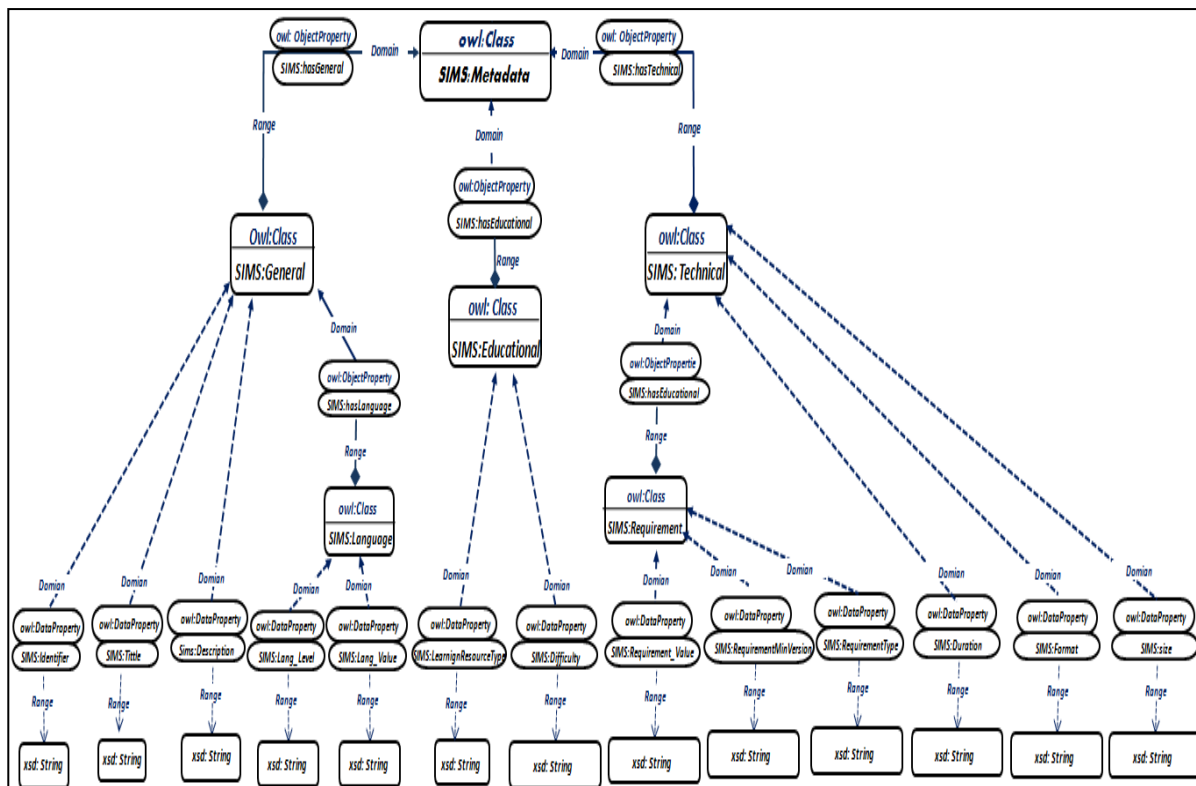


Figura 2. Definición Ontológica SIMS

El primer y segundo paso, se encuentra representado por la estructura definida por el modelo LOM; de esta forma el nodo raíz corresponderá al concepto *Metadata*, mientras que sus hijos directos estarán representados por las tres categorías seleccionadas y referenciadas en la tabla 3-1 como “elemento padre” (General, *Educational* y *Technical*). Las sub-categorías de estos elementos corresponden al siguiente nivel de jerarquía y en él encontramos los elementos que son enumerados como “hijos de ese elemento padre”. Sin embargo existe una especificación que es extendida del estándar original, la cual involucra la definición de las propiedades de las clases y las características de estas propiedades. Entre dichas características es posible mencionar las de rango, dominio, cardinalidad, valores permitidos para los tipos enumerados, entre otras. Para detallar este comportamiento se indica que una clase, tiene una o más propiedades (llamadas comúnmente *has<nom_property>*), una para cada una de las características que agrupa. Tales propiedades juegan a ser a su vez de tipo *object property* y a través de ambas es posible relacionar unas clases u objetos con otros. Las propiedades se clasifican también del tipo *DataProperty*, cuando la propiedad es de un tipo de datos simple, este tipo de dato simple corresponde a un elemento básico del tipo XML *schema* (*String*, *boolean*). Finalmente, para cada una de las propiedades de cada clase habrá que definir su dominio (*Domain*), es decir especificar el objeto sobre el que se aplica y el rango (*Range*), que corresponde al tipo de valores que se toman del tipo objeto (*ObjectProperty*) o del tipo de datos (*DataType*). La figura 3 representa el modelo abstracto de la ontología *SIMS:Metadata*. Por ejemplo, una propiedad de lenguaje es la de corresponder a uno y solo uno de los elementos de una lista de lenguajes. Esta categoría se refiere entonces a la clase *SIMS:Lenguaje* porque es a quien se aplica, siendo esta el dominio, mientras su rango es el tipo de datos *xsd:String*, el cual permite que se tome uno de estos valores: es (español), en (inglés), ru (ruso), entre otros.

Resultados y discusión

Modelo de traducción formal

Para la transformación de la información, de las especificaciones ontológicas OWL a los elementos básicos de la teoría del dominio de aprendizaje, que finalmente facilitarán la interpretación automática de los agentes de software, para potencializar los proceso búsqueda de los OA, se requiere: primero, la conversión asociativa de las descripciones de cada una de las ontologías abstractas *OW:SLO* (*Semantic Learning Object*), *SIMS* (*Semantic IMS*).

Tabla 1. Transformación SLO y su asociación con SIMS, LOD, SLIP

Semantic Learning Object (SLO)	
<i>Intention Training</i>	
<i>OWL:Class SLO:IntentionTraining</i>	<i>OWL:Class LOD:Concept</i>
Metadata	
<i>OWL:Class SLO:hasMetada</i>	<i>OWL:Class SIMS:Metadata</i>
IMS	Semantic IMS (SIMS)
General: Identifier Title Language Description	<i>OWL:Class SIMS:General:</i> <i>DataProperty: SIMS: Identifier</i> <i>DataProperty SIMS: Title</i> <i>DataProperty SIMS: Language</i> <i>DataProperty SIMS: Description</i>
Technical: Format Size Location Requirement Duration	<i>OWL:Class SIMS:Technical:</i> <i>DataProperty: SIMS:Format</i> <i>DataProperty: SIMS:Size</i> <i>DataProperty: SIMS:Location</i> <i>DataProperty: SIMS:Requirement</i> <i>DataProperty:SIMS:Duration</i>

Educational: Interactive Type Learning Resource Type Difficulty	OWL: Class SIMS: Educational: DataProperty: SIMS: Interactive Type [Felder, 1996] DataProperty: SIMS: Learning Resource Type DataProperty: SIMS: Difficulty
--	--

Tal como se evidencia en la Tabla 1, la descripción semántica de LOD y SIMS, se enlazan directamente desde la SLO. Sin embargo, el perfil del estudiante, solo podrá ser relacionada a través de un proceso de razonamiento que actúa sobre el valor del metadato: *SIMS:InteractiveType*. En este caso este enfoque asume que cada actividad de aprendizaje tiene un valor de utilidad que depende de dos factores: el perfil del estudiante y el tipo de recurso de aprendizaje de la actividad. De acuerdo con las teorías pedagógicas, cada tipo de recurso de aprendizaje está relacionado con un estilo de aprendizaje según la teoría de Felder. Por lo tanto, para cada para cada tipo *<student learning style, activity source type style,activity>* hay una utilidad correspondiente.

Eficiencia semántica

Con el fin de saber si las ontologías construidas representan correctamente los dominios específicos, se diseñaron unas métricas que persiguen valorar los principios, que se considera cumple una ontología para que pueda ser aprovechada y reutilizada, con el fin de alcanzar tal objetivo se acudió a la evaluación de los expertos en el dominio de la ontología. Una de esas metodologías define la concisión de los conceptos. Una ontología es concisa si no contiene definiciones innecesarias o inútiles.

Para evaluar esta métrica, se encuestó a 3 usuarios expertos en el tema de OA, a quienes se les preguntó por un conjunto de conceptos y de ellos que identificara cuántos de los conceptos les parecían innecesarios o inútiles. Los resultados son registrados en la tabla 2.

Tabla 2. Conceptos errados

Usuario	1	2	3
P ₁	2	2	1
P ₂	0	0	0
P ₃	0	0	0
P ₄	0	0	0
P ₅	0	0	0
P ₆	2	0	0
P ₇	0	0	0
P ₈	0	0	0

Tabla 3. Conceptos agrupados por usuario

Usuario	P	P/N
1	4	0.01913
2	2	0.00956
3	1	0.00478

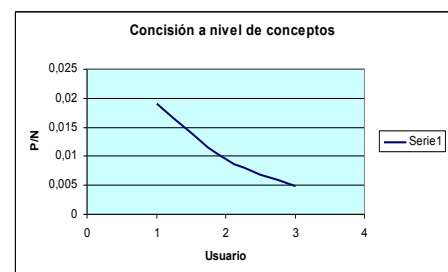


Figura 3. Concisión de conceptos

Los resultados registrados en la tabla anterior fueron agrupados por usuario, sumando el total de conceptos inútiles o mal formados (errados) que definió cada usuario; el resultado se describe en la tabla 3, donde P registra el porcentaje de la relación conceptos inútiles o mal definidos sobre el número total de conceptos de la ontología (209). Según estos resultados procede a realizar la gráfica de los mismos usando el sistema de la métrica anterior. Con ello se obtiene la figura 3. Interpretación de la gráfica: el área bajo la curva corresponde a 0.033, usando la fórmula. $\sum P/N$ por usuario, nos permite concluir que la ontología está concisa en un 96.65%.

Conclusiones

Como fue posible demostrar semantizar la representación de los OA, resulta no solo necesaria sino conveniente para tratar la heterogeneidad de la especificación de un OA y promover la reutilización de los mismos. La ontología SLO, representa semánticamente los elementos que componen un OA, para ajustarse a una definición formal; mientras que la ontología SIMS, propone un estándar semántico de metadatos para la representación del LOM, que aunque no referencie la completitud de sus elementos (del LOM), para la propuesta acá descrita resulta suficiente. De igual forma, la tabla 2, da una muestra de cómo es posible traducir cada elemento ontológico, a un dominio de aprendizaje, el cual finalmente es el que usarán los agentes de software para unificar conceptos que finalmente representen el lenguaje de todos los actores.

Agradecimientos

Este trabajo presenta resultados preliminares del proyecto de investigación financiado por Colciencias convocatoria 569: “Una Infraestructura para la Generación de Aplicaciones Educativas Basadas en Televisión Digital Usando Objetos de Aprendizaje Semánticos”, y la Universidad Nacional de Colombia, con código quipu código 201010011823.

Referencias

1. ADL. Sharable Content Object Reference Model Version 1.2. Advanced Distributed Learning, 2001. URL <http://www.adlnet.org>
2. Berners-Lee J., Hendler T., y Lassila, O. The Semantic Web. Scientific American , 284 (5): 34-43. Consultado agosto de 2005, en <http://www.scientificamerican.com/>. 2001
3. Cano Zárate J. C. Apuntes de Tecnología Educativa para las NT Cátedras de Comunicación Educativa Universidad Marista y Apuntes de Diseño Instruccional. Universidad de las Californias, BC, México. 2007
4. García, F. J. Web Semántica y Ontologías. En J. F. García & M. Moreno (Eds.), Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web (pp. 1-23). Salamanca: Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca. 2004
5. Gruber, T. R . A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition , 5(2), 199-220. 1993.
6. IEEE Standards Department. Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Publication P1484.12.1/D6.4, March 2002
7. IMS. IMS Learning Resource Meta-Data Specification: Version 1.1 Final Specification. IMS Global Learning Consortium, 2000. URL <http://www.imsproject.org/metadata/index.html>
8. Mason R., Weller, M. y Pegler, C. Learning in the Connected Economy, The Open University course team, IET, Open University. 2003
9. López, C. Los Repositorios de O.A como soporte a un entorno e-learning. Revista Biblioteca Universitaria, México 2006. Disponible en http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/objetos_aprendizaje.htm. Consultado Junio 2011.
10. López C., García, F. J. y Pernías, P. Desarrollo de Repositorios de O.Aa través de la Reutilización de los Metadatos de una Colección Digital: de Dublin Core a IMS. RED Revista de Educación a Distancia, año IV, monográfico II. <http://www.um.es/ead/red/M2/>. 2005
11. “RDF Semantics”. W3C Recommendation 10 February 2004. URL: <http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>. Consultado Agosto 2012.
12. Soto, J., García, E., Sánchez, S. Repositorios Semánticos para Objetos de Aprendizaje. 2006. Expolearning2006 Barcelona, España.
13. Extensible Markup Language (XML) 2003. Consultado Agosto de 2010. <http://www.w3.org/XML/>.
14. Willey, D Learning Objects: Difficulties and Opportunities, Utah State University, http://wiley.ed.usu.edu/docs/lo_do.pdf. 2003.
15. W3C. W3C Recommendation. World Wide Web Consortium. 2ª edición, 2000. URL <http://www.w3c.org/TR/2000/REC-xml-20001006>.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Arquitectura de software para codificación fácil en células de desarrollo en universidades

M. A. Gil Rios^{*}, M. D. Juárez Ramírez, M. Soria García, J. C. Mosqueda Gómez, M. Gutiérrez Gómez
Área de Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica de León, Frac. San Carlos,
C.P. 37670, León, Guanajuato, México
**mgil@utleon.edu.mx*

Área de participación: *Sistemas Computacionales*

Resumen

En este trabajo se da a conocer un modelo de arquitectura, basado en el patrón Modelo-Vista-Controlador, para la creación de nuevos sistemas de información dentro de células de desarrollo de software en universidades. A lo largo de este trabajo se describirán aspectos clave que pueden ser tratados desde una perspectiva de diseño de arquitectura de software, logrando demostrar que es posible generar un modelo de desarrollo que simplifica significativamente la tarea de construcción de sistemas de información por alumnos de las carreras de tecnologías de la información.

Los resultados obtenidos son dados a conocer y demuestran la efectividad de este modelo de desarrollo. Actualmente la Universidad Tecnológica de León lo ha estandarizado para el desarrollo de nuevos proyectos y soluciones que involucran la creación de nuevos sistemas de información por parte de su célula de desarrollo.

Palabras clave: *desarrollo, software, universidad.*

Abstract

This research shows how it is possible to make easier the software development process by using a Model-View-Controller – based design architecture, using development teams formed mainly by students as developers. Although this research, some important aspects will be described and how they can be viewed and managed from a design and software architecture approach. The obtained results will be shown and discussed. Also is shown and discussed how this approach improves and makes significantly easier the coding stage. Currently, the Universidad Tecnológica de León has standardized the software development process using the proposed approach in its' academic software development group.

Introducción

Para la Universidad Tecnológica de León (UTL), es de vital importancia que los alumnos inscritos en las distintas carreras que se ofertan, tengan una preparación profesional lo más cercana posible al ambiente laboral. Es decir, que dentro de las actividades de las distintas asignaturas que cada carrera tiene definidas, los alumnos desarrollen proyectos de una magnitud muy cercana a la de proyectos reales a los cuales se enfrentarán una vez terminada su preparación profesional. Para el caso de los alumnos del área de la carrera de Sistemas Informáticos (SI), pertenecientes al área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, el tener la oportunidad de pertenecer a una célula de desarrollo de software durante su formación profesional ha sido de vital importancia en su crecimiento profesional [Dunlap, 2005], pues al término de sus estudios se sienten más seguros de sus conocimientos para enfrentar nuevos retos y proyectos profesionales. Sin embargo, el periodo durante el cual están dentro de la célula de desarrollo, diseñando y construyendo una solución informática, representa una serie de retos personales y técnicos (muchos de ellos no previstos) en las distintas etapas del ciclo de desarrollo en las que participan. Esto conlleva a que constantemente los proyectos se desvíen considerablemente de los tiempos inicialmente considerados para su desarrollo. Por otra parte, cada proyecto que es desarrollado por la célula de software de la UTL involucra a un grupo de profesores fungiendo distintos roles: líder de proyecto, responsable de aseguramiento de calidad, responsable de configuración. El contar con estos roles, soportados por profesores expertos en ingeniería de software y liderazgo de proyectos, permite gestionar adecuadamente los cambios y desviaciones que cada proyecto requiere. Esto es posible a

que el proceso de gestión de los proyectos desarrollados está basado en CMMI [SEI, 2013], Nivel 2, en el cual la UTL está certificada, buscando alcanzar el Nivel 3 el próximo año.

Lo anterior ha permitido a la UTL identificar de forma concreta las áreas de oportunidad así como las etapas del proceso de desarrollo con mayores dificultades y desviaciones de tiempo. Para el caso de estudio de esta investigación, se detectó que una de las etapas con mayor índice de desviación en tiempo es la etapa de codificación. Esta es una etapa de vital importancia ya que conlleva el esfuerzo de crear las instrucciones en algún lenguaje de programación que definen el sistema de información que se desea construir. En esta etapa, la creatividad de los desarrolladores (los alumnos) juega un papel de vital importancia en el resultado final obtenido. A lo largo de esta investigación se profundizará en los elementos relacionados con la etapa de codificación así como la solución propuesta, la cual facilita considerablemente la dificultad que esta parte del proceso de desarrollo conlleva. En la primera sección de esta investigación se describe el contexto de las células de desarrollo de software en las universidades. En la segunda sección, se dan a conocer las etapas de análisis, diseño, codificación, pruebas e implementación, así como las características y problemáticas que plantean el análisis y diseño. También se analizan los factores que causan desviaciones de tiempo significativas en los proyectos. En la tercera sección, se describe la solución propuesta, explicando primeramente el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC). También sustenta como una arquitectura basada en este modelo, reduce considerablemente las dificultades que la etapa de codificación conlleva. En la cuarta sección, se muestran los resultados de aplicar el modelo propuesto a un proyecto y se contrastan con datos históricos de otros proyectos desarrollados, demostrando la efectividad de la solución propuesta. Finalmente, en la quinta sección se describen las conclusiones y el trabajo futuro.

Células de Desarrollo de Software en las Universidades

Importancia de contar con una célula de desarrollo de software dentro de las Universidad

Desde la creación de la primer célula de desarrollo de software en la UTL, se demostró la importancia y el impacto que tiene sobre la formación profesional de los estudiantes. A la fecha, la mayoría de los estudiantes involucrados en la célula de software de la UTL ha encontrado oportunidades laborales en un plazo máximo de tres meses después de haber egresado de la Universidad. Así mismo, también se ha beneficiado el área académica de la carrera de SI, puesto que el desarrollo de nuevos proyectos mantiene actualizados y en constante innovación a los profesores. Mantener actualizadas las carreras relacionadas con la ingeniería de software es un reto para los instructores de las universidades [Gotel y col., 2001][Shkoukani M., 2013].

El desarrollo de la industria del software en el mundo y en particular en nuestro país exige la aplicación de procedimientos, estándares y modelos que garanticen la calidad del software elaborado. Esto requiere que las universidades garanticen la formación de profesionales informáticos diestros en la producción de software con un alto conocimiento sobre las mejores prácticas internacionales [Febles y Álvarez. 2005].

Modelo de recursos humanos de una célula de software en la Universidad

Entender el proceso de involucramiento de los alumnos en la célula de software, desde la perspectiva de recursos humanos es de vital importancia para comprender las dificultades y desviaciones que los proyectos presentan. Existen dos factores críticos con los alumnos que ingresan a la célula de desarrollo y se involucran con proyectos reales: 1. La mayoría de los alumnos ingresan con una poca o nula experiencia técnica y laboral previa; 2. Al término del ciclo escolar y/o del desarrollo del proyecto, esos alumnos abandonarán la célula para incorporarse al mundo laboral, en el caso de la UTL, algunos de ellos ingresan a laborar en la fábrica de software de la Universidad.

Lo anterior, nos lleva a deducir que por naturaleza, una célula de desarrollo en la Universidad, a diferencia de una empresa, siempre contará con equipos de desarrollo nóveles y sin experiencia. Lo cual supone un reto constante para alumnos y profesores.

Etapas del desarrollo

Etapas de análisis y definición de requerimientos

Cuando se genera un nuevo proyecto (que involucra la creación de nuevo software) dentro de la UTL, se genera un nuevo grupo de personas en la célula de desarrollo. Este grupo está conformado por varios profesores, realizando alguno de los distintos roles, por ejemplo: líder de proyecto, asegurador de calidad, administrador de la configuración, entre otros. Adicionalmente, se integran los alumnos que formarán parte de la célula de desarrollo. Desde el inicio del proyecto, los alumnos se involucran en la etapa de análisis y definición de requerimientos. Asisten a reuniones con el cliente y personas que utilizarán el sistema, sesiones de capacitación sobre obtención y definición de requerimientos, entrenamiento técnico inicial, por ejemplo, sobre alguna plataforma, herramienta o librería en particular de la cual se hará un uso extensivo durante la codificación y construcción del proyecto. Esto da comienzo a la primera etapa: análisis y definición de requerimientos.

La obtención de los requerimientos correctos es un proceso difícil. Consiste en la integración cuidadosa con quienes tienen intereses en la aplicación [Braude E., 2007]. El análisis de requerimientos es toda un área de estudio y no está dentro del alcance de esta investigación. Una vez que el cliente acepta y firma un documento de especificación y acuerdo de los requerimientos definidos, se finaliza esta primera etapa generándose la documentación correspondiente. Generalmente esta etapa no tiene desviaciones significativas sobre el tiempo planeado.

Etapas de diseño y codificación

Durante la etapa de diseño, el líder realiza una clasificación y separación de los módulos generales que conformarán el proyecto a desarrollar. Posteriormente se reúne con el equipo de desarrolladores para asignar y consensar la codificación de los módulos diseñados. Una vez que todo cada miembro del equipo está de acuerdo con su módulo asignado, deben generar diagramas de diseño. Los desarrolladores deberán entregar esta documentación de diseño al término de la etapa. En esta documentación se describen los diagramas de casos de uso de la metodología UML [Braude E., 2007] [Pressman, 2006] [Larman C., 2003], aunque cada desarrollador puede generar diseños adicionales que sustenten su comprensión de lo que desarrollará. También se entregan los diseños de las pantallas que verá el usuario en el sistema final. Estas pantallas deben ser validadas, aceptadas y firmadas, al igual que los requerimientos, por parte del cliente. Cabe mencionar que en esta etapa se presentan desviaciones de tiempo aunque no resultan significativas en comparación con las desviaciones en la siguiente etapa. Sin embargo, como se muestra en la sección de resultados, es muy probable que las deficiencias técnicas presentadas en esta etapa tengan repercusiones significativas en la etapa consecuente.

La siguiente etapa es la de codificación. Es en esta etapa donde los proyectos presentan retos y dificultades técnicas significativas. En el caso de la célula de desarrollo de la UTL, se ha observado que la falta de experiencia en plataformas de programación, incluso lógica algorítmica, lleva a los alumnos a programar de forma experimental. Es decir, primero programan una funcionalidad muy específica y enseguida miden resultados. Si los resultados son adecuados, implementan esa funcionalidad, en caso contrario, recodifican y vuelven a corroborar el resultado hasta que es satisfactorio. De acuerdo a las buenas prácticas establecidas por la metodología PSP, esta forma de construir programas es ineficiente, conlleva a la corrección de múltiples errores y por consecuencia, consume un excesivo tiempo [Humphrey W., 2005]. En el caso de la UTL, a través de las métricas aplicadas a los distintos proyectos desarrollados por la célula, se ha podido constatar la veracidad de esta aseveración.

Descripción de la solución propuesta

Modelo-Vista-Controlador

El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador actualmente es un modelo de programación ampliamente extendido y el aplicarlo en el desarrollo de aplicaciones se ha considerado una de las mejores prácticas de programación [Froufe A, 2008] [Martin A., 2010]. Inclusive, compañías como Oracle (desarrolladores de la plataforma Java) [Oracle, 2013], Microsoft (tecnología .net) [Microsoft, 2013], incorporan de forma nativa este paradigma de diseño y recomiendan insistentemente a los desarrolladores aplicarlo en la creación de nuevas tecnologías de información.

La idea central de este paradigma es que todo componente de un sistema de información, puede ser catalogado y/o dividido en tres partes: Vista – La parte con la cual interactúa el usuario (botones, ventanas, etiquetas, cajas de texto, etc.); Modelo – La parte que contiene los datos que se muestran en la vista (una colección de registros, objetos, la base de datos, etc.); Controlador – La parte que comunica la vista con el modelo para transferir información en sentido bidireccional. Este patrón de diseño puede ser visto desde distintos niveles y alcances en un producto de software, como se ilustra en la figura 1.



Figura 1. Niveles de visualización de una aplicación.

La figura 1.1 muestra como el patrón MVC puede ser aplicado en el diseño de una aplicación en distintos niveles. El inciso a), visto de arriba abajo, ilustra un nivel general de aplicación. En el nivel 1 se definen cuales clases, objetos, archivos, etc. compondrán la interfaz de usuario. En el segundo nivel se definen las clases y/o archivos de código que enviarán datos a la interfaz de usuario y de la misma forma, la interfaz de usuario enviará datos a la base de datos a través de este nivel. El nivel 3 define la especificación y diseño de la base de datos. De un modo similar, en la figura 1.2 tenemos los mismos tres niveles, pero ahora se refiere a un solo componente en particular. En el primer nivel, de vista, tenemos una tabla que despliega datos agrupados en renglones y columnas. En el segundo nivel, tenemos el controlador, un archivo de código o clase que contiene las instrucciones necesarias para mandar datos a la tabla del primer nivel. En el tercer nivel tenemos el modelo de datos que responde al controlador cuando este le solicita datos. En este ejemplo, el tercer nivel es nuevamente una clase o archivo de código y se ilustra además con una matriz de datos o arreglo bidimensional. A nivel de componente, por lo general el modelo de datos es una estructura que mantiene los datos en memoria principal listos para ser desplegados por la interfaz de usuario.

Aplicación del modelo en el desarrollo de proyectos

La aplicación del patrón de diseño MVC, en la creación de nuevos proyectos que son desarrollados por alumnos, requiere de forma estricta la adición de dos roles más en el grupo de desarrollo: un arquitecto de software y un asesor técnico para el grupo. En el caso de la UTL, el arquitecto de software y el líder de proyecto tienen el rol de asesor técnico.

También es indispensable que el arquitecto de software tenga experiencia en la plataforma elegida para desarrollar el sistema. Por ejemplo, se tiene la necesidad desarrollar un módulo que consulte las existencias de productos en una base de datos y la muestre en una tabla en una ventana de usuario. Aunque es muy simple este requerimiento, existe una diferencia significativa entre implementar el patrón MVC sobre la plataforma Java y hacerlo sobre la plataforma .Net. Nuevamente, como ejemplo, en la plataforma Java existen los Java beans, cuya función es guardar datos temporales en memoria en estructuras creadas por el programador [Oracle,

2013]. Por otra parte, en .Net esto no existe y la forma de hacerlo es a través de un objeto DataSet [Microsoft, 2013] que se envía al controlador y este a su vez, lo envía a la ventana que contiene la tabla de datos.

Facilitando la etapa de codificación

Como se puede ver en las dos secciones anteriores, el patrón MVC define de forma muy clara los distintos tipos de componentes que deben crearse al desarrollar una aplicación informática. Esto da una pauta clara al arquitecto de software para definir y crear toda la estructura del proyecto, clases, archivos de código, métodos y estándares que las clases utilizarán para comunicarse. Durante el tiempo que esta actividad requiere, los desarrolladores reciben capacitación técnica sobre la plataforma de desarrollo y además apoyan con el diseño de interfaces de usuario. Una vez que la arquitectura del sistema está terminada y se tiene la estructura del proyecto creada, se asignan los módulos a los desarrolladores. Posteriormente todos los integrantes del grupo obtienen una copia del proyecto y se dan detalles a cada uno sobre las clases que su módulo afecta.

Llegada esta etapa, se tiene toda una especificación completa de componentes agrupados de acuerdo a su naturaleza: clases o archivos que representan interfaces y/o controles de usuario, controladores, reglas de negocio o acceso a datos, etc. De esta forma, los desarrolladores ya tienen toda una directriz para realizar su trabajo reduciendo los riesgos de tomar un camino alternativo o desarrollar algo completamente diferente a lo planeado.

Resultados y discusión

Análisis de datos obtenidos

Durante el desarrollo de los proyectos por parte de la célula de la UTL se lleva un control y seguimiento a través de CMMI Nivel 2, lo cual permite generar datos históricos al término de cada proyecto. Esto permitió que se pudiese comprobar la eficacia de la arquitectura y metodología de codificación propuesta. La tabla 1 describe los valores para el tiempo real, tiempo planeado y diferencia en cada etapa para 5 proyectos previamente desarrollados en los cuales no se definió un patrón diseño o arquitectura.

Tabla 1. Tiempo real y estimado para cada etapa del proceso de desarrollo, concerniente a cinco proyectos distintos.

Código proyecto	Análisis [Plan]	Análisis [Real]	Diseño [Plan]	Diseño [Real]	Codificación [Plan]	Codificación [Real]	Pruebas [Plan]	Pruebas [Real]
ISD	235.5	213.5	149	165	423.5	896.5	71	78
ISCM1	170	205.04	135.04	184	135.04	573.04	91.04	109.04
IST	216.7	207.45	70	107.88	235	284.58	40	35
ISTM2	280.05	269.48	217	231.17	363.78	833.12	72	341
ISDM2	341.73	341.73	63.38	125.73	173.6	868.8	33.4	90.77

Código proyecto	Implementación [Plan]	Implementación [Real]	Cierre [Plan]	Cierre [Real]
ISD	58	2236.72	33	33
ISCM1	125.52	35.04	72.48	21.04
IST	43	40.5	23.5	23.5
ISTM2	72	1178.57	36	0
ISDM2	34	34.45	16.33	16.78

Las etapas mostradas en la tabla 1 describen el tiempo planeado (Plan) y el tiempo real (Real) de las etapas del proceso de desarrollo. Al analizar estos datos, se observa que la etapa de codificación presenta desviaciones de tiempo significativas. Para una mejor visualización de este fenómeno, en la figura 2 muestra el comportamiento del tiempo planeado versus el tiempo real, para cada etapa del ciclo de desarrollo de los proyectos.

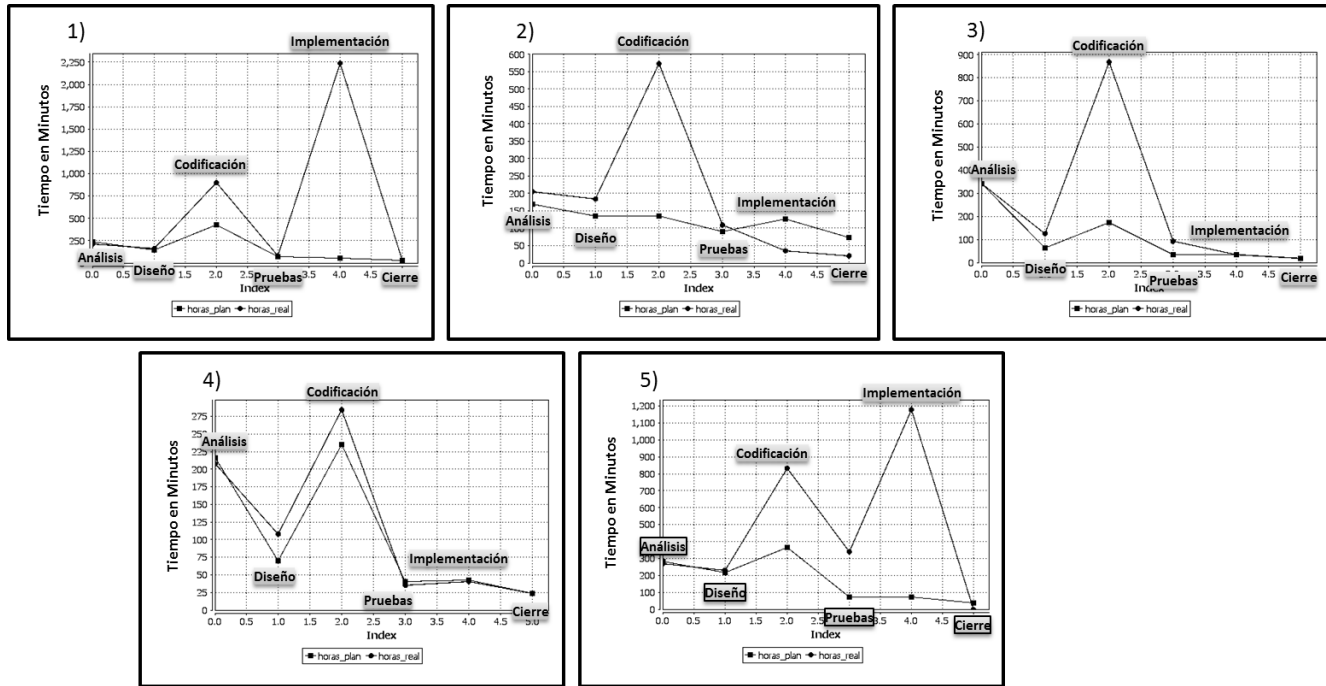


Figura 2. Comportamiento del tiempo planeado y el tiempo real para cinco proyectos desarrollados por la célula de la UTL.

Las gráficas mostradas en la figura 2 están relacionadas con cinco proyectos previos, en los cuales no se había implementado una arquitectura. Como se puede notar, la mayor desviación entre el tiempo planeado y el real ocurre en la etapa de codificación. Es importante destacar que el proyecto al cual se refiere la figura 2.1, posee la mayor variación de tiempo en la etapa de implementación. Esto fue debido a que el cliente realizó cambios en sus requerimientos en dicha etapa. Si estos cambios no hubiesen ocurrido, la variación mayor estaría en la etapa de codificación. En el caso del proyecto al que se refiere la figura 2.2, los alumnos que lo desarrollaron, ya habían participado previamente en el proyecto anterior y adquirieron experiencia. Sin embargo, ha sido el único proyecto con esa característica.

La figura 3 muestra el tiempo planeado y real para el proyecto donde se implementó la arquitectura de diseño y desarrollo.

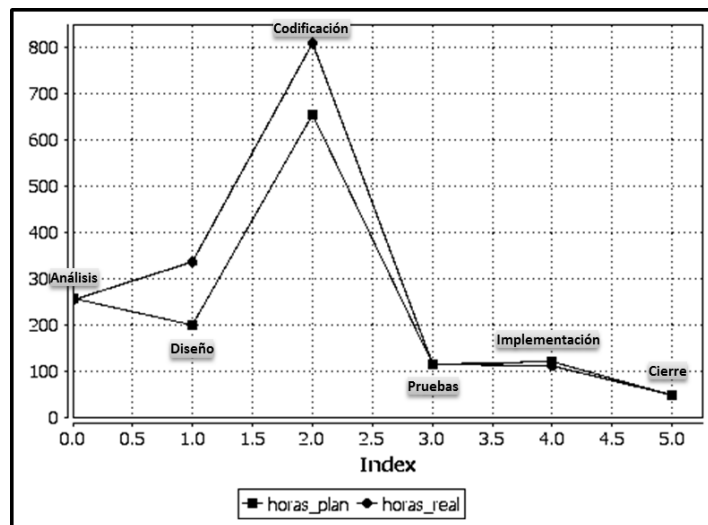


Figura 3. Comportamiento del tiempo planeado contra el tiempo real para un proyecto que implementa el patrón de diseño MVC y una arquitectura de software, desarrollado por la célula de la UTL.

Como se puede observar en la figura 3, las desviaciones del tiempo real son significativamente menos drásticas en comparación con los tiempos planeados, sobre todo en la fase de codificación. La tabla 2 muestra los datos del tiempo planeado, tiempo real y la diferencia de tiempo por cada proyecto desarrollado.

Tabla 2. Tiempo de desviación en cada proyecto por cada fase.

Código proyecto	Análisis	Diseño	Codificación	Pruebas	Implementación	Cierre
ISD	-22	16	473	7	2178.72	0
ISCM1	35	49	438	18	-90.5	-51.5
IST	-9.25	38	49.6	-5	-2.5	0
ISTM2	-10.6	14.17	469.5	269	1106.6	-36
ISDM2	0	62.35	695.2	57.4	0.5	0.5
IED*	-2	137	154.4	0	-10.75	0

Como se puede ver en la tabla 2, el tiempo de desviación en la etapa de codificación es de los valores más altos, sin embargo, este valor decrece significativamente en el proyecto IED. La figura 4 muestra la gráfica del índice porcentual de desviación de tiempo para los seis proyectos.

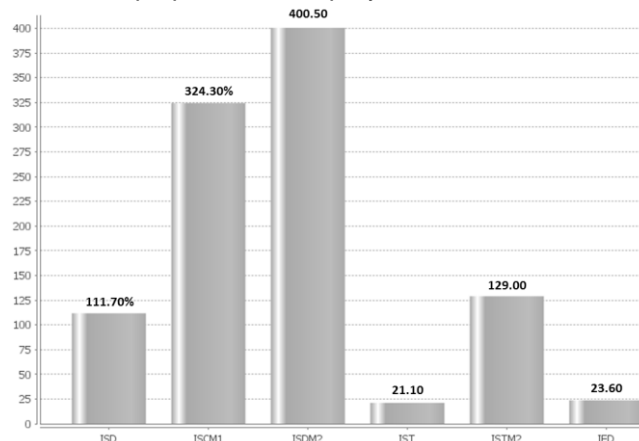


Figura 4. Comportamiento del tiempo planeado contra el tiempo real para un proyecto que implementa el patrón de diseño MVC y una arquitectura de software, desarrollado por la célula de la UTL.

Como se puede observar en la figura 4, el índice porcentual de desviación en tiempo para el proyecto IED fue el más bajo con excepción del proyecto IST.

Conclusiones y trabajo futuro

Los datos mostrados en la sección anterior demuestran la efectividad de utilizar una arquitectura basada en el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador, para el desarrollo de nuevos proyectos de tecnologías de la información. Como se menciona al principio de esta investigación, la UTL actualmente ha estandarizado este modelo de desarrollo de proyectos y se aplica en los nuevos proyectos que son desarrollados en la célula de la universidad. El siguiente paso es utilizar una herramienta que permita realizar una estimación más precisa del tamaño y tiempo que requerirán los nuevos proyectos. Para este efecto, la UTL ha desarrollado la primera versión de una herramienta para la estimación y control de nuevos proyectos. El siguiente paso es generar datos a lo largo de los nuevos proyectos utilizando la herramienta desarrollada para poder obtener datos históricos susceptibles de ser analizados y que brinden utilidad estratégica para mejorar y facilitar el proceso de desarrollo e innovación de nuevos proyectos en la UTL a través de su célula de desarrollo de software.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Tecnológica de León, a su personal y colaboradores de las distintas áreas involucradas, por las facilidades y el apoyo otorgados en la realización de este trabajo de investigación.

Referencias

1. Braude, E. (2007). Ingeniería de Software, Una perspectiva orientada a objetos, *Alfaomega* 102-108.
2. Dunlap, J. (2005). Problem-based learning and self-efficacy: How a capstone course prepares students for a profession, *Educational Technology Research and Development*, vol. 53. DOI: **10.1007/BF02504858** 157-165.
3. Febles, A. and Álvarez, S. (2005). Structure and gas permeability of asymmetric polyimide membranes made by dry-wet phase inversion: influence of alcohol as casting solution, *Revista Cubana de Educación Superior*. 69-79.
4. Froufe, A. Java 2, Manual de usuario y tutorial, *Alfaomega*. 337-340.
5. Gotel, O.; Scharff C. and Kulkarni, V. (2011). Mixing continents, competences and roles: five years of lessons for software engineering education, *IET Software*, vol. 6. 199-213.
6. Humphrey, W. (2005). PSP, A Self-Improvement Process for Software Engineers. *SEI Series in Software Engineering*. 6-10.
7. Larman, C. (2005). UML y Patrones, *Prentice Hall*. 3-11, 113-120.
8. Microsoft. (2013). Llenar un DataSet desde un DataAdapter / ASP.NET MVC 2. In: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/bh8kx08z.aspx>
[http://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd394709\(v=vs.100\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd394709(v=vs.100).aspx)
9. Oracle. (2013). Java beans, Quick Start / Java SE Application Design With MVC. In: <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/javabeans/quick/index.html>
<http://www.oracle.com/technetwork/articles/javase/index-142890.html>
10. Pressman, S. (2006). Ingeniería del software, Un enfoque práctico. *McGraw Hill*. 201-208.
11. SEI (2013). CMMI portal. In: <http://cmmiinstitute.com/>
12. Shkoukani, M. (2013). The ability to provide well qualified software engineering graduates to the software industry. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 538-546.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Valoración de la metodología INGENIAS para desarrollo de SMA usando un caso de estudio.

Erik Hernández Luna¹, Cora Beatriz Excelente Toledo², Carlos Pérez Corona³.

^{1,3}Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Instituto Tecnológico S/N, C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala, México.

²Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, LANIA, Quinta Rèbsamen, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

³Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Calzada Apizaquito S/N, C.P. 90300, Apizaco, Tlaxcala, México.

¹kire720@hotmail.com, ²cora@lania.mx, ³cperezcorona@gmail.com

Área de participación: Sistemas Computacionales.

Resumen.

Este trabajo presenta la valoración de la aplicación de la metodología para el desarrollo de sistemas multi-agentes INGENIAS en el modelado de un caso de estudio orientado a cadenas de suministro. Esta valoración consiste en analizar la viabilidad del uso de INGENIAS como herramienta de soporte en el proceso de desarrollo de aplicaciones, puntualmente en las fases de análisis, diseño y documentación de un SMA. Para ello, se utilizaron los modelos propuestos por INGENIAS y se aplicaron en el caso de estudio, evidenciando la medida en la que apoyan al diseño de un SMA, así como determinando carencias o debilidades encontradas al modelar un sistema con su propuesta.

Se demuestra que el uso de una metodología orientada a agentes permite definir de forma más concreta los elementos que participan en la concepción de un SMA, pero de igual modo, por la falta de madurez en el área, existen aún puntos débiles que requieren ser mejorados o complementados para alcanzar una mayor robustez y aplicabilidad.

Palabras clave: SMA, agente, metodología orientada a agentes, INGENIAS

Introducción.

Los agentes y sistemas multi-agentes (SMA) [Wooldridge, 1996] son una tecnología que están siendo cada vez más adoptada por la comunidad de investigadores en el área de computación, esto debido a que poseen características importantes como autonomía, reactividad y habilidad social que resultan de gran apoyo y utilidad en escenarios complejos, altamente cambiantes y con varios tipos de componentes.

Uno de los problemas principales encontrados al diseñar un SMA es su propia naturaleza compleja que los hace difíciles de modelar por lo que es necesario apoyarse de una correcta metodología que indique en que aspectos del diseño se debe dar más peso, que elementos son los relevantes a detectar, cómo se relacionan los componentes, etc. Así, existen gran cantidad de metodologías orientadas a agentes, tales como: MaSE [DeLoach, 2001], ZEUS [Collis y col., 1999], GAIA [Wooldridge y col., 2000], MESSAGE [Caire y col., 2001], INGENIAS [Gómez, 2002], entre otras, las cuales parten de un intento por establecer una forma adecuada de modelar un SMA y proponen sus propios modelos, especificaciones, áreas de mayor peso dentro de la especificación e incluso algunas herramientas que apoyan el modelado y la generación de código.

En este artículo se utiliza un caso de estudio que es la simulación de una cadena de suministro [Lummus y Vokurka, 1999] con la particularidad de que cuenta con suministro constante, es decir, se recibe materia prima de forma constante sin tomar en consideración la carencia o sobre inventario de algún tipo de materia. lo que se refleja en una problemática al generar un plan de producción que sea capaz de evitar este tipo de situaciones en la mayor medida posible.

La metodología seleccionada para el diseño y evaluación es INGENIAS que es una evolución de MESSAGE [Caire y col., 2001]. El fundamento de INGENIAS es el diseño de cinco modelos (descritos con mayor detalle en

la sección INGENIAS) que representan de forma gráfica, aspectos fundamentales del agente y el SMA en general, es decir, con diagramas que muestran las características de cada agente así como la forma en que interactúan y dependen entre sí, esto con la finalidad de ofrecer una perspectiva clara y de fácil entendimiento para el desarrollador.

El artículo se estructura de la siguiente manera, en la sección Caso de estudio, se describe de forma breve el problema de la cadena de suministro, en la sección INGENIAS, se describen con mayor detalle los modelos que propone INGENIAS así como la relación que existe entre éstos, asimismo para ejemplificar su aplicación se presentan los modelos resultantes del caso de estudio. En la sección de análisis de resultados, se proporcionan las conclusiones basadas en la experiencia del uso de INGENIAS. En la sección de conclusiones y trabajos futuros se mencionan aspectos que se consideran necesarios para la mejora de INGENIAS, así como una opinión basada en el uso de INGENIAS como metodología.

Caso de estudio.

El caso de estudio está orientado a cadenas de suministro, las cuales indican el proceso completo de la producción de un material por parte de alguna empresa. Algunas cubren desde la salida de la materia prima desde el proveedor hasta la llegada del producto final al cliente, pasando por todos los procesos de manufactura requeridos. Dentro de las cadenas de suministro se consideran aspectos como costos, tiempos, requerimientos, entre otros.

En el caso de estudio la cadena de suministro cuenta con la particularidad de que el proceso es diferente al concepto común de producción, ya que en este caso por contratos pre establecidos, la materia prima es recibida de forma constante, es decir, el proveedor envía materia prima a la empresa dejando de lado las necesidades de ésta, por ejemplo, si existe carencia o exceso de algún tipo, no necesariamente se omitirá el exceso o se surtirá el faltante, sino que la materia prima surtida será de acuerdo a lo que el proveedor envíe.

Al tener una problemática de este tipo, es necesario determinar planes de producción que sean capaces de solventar las carencias o consumir los excesos sin comprometer la calidad del producto, los costos o el tiempo consumido. Teniendo todas estas variables en juego, el hacer un cálculo manual de nuevos casos representa un alto consumo de tiempo que puede comprometer la producción. Por tal motivo se propuso el uso de un SMA que haga la simulación de la cadena de suministro y muestre planes de producción que serán evaluados por el personal administrativo.

INGENIAS.

INGENIAS tiene como intención proporcionar un mejor manejo de los modelos tanto en el aspecto visual como en la interdependencia entre cada uno de éstos. Para ello, INGENIAS basa la metodología en el concepto de meta-modelo: "Un meta-modelo define las primitivas y las propiedades sintácticas y semánticas de un modelo" [Gómez, 2002], es decir, hace referencia a los elementos de: lenguaje, gráficos, herramientas, entre otros, que describen la forma de representar una de las cinco entidades propuestas; dando como resultado un modelo gráfico que representa a cada una de las entidades que participan en el sistema. La estructura de los meta-modelos se encuentra basada en MOF (Meta-Object Facilities) [MOF, 2012] y GOPRR (Graph, Object, Property, Relationships and Role) [GOPRR, 2013].

Esto es, proporciona de una forma visual la descripción detallada de cada una de las características principales que intervienen en el diseño de un sistema multi-agentes así como la forma en que interactúa cada uno de los modelos relacionándose entre sí, de forma que cumplan con una representación adecuada del sistema en general.

A grandes rasgos INGENIAS se basa en la representación del sistema en cinco modelos diseñados de forma incremental, esto es, cada vista de los modelos da paso a una vista nueva, de forma que la representación sea fluida e interconectada, facilitando el nivel de entendimiento al desarrollador y apoyando la detección de correcciones o modificaciones a la especificación durante el proceso de desarrollo. Los modelos que proporciona INGENIAS son:

- Modelo de agente.

Proporciona una descripción detallada del agente, sus metas, tareas, el rol que juega en el sistema, sus estados mentales, estados de transición, etc.

Se descartan los detalles de las metas, las tareas e interacciones, ya que se tiene un modelo para definir dichos elementos. La figura 1 muestra un ejemplo del modelo de agente usando como ejemplo el caso de estudio.

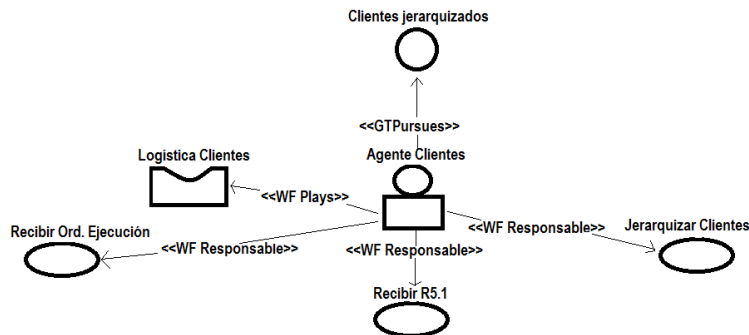


Fig. 1 Modelo de agente

- Modelo de interacción.

Al hablar de SMA uno de los aspectos primordiales son las interacciones entre los agentes, esto es, como se comunican entre sí para lograr una meta en común. INGENIAS proporciona dos diagramas para el modelo de interacción, uno es el modelo de interacción en sí y otro es un modelo de especificación GRASIA [] que detalla la secuencia de las interacciones. La figura 2 proporciona un ejemplo del modelo de interacción y su especificación GRASIA.

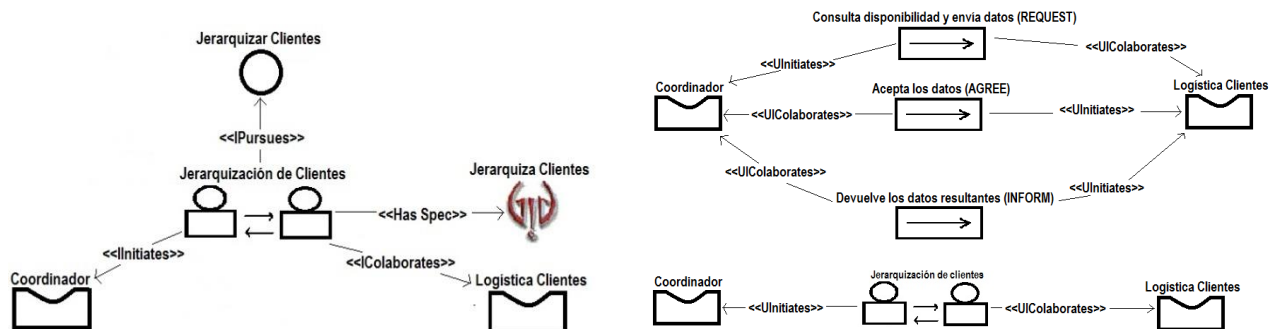


Fig 2. Modelo de interacción y su especificación GRASIA.

- Modelo de tareas y objetivos.

El modelo de tareas y objetivos como su nombre lo indica, define a detalle las metas y tareas que se buscan satisfacer por cada agente, que tareas se ligan con cada meta, que recursos son necesarios para poder llevar a cabo las tareas y que recursos son obtenidos de realizar dichas tareas. La figura 3 muestra un ejemplo del modelo de tareas y objetivos.

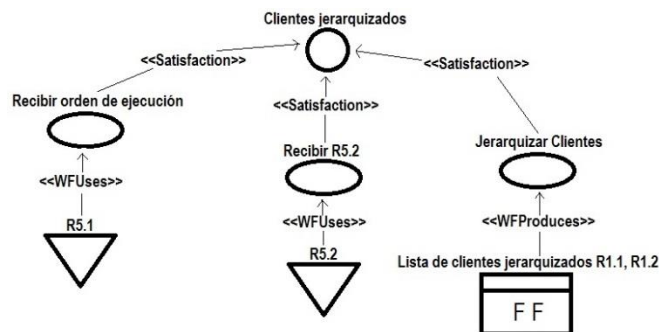


Fig. 3. Modelo de tareas y objetivos.

- Modelo de organización.

El modelo de organización es una representación de cómo está organizado el SMA, es una representación similar a un organigrama empresarial, en el que se definen que los roles de cada agente, los grupos y organizaciones a los que pertenecen, las subordinaciones entre agentes, las metas que satisface cada uno y en que workflow's participan. La figura 4 muestra un ejemplo del modelo de organización.

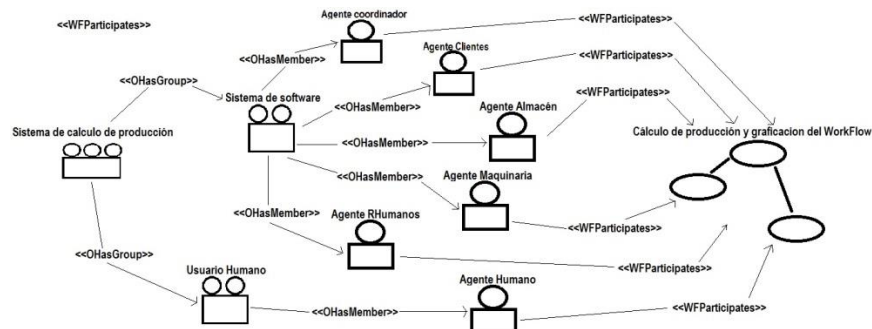


Fig. 4 Modelo de organización.

- Modelo de entorno.

El modelo de entorno es una descripción de los recursos consumidos por los agentes, las aplicaciones externas al SMA que requieren para su funcionamiento y las aplicaciones internas que de igual modo son necesarias para completar el objetivo del SMA. La figura 5 muestra un ejemplo del modelo de entorno.

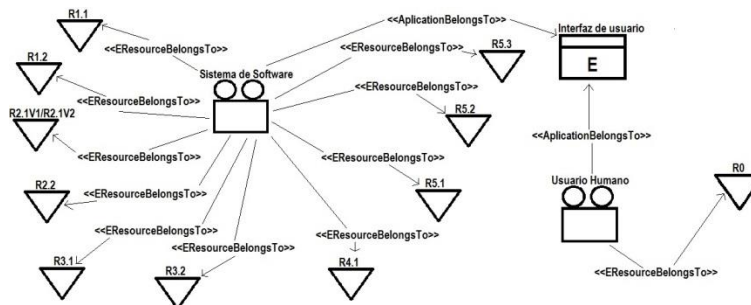


Fig. 5 Modelo de entorno.

Análisis de Resultados.

El desarrollo del caso de estudio por medio de los modelos que se proponen en INGENIAS fue realizado de la siguiente forma:

- Se analizó el caso de estudio con la finalidad de comprender las variables que participan en éste, así como los procesos que intervienen en la problemática, de tal modo que al iniciar el modelado con INGENIAS se contara con una base fundamental de los conceptos propios del caso de estudio.
- Se inició el diseño de los modelos de INGENIAS partiendo de modelos simples que fueron detallándose de forma incremental según la fuera requerido por la relación entre elementos, es decir, que conforme se avanzó en el diseño, era necesario incluir más detalle en cada modelo de forma que se cubrieran por completo los elementos que definen al caso de estudio. Es importante aclarar que debido a la alta relación entre modelos, al profundizar la especificación de uno de ellos, obliga a detallar a los otros.
- La definición final de los modelos permite un nivel de especificación para iniciar la codificación del sistema.

El haber adoptado el desarrollo de un caso de estudio para realizar la valoración, permitió obtener puntos de vista en un sentido positivo como negativo que son descritos a continuación:

INGENIAS tiene como base PUDS [Jacobson y col., 2000], lo cual permite hacer el seguimiento del modelado como parte de una especificación de ingeniería de software que a su vez permite que se pueda cubrir por

completo el proceso del ciclo de vida del software, cosa que no sucede en otras metodologías que por falta de maduración o abandono del proyecto se quedan en fases tempranas del proceso de ingeniería, forzando al desarrollador a adoptar alguna otra metodología complementaria que ayude a fundamentar y dar seguimiento al ciclo de vida del software. Tomando como punto de partida este hecho se puede argumentar que INGENIAS tiene la suficiente cobertura para desarrollar un SMA desde su fase de análisis hasta la fase de codificación y pruebas.

Teniendo en cuenta que la representación de los modelos de INGENIAS está dividida en secciones de acuerdo a las características del agente y el SMA en general, INGENIAS permite que el caso de estudio sea más fácil de modelar y comprender ya que al trabajar con secciones pequeñas que pueden ser refinadas y analizadas el trabajo se reduce drásticamente, siendo de gran ayuda a investigadores que carecen de experiencia en el diseño de SMA.

Retomando el hecho de que dificultad de contar con experiencia en el diseño y especificación, INGENIAS resulta una herramienta conveniente ya que cuenta con elementos de especificación gráficos que facilitan la comprensión de las características del agente, la forma en que interactúa con otros agentes y en general cómo se comporta el SMA. Todo esto da facilidades al desarrollador para que al llegar a la fase de codificación, ésta sea más sencilla y el paso entre fases no resulte tan complejo como sucede con otras metodologías.

Otro aspecto interesante de INGENIAS es su capacidad para permitir diversos niveles de especificación, esto es, cada problema a modelar tiene cierto grado de complejidad por lo que algunos necesitan ser refinados con mayor detalle, mientras que otros son más sencillos y sus requerimientos son menores. INGENIAS permite que si el sistema es de naturaleza compleja, se puedan usar los elementos necesarios sin tener carencias de elementos de especificación o si la naturaleza del problema es simple, no se tengan elementos innecesarios que afecten el entendimiento de la especificación.

INGENIAS además cuenta con la herramienta IDK (INGENIAS Development Kit) [IDK, 2013], que es un IDE para el desarrollo y modelado del SMA y que proporciona los elementos gráficos necesarios para diseñar un sistema de acuerdo a los modelos de la metodología.

Pese a que INGENIAS cuenta con gran cantidad de atributos positivos, estos deben ser tratados con cierto grado de cuidado, ya que, desde la perspectiva de los autores y como resultado del desarrollo del caso de estudio, uno de los principales y más grandes problemas de INGENIAS es la falta de evaluación de los modelos, esto quiere decir que no es posible conocer si el modelado del sistema cubre las necesidades del problema por completo, si falta un mayor nivel de detalle o se sobrepasaron los requerimientos haciendo un problema de mayor complejidad. Al final, corresponde al desarrollador determinar si el modelo diseñado es suficiente para representar el problema por completo.

Otro problema detectado es la falta de documentación en general. Pese a contar con una página web [IDK, 2013] la información que proporcionan es muy escasa o ambigua, lo que obliga al desarrollador a recurrir a la literatura y en parte a la intuición para comprender los conceptos y la simbología que usa INGENIAS. Esto es un gran problema, ya que para adoptar una metodología se espera contar con los elementos necesarios para poder ser guiados en que elementos son necesarios especificar, que procesos se deben seguir y en qué orden y que productos son esperados de dichos procesos.

Conclusiones y trabajos futuros.

INGENIAS es una metodología que cubre gran parte de los aspectos de la ingeniería de software orientada a agentes que contribuye de manera muy importante a la construcción de SMA, sin embargo, el área de sistemas basados en agentes requiere de un mayor desarrollo a distintos niveles y en particular, en el aspecto de metodologías para construcción de sistemas con el propósito de lograr la madurez que se tiene en otras áreas de la computación donde ya se ha llegado un consenso en cuanto a teoría, procesos, nomenclatura, roles, etc.

Al modelar el caso de estudio se pudieron identificar facilidades que permitieron conocer, abordar y describir el problema, pero de igual forma se encontraron limitantes que la documentación de la metodología no explica y

que obligaron a hacer búsquedas en la literatura y en algunos casos confiar en la intuición como desarrollador para validar ciertos elementos. A partir de esta experiencia, se considera importante:

- Establecer reglas o parámetros de evaluación que permitan determinar el grado de detalle y especificación que se requiere de acuerdo al problema.
- Reforzar la documentación y establecer claramente la terminología usada tanto para el IDK como para los elementos que se abordan en INGENIAS.
- Mejorar los mecanismos de validación de los modelos (manual o automáticos) permitiendo la verificación de los modelos, de forma que, por ejemplo, pudiera conocerse si no hay problemas de “dead locks” en el modelo de interacción, que se cuente con herramientas de simulación para visualizar la ejecución del sistema y, de ser posible, poder establecer si algunos elementos son correctos o existen fallos, o inclusive si se cuentan con elementos de más o hace falta complementar.
- Establecer una secuencia o guías bien definidas de los pasos a seguir en la metodología, es decir, en que orden deben ser diseñados los modelos para facilitar el diseño de los mismos.

Es muy importante enfatizar que la validación de INGENIAS fue basada resultado de la experiencia de su aplicación en un caso de estudio real, que si bien puede argumentarse que tiene cierto grado de subjetividad, es un hecho que es importante realizar todo tipo de contribuciones al área de los SMA. No se descarta que como trabajo futuro pudiera realizarse mayor trabajo efectuar evaluaciones más formales, de tipo cuantitativo o bajo enfoques con ciertas métricas de ingeniería de software.

En lo que respecta al caso de estudio siguiendo la metodología se determinó que el nivel de detalle logrado es el correcto, por lo que se inició con la codificación del primer prototipo del sistema.

Referencias.

1. Wooldridge M. (1996). An introduction to MultiAgent Systems. Wiley.
2. DeLoach, S. (2001). Analysis and Design using MaSE and agentTool. Proceedings of the 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science (MAICS).
3. Collis, J. C. and Ndumu, D. T. (1999). The Role Modeling Guide. Applied Research and Technology, BT Labs.
4. Wooldridge, M., Jennings, N. R., and Kinny, D. (2000) The Gaia Methodology for Agent-Oriented
5. Caire, G., Leal, F., Chainho, P., Evans, R., Garijo, F., Gomez-Sanz, J. J., Pavon, J., Kerney, P., Stark, J. y Massonet, P. (2001) Agent Oriented Analysis using. Springer Verlag. Págs. 119-135.
6. Jorge J. Gómez Sanz (2002). Modelado de sistemas multi-agente. Tesis Doctoral. Universidad Computense de Madrid.
7. Rhonda R. Lummus, Robert J. Vokurka (1999). Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. Industrial Management & Data Systems. Págs. 11-17.
8. MOF. (2012) MetaModel Facility, Object Management Group. Última actualización 12 de Mayo 2012. <http://www.omg.org/mof/>
9. MetaCase (2013) <http://www.metacase.com/>. Última actualización 2013.
10. Research Groupon Intelligent Agents – Engineering and Applications. Recuperado el 07 de Junio de 2013. <http://grasia.fdi.ucm.es/main/>
11. Ivar Jacobson, Grady Booch, James Rumbaugh. (2000). El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Madrid, España: Pearson Education S.A.
12. IDK. (2013) INGENIAS Development Kit. <http://ingenias.sourceforge.net/>

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

1	Modificación del Modelo de Planeación estratégica para una Institución de Educación Superior	745
	<i>Rogelio García Camacho, Elvia Osorio Barradas, Ana Gabriela Rodríguez Juárez, Marcos Aguilar Coronado</i>	
2	Conversión de un Libro Impreso en un Libro con Realidad Aumentada	753
	<i>María Antonieta Abud Figueroa, Jairo Arquímedes Ramos Tecorral</i>	
3	Software Educativo de sistemas numéricos como estrategia didáctica de aprendizaje	761
	<i>Elvia Osorio Barradas, Laura Leticia Mendoza Cruz, Julia María Muñoz Lara, Elda Rosario Ruiz, Sergio Salgado Orozco</i>	
4	Inteligencia emocional en docentes de educación superior	768
	<i>Margarita Dávila Hernández</i>	
5	Trabajo colegiado mediado por el fenómeno micropolítico en una escuela secundaria pública	776
	<i>Florentino Silva Becerra</i>	
6	Percepción de competencias genéricas después de cursar asignaturas de Ciencias Básicas en el ITCelaya	783
	<i>Meléndez Aguilar Martha Patricia, Cornejo Serrano Ma. Del Carmen, Villalobos Oliver Eloísa Bernardett, Ramos Beltrán José Alfredo, Gómez Rodríguez Gloria</i>	
7	Proyecto educativo en estancias infantiles Para potencializar el conocimiento	791
	<i>Cristina Yvonne Jiménez Osorio, Elvia Osorio Barradas, Iván José Emanuelle Rivas Jiménez</i>	
8	Uso de las TIC en la enseñanza de las asignaturas de ciencias básicas	796
	<i>Martha Meléndez Aguilar, María Teresa Villalón, Ma. Del Carmen Cornejo, Paloma Teresita Gutiérrez Rosas and Eloísa Bernardett Villalobos Oliver</i>	
9	Sistematización de procesos de la administración de productividad académica. Una alternativa para mejorar la calidad de servicios.	804
	<i>Nallin Hernández Méndez, Alva Del Rocío Pulido Téllez, Débora Domínguez Pérez, Marqueza Hernández Méndez and Adriana Guadalupe Pulido Téllez</i>	
10	Algunos usos de la retórica en el ámbito de la educación institucional: riesgos y oportunidades.	811
	<i>Carlos Enrique Villarreal Morales.</i>	
11	Desarrollo de una aplicación para la enseñanza de las estructuras de decisión e iteración empleando el lenguaje J2-ME	818
	<i>Vanesa Cid García, Juan Riquelme Odi.</i>	
12	Selección de características de estudiantes del Instituto Tecnológico de Cuautla relacionadas con su desempeño académico	827
	<i>Miriam Sánchez Santamaria, Luis Adrián García García.</i>	
13	Uso de las TIC en la educación con pedagogía Freinet	833
	<i>Verónica Guerrero Hernández, Rogelio Enrique Telona Torres, Juan Salvador Rodríguez Aguirre, María Del Pilar Aguilera Bustamante, Guillermo Reyes Morales</i>	
14	Competencias matemáticas previas de los estudiantes de ingeniería	843
	<i>María Teresa Villalón Guzmán, Ma. Guadalupe Medina, Paloma Teresita Gutiérrez Rosas, Micael Gerardo Bravo Sánchez, Mario Calderón Ramírez</i>	

15	Empleabilidad en México para Egresados Universitarios <i>Martha Estrada, Ivette Esperanza Corzas García</i>	850
16	El uso de las TIC'S y el aprendizaje en el nivel secundaria <i>David Meza Rojo, Laura Martínez Hernández</i>	857
17	Identidad Institucional en las IES <i>Fabián Álvarez Ruiz, Marco Antonio Nava Argüelles, José Alfonso Gómez Sánchez</i>	864
18	Práctica integradora de una Célula de Ambiente de Manufactura Simulada - CAMS, Caso IT la Laguna. <i>Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Armando Longoria de La Torre and Georgina Elizabeth Vela Álvarez</i>	871
19	Estado del arte: Educación inclusiva a nivel superior en Veracruz, México <i>Patricia Del C. Aguirre Gamboa, María Del Pilar Anaya Ávila, Rossy Lorena Laurencio Meza, Javier Casco López and Juan J. Domínguez Panamá</i>	877
20	Evaluación de la productividad académica del personal docente del Instituto Tecnológico de Orizaba de IGE <i>Elda Rosario Ruiz, Martha Elena Fernández Ramírez, Víctor Manuel Contreras Cuburú</i>	884
21	Uso de objetos de aprendizaje en la enseñanza de la programación en Ingeniería <i>Arturo Alejandro Domínguez Martínez, Yolanda Mexicano Reyes</i>	891
22	Plataforma para el sistema de apoyo en el aprendizaje en niños con discapacidad intelectual (SANDI) <i>Guillemina Muñoz Zamora, Juan Manuel Luján Gil, Sigifredo García Alva, Norma Angélica Álvarez Torres and Jesús Raúl Cruz Rentería</i>	899
23	Estudio de la sobre generalización del modelo lineal en la modelación matemática. <i>María Teresa Villalón Guzmán, Micael Gerardo Bravo Sánchez, Adriana Guzmán López, Paloma Teresita Gutiérrez Rosas</i>	906
24	Plataforma Web de la Revista Argos del ITS <i>Maricela Sánchez López, Ing. Blanca Alicia Reyes Luna, Ing. Arturo Alejandro Domínguez Martínez, Ing. David Andrés Valdez Martínez</i>	914
25	Geogebra como herramienta para la enseñanza de los conceptos del cálculo diferencial <i>Micael Gerardo Bravo Sánchez, María Teresa Villalón Guzmán, Adriana Guzmán López and Mario Calderón Ramírez</i>	922
26	PROPIEDADES DE LAS RELACIONES <i>Ana Karen Álvarez Torres, Zindi Sánchez Hernández, José Luis Barragán Oropeza and Sigifredo García Alva</i>	934
27	La Cyber-ludopatía en jóvenes y adultos mexicanos, un peligro latente <i>José Luis Hernández Hernández, Moisés Vázquez Peña, Felipe Luna García, Yuri Alicia Chávez Plazas, Mario Hernández Hernández</i>	942
28	Impacto académico del nivel medio superior en la UTTEC <i>Adrián E. Cruz Rojo, Maricarmen Barroso Avalos, Dalila M. Mendoza Muciño and Susana Rivera Martínez.</i>	950
29	Impacto físico y socioeconómico en el alumno ante una virtualización del proceso enseñanza-aprendizaje <i>Felipe Luna García, María De Lourdes Martínez Zamudio, Eduardo Camargo Carrera, José Abel Díaz Aguado and José Luis Hernández Hernández</i>	958

30	Impacto académico-motivacional del aula interactiva en alumnos de ing. en sistemas computacionales del itsat	966
	<i>Ana Francisca Lule Rangel, Eneida Yazmín Honorato Rodríguez, Perla García Gamboa, Sergio Pelayo Vaquero and Erika Del Carmen Páez Chacha</i>	
31	Perfil universitario entre objetivos y competencias	974
	<i>Adriana Duran Mendoza, Juan Soto Del Ángel Soto Del Ángel and María Del Rocío Ojeda Callado</i>	
32	El cambio social global en las Universidades Tecnológicas	980
	<i>Jesabel Gómez, Paula Antonio and Dulce Martínez</i>	
33	Evaluación de competencias para fomentar una cultura ambientalista en comunidades de alta marginación en Veracruz	988
	<i>Virginia Alcántara Méndez and Luis Hernández Alcázar</i>	
34	Célula de desarrollo de software, un enfoque de enseñanza aprendizaje.	997
	<i>Myriam Soria García, Ricardo Miguel Sánchez Durán, Norma Griselda Reyes Ávila, Carlos González Esqueda and Ariana Aranda López</i>	
35	Cuantificación de la brecha digital mediante Modelo ASETA-2002 en escuela Primaria Multigrado de Teziutlán, Puebla	1004
	<i>Adriana Pérez López, Héctor Vicenteño Rivera and Miguel Montiel Martínez</i>	
36	Implementación de la asignatura de Fundamentos de Programación usando un entorno tridimensional.	1011
	<i>Arturo Alejandro Domínguez Martínez and Yolanda Mexicano Reyes</i>	
37	Estudio descriptivo y modelos matemáticos de la competencias genéricas sistémicas en ingeniería industrial.	1018
	<i>Pablo Montes Utrera, Guillermina Pérez González and Ángel Márquez</i>	
38	Modelo para la representación de la motricidad fina en niños con síndrome down.	1024
	<i>Luis Alberto Morales Rosales, Mariana Lobato Báez, Anahi Presas Ruiz and Héctor Emmanuel Tejeda Rodríguez</i>	
39	Estudiantes de alto rendimiento académico de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	1032
	<i>María De Jesús Oregán, Ramón Matías, Juan Carlos Vásquez, Alejandro Espinosa and Serafín Reyes García.</i>	

Modificación del Modelo de Planeación estratégica para una Institución de Educación Superior

R. García Camacho^{1*}, E. Osorio Barradas², A. G. Rodríguez Juárez³, M. Aguilar Coronado⁴.

¹Director de Instituto Tecnológico de Orizaba, Ave. Instituto Tecnológico No. 852 C.P. 94320, Orizaba, Ver.,

²Departamento de Desarrollo Académico, Ave. Instituto Tecnológico No. 852 C.P. 94320, Orizaba, Ver.,

³Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación, Ave. Instituto Tecnológico No. 852 C.P. 94320, Orizaba, Ver.

⁴Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación, Prolongación de la Calle 2 S/N Col. Agrícola Librado Rivera C.P. 94380 Orizaba, Ver.

*rogelio.camacho@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En el presente trabajo se consideran algunos antecedentes históricos de la planeación estratégica en las instituciones de educación superior (IES) haciendo un significativo análisis de las instituciones mexicanas. Se realizó una revisión de la propuesta de modelo de planeación estratégica del instituto tecnológico de Orizaba con base en las políticas educativas actuales y de gobierno.

De igual manera se analizan cada una de las fases que comprende el modelo de planeación para tener un contexto más amplio o de la situación que allí se establece.

Palabras clave: Planeación estratégica, Educación superior.

Abstract

In this paper we consider some historical background of strategic planning in higher education institutions (HEIs) doing significant analysis of the Mexican institutions. We performed a review of the proposed strategic planning model of Orizaba technological institute based on current educational policies and government.

Similarly, it is analyzed each of the phases comprising the planning model to have a more ample context or situation that there is established.

Introducción

A principios del siglo XXI la educación superior se ha sometido a una reestructuración, que va más allá de una reforma educativa. Dichas reestructuraciones y cambios dan como resultado la definición y asignación de nuevos roles y retos, ya que la dinámica de la evolución social y económica han dado como resultado la aparición de la globalización, que sugiere a los actores de nivel superior educativo mayor eficiencia y garantía de calidad en los servicios públicos que ofertan. En este marco los organismos mundiales, como la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y cultura (UNESCO) y las asociaciones internacionales que imparten la educación superior, se han dedicado en impulsar al interior de los países, políticas públicas que se derivan en estrategias institucionales (UNESCO, 1999).

Originado a lo anterior, las herramientas de gestión y desarrollo organizacional han adquirido relevancia e importancia, ya que se ha convertido en la parte medular de programas nacionales para mejora de este nivel educativo. Entre las herramientas de gestión antes mencionadas sobresale la planificación estratégica que se ha colocado en un sitio privilegiado e indiscutible tanto en el ámbito de la secretaría y magisterio de educación, como entre los expertos y equipo de administración institucional de las Instituciones de Educación Superior (IES) en todo el mundo.

Se puede considerar que a inicios de los años 80's la planeación estratégica se había considerado de un elixir a una herramienta útil que necesitaba la conducción correcta organizacional en su implementación para garantizar el éxito, que logro una clasificación realista, objetiva y precisa entre las disciplinas administrativas y de gestión.

En estados unidos algunas IES implementaron la planeación estratégica de manera temprana, desde finales de los 70's pero su introducción formal a nivel educativo se relaciona con las aportaciones de Kotler y Murphy (1981) y Keller (1983); escritores que identificaron que una IES en planificación estratégica seria al paso del tiempo difícil de subsistir en un ambiente de competencia incremental. En Estados Unidos la educación superior necesitaba de una inspección por gente puesto que la evolución social requería mayor eficiencia y calidad.

Para que la planeación estratégica fuera incluida en el ámbito educativo, expertos de la educación y organismos organizacionales contribuyeron con argumentos para la importancia, pertinencia y ventajas de su uso en las IES a nivel nacional (Hardy). Es así como al comenzar el siglo XXI, la planeación estratégica se transforme en una poderosa herramienta de administración a nivel superior (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior [ANUIES] ,2000)

En 1992 cuando se firma el Tratado de Libre Comercio de América del Norte en México se vivió una acelerada época de cambios a nivel superior. Al realizar los análisis comparativos de los sistemas del nivel superior de México con estados unidos y Canadá, se detectaron diferencias que plantearon al país retos importantes(Kent, 2005).mediante este diagnostico surgió unas serie de políticas públicas y programas patrocinados con fondos extraordinarios como el fondo para el mejoramiento de la educación superior (FOMES), el programa del mejoramiento del profesorado (PROMEP) entre otros con un propósito de orientar recursos económicos para mejorar las áreas estratégicas de las IES de México . Desde la ANUIES y la subsecretaria de Educación superior (SES) de la Secretaria de la Educación Publica (SEP), se deriva el Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) que es la forma del ejercicio de la planeación estratégica en las IES (ANUIES, 2002). Continuando este camino las IES de México han ocupado su tiempo para atender las necesidades de cambio que establecen los diferentes sectores de la sociedad, por medio de la redefinición de sumisión y estructura social (Kent, 2005).

A partir de las adecuaciones y procesos de mejora continua institucional acompañado por la ANUIES y SES, han nacido organismos de acreditación y evaluación en este nivel educativo (Serna & de Vries, 1997) a nivel nacional e internacional las IES de México han adquirido referencias y estrategias de desarrollo para alcanzar ciertos criterios y lineamientos de evaluación a fin de establecer metas y acciones en todas las IES de México se han llevado a cabo un conjunto de procesos de planificación para conducir a las IES hacia el logro de sumisión ante diferentes escenario (Torres-Lima, Villafan & Álvarez, 2008).

METODOLOGIA DE LA PLANEACION ESTRATEGICA

Para guiar las acciones, la teoría administrativa dice que las organizaciones requieren definir específicamente los fundamentos de su existencia expresada como la misión. Lo mismo vale para los objetivos y los periodos de tiempo en que se han establecido lograrlos (Conway, Mackay & Yorke, 1994)

Las teorías administrativas y las organizaciones en general buscan lograr determinados objetivos mediante el trabajo coordinado entre personas usando los recursos disponibles. Las organizaciones independientemente su tipo tienen 3 características que las distinguen:

- 1.- se crean intencionalmente y con un plan para alcanzar metas
- 2.-poseen estructura y orden
- 3.-se coordinan las acciones de los integrantes y de los recursos disponibles a fin de comprar las metas.

Esto parece algo simple de entender pero cuando nos ponemos a analizar las percepciones de cada uno de los integrantes de una organización esto puede resultar complejo. La dificultad está en el logro de consenso, definiciones y de realizar actividades que comprometan y convengan a todos. Al respecto Porter (2004) indica: “Unos cuantos actores, y no la colectividad imponen consensos sobre la toma de decisiones. Una condición importante para que este modelo funcione es la ausencia de un proyecto compartido, de una ideología predominante de la institución a lo que se suma la inexistencia de vínculos en la planta académica y una valoración política surgida del debate académico” (p. 592).

Tenemos que comprender que es por ello que se establecen una extraordinaria oportunidad de establecer las aspiraciones colectivas de un futuro posible. Continuando con Porter (2004) comprenderíamos por que dice: “el proceso de establecer una visión de la institución como sueño realizable del cuerpo directivo, compartido por toda la comunidad de la organización, que permite centrar los recursos en los objetivos vitales que la impulsaran a ser su visión del futuro o anhelo compartido” (p. 589).

Se debe garantizar que la filosofía de la organización y los objetivos sean claros, compartidos o aceptados por todos y desarrollados de una manera consistente y consecuente (Hardy, 1991). Gracias a ello podemos reconocer que la planeación estratégica ayuda a generar ideas compartidas, contribuye a linear las acciones internas y permite tener una relación con las oportunidades que ofrece el entorno cambiante

MODELO DE PLANEACION ESTRATEGICA DEL INSTITUTE TECNOLOGICO DE ORIZABA

Recapitulando la presentación del modelo de planeación estratégico propuesto para el Instituto Tecnológico de Orizaba en el Coloquio Multidisciplinario del año 2012 realizado en Orizaba, Veracruz, se destaca dentro del éste 3 fases que son:

1.- Diagnostico

2.- Formulación

3.- Sistemas de control

A continuación se muestra la figura del modelo completo de Planeación Estratégica para el Instituto Tecnológico de Orizaba considerando que se encuentra dividido en tres fases.

Se describe de manera independiente colocando la parte que corresponde a la fase del modelo de manera secuencial para dar orden y claridad a la lectura del mismo.

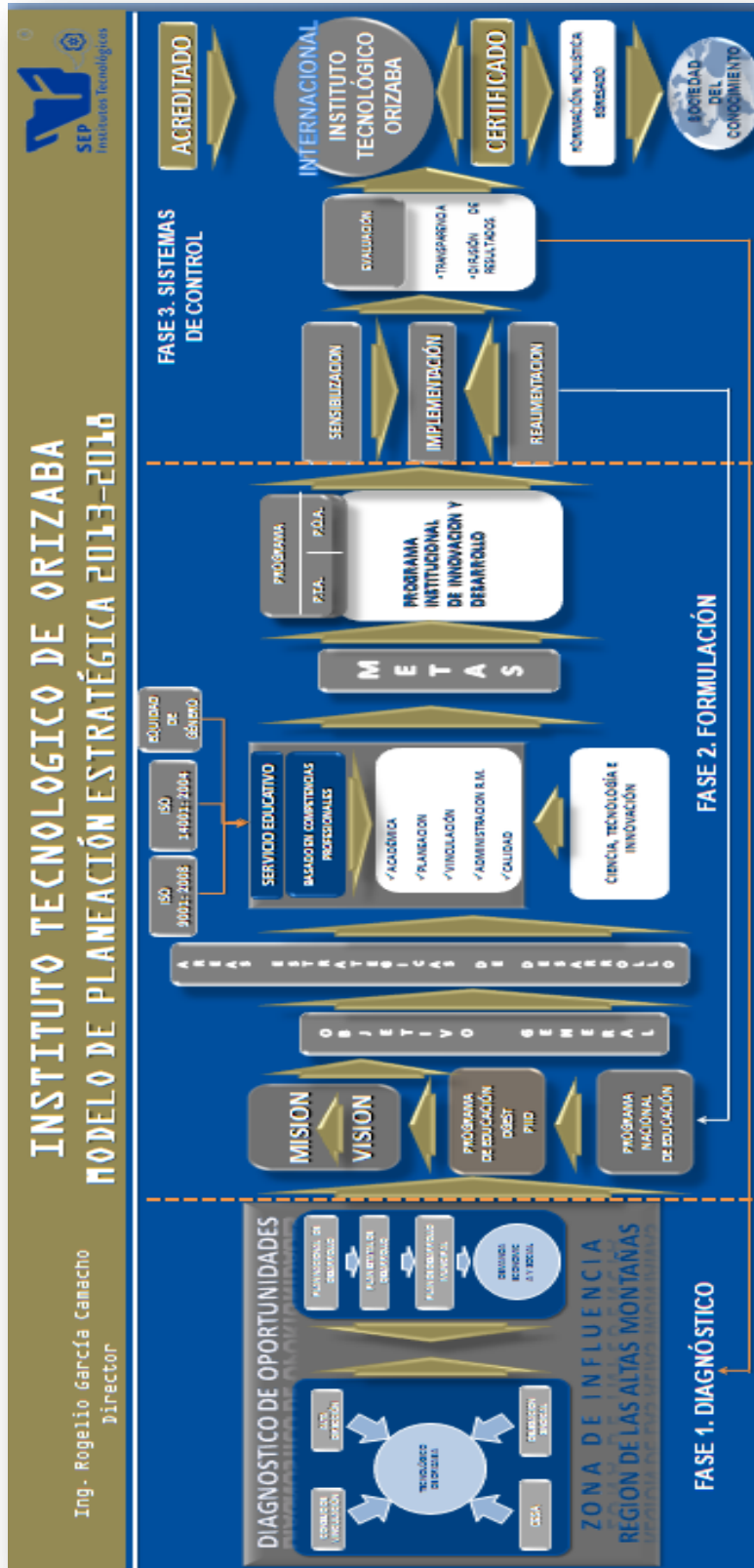


Figura 1. Modelo de Planeación
 (Elaborado por el Ing. Rogelio García Camacho)

Fase 1.- Diagnóstico

El diagnóstico sienta las bases para la toma de decisiones cuando se trata de resolver problemas permitiendo elegir entre varias alternativas.

La vida de una organización depende en gran medida de lo que ocurre afuera de la misma, es decir, de los cambios que se producen en el entorno que se sitúa. En el marco de un proceso de planeación estratégica, esta etapa incluye un análisis del afuera y el adentro de la organización; un análisis situacional o realidad que desemboca en la reflexión sobre la organización para alcanzar sus objetivos.



**Figura 2. Modelo de Planeación Fase 1. Diagnóstico
(Elaborado por el Ing. Rogelio García Camacho)**

Como se muestra en la figura 1 el análisis hacia adentro corresponde a los siguientes actores:

1. Alta dirección: encabezado por el director de la institución apoyado por tres subdirectores en las áreas de la administración, académica y planeación y gestión tecnológica. Son la autoridad máxima que representan la toma de decisiones
2. Delegación sindical: Representantes del cuerpo laboral que defiende los derechos de los trabajadores.
3. Cesa: Representantes de la sociedad de alumnos.
4. Consejo de vinculación: Representantes de los diferentes sectores de la sociedad tanto públicas como privadas.

En un análisis hacia fuera se encuentra el plan nacional de desarrollo del que se deriva el plan estatal de desarrollo que a su vez da origen al plan de desarrollo municipal todo ello encausados bajo una demanda económica y social del entorno

Fase 2. Formulación

En la fase 2 es un proceso que permite a una organización la formulación de su futuro, es el movimiento planeado desde un presente incompletamente comprendido hasta el futuro deseado y probable que conlleva a la ejecución y evaluación de las acciones que permitirán que una organización logre sus objetivos

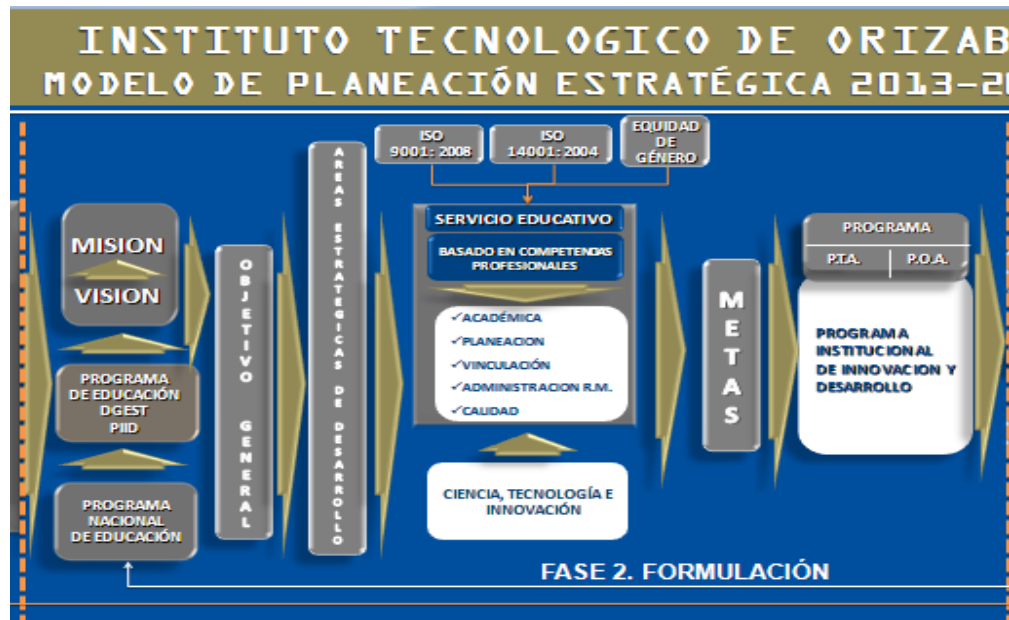


Figura 3. Modelo de Planeación Fase 2. Formulación
 (Elaborado por el Ing. Rogelio García Camacho)

Como se muestra en la figura 2; la misión la visión que van a lineados con el programa nacional de educación y el programa de educación, del objetivo general que incluye todas las áreas estratégicas de desarrollo que son la académica planeación vinculación administración de recursos materiales calidad impulsados por la ciencia tecnología e innovación y con base a la certificaciones ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y equidad de género que dan como resultado el establecimiento de metas con enfoque del programa institucional de innovación y desarrollo (cabe señalar que en la figura 2 los objetivos que se desglosan en dicho programa corresponden al periodo pasado ya que el actual aun no se han publicado)

Fase 3. Sistemas de control

Se infiere que los sistemas de control garantizan una función verdaderamente eficaz y eficiente y estos deben contar con un grupo de características totalmente contable y operativa.



Figura 3. Modelo de Planeación Fase 3. Sistemas de control
(Elaborado por el Ing. Rogelio García Camacho)

En la figura 3 se presentan sistemas de control tales como la sensibilización de los actores internos y externos la implementación con la realimentación, evaluación que da como resultado que el instituto tecnológico de Orizaba sea un organismo acreditado, certificado con formación o lista del egresado basado en la sociedad del conocimiento.

Trabajo a futuro

Se debe poner en marcha el modelo con su desarrollo e implementación para su validación

Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo la modificación del modelo de planeación estratégica para el instituto tecnológico de Orizaba propuesto en el 2012, modificaciones que surgieron gracias al cambio de gobierno, autoridades y necesidades del entorno.

Así mismo se pretendió dar un modelo genérico que pueda ser aplicado a cualquier institución que dependa de la dirección general de estudios superiores tecnológicos, aunque muestre ligeras diferencias con respecto al de Orizaba considerando que su entorno regional pudiera variar.

Sera de suma importancia determinar las actividades y quienes serán los encargados de su realización y el monitoreo del avance y logros de objetivos y metas, con la finalidad de ser competitivos a nivel nacional e internacional

Referencias

1. Hardy, C. (1991). Configuration and strategy making in universities: Broadening the scope. *The Journal of Higher Education*, 62(4), 363-393.

2. Keller, G. (1983). *Academic Strategy: The Management Revolution in American Higher Education*. Baltimore: The John Hopkins University Press.
3. Kent, R. (abril-junio, 2005). La dialéctica de la esperanza y la desilusión en políticas de educación superior en México. *ANUIES: Revista de la Educación Superior*, 134(2), 63-79.
4. Kotler, P., & Murphy, P. E. (1981). Strategic planning for higher education. *The Journal of Higher Education*, 52(5), 470-489.
5. Porter, L. (2004). La planeación de la autoridad. La planeación de la libertad. Inconsistencias e incompatibilidades del programa integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI). *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 9(22), 585-615.
6. Serna, R., & De Vries, W. (1997). Evaluación y acreditación de la educación superior latinoamericana: razones, logros, desafíos y propuestas. En UNESCO *La Educación Superior en el Siglo XXI. Visión de América Latina y el Caribe* (Tomo I, 529-546). Caracas, Venezuela: CRESAL/UNESCO.
7. Torres-Lima, P., Villafán, J., & Álvarez, M. (octubre, 2008). Planeación estratégica y desarrollo organizacional en instituciones educativas: el estudio de un caso universitario en México. *Revista Iberoamericana de Educación*, 47(2), 1-11.
8. Vries de, W., & Álvarez, G. (2005). Acerca de las políticas, la política y otras complicaciones en la educación superior mexicana. *ANUIES: Revista de la Educación*

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Conversión de un Libro Impreso en un Libro con Realidad Aumentada

M.A. Abud Figueroa, J. Arquímedes Ramos Tecorral
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba
mabud@ito-depi.edu.mx,

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La realidad aumentada es una tecnología que permite obtener aplicaciones atractivas para el usuario ya que mezcla imágenes obtenidas del mundo real con objetos virtuales. Uno de los usos de esta tecnología son los libros con realidad aumentada, en los cuales al enfocar la cámara de la computadora o dispositivo móvil sobre símbolos especiales llamados marcadores, éstos son sustituidos por objetos virtuales que dan la impresión de emerger de las páginas del libro. Hoy en día existe gran variedad de bibliotecas que permiten manejar la realidad aumentada y es posible utilizar imágenes propias del libro como marcadores. Utilizando esta ventaja en este trabajo se presenta cómo convertir un libro tradicional en un libro con realidad aumentada, a través de una aplicación que permite detectar las imágenes del libro y asociarlas a objetos virtuales que se despliegan en la pantalla del dispositivo móvil.

Palabras clave: realidad aumentada, libro aumentado, Vuforia

Abstract

Augmented reality technology enhances real world objects with virtual objects changing the way how we view the world. One of the uses of this technology are the books with augmented reality, in which to focus the camera on your computer or mobile device on special symbols called markers, they are replaced by virtual objects that give the impression to emerge from the pages of the book. Today there are a variety of computers libraries that let us manage augmented reality and we can use ours own images as markers of the book. In this paper we show how to convert a traditional book in a book with augmented reality using this characteristic; we present an application to detect the images of the book and associate they with virtual objects which are displayed on the mobile device screen.

Introducción

La realidad aumentada es una tecnología que permite mezclar imágenes reales, captadas por una cámara, con imágenes virtuales creadas por algún dispositivo con capacidad de procesamiento, como una computadora, un teléfono inteligente o una tableta, entre otras. En los inicios de la realidad aumentada se utilizaron dispositivos de despliegue montados en la cabeza HMD (Head-mounted Display) o lentes especiales conectados a la computadora, pero con los avances de la tecnología su uso se extiende a dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas, y más aún en la realidad espacial utilizando proyectores lo que potencializa su uso en diversas áreas como diversión, entrenamiento, educación y nuevas interfaces humano-computadora entre otras.

Ejemplos del uso actual de la realidad aumentada son los parques temáticos de Disney [1], en donde a través de aumentos basados en proyecciones se proporciona al espectador una experiencia vívida de las historias fantásticas de Disney; otro ejemplo es el Museo de Historia Natural en Londres [2], en donde los visitantes incrementan experiencias multi-sensoriales a través de dispositivos móviles mediante los cuales capturan, analizan y responden a datos con lo cual su visita al museo es más dinámica.

Un uso potencial de la realidad aumentada es el área educativa, ya que ayuda a entender fenómenos complejos al ofrecer experiencias visuales e interactivas que combinan información real y virtual con lo que se ofrece una forma más efectiva para comprender conceptos temporales y espaciales a través de modelos animados y mostrar procesos dinámicos lo que brinda una forma intuitiva de interactuar con el contenido digital. Los libros aumentados son una forma de aplicar la realidad aumentada en la enseñanza. Con ellos se ofrece una perspectiva educacional amplia ya que en sus páginas se ofrecen imágenes sobrepuestas que van desde escenas animadas que complementan el contenido impreso hasta algunos casos donde se soporta una interacción simple. En este trabajo se presenta cómo es posible realizar la conversión de un libro impreso a un libro aumentado.

Antecedentes

La realidad aumentada se define como una tecnología que combina gráficos generados por computadora en un entorno físico, en tiempo real [3]. Consiste en un sistema que busca incrementar la interacción con el mundo real al sobreponer contenido generado por computadora sobre el mundo físico [4].

Ronald T. Azuma [5] compara la realidad virtual con la aumentada y establece: “la realidad virtual es una tecnología en la que el usuario está completamente inmerso en un ambiente sintético, al estar completamente inmerso el usuario no puede ver el mundo real a su alrededor... en la realidad aumentada se permite al usuario observar el mundo real con objetos virtuales sobrepuestos en el mismo espacio”. Azuma establece que las características con las que un sistema debe contar para considerarse de realidad aumentada son: combina imágenes virtuales el mundo real, interactúa en tiempo real y registra imágenes digitales en tres dimensiones.

Básicamente se distinguen dos tipos de realidad aumentada, la realidad aumentada basada en marcadores, que utiliza imágenes predefinidas para calcular la orientación de los objetos a sobreponer, y la realidad aumentada basada en la posición, que emplea dispositivos de localización como giroscopio, GPS o Wifi para orientar los objetos sobrepuestos. En los libros aumentados se utilizan marcadores.

La figura 1 muestra un ejemplo de cómo funciona la Realidad Aumentada. Sólo se requiere una computadora y una cámara Web. La cámara se encarga de captar la realidad física (imagen con marcador) mediante vídeo, la computadora procesa la imagen y la combina con otros parámetros para devolver el vídeo con información extra (imagen aumentada), todo esto en tiempo real.

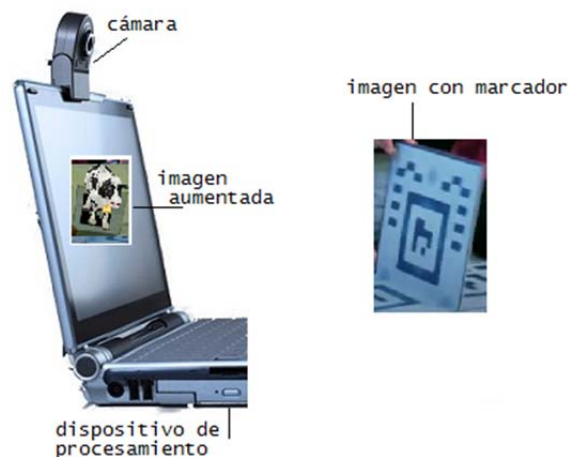


Figura 1. Funcionamiento de la Realidad Aumentada

Actualmente existen varias bibliotecas de funciones que permiten desarrollar de forma fácil aplicaciones de Realidad Aumentada para diferentes sistemas operativos. En este trabajo se utilizó la biblioteca de funciones Vuforia para Android, desarrollada por la compañía Qualcomm [6].

Metodología

En esta sección se presenta cómo es posible convertir un libro impreso en un libro con realidad aumentada, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

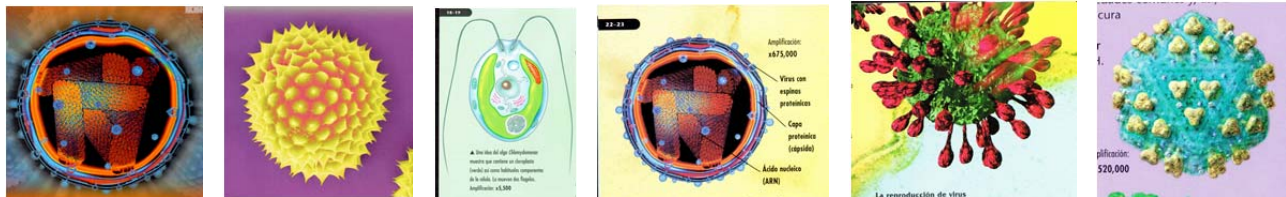
1. Elegir el libro a aumentar
2. Elegir las imágenes para aumentar
3. Generar los marcadores
4. Generar los objetos virtuales
5. Generar la aplicación
6. Instalar la aplicación

1. Elección del Libro

Para el caso de estudio se eligió el libro de texto Vida Microscópica del autor Richard Walker, editorial Ultra, publicado en octubre, 2006 con ISBN: 968-01-0811-1. El libro contiene información relativa a los organismos vivos de proporciones microscópicas, tales como microbios, hongos, células y virus e incluye muchas ilustraciones muy bien elaboradas que acompañan a cada uno de los temas.

2. Elección de las imágenes

Para agregar realidad aumentada se eligieron imágenes que se muestran en la figura 2, que son a) la portada, b) granos de polen en la página 7, c) alga chomydomonas en la página 18, d) virus infectando célula en la página 22, e) virus SARS en la 23 y f) virus VIH en la 35.



a) portada b) pág. 7 c) pág. 18 d) pág. 22 e) pág. 23 f) pág. 35

Figura 2. Imágenes de las páginas del libro Vida Microscópica utilizadas como marcadores

3. Obtención de los marcadores

Ya seleccionadas las imágenes se deben habilitar para que la aplicación pueda rastrearlas y reconocerlas, para lo cual cada una de éstas debe digitalizarse con el uso de un escáner y procesarse con la aplicación que proporciona Vuforia en su página de Internet [7]. Como ejemplo se detallan los pasos realizados para convertir la imagen del libro que representa al virus del VIH localizada en la página 35.

1. Una vez digitalizada la imagen, ésta se modifica con un editor de imágenes quitando todo lo irrelevante y se deja solo la imagen que interesa utilizar como marcador, en la Figura 3 se ve la imagen ya editada.

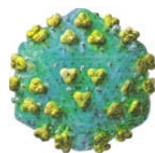


Figura 3 Imagen del virus VIH editada.

- Posteriormente es necesario realizar un tratamiento a la imagen que la adecúa a las necesidades del rastreador. En el sitio Web de la biblioteca Vuforia, en la sección Target Manager, se ofrece una aplicación que permite realizar este proceso. Como paso previo se debe tener una cuenta en el sitio y haber iniciado sesión ingresando un correo electrónico y una contraseña. Con este paso se extrae información importante que las funciones de reconocimiento de imágenes de la biblioteca usarán para rastrear la imagen dentro de la página del libro. La figura 4 muestra el analizador de imágenes de Vuforia. El sitio permite crear una base de datos y grabar en ella todas las imágenes que se utilizarán en un proyecto.

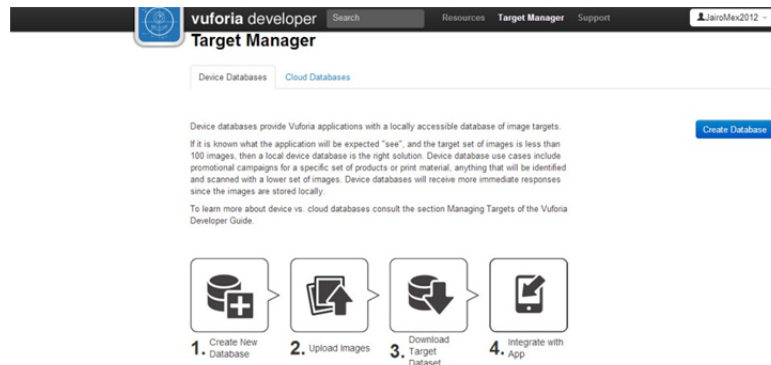


Figura 4 Analizador de imágenes de Vuforia

Cuando se sube la imagen al sitio el sistema la procesa, el tiempo requerido depende de la complejidad de la imagen. Cuando termina el proceso, se muestra la imagen ya procesada con su nombre, la fecha y una calificación de su calidad dada en estrellas, a mayor cantidad de estrellas la imagen es más apta para que la biblioteca Vuforia pueda rastrearla y reconocerla. La figura 5 muestra la imagen procesada del virus VIH, ya procesada y calificada con 2 estrellas.



Figura 5 Imagen procesada del Virus VIH

Una vez procesadas todas las imágenes que se desea trabajar en la aplicación, se descarga el archivo generado por el sistema, el cual se utiliza en el desarrollo de la aplicación. La figura 6 ilustra las imágenes procesadas listas para descargar. Una vez descargadas se almacenan para su uso posterior.

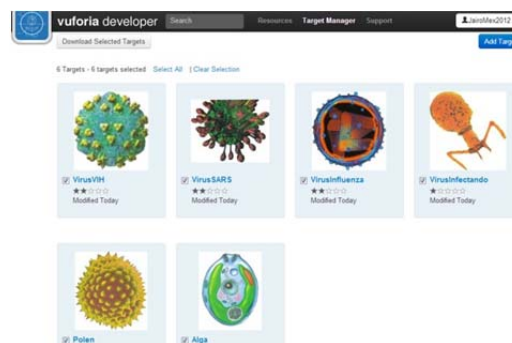


Figura 6 Imágenes para descarga

4. Creación de los Modelos

Además de las imágenes que se utilizarán como marcadores, se requiere crear los modelos virtuales que se desplegarán al identificar el marcador. Estos modelos virtuales pueden ser imágenes 3D, animaciones, videos, entre otros. En este proyecto se crearon objetos 3D utilizando la herramienta 3D Studio Max [8]. Como ejemplo se muestra el objeto se llama VirusVIH que se utiliza en conjunto con el marcador del mismo nombre. La figura 7 muestra una secuencia de pantallas de la creación de dicho modelo. En principio se crea una esfera azul que representa el núcleo, posteriormente se crea una esfera más pequeña amarilla y se copia para formar grupos de tres que forman los elementos de superficie del virus, éstos se pegan al contorno del núcleo en varias posiciones y finalmente se les proporciona una textura.

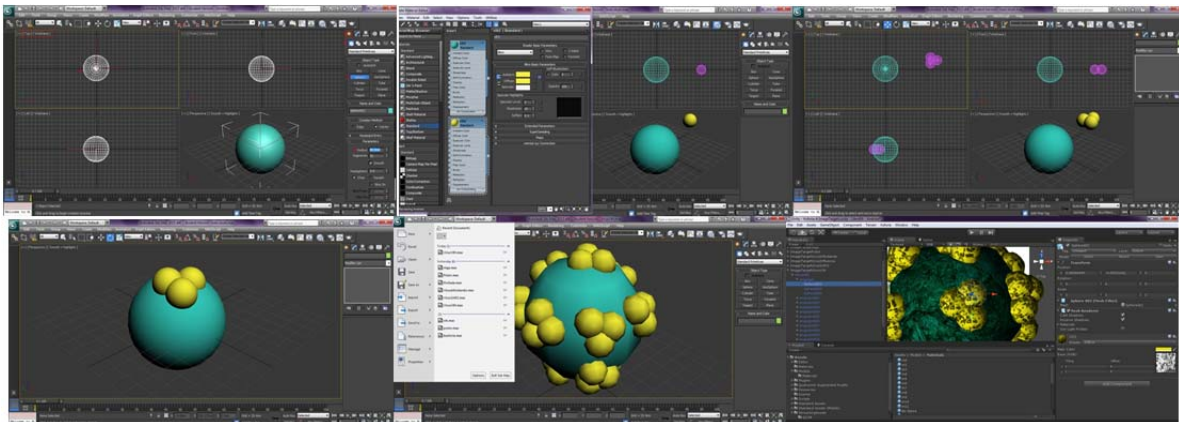


Figura 7 Imágenes de construcción del Modelo del Virus VIH en 3D Studio Max

5. Desarrollo de la aplicación

Aunque las aplicaciones para libros con realidad aumentada son similares, ya que sólo cambian los marcadores y los objetos virtuales a presentar, para el desarrollo de la aplicación se requiere de una persona con conocimientos de computación, o bien utilizar una herramienta de autor que permita de forma fácil su construcción. En este caso se utilizó JUnity y el lenguaje Java para el desarrollo de la aplicación.

6. Instalación de la aplicación

Una vez generada la aplicación se procede a copiarla al dispositivo en el cual se desea utilizar, en este caso a la tableta Android.

Resultados y discusión

Para utilizar la aplicación se requiere el libro impreso y el software desarrollado e instalado en una tableta basada en sistema operativo Android. En la figura 8 se visualizan los elementos necesarios para utilizar la aplicación.

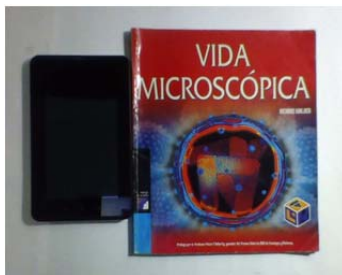


Figura 8. Libro y tableta Android

La aplicación construida en el momento de su ejecución solo consta del despliegue en la pantalla del dispositivo de las imágenes capturadas con la cámara como si de la aplicación de cámara nativa se tratara (aunque es posible incorporar elementos de interacción con el usuario); al momento de que detecta una imagen almacenada en la base de datos de la aplicación se despliega el objeto virtual asociado con ésta; con el objeto superpuesto sobre la imagen del libro se pueden realizar ciertas acciones mediante el movimiento de la tableta, por ejemplo si ésta se rota se visualiza el objeto tridimensional desde diferentes ángulos y así es posible apreciar mejor las partes que lo componen, así también si se acerca la tableta hacia la imagen del libro la aplicación responderá aumentando el tamaño del objeto virtual, esto ofrece la ventaja de apreciar mejor los detalles del objeto virtual que se tiene en pantalla.

En la figura 9 se muestra el funcionamiento de la aplicación, enfocando la cámara de la tableta a la portada del libro que contiene una imagen del virus de la influenza, en la imagen de la tableta se sustituye esa imagen por el modelo 3D construido.



Figura 9. Aplicación funcionando con la imagen de Portada

Como ya se mencionó anteriormente la aplicación tiene la capacidad de mostrar diferentes ángulos de visión del objeto virtual si la tableta se rota o inclina con respecto a la imagen que se enfoca; esta característica se observa en la figura 10, donde en la imagen de la izquierda que fue enfocada desde la parte superior y en la imagen de la derecha la tableta se inclina para obtener una vista de costado del objeto.



Figura 10. Efecto de rotación de la tableta

En la figura 11, se visualiza el efecto de acercamiento de la tableta hacia la imagen del libro. Se puede ver el total del modelo virtual en pantalla (izquierda) y del lado derecho un acercamiento al centro de éste.



Figura 11 Efecto de acercamiento de la tableta

Trabajo a futuro

Como mejora a la aplicación se tiene contemplado agregar realidad aumentada a más imágenes del libro y proporcionar efectos de animación a los objetos 3D y realizar pruebas de satisfacción con un grupo de usuarios. Además se busca construir una aplicación de autor que permita a personas sin conocimientos en computación generar este tipo de aplicaciones de forma sencilla y rápida.

Conclusiones

Los nuevos dispositivos móviles con capacidad de procesamiento son mayormente utilizados en el entretenimiento, para navegar en internet y para funciones de comunicación como correo electrónico, mensajería instantánea, video-llamadas, entre otros; sin embargo existe un auge en la aparición de aplicaciones de procesamiento como aplicaciones para compras, reservaciones y transacciones bancarias. Un elemento potencial de estos dispositivos en su uso para apoyo en la educación, siendo la realidad aumentada en libros una opción para reforzar las técnicas de enseñanza y así facilitar el aprendizaje. Incluir realidad aumentada a un libro impreso permite una manera visualmente más agradable y con mayor detalle de apreciar un tema en particular, a través de la realidad aumentada también es posible incluir información de sitios de internet donde el alumno pueda profundizar en el tema.

La incorporación de nuevas tecnologías como la de la realidad aumentada en libros en el área de la enseñanza tiene la potencialidad de fomentar el interés de los alumnos hacia el estudio, ya que facilita el proceso de comprensión de algún tema en particular al presentar al lector la información de una forma llamativa. Una limitante es la incomodidad que puede representar el sostener la tableta apuntando al libro, sin embargo tecnologías emergentes como los lentes google (*google glass*) permitirán una forma más cómoda de utilizar la realidad aumentada. Otra limitante es en el ámbito económico, pues aplicar estas tecnologías de manera masiva en los centros educativos resulta costoso, sin embargo cada día los dispositivos móviles son más accesibles.

Agradecimientos

Se agradece a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica el apoyo económico brindado al proyecto "Uso de la realidad aumentada con marcadores en el ámbito educativo", clave 4594.12-P.

Referencias

1. Mine, M.R. ; van Baar, J. ; Grundhofer, A. ; Rose, D., Projection-Based Augmented Reality in Disney Theme Parks., Revista Computer, Volume:45 Issue:7, pp. 32-40, ISSN : 0018-9162, Julio 2012
2. Barry, A. Thomas, Graham ; Debenham, P. ; Trout, Jonathan, Augmented Reality in a Public Space: The Natural History Museum, London, , Revista Computer, Volume:45 Issue:7, pp. 42-47, ISSN : 0018-9162, Julio 2012

3. J. York and P. C. Pendharkar, "Human-computer interaction issues for mobile computing in a variable work context," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 60, no. 5-6, pp. 771-797, May 2004.
4. M. Canadi, W. Höpken, and M. Fuchs, "Application of QR codes in online travel distribution," *Information and Communication Technologies in Tourism 2010, Proceedings of the International Conference in Lugano, Switzerland, February 10-12, 2010*, Online ISBN 978-3-211-99407-8 ,pp. 137-148.
5. R. Azuma, "A survey on augmented reality. Teleoperators and Virtual Environments", *Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), pp 355-385 pp. 355-385
6. Qualcomm, "Qualcomm Vuforia", ¿Qué es la realidad aumentada? [en línea]. Disponible en: <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/que-es-realidad-aumentada/> Consultado: Enero 2013.
7. Qualcomm, "Managing Targets in a Cloud Database Using the Target Manager", [en línea] disponible en: <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/managing-targets-cloud-database-using-target-manager>, Consultado: marzo 2013
8. 3D Studio Max, [en línea] disponible en: <http://www.autodesk.es/products/autodesk-3ds-max/overview>. Consultado: marzo 2013

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

“Software educativo de sistemas numéricos como estrategia didáctica de aprendizaje”

E. Osorio Barradas^{1*}, L. L. Mendoza Cruz², J. M. Muñoz Lara^{3,S⁴,M⁵}

¹ Departamento de Ingeniería Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver.,
*elviaob@hotmail.com.

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El propósito de esta investigación que es la de inducir al alumno mediante la aplicación de un software educativo como estrategia didáctica, que tiene la finalidad de ser una guía práctica para el docente y un medio para regenerar y reafirmar los conocimientos del estudiante adquiridos en el aula. Está dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento en las unidad de Conversiones numéricas, ofreciendo la posibilidad de estudiar de manera autodidacta a los estudiantes de nivel superior en la asignatura de Matemáticas Discretas, que es la base de materias posteriores como es la de Estructura de Datos, Circuitos eléctricos y electrónicos y Redes de la carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales y cuyo objetivo del Instituto Tecnológico de Orizaba es la de formar profesionales con conocimientos y habilidades en el diseño de proyectos de desarrollo de software, sistemas de información a través de las tecnologías de la información.

Palabras clave: Didáctica y aprendizaje

Abstract

*The purpose of this research is to induce the student through the application of educational software as a teaching strategy, which aims to be a practical guide for teachers and a means to regenerate and reaffirm the student's knowledge acquired in the classroom. The reasoning it is directed towards the content and the construction of knowledge in numerical conversions unit, offering the autodidact possibility to study for higher education students in the subject of discrete mathematics, which is the base of subsequent materials as the data structure, electric circuits and networks engineering in computer systems and whose objective of the **Instituto Tecnológico de Orizaba**, is to form professionals with knowledge and skills in the design of software development projects, information systems through information technology.*

Introducción

La presente investigación centra su interés en la adquisición de la información lque sirva de guía y repaso, aunque cada maestro imprima un modo muy particular de exponer, transmitir, enseñar y evaluar, etc., sin embargo, es de gran relevancia que los estudiantes sin importar el maestro que imparta la cátedra tengan los mismos conocimientos que les servirán de base para asignaturas en grados posteriores, incorporando la homogeneidad de la cátedra.

La creación del software Educativo de Sistemas numéricos es la estrategia didáctica que la investigación presenta como instrumento para alcanzar el conocimiento a través del cual los docentes y alumnos se pueden apoyar utilizándolo como recurso didáctico de manera que en la primer unidad de la materia de matemáticas Discretas del primer semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales permita alcanzar el aprendizaje significativo.

Este proyecto busca contribuir a la cuantificación y modernización de nuestro aparato escolar, diseñando nuevos modelos de enseñanza apoyados en la tecnología informática. Si concebimos e introducimos en las escuelas instrumentos didácticos que permitan que los alumnos se apropien de las nuevas formas de conocer

aprender, investigar, consultar e intercambiar información que han hecho posible las nuevas tecnologías, nuestra educación podrá participar más activa y eficazmente en la construcción de una sociedad futura más prospera, pacífica y ecuánime.

Desde el punto de vista metodológico la presente investigación aporta el diseño de una estrategia didáctica para el logro del aprendizaje significativo, adaptado al plan de estudios de la unidad I de sistemas numéricos de la asignatura de Matemáticas Discretas.

El trabajo de investigación presenta tres fases: en la primera se describen los fundamentos de la investigación, tales como: los propósitos de este proyecto, situación problemática, preguntas, objetivos y justificación de la investigación. Así también incluyen en este apartado los aspectos metodológicos, como son: tipo de diseño de investigación, metodología, operacionalización de variables, población y muestra, horizonte y modelo de estudio.

La segunda fase hace referencia a los antecedentes del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, y otra sección de este apartado toca de manera detallada de los antecedentes del Instituto Tecnológico de Orizaba.

El marco teórico, conforma la tercera fase del presente trabajo de investigación incluyendo conceptos básicos de aprendizaje significativo, generalidades de la teoría del conocimiento aprobados por expertos en la materia. Para este apartado se considerarán distintos puntos de vista, adentrando al lector en el tema.

Metodología

La metodología utilizada en la realización del estudio de la aplicación del Software Educativo como estrategia didáctica para el logro del aprendizaje significativo en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver., es la siguiente:

- ❖ Diagnóstico del nivel de conocimientos que tienen los alumnos adquiridos a través de una cátedra tradicional.
- ❖ A partir del análisis anterior, se diseña y adapta un tutorial a la medida del programa de estudios.
- ❖ Diseño de un instrumento (cuestionario) que permita recopilar información sobre las variables y su frecuencia, para efectos de esta investigación.
- ❖ Aplicación del cuestionario para la recopilación de la información de interés.
- ❖ Análisis de los resultados obtenidos.

Tipo de Investigación

El estudio es de tipo exploratorio descriptivo, por medio del cual se pretende identificar las causas que determinan el bajo desempeño de los alumnos, así como la identificación de los factores que repercuten negativamente en su proceso de aprendizaje, resaltando la importancia de la homogenización de la clase como elemento indispensable para la gestión del aprendizaje significativo.

Operacionalización de Variables.

Se seleccionaron dos valores importantes para los fines de este estudio, considerando cada valor en una variable, con el propósito de poder determinar los indicadores para cada una. Las variables son los valores que precisa el diagnóstico, siendo aprendizaje y la didáctica.

La carrera Ing. en Sistemas Computacionales incluye en su perfil académico la unidad I de Sistemas numéricos en la asignatura de matemáticas discretas. Siendo imperante el eficiente aprendizaje en los temas de esta unidad, ya que dichos temas son el soporte de asignaturas posteriores como es: Base de datos, redes, circuitos eléctrico y electrónicos y surge aquí la inquietud de realizar el caso práctico de esta investigación en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

Así que teniendo en cuenta que son un total de 206 alumnos, se decide tomar la población total como la muestra a analizar, considerando a los alumnos que cursan el primer semestre de carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales, en la que se ofrece la asignatura que incluye la unidad de Sistemas numéricos, en el periodo en el cual se lleva a cabo la investigación, de manera que estarán representados los alumnos que cursan la signatura.

Así pues lo definido como subgrupo de la población¹, es decir la muestra para esta investigación comprenderá la población total de los alumnos que cursan el primer semestre en la Ingeniería en Sistemas Computacionales en el periodo agosto-diciembre-2012 en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver. Empero a esta decisión se aplica la fórmula para determinar el número de alumnos n que se tienen que entrevistar, para tener un error estándar menor de 0.015, y dado que la población total es de 206 alumnos.

Resultados

Diseño del Cuestionario

Se diseña un instrumento cuestionario para poder obtener la información referida sobre el uso y manejo del Software Educativo, siendo de principal interés el conocer el punto de vista de los alumnos que cursan la unidad de Sistemas numéricos sobre el Tutorial diseñado.

Por tanto dos son las variables contempladas en este cuestionario de diagnostico, el aprendizaje y la didáctica. El cuestionario consta de 15 preguntas de opción múltiple, de tipo nominal, a saber:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Algunas veces
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Se aplica la prueba de alpha de cronbach para verificar la confiabilidad y validez del instrumento cuestionario.

Adaptación y Aplicación del Cuestionario Prueba Piloto

El cuestionario se aplica a un grupo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el cual se realiza el diagnostico, con la propuesta de varias respuestas alternativas, para que el alumno examinado, después de reflexionar en la pregunta, seleccione aquella que represente la situación actual. Esta prueba se realiza con el fin de identificar las imprecisiones o incomprensión que se pudiera tener en las preguntas formuladas. Después de la ejecución y el análisis de la información de esa prueba piloto, no se realizaron ajustes ni cambios.

Se establece la matriz de congruencia de las variables, dimensiones, indicadores, amplitud de índice y preguntas del cuestionario que fue aplicado a la población total de alumnos del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba

Definición de las Variables del Cuestionario

Aprendizaje

En nuestros días inmersos en lo que se conoce como la sociedad de la información. Una nueva etapa en la que el aprendizaje se configura como un bien estratégico que, a diferencia de los recursos clave de otras épocas no

se consume a medida que se utiliza. Al contrario el aprendizaje crece, se multiplica, incluso de forma exponencial².

CUADRO 1. MATRIZ DE CONGRUENCIAS DE LAS VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES, AMPLITUD DE ÍNDICE Y PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO					
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICAD	PREGUNTAS	TIPO	AMPLITUD DEL ÍNDICE
APRENDIZAJE	Aprendizaje más fácil y rápido	Gestión del conocimiento	1. ¿Considera usted que el Tutorial contiene instrucciones claras y precisas para su uso? 2. ¿Considera usted que el Tutorial es de uso fácil y sencillo? 3. ¿Considera usted que el Tutorial ayuda al estudiante a una mejor comprensión del tema? 4. ¿Cree usted que el Tutorial genera conocimientos, que a diferencia de los libros de texto y las explicaciones por escrito, le ayuda a tener un aprendizaje más rápido a diferencia de la enseñanza tradicional en este tema? 5. ¿Cree usted que con el Tutorial logra un aprendizaje más fácil y rápido a diferencia de la enseñanza tradicional en este tema?	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Totalmente en Desacuerdo • En Desacuerdo • Ni de acuerdo ni en desacuerdo • De Acuerdo • Totalmente de Acuerdo
	Mejor comprensión en el tema				
DIDÁCTICA	Manejo de la Información	Aprendizaje distinto al tradicional	4. ¿Cree usted que el Tutorial genera conocimientos, que a diferencia de los libros de texto y las explicaciones por escrito, le ayuda a tener un aprendizaje más rápido a diferencia de la enseñanza tradicional en este tema? 7. ¿Considera que el tutorial le ayuda a usted como estudiante a tener un aprendizaje más rápido a diferencia de los métodos tradicionales de estudio?	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Totalmente en Desacuerdo • En Desacuerdo • Ni de acuerdo ni en desacuerdo • De Acuerdo • Totalmente de Acuerdo
	Uso del material didáctico	Instrucciones claras y precisas	1. ¿Considera usted que el Tutorial contiene instrucciones claras y precisas para su uso? 2. ¿Considera usted que el Tutorial es de uso fácil y sencillo?		
	Herramienta de estudio atractiva	Efectos auxiliares en el uso del Tutorial	6. ¿Considera que el Tutorial es una herramienta de enseñanza atractiva para el estudiante? 8. ¿Considera usted pertinente que el Tutorial incluya imágenes y animaciones? 9. ¿Considera que la música de fondo que contiene el Tutorial es adecuada? 10. ¿Cree usted que la música de fondo distrae su atención? 11. ¿Cree usted que el movimiento de la figura ayudan a comprender mejor el tema? 12. ¿Cree usted que el movimiento de las figuras distrae su atención? 13. ¿Considera que el Tutorial debe incluir más movimiento? 14. ¿Considera que el Tutorial debe incluir música diversa para cada sección? 15. ¿Considera usted que el Tutorial debe incluir sonidos específicos en la figuras o textos de relevancia?		

De esta manera la variable ha sido incluida en esta investigación, definida a sus efectos como el aprendizaje fácil y rápido, en la mejor comprensión de un tema, dándose por consiguiente una gestión del mismo.

Didáctica

Los recursos didácticos tienen tal relevancia ya que son los puntos de apoyo que instalamos en la corriente del aprendizaje para que cada alumno alcance o se aproxime a sus techos discentes*. La eficiencia tecnológica de

² El conocimiento, recurso estratégico clave en la gestión. "Documentos de reflexión estratégica y tecnológica" 1999; oct. Consultado en: <http://www.ibermatica.es> documentos, 28 de enero 2002

los recursos exige tener en cuenta: objetivos terminales y funciones didácticas para el dominio, tipo, nivel y tamaño del grupo de aprendizaje, circunstancias didácticas, entre otros.

Por tanto la variable didáctica para este estudio se define como el manejo de información dándose el aprendizaje distinto al aprendizaje tradicional, uso de material didáctico mediante instrucciones claras y precisas, utilizando efectos y herramientas auxiliares en el material didáctico para el aprendizaje.

Confiabilidad y Validez del Cuestionario

Aunque el objetivo principal de este trabajo de investigación es el de crear un instrumento didáctico y no la elaboración de un instrumento de medición, fue diseñado un instrumento cuestionario utilizado en los estudiantes que previamente hubieran manejado el Software Educativo

Los datos recogidos fueron sometidos a la prueba de Alpha de Cronbach, arrojando esta última un valor de 0.96, lo que habla de una alta confiabilidad de los datos analizados.

Conclusiones

Las conclusiones llevan a responder algunos de los cuestionamientos que se establecieron en el capítulo uno, además de reflexionar sobre los aspectos estudiados y evaluados del Tutorial en relación a los resultados.

La gestión del conocimiento de acuerdo con el análisis e interpretación de resultados del cuestionario que se aplicó para diagnosticar al Tutorial, es posible a través de esta herramienta didáctica diseñada en este trabajo de investigación, ya que a criterio de los estudiantes que experimentaron dicho Tutorial, obtuvieron un aprendizaje más rápido y fácil a diferencia de la enseñanza tradicional, en el tema de Sistemas numéricos. Generando aprendizaje que en contraste con los libros de texto y las explicaciones por parte del catedrático no se logran.

En cuanto a la didáctica empleada en el diseño del Software Educativo, este maneja herramientas adecuadas, con efectos auxiliares en el uso del mismo, tales como sonido y movimiento, los cuales fueron percibidos por los estudiantes proporcionando un apoyo en el aprendizaje.

Con respecto a estos efectos auxiliares, la música de fondo se consideró a criterio del estudiante adecuado y no como un elemento que obstaculizará el aprendizaje, de igual manera los movimientos se juzgaron propios y suficientes en el material didáctico.

RESPECTO A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez elaborado el análisis de resultados se está en condiciones de dar respuesta a las preguntas que originaron a este trabajo de investigación, las cuales sirvieron de guía para efectos de la misma.

¿ Un Tutorial como instrumento didáctico puede generar conocimientos, que a diferencia de los libros de texto y explicaciones por parte del catedrático no se logran?

Sí, el instrumento didáctico genera un aprendizaje que a diferencia de los métodos tradicionales enseñanza – aprendizaje no se lograría.

¿ El Tutorial puede ser una herramienta didáctica de estudio atractiva al discente?

Si, puede serlo si contienen los elementos o efectos auxiliares adecuados para captar la atención del discente sin que estos obstaculicen el aprendizaje.

RESPECTO A LOS OBJETIVOS

Dentro del objetivo principal se encontraba el de lograr el aprendizaje mediante la aplicación de un software Tutorial como instrumento didáctico dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento de las Matemáticas Discretas en la unidad de Sistemas numéricos, ofreciendo la posibilidad de estudiar de manera autodidacta a los estudiantes del nivel superior en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver., Mediante un cuestionario se pudo constatar que el Tutorial creado para efectos de esta investigación logra el aprendizaje y el conocimientos. Los resultados de este cuestionario hacen notar que el Tutorial además de lograr aprendizaje mantiene una didáctica adecuada para el objetivo que se persigue con dicha herramienta.

Se dio la aplicación del instrumento didáctico dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento de las Matemáticas Discretas tal y como se definió en uno de los objetivos específicos. Logrando a través de la aplicación de una metodología dinámica de enseñanza, que el alumno se involucrara en el aprendizaje de la unidad de la Sistemas numéricos de la asignatura de matemáticas Discretas. Introduciendo de esta manera al docente y al alumno en el uso del Tutorial.

Esto genera la difusión de la importancia de la herramienta computacional para el aprendizaje.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Este tipo de investigación sobre el diseño de herramientas didácticas basada en la tecnología de la información no abunda dentro del SNIT y las instituciones educativas en México, sin embargo es imperativo realizarlas debido a los requerimientos del ámbito educativo y laboral que exige el mundo globalizado de hoy. Por lo que esta es la primera recomendación, continuar haciendo investigación y diseñando instrumentos didácticos para las instituciones educativas del Sector Público, ya que son estas quienes contribuyen aportando profesionales capacitados para afrontar las necesidades del mercado laboral.

Otra recomendación es conocer mediante un estudio profundo de manera más específica, en que otras áreas y unidades curriculares de estudio existe el interés y necesidad del uso de Tutoriales, y el cómo y en qué grado les beneficia a los estudiantes y docentes el uso de herramientas didácticas basadas en la tecnología de la información.

Un gran aporte sería para esta investigación el apoyo de otros investigadores interesados en el tema de la elaboración de material didáctico basado también en la tecnología de la información que propicien aprendizaje en el sector educativo.

Conclusiones

Se formaron membranas asimétricas de polisulfona aplicables en separación de gases mediante un método alternativo al proceso de inversión de fase en seco y húmedo, aplicando cloroformo y CO₂SC en una cara de una membrana densa. Los resultados prueban el éxito del método mediante la manipulación de variables como: relación masa solvente/polímero y densidad de CO₂SC, que pueden llevar a la formación de membranas asimétricas completamente secas, libres de defectos en la capa densa y con una capa porosa bien definida. Se observó que el promedio de tamaño de poros en la capa porosa se incrementa conforme disminuye la densidad y que el efecto de la velocidad de despresurización en el tamaño promedio de poros es mínimo.

Agradecimientos

Esta sección es opcional (Arial 10).

Referencias

Arellano Norka (2004) *Algunas herramientas de carácter constructivista para un aprendizaje significativo*. UNESCO. España. Disponible en Línea: <http://www.uned.es/catedraunesco-ead/publicaciones.htm>

Ary D. Jacobs Ch. Razavieh A (2000) *Introducción a la investigación pedagógica*. Mc Graw Hill. México.

Bisquerra, Rafael. (1989), *Métodos de investigación educativa*: guía práctica. España, CEAC.

Briones, Guillermo (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). Disponible en: http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_77.pdf

Casas, J., García, J. y González, F. 2005. *Instrucciones para el desarrollo de la estructura del anteproyecto de investigación-acción*. CIIDET. Querétaro.

Cuestionario de evaluación de la autoestima para alumnos de enseñanza secundaria (2005). Disponible en: <http://roble.pntic.mec.es/~agarci19/Orientainterviene/Cuestautoestima/secundaria>

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Liceo Baptista Pilar (2000.) *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. México.

Vaquero, A. (1992). *Fundamentos pedagógicos de la enseñanza asistida por computadora*. Revista de Enseñanza y Tecnología: ADIE, N°6, pp.14-24.

Vázquez Martínez, Mario & García Moreno Raúl. *Diseño, Elaboración de Material Didáctico. La imagen su técnica y aplicación en la Instrucción*. CIIDET. 2003

Waldegg, G. (2002). *El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1). <http://redie.uabc.mx/vol4no1/contenido-waldegg.html>

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Inteligencia emocional en docentes de educación superior

M. Dávila Hernández^{1*}

¹Coordinación de Inglés y Educación Continua, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Av. 16 de Septiembre, No. 54, Col. Cabecera Municipal, Coacalco de Berriozábal, C.P. 55700, Estado de México, México
davilahernandezmargarita@gmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Los principales objetivos de este estudio fueron describir la inteligencia emocional de docentes de un instituto de educación superior en relación a factores socio-demográficos (edad, género, estado marital, hijos, experiencia, certificaciones, empleo adicional, y cantidad de estudiantes), y verificar la fiabilidad del cuestionario TMMS-24 para medir la inteligencia emocional percibida. El TMMS-24 se administró a una muestra de 17 profesores de inglés (8 mujeres y 9 hombres) en mayo de 2013. Se utilizó el SPSS (19.0) para desarrollar el análisis descriptivo y de fiabilidad. Los resultados mostraron adecuada consistencia interna de las diferentes dimensiones del TMMS-24, consistente con estudios previos y, en general, adecuados niveles de atención, claridad y reparación, independientemente de los factores socio-demográficos, con la siguiente excepción: profesores que tenían altos valores de edad y experiencia docente tienen los niveles más altos de claridad.

Palabras clave: Inteligencia emocional, docentes, TMMS-24.

Abstract

The main objectives of this study were to describe the emotional intelligence on teachers of a high education institute in relation to socio-demographic factors (age, gender, marital status, children, experience, certifications, additional job, and quantity of students), and verify reliability of the TMMS-24 questionnaire to measure the emotional intelligence perceived. TMMS-24 was administered to a sample of 17 English's teachers (8 women and 9 men) in May, 2013. Using SPSS (19.0) descriptive analysis and reliability were performed. Results showed adequate internal consistency of the different dimensions of TMMS-24, consistent with previous studies and, in general, adequate levels of attention, clarity and repair, independently of socio-demographic factors, with following exception: teachers who have high scores of age and teaching experience have higher scores of clarity.

Introducción

Los antecedentes de la inteligencia emocional se remontan a 1920, cuando Edward Thorndike define a la inteligencia social como la habilidad para comprender a los demás y "actuar prudentemente en las relaciones humanas"; posteriormente, en los 40's, David Wechsler hace referencia tanto a elementos intelectuales como a elementos no intelectuales definiendo a la inteligencia como el agregado o capacidad global del individuo para actuar apropiadamente, pensar racionalmente y enfrentarse eficazmente a su entorno; afirmó que los aspectos no cognitivos eran esenciales para el éxito en la vida.

Posteriormente, Howard Gardner plantea, en 1983, que las personas poseen siete tipos de inteligencia que las relacionan con el mundo; dos de las inteligencias se relacionan con el aspecto emocional: la interpersonal (la capacidad para percibir la emociones de los demás) y la intrapersonal (la capacidad para conocer los aspectos internos propios).

En los inicios de los 90's Salovey y Mayer definen el término *inteligencia emocional* como la capacidad de monitorear y regular los sentimientos para guiar el pensamiento y la acción, proponiendo un modelo denominado de Cuatro Fases o Ramas (percepción, evaluación y expresión de emociones; la facilitación de los procesos de pensamiento; la comprensión y análisis de las emociones y la regulación reflexiva de las mismas). Goleman, en 1995, difunde el concepto de inteligencia emocional definiéndola como la capacidad del individuo de manejar y controlar un conjunto de emociones, para guiar el comportamiento y así lograr objetivos. Los principales modelos de IE que se han propuestos pueden dividirse en dos grupos (Fragoso, 2009):

- los modelos mixtos donde se afirma que la IE es un conjunto de capacidades no-cognitivas. competencias y destrezas que influyen en la habilidad para afrontar exitosamente las presiones y demandas ambientales; combinan dimensiones de personalidad como asertividad, humor, optimismo, etc., con habilidades emocionales (en esta categoría se encuentra el desarrollado por Goleman).
- el modelo de habilidad, propuesto por Mayer y Salovey que se centra exclusivamente en el procesamiento emocional de la información estando la IE definida como las habilidades para percibir y expresar emociones con exactitud, de facilitación emocional, comprensión emocional y regulación de emociones para promover un crecimiento emocional e intelectual (Palomera, Fernández y Brackett, 2008).

Existe consenso entre investigadores acerca del nivel de inteligencia emocional como predictor del éxito profesional de las personas. Vásquez (2007) agrega que ya que las competencias intelectuales no son garantía de éxito, tienen que unirse a las competencias sociales y afectivas derivadas de la IE, pues favorecen la autosatisfacción de las necesidades emocionales haciendo del trabajador una persona motivada hacia su trabajo, con capacidad de resolver problemas en equipo y con desempeño y resultados de alta calidad, con un alto sentido de solidaridad, responsabilidad, disciplina compromiso, identidad y lealtad, convirtiéndose esto en una gran ventaja competitiva en el mercado para la organización. Lo anterior adquiere una especial relevancia en las instituciones educativas ya que las personas que trabajan en el área de la educación son personas comprometidas en ayudar a otras, teniendo la expectativa de contribuir positivamente en el mejoramiento de las condiciones de aquellos a los que sirven pero, frecuentemente, experimentan una gran carga de trabajo debiendo realizar tareas docentes, investigadoras (incluyendo la difusión de conocimientos) de gestión y de extensión cultural; las actividades anteriores están interrelacionadas, a veces son complementarias pero en ocasiones pueden resultar "contradictorias", contribuyendo al estrés del rol: demasiadas cosas que hacer en el tiempo disponible, con conflictos entre prioridades (Grajales, 2000; Hardy, 1998; Pando, 2006; Cifre y Llorens, s.f.). Brotheridge y Grandey (2002, como se cita en Palomera, R., Fernández Berrocal, P., Brackett, M.A ,2008) agregan que...*"la docencia es una de las profesiones más estresantes, sobre todo porque implica un trabajo diario basado en interacciones sociales en las que el docente debe hacer un gran esfuerzo para regular no sólo sus propias emociones sino también las de los estudiantes, padres, compañeros, etc."*

El presente artículo describe el estudio realizado en docentes del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco (TESCo); en primer lugar se señala la metodología utilizada, definiéndose las variables consideradas y describiendo los instrumentos utilizados. A continuación se presentan los resultados obtenidos y el análisis correspondiente, para el que se utilizó estadística descriptiva. Considerando que este estudio forma parte de una investigación más extensa, también se señala el trabajo a futuro. Finalmente se presentan las conclusiones pertinentes y las referencias consultadas.

Metodología

Este estudio forma parte de la investigación que tiene como objetivo evaluar y analizar la inteligencia emocional, el síndrome de desgaste profesional y el desempeño en el personal académico del TESCo. Esta parte del estudio es fundamentalmente descriptivo pues tiene como objetivo conocer y describir el nivel de la inteligencia emocional, considerando características socio demográficas del personal docente de inglés, de una institución de educación superior, verificando, además la consistencia interna del **TMMS-24**, dado que es uno de los

instrumentos considerados pertinentes para su aplicación, dentro del estudio. Se trata de una investigación transversal porque la información se recolectó en una sola oportunidad y es no experimental porque las variables no se manipularon. La muestra estuvo conformada por docentes de la coordinación de inglés que aceptaron participar en el estudio. Las variables a considerar fueron factores socio demográficos e inteligencia emocional. A continuación se indica su definición:

Factores socio-demográficos: género, hijos, edad, existencia de pareja, certificaciones adicionales al Teacher's, años de experiencia docente, número de alumnos y empleo adicional.

Inteligencia Emocional: es: *“la habilidad para percibir, valorar y expresar emociones con exactitud, la habilidad para acceder y/o generar sentimientos que faciliten el pensamiento; la habilidad para comprender emociones y el conocimiento emocional y la habilidad para regular las emociones favoreciendo un crecimiento emocional e intelectual”* (Mayer y Salovey, como se cita en Pérez y Castejón, 1996).

Maestros de Educación Superior. Para los propósitos de este estudio, son los docentes que imparten clases en instituciones de educación superior.

Los instrumentos que se utilizaron en esta investigación son:

- **Un cuestionario para la obtención de datos socio-demográficos.** Este instrumento se diseñó con preguntas cerradas y de opción múltiple.
- **El TMMS-24.** Es una versión basada en el Trait Meta Mood Scale. La escala original consta de 48 ítems. Se evalúa lo que Salovey y Mayer denominan Inteligencia Emocional Percibida (IEP), es decir, el metaconocimiento que las personas tienen sobre sus habilidades emocionales (Fernández-Berrocal, P., Salovey, P., Vera, A., Ramos, N., & Extremera, N., 1998). El TMMS-24 considera las siguientes dimensiones, con 8 ítems cada una:
 - **Atención emocional:** Grado en que las personas creen prestar atención a sus emociones y sentimientos: “Soy capaz de sentir y expresar los sentimientos de forma adecuada”.
 - **Claridad de sentimientos** grado en que las personas creen percibir sus sentimientos: “Comprendo bien mis estados emocionales”.
 - **Reparación Emocional:** Grado en el que el sujeto cree poder regular sus estados emocionales negativos y prolongar los positivos: “Soy capaz de regular los estados emocionales correctamente”.

Los participantes deben responder sobre una escala Likert de 5 puntos (1= Nada de acuerdo a 5= Totalmente de acuerdo) el grado de acuerdo con respecto a los ítems presentados. Es un instrumento de autoinforme.

Se le explicó al personal el objetivo del estudio y a continuación se les proporcionaron los instrumentos; una vez llenados, se recogieron para su revisión, codificación, tabulación, análisis e interpretación correspondiente. El periodo de aplicación de los instrumentos se realizó en el mes de mayo de 2013. Se utilizó el paquete estadístico SPSS, aplicándose técnicas descriptivas.

Resultados y discusión

La muestra estuvo conformada por 17 docentes, de un total de 18, del área de inglés. El 52.9% eran hombres; el 29.4% tenían entre 20 y 29 años, 17.6% entre 30 y 39 años, 47.1% entre 40 y 49 años y el 5.9%, 50 o más años. El 58.8% tiene hijos; el 76.5% tiene pareja formal. Sólo una persona de las 17 señaló no contar con certificaciones adicionales al teacher's. El 11.8% cuenta con experiencia docente de 4 años o menos, el 23.5% tiene experiencia laboral de 5 a 9 años, el 29.4%, de 10 a 14 años, el 11.8% de 15 a 19 años y el 23.5%, 20 o más años. El 52.9% imparte clase a entre 100 y 199 alumnos. El 64.7% no tiene otro empleo.

Aunque el TMMS-24 en su versión en castellano se ha utilizado ampliamente¹, se consideró conveniente verificar su validez interna, obteniendo un alfa de cronbach global de 0.876. Específicamente en la atención personal se obtuvo un 0.883, en claridad en los sentimientos 0.863 y en reparación emocional un 0.752.

El comportamiento de la atención emocional respecto a los factores socio-demográficos se muestra en la Figura 1. En primer lugar, lo que resalta es el incremento que presenta la atención emocional conforme se incrementa el número de alumnos atendidos, cayéndose drásticamente cuando se consideran 300 o más. Otro aspecto interesante es que, prácticamente, los valores de la atención emocional son constantes cuando se considera la experiencia docente. Por otra parte, los aspectos de un empleo adicional, la edad, contar con pareja estable, hijos y el género no señalan variaciones importantes.

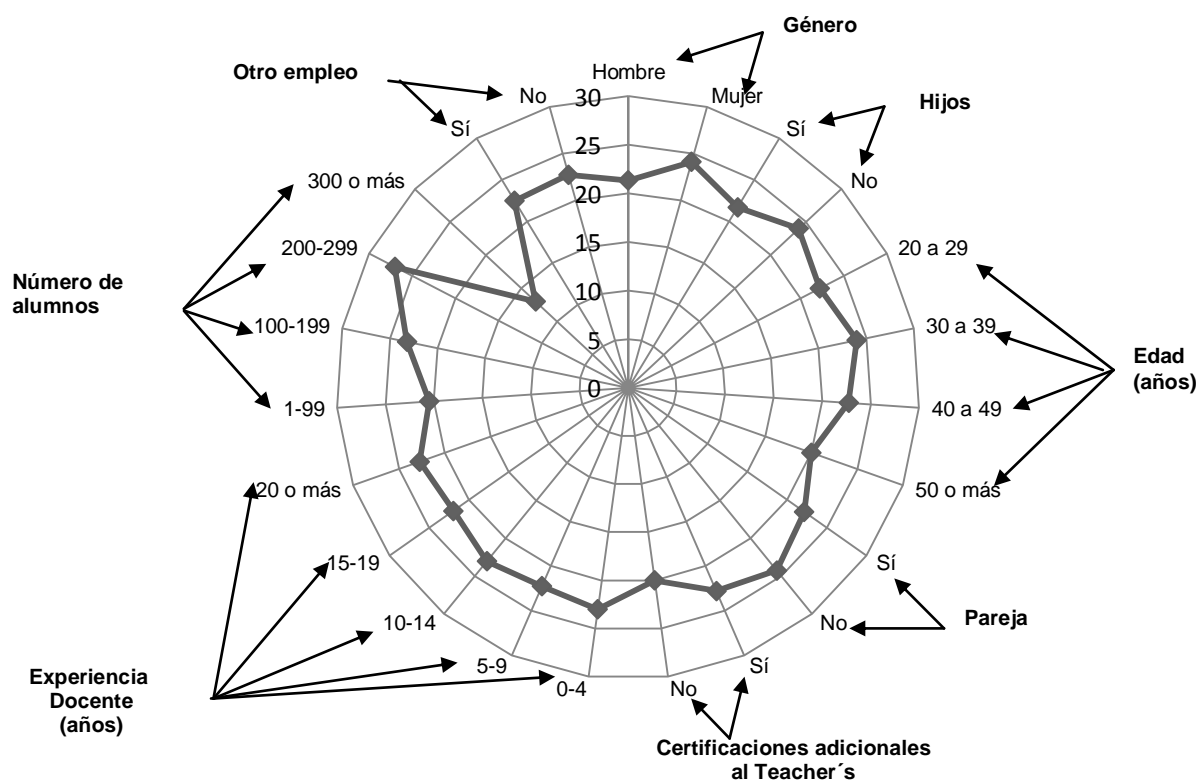


Figura 1. Factores-socio demográficos y Atención emocional

¹Sánchez, M., Rodríguez, N. & Padilla, M. (2007), en un estudio realizado en una universidad pública en México reportaron una consistencia interna del TMSS-24 (alfa de Cronbach) general de 0.857. En cuanto a atención personal, la claridad de los sentimientos y la reparación emocional, los valores obtenidos fueron 0.863, 0.845 y 0.874, respectivamente. Otro estudio realizado con muestras de Chile y España señalan los siguientes índices de consistencia interna: atención 0.87, claridad 0.81 y reparación, 0.76 (Fernández-Berrocal et al., 1998, como se cita en Fernández-Berrocal, P., Salovey, P., Vera, A., Ramos, N. & Extremera N., 1998).

En el caso de la sub escala claridad de sentimientos, (Figura 2), se observa una tendencia a incrementarse cuando aumenta la edad de los participantes (en general). Se identifica un comportamiento similar en el caso de la experiencia docente; lo anterior coincide con lo señalado por Mayer, Salovey et al., 2001 (como se cita en Sánchez, N., 2008). Cuando se consideran los aspectos de género, un empleo adicional, hijos y pareja, no se aprecian diferencias importantes. Es interesante observar que los participantes con certificaciones adicionales al mínimo requerido para su contratación, exhiben valores más bajos de claridad de sentimientos. Finalmente, el número de alumnos atendido por los profesores no muestra una tendencia respecto a la claridad de sentimientos.

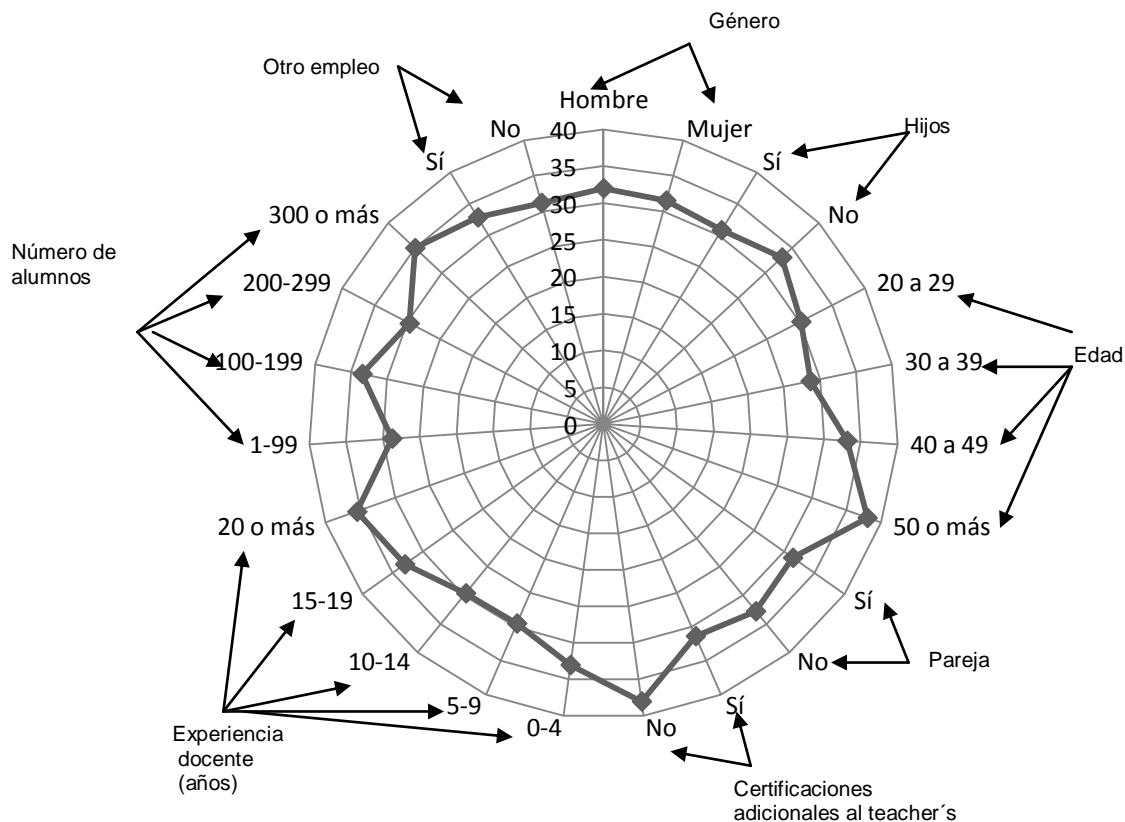


Figura 2. Factores-socio demográficos y claridad de sentimientos.

Por otra parte, es interesante observar que la reparación emocional prácticamente es constante (Figura 3) y muestra un nivel adecuado, cuando se consideran factores como la edad, la existencia de pareja formal, certificaciones adicionales al Teacher's y experiencia docente. Es conveniente señalar que cuando el número de alumnos atendidos es 300 o más, se tiene un nivel excelente de reparación adicional. Los factores restantes aunque muestran pequeñas variaciones, se encuentran en niveles considerados adecuados.

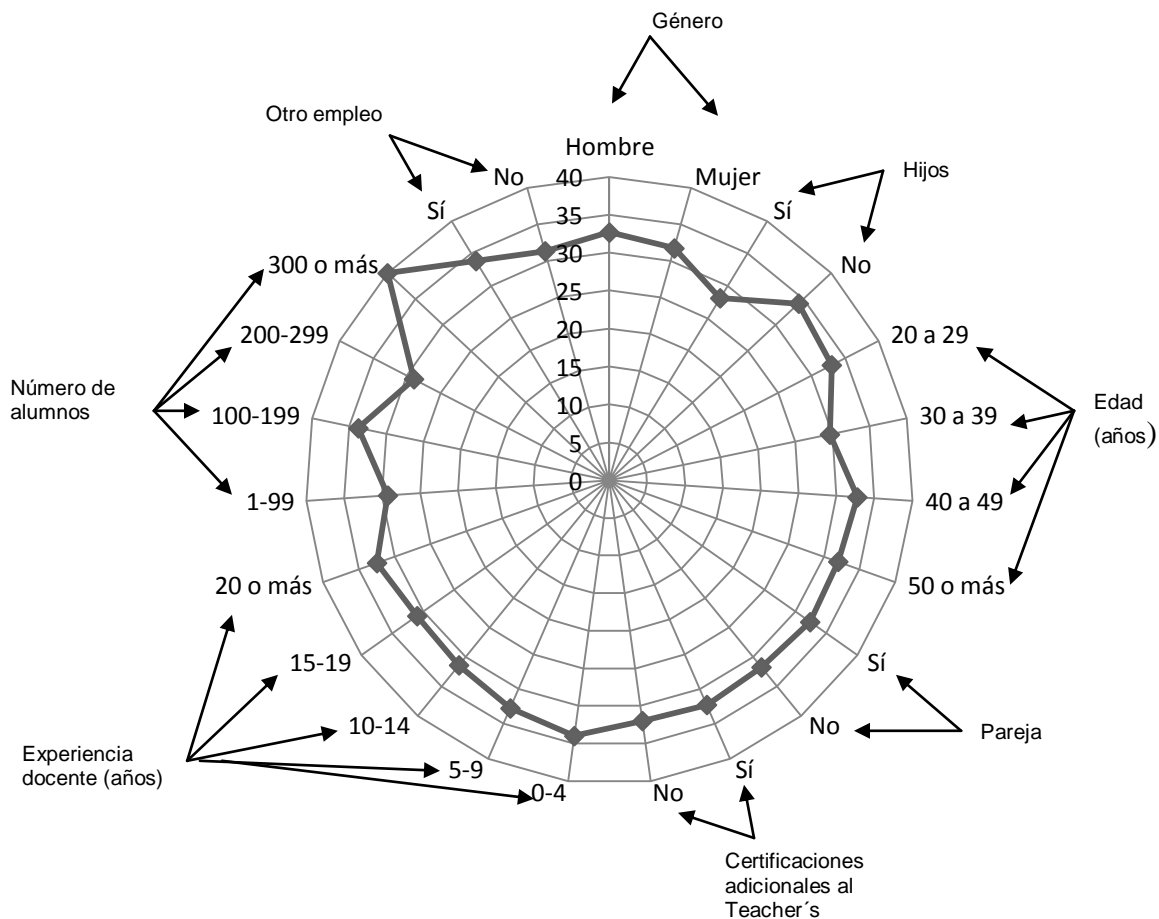


Figura 3. Factores socio-demográficos y reparación emocional.

Teniendo como referencia los resultados, el hecho de que las personas se crean y se perciban como muy hábiles en cuanto a su capacidad de comprensión emocional y en cuanto a su destreza para regular sus estados emocionales, es un buen indicador de su equilibrio (Fernández-Berrocal, P., Salovey, P., Vera, A. Ramos, N. & Extremera N., 1998).

Respecto al género, no se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres, al analizar cada sub escala, lo que coincide con lo reportado por Sánchez N., 2008, después de la revisión de la literatura científica realizada respecto a que en la gran mayoría de estudios en los que se han utilizado pruebas de autoinforme, no se han encontrado diferencias significativas entre la inteligencia emocional de hombres y mujeres, a pesar de que, aún en la actualidad se tiende a calificar de más *emocionales* a las mujeres.

Se tiene un incremento en la claridad de sentimientos conforme se incrementa la edad; en el caso de la atención y la reparación emocional no se identifican tendencias, siendo muy irregulares los valores obtenidos. La descripción de la claridad de sentimientos coincide con los autores que señalan que la inteligencia emocional se incrementa con la edad; en cuanto a las otras dos sub escalas, los resultados corresponderían a lo que sugieren otros autores, respecto a que las personas tienen un aprendizaje más personalizado en la adultez (Sánchez N., 2008). Es interesante resaltar que el comportamiento de las tres sub escalas consideradas

de la IE es similar cuando se considera a la experiencia docente y la edad, aunque se debe aclarar que en la muestra estudiada había una relación directa entre edad y experiencia docente y no siempre la edad es sinónimo de experiencia docente ya que hay personas que acceden tardíamente al ambiente laboral.

Por otra parte, al considerar la cantidad de alumnos que se atiende, la única persona que tiene 300 alumnos o más es la que menor atención emocional presenta pero, al mismo tiempo, mayor reparación emocional. Lo anterior podría sugerir la despersonalización, como estrategia de afrontamiento, lo que coincidiría con los hallazgos de Mendes (2003, como se cita en Palomera, R., Fernández Berrocal, P. & Brackett, M.A, 2008) quien señala una aparente relación de la capacidad de regular las emociones con los niveles de despersonalización, autorrealización y desgaste emocional (dimensiones del síndrome de desgaste profesional) que percibían los docentes.

Trabajo a futuro

Dado que el presente estudio forma parte de la investigación para describir y analizar las relaciones entre la inteligencia emocional, el desgaste profesional y el desempeño del personal académico, la siguiente etapa consistirá en evaluar los instrumentos existentes para medir el desgaste profesional y el desempeño docente realizando las adecuaciones y/o diseños pertinentes.

Conclusiones

Se describió la inteligencia emocional de docentes de inglés de una institución de educación superior, considerando factores socio-demográficos como la edad, el género, la existencia de hijos y de pareja formal, la experiencia docente, certificaciones adicionales al Teacher's, el número de alumnos atendidos y empleos adicionales. En términos generales, se tiene niveles adecuados en las tres dimensiones evaluadas (atención emocional, claridad de los sentimientos y reparación emocional; existe alguna evidencia de que cuando se atiende a una gran cantidad de alumnos, la atención disminuye pero la reparación emocional aumenta, lo que sugiere la despersonalización como estrategia de afrontamiento. Por otra parte, se confirmó la validez interna del TMMS-24.

Referencias

1. Cifre, E. & Llorens, S. (s.f.). Burnout en profesores de la UJI: un estudio diferencial. Universitat Jaume. Jornades de Foment de la Investigació. Recuperado el 22 de agosto de <http://www.uji.es/bin/publ/edicions/jfi7/burnout.p>
2. Fernández-Berrocal, P., Alcaide, R., Domínguez, E., Fernández-McNally, C., Ramos, N. S., y Ravira, M. (1998). Adaptación al castellano de la escala rasgo de metaconocimiento sobre estados emocionales de Salovey et al.: datos preliminares. *Libro de Actas del V Congreso de Evaluación Psicológica*. Málaga.
3. Fernández-Berrocal, P., Salovey, P. Vera, A. Ramos N, Extremera N (1998). Cultura, inteligencia emocional percibida y ajuste emocional: un estudio preliminar. Recuperado el 6 de mayo de 2013 de <http://reme.uji.es/articulos/afernp9912112101/texto.html>
4. Fragoso, L. R. (2009). La inteligencia emocional en el docente universitario: el caso de la licenciatura de administración de empresas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. X Congreso de Investigación Educativa. Recuperado el 22 de agosto de http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_01/ponencias/1515-F.pdf
5. Grajales, G., T. (2000). Estudio de la validez factorial del Maslach Burnout Inventory. Versión Española en una población de profesionales mexicanos. Recuperada el 7 de abril de 2008 de www.tgrajales.net/mbivalidez.pdf

6. Hardy, S., E. (1998). Burnout among university resident assistants as a function of gender and floor assignment. Finnish Institute of Occupational Health. Recuperado el 14 de septiembre de 2012 de <http://www.ttl.fi/Internet/English/Information/Electronic+journals>
7. Palomera, R., Fernández Berrocal, P., Brackett, M.A (2008). La Inteligencia Emocional como una competencia básica en la formación inicial de los docentes: algunas evidencias. *Revista Electrónica de Educación Psicoeducativa*, No. 15, Vol. 6 (2), 437-454.
8. Pando, S., E. (1998). Burnout among university resident assistants as a function of gender and floor assignment. Finnish Institute of Occupational Health. Recuperado el 14 de septiembre de 2012 de <http://www.ttl.fi/Internet/English/Information/Electronic+journal>
9. Pérez y Castejón (1996). La Inteligencia emocional como predictor del rendimiento académico en estudiantes universitarios. Recuperado el 14 de mayo de http://www.alfaguia.org/alfaguia/files/1320858454_847.pdf
10. Sánchez M., Rodríguez, & Padilla, M.. (2007) ¿La inteligencia emocional está relacionada con el aprendizaje académico? *IPyE: Psicología y Educación*. 1(1), 54-66. Recuperado el 20 de abril de 2013 de http://academia.edu/2967821/_La_Inteligencia_Emocional_esta_relacionada_con_el_Rendimiento_Academico
11. Sánchez N. (2007). Inteligencia Emocional Autoinformada y Ajuste Perceptivo en la Familia. Su relación con el Clima Familiar y la Salud Menta. Universidad de Castilla-La Mancha. Tesis Doctoral, 2008. Recuperado el 29 de mayo de 2013 de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/982/249%20Inteligencia%20emocional%20autoinformada%20y%20ajuste%20perceptivo%20en%20la%20familia.pdf?sequence=1>
12. Vásquez, D., L. (2007). Inteligencia Emocional en las organizaciones educativas. *Psicogente*, 10 (17).

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

TRABAJO COLEGIADO MEDIADO POR EL FENÓMENO MICROPOLÍTICO EN UNA ESCUELA SECUNADARIA PÚBLICA

FLORENTINO SILVA BECERRA

**Departamento de Estudios en Educación del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades
de la Universidad de Guadalajara**

cienaga16m@hotmail.com

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

El trabajo colegiado es un medio de transformación de las acciones escolares que permite una visión compartida y con esto menos centrada en una sola persona, en tanto la culturas del fracaso, se ven enfrentadas entre sí por el individualismo, siendo la resistencia una barrera que se impone al cambio y permite la conservación del dominio ejercido por los liderazgos que defienden su confort e intereses personales y no de grupo.

Este primer acercamiento a la perspectiva de directivos y docentes se encontró los siguientes puntos de vista referentes al trabajo colegiado: resistencia, liderazgo, interacción grupal y alianzas, así como el concepto de trabajo colegiado construido a partir de los informantes que permite advertir la influencia del contexto, la forma de trabajo es individual mezclada con la participación grupal y dando paso al individualismo o al aislamiento profesional de los maestros, limita su acceso a ideas nuevas y mejores soluciones.

Palabras clave: trabajo colegiado, resistencia, alianzas y micropolítica.

The collegiate work is a means of transforming the school actions that allows a shared vision and with it less focused on one person, while the cultures of failure, they are facing each other by individualism, resistance remains a barrier to imposed change and allows conservation leadership dominance of defending their comfort and personal interests rather than the group. This first approach to the perspective of principals and teachers found the following views concerning the work referee: strength, leadership, group interaction and alliances, as well as the concept of collegiate work constructed from informants so as to reveal the influence of context, how is individual work mixed with group participation and giving way to individualism or teacher professional isolation, limited access to new ideas and better solutions.

Introducción

El trabajo colegiado es una dimensión indispensable que proyecta el proceso enseñanza y aprendizaje hacia el logro de los propósitos establecidos por la escuela, permite crear un escenario en el que no tiene cabida el individualismo (Fullan y Hargreaves, 1999).

Las escuelas, como organizaciones en el que el mito colectivo, es parte del contexto y en el cual permite la protección y la conservación de las pautas de dominio a profesores y directivos, el abanderamiento de causas a la cual ofrecen resistencia, creando alianzas sostenidas en los diversos grupos que integran como fuerza que se impone a los cambios que se manifiestan en las reformas educativas.

El trabajo colegiado es un medio de transformación de la escuela, la gestión directiva escolar se convierte en una visión compartida y menos centrada en una sola persona sino en la que la responsabilidad es compartida, generando un tipo de liderazgo que modifica las estructuras de poder y dominio.

Las escuelas también son estructuras organizativas tal vez un tanto alejadas de las comerciales, industriales, militares o eclesiásticas especialmente, si es están articuladas según un modelo estructural. Esta afirmación se fundamenta especialmente en el hecho de que las escuelas tienen una naturaleza y características que las hace ser diferentes de otro tipo de organizaciones (Antunez1998: 21).

Hablar de trabajo colegiado no significa enfatizar y desechar las bondades que tiene el trabajo individual “La capacidad de estar solo es un recurso valioso cuando se requieren cambios de actitud mental. Tras grandes cambios en las circunstancias, acaso se imponga una reconsideración natural del sentido y significado de la existencia. En una cultura que ve por lo general en las relaciones interpersonales las respuestas a cada forma de angustia, a veces resulta difícil persuadir a socorristas bien intencionados de que la soledad ha de ser tan terapeuta como el apoyo emocional (Fullan y Hargreaves cita a Storr, 1988:29). El trabajo individual también tiene sus momentos valiosos ya que la soledad invita a pensar, meditar, innovar y mantener contacto con el mundo interno.

Los individuos que se conectan con otros individuos y crean nuevos grupos y alianzas, son una fuerza mucho más poderosa para el cambio o para enfrentarlo cualquiera que sea su visión, por lo que el individualismo, si se institucionaliza como una forma de trabajo genera contextos de aprendizaje limitados, a lo genera espacios en los que los docentes temen compartir sus ideas o cada quien participa en relación separada no entendiendo las posiciones de los demás de decir; se niegan a comunicar una idea un argumento, generando posiciones individuales que llegan a institucionalizarse como única forma de trabajo y busca conservarse porque permite en ocasiones sobrevivir, en el mundo natural en que las organizaciones sostienen su dinámica de sobrevivencia.

Al construirse la cultura del trabajo colegiado en la escuela se puede observar en todos los aspectos: gestos, participación, actuaciones, chistes, entendimiento del, actuar de los demás así como comprensión.

Los análisis de las organizaciones atendiendo a su cultura tiene gran auge en los últimos años y en razón de ello los estudios por muchos autores; Anzizu(1985);Cohen,Deal, Meyer y Scott(1979); Schein (1988), Torrington y Weightman(1989), Beare (1989), Gil (1986), Pumpin (1985), entre otros, una gran serie de aportaciones de Handy (1974,1984,1988) o las fundamentaciones de los textos básicos que se referencian ayudan a definir la cultura de una organización como el conjunto de valores, significados y principios compartidos por sus miembros, manifestados en forma tangible o intangible , que determinan y explican sus comportamientos particulares y en los de la propia organización (Antunez1998:235).

En tanto la cultura del fracaso, se ven enfrentadas entre sí sin permitir el avance hacia nuevas metas que vislumbren el cambio, ya que el individualismo corre por los pasillos escolares generando liderazgos que se posesionan y no permiten el avance y transformación de la escuela.

El presente trabajo es un acercamiento al trabajo colegiado que realizan los profesores y directivos de una escuela secundaria en condiciones de marginalidad. Este trabajo se conduce con el método etnográfico y utiliza como instrumentos de recolección de la información: entrevistas y observaciones para luego ser sistematizadas e interpretadas para tratar de identificar la identidad en cuanto al trabajo colegiado que en este contexto se desarrolla.

Sustentación teórica

La resistencia como barrera que no permite el cambio se encuentra instaurada como proceso cultural, con el cual se niega toda visión contraria al dominio que existe en el contexto, generando el aislamiento como elemento básico para poder sobrevivir, instaurando una forma defensiva; la timidez, la inseguridad en el manejo del lenguaje de las nuevas reformas pedagógicas, los comentarios de pasillo, la conformación del mito como barreras de conservación en el dominio ejercido por los liderazgos que tratan de defender todo aquello que trastoca sus intereses, generando un contexto en el que se es resistente a recibir ayuda así como de ofrecerla.

En los últimos años los cambios tan constantes generados por las nuevas visiones que han revolucionado el sistema educativo y en general los cambios tan constantes del mundo han permitido adaptarse a la dinámica de la formación de los escolares.

En la docencia las heridas no cicatrizan las puertas se cierran como respuesta resistente que forma parte del hacer de la escuela, se construyen los grupos que son liderados por el interés personal y la protección, con ello nace la individualidad como fenómeno a los defectos de personalidad natural que nace con la timidez y la inseguridad del ser humano y que se protege con el liderazgo de otros colegas.

Rosenholtz (1989), categoriza como escuelas atascadas o de aprendizaje empobrecido a las que no tienen movimiento, a las que viven de forma aislada, en la que la participación de los que en ella intervienen, utilizan

estrategias que no les permiten generar nada que altere su forma de vida escolar en la que los liderazgos siempre buscan conservar su estado actual.

El trabajo colegiado, permite modificar la incertidumbre y generar un espacio en el que dar y recibir ayudado implica incompetencia porque la búsqueda siempre debe estar presente en el colectivo escolar. Las reuniones del personal escolar, suponen cierto grado de apertura y participación. Se ofrece una oportunidad para que expresen su opinión los participantes de menor rango; de articular la insatisfacción, de presentar iniciativas para el cambio y desafiar las perspectivas prevalecientes (Ball, Stephen J., 1994: 10).

Nias (1989) de acuerdo con sus investigaciones al respecto enfatiza que en la cultura del trabajo colegiado se distinguen no por su organización formal, no por sus reuniones, no por sus procedimientos que rigen las relaciones del personal en todo momento sobre una base diaria. La asistencia, el apoyo, la confianza y la sinceridad forman el núcleo de estas relaciones.

La profesión docente ha sido una carrera sin movilidad y la única forma de cambiar de rol es pasar del aula a no tener grupo ya que con el paso del tiempo en el aula jamás obtuvo un estímulo y esto viene reduciendo su compromiso, motivación y su eficacia.

Circunstancias que propician los hechos que construyen resistencias en el trabajo colegiado

La escuela Secundaria es una institución de carácter público y cuyos lineamientos de organización del trabajo permiten establecer en la institución las diferentes formas de estructura.

La normatividad establece la existencia de un órgano colegiado de colaboración y consulta, denominado Consejo Técnico Escolar; así como establece que tendrá como fin atender la problemática que se gesta en cada grupo de alumnos, y partirá de los requerimientos propios de los contenidos que se enseñan, tanto por las características de cada asignatura o actividad. El trabajo colegiado será una estrategia para el desarrollo profesional de los docentes dentro de la escuela; en él, se atenderán los problemas específicos de enseñanza y aprendizaje identificados por el propio colectivo en cada escuela y con los fines de una comunidad de aprendizaje.

Para la organización del trabajo colegiado se han establecido cuatro fechas en el año escolar para abordar las temáticas de trayecto formativo o bien la propia problemática que enfrente la escuela.

Las reuniones se planean por el equipo directivo, autorizadas por la supervisión escolar realizándose con apego a la agenda, se suspenden las labores con los grupos y todo se centra en la atención de la reunión colegiada con los profesores en el turno respectivo, la biblioteca escolar es el marco físico, ubicándose el mismo horario que en términos normales se ofrece, los profesores llegan un poco más relajados, se procura iniciar exactamente a la hora para que no se desvíe el objetivo de la actividad, los profesores se ubican en donde ellos creen que se sienten mejor, se aborda la reunión tratando de no personalizar ningún asunto para no generar resistencia al trabajo, se abordan las temáticas tratando de generar la participación de todos sin exclusión de nadie, se trabaja en talleres, participativos, se obtienen conclusiones, y se trata de obtener compromisos que venga a fortalecer el trabajo con los alumnos. Se cumple el horario de trabajo utilizándose media hora para el desayuno de los participantes.

De esta manera se presenta en cuatro ocasiones anuales el trabajo colegiado de la Escuela Secundaria que se encuentra en un lugar marginado, que permite al personal que aquí trabaja hacerlo oponiendo estos limitantes a cada momento.

La resistencia en la construcción de compromisos mediante el trabajo colegiado

En este primer acercamiento a la perspectiva de directivos y docentes se encontró los siguientes puntos de vista referentes al trabajo colegiado: 1.-Resistencia, 2.- liderazgo, 3.-interacción grupal y 4.- alianzas.

En la perspectiva que se refiere a resistencia se puede afirmar que los docentes (DO), coordinadores (CO) y directivos (DIR) se manifiestan en términos de inconformidad como reacción a los cambios que se pretenden implementar y los compromisos que se requiere adquirir en las reuniones colegiadas por lo que se transcribe el siguiente testimonio:

CO: ¡Bueno! para los maestros es una oportunidad para de expresar sus ideas porque les sirve como catarsis cualquier reunión que tengan porque ellos corresponda o no corresponda con el

tema ellos sacan los que traen sus inquietudes, sus intereses, lo que les afecta o es el lugar donde ratifican lo que les agrada, en cuanto a su entorno escolar (Entrevista 16 de abril de 2012).

Los docentes que al realizar un trabajo colegiado siempre están a la expectativa en relación a cuidar su espacio que les permita mantener su estatus:

CO: este dirigido a compromisos y en muchas de las veces, es cómoda porque muchos toman la dirección de la manera sin comprometerse y los compromisos deben de ser asumidos por todos (Entrevista 18 de abril de 2012).

Una de las acciones de la organización por parte de los directivos del trabajo colegiado permite generar un espacio donde se genera oposición y crítica ya que accede siempre a estar a la expectativa de nuevas políticas educativas que vulneren las acciones realizan:

CO: Primero el Director, la Subdirectora y los Coordinadores se reúnen para ver cuáles son la prioridades a tratar y con base en eso se elabora un orden del día se distribuyen los trabajos, la coordinación de los trabajos entre la misma gente que elaboró el orden del día y cada quien elige sus dinámicas o la forma en que va a tratar el tema y normalmente se cuida que la comunicación ¡m,m,m! en cuanto a las reformas educativas o novedades que haya en cuanto a la secretaria de educación sean vistas ahí y su vez también se ven los temas como parte del plan de mejora y también con la finalidad de unificar criterios(Entrevista 16 de abril de 2012).

Temas como planeación que pertenece a las prácticas docentes permite generar polémica para hacer de esta una acción sin compromiso:

CO: tiene notas de extrañamiento de los maestros que no le entregan planeamientos y sus visitas de supervisión a sus profes y le piden que mínimo tengan que hacer visita supervisión una vez por periodo comenta (Entrevista 18 de abril de 2012).

Los debates sobre las temáticas buscan desviar la responsabilidad hacia otros rumbos:

DO: que se les entrega certificado en Escuelas abiertas y en pocos meses y no acepta que se les acepte en clase a los alumnos que tienen 3 o 4 meses sin presentarse y no está de acuerdo porque su trabajo de planeaciones están echados a perder todo su trabajo dice que los prefectos toman lista a cada grupo y reporta a los alumnos de bajo rendimiento y aprovechamiento escolar y no son los alumnos el problema son los papas porque no quieren dejar de mandar a sus hijos porque pierden el apoyo económico mandando a sus hijas maquilladas y con la falda corta por lo que la mama dice que si sabe y que así vio salir a su hija(Observación: 25 de abril de 2012).

Y se sigue debatiendo con la intención de hacer a un lado la responsabilidad:

DO: que tenemos que apegarnos a un lineamiento adecuado porque el mundo está globalizado no podemos la educación tiene una crisis mundial por lo que menciona que no es una ley y somos victima de los millonarios y que no se va a someter porque es una especie de síndrome sumarnos a eso (Observación: 25 de abril de 2012).

Se despierta una resistencia colectiva en el momento que se toca los intereses propios y con esto el trabajo colegiado se convierte en un espacio de defensas:

CO: que no es cierto que pide que haga su lista de reprobados y revise su informe de planeación sobre las estrategias que se están llevando a cabo con ese alumno y si no le funciona que cambie de estrategia (Entrevista: 18 de abril de 2012).

Se hace a un lado el compromiso y la responsabilidad desviándose hacia los alumnos:

DO: pregunta que hacer en su informe si tiene alumnos que no se presentan a clase por lo cual el coordinador, Aurelio le dijo que tendrá que pasar el nombre del alumno que no se ha presentado y se dará el seguimiento correspondiente y hablando a su casa (Observación: 25 de abril de 2012).

La autonomía en la participación y organización de los colectivos escolares sobre el manejo de las reuniones colegiadas permite a los docentes un espacio relajado y sin compromisos:

CO: desgraciadamente hay maestros que se involucran nada más durante el espacio que deben de estar en la escuela y cuando se tienen que retirar se retiran y aunque se quede a medias su interés hay otros que si se involucran según sea el tema o el caso y que le dan toda la seriedad al trabajo que se realiza ahí (Entrevista: 25 d18 abril de 2012).

Cuando se presentan confusiones sobre el desarrollo de las temáticas del trabajo surgen liderazgos que dan conducción y fortalecimiento a la resistencia colectiva:

DO: la importancia de que todos de manera en equipo “Maestro, Alumno y Padre de Familia” (Observación: 25 de abril de 2012).

La interacción con el grupo ha permitido a los docentes construir un concepto acerca del trabajo colegiado de acuerdo con vivencia que han tenido:

CO: pues es que como casi no lo trabajamos con ellos profe, la verdad mentiría si yo le dijera cada maestro dice que es colegiado, porque como dije anteriormente se nota que nuestro trabajo no es colegiado entonces si yo les pregunto qué opinas de nuestro trabajo colegiado necesitaría hacerlo para poder empezar a tomar elementos y decir es que las necesidades para el trabajo colegiado, los maestros ya me las están diciendo entonces a partir de lo que ellos están diciendo que nos hace falta empezar hacer líder para lograr ese trabajo colegiado dentro de la escuela pudiera decir si lo llevamos a cabo pero usted y yo sabemos que no tenemos un trabajo colegiado(Entrevista: 25 de abril de 2012).

Los docentes establecen alianzas que les permiten mantener su autonomía de su *habitus*:

CO: Si, siempre están a la expectativa, para defender sus intereses y buscar culpables para de esta manera tapar sus deficiencias.

Las alianzas entre el grupo de profesores son los mecanismos que permite enlazar las participaciones en el trabajo colegiado:

CO: Las alianzas se presentan también fuera, como las promociones que se dan y se generan alianzas que tratan de obstaculizar.

La utilización de discursos que permiten desviar la responsabilidad hacia otros espacios:

CO: los integrantes, o suman o restan porque es porque está establecido por las alianzas (Observación: 25 de abril de 2012).

Un acercamiento a la interpretación de la actuación de los sujetos en el trabajo colegiado

La organización propia del contexto escolar permite describir la cultura de la organización como el conjunto de valores, significados y principios compartidos por sus miembros, manifestados de forma tangible o intangible, que determinan y explican sus comportamientos particulares y los de la propia organización (Antúnez, Serafín ,1998:235).

El concepto de trabajo colegiado construido a partir de los informantes permite advertir la presencia del contexto que se ha construido, la forma de trabajo es individual, mezclada con la participación forzada de grupo y esta siempre viene a individualizarse, por lo que el docente trabaja siempre de manera individual, es decir reproduce el esquema en que está formado, el aislamiento profesional de los maestros limita su acceso a ideas nuevas y mejores soluciones, hace que el cansancio se acumule interiormente y termine generar aislamiento a lo que se denomina balcanismo como lo menciona Fullan, Michael y Hargreaves Andy (2001), impide que los logros valgan reconocimiento y elogio, y permite a la incompetencia existir y persistir en detrimento de sus alumnos (Fullan, Michael y Hargreaves Andy , 2001 :31).

El personal reconoce la importancia que para el trabajo académico tienen las reuniones colegiadas, ya que en ellas manifiestan lo que se piensa sobre determinada problemática propia del trabajo escolar, pero ante todo

enuncia que es un espacio que permite desfogar el sentir de los docentes sobre lo que están viviendo en las aulas o con el manejo de la administración escolar y se advierte que los problemas prefieren resolverlos o abordarlos en forma individual a lo que Fullan, Michael y Hargreaves Andy (2001), denominan cultura balcanizada.

La construcción de trabajo colegiado que los docentes sostienen, es una concepción individual, desde la oportunidad de reunirse para organizarse para la resistencia o para no atender las labores de atención a grupos y esta mera existencia del trabajo colegiado no se debe confundir con el imperio de su cultura plena Fullan, Michael y Hargreaves Andy (2001).

La organización por parte de la acción de los directivos permite generar un espacio donde la resistencia hace su arribo, para dar paso a una barrera donde el liderazgo de los docentes a través de las alianzas que se manifiestan de facto, permite que no se establezcan los compromisos y estos sean un elemento con el que se juega como emblema de fortaleza para el grupo de dominio negando la posibilidad del trabajo colegiado.

Todo cambio suele provocar crisis (Antúnez 1998), por lo que en la organización del trabajo colegiado, los docentes son parte de ella y se aferran a lo conocido y a la negación de lo desconocido, por lo tanto este es un reto dentro de la organización escolar.

El grupo de docentes que realizan el trabajo colegiado ven como amenaza y no como oportunidad el análisis de las propuestas de trabajo, por lo que este espacio genera un ambiente de cuidado de territorios en el que se encuentran sus intereses generando una resistencia individual y colectiva que envuelve las acciones de los docentes integrantes del cuerpo colegiado.

Desde el punto de vista micropolítico se explican las lógicas negociadas entre los grupos de interés que actúan dentro de la organización algo así como tú me das entonces yo también.

Por lo tanto desde la teoría de la reproducción este tipo de escuelas representan terrenos de impugnación marcados no sólo por contradicciones estructurales e ideológicas sino también por una resistencia estudiantil moldeada colectivamente como lo enuncia Henry Giroux (2004).

El espacio de trabajo colegiado debe generar el compromiso de los docentes y con ello el cumplimiento de las políticas educativas para el cambio ya que las actividades y si estos cambios no son respaldados por los docentes, no produce ningún cambio (Fullan, Michael y Hargreaves Andy, 2001: 44).

Resultados o aportaciones

El espacio micropolítico de la escuela genera un ambiente de resistencia, en el cual el trabajo colegiado solo se deja sentir como modalidad o moda, pero este sigue siendo un hacer individual que se desborda en la forma de trabajo que se desarrolla en las aulas.

Los alumnos son atendidos de forma individual y por lo tanto como producto de la formación, también rechazan el trabajo de grupo o lo aceptan de manera cómoda, pero nunca con el deseo de participación y dialogo entere ellos.

Bibliografía

- Antúnez, S. (1998). *Claves para la organización de los centros escolares*. Barcelona: Horsori.
- Ball, Stephen J. (1994). *La micropolítica de la escuela: hacia una teoría de la organización escolar*. Barcelona: Paidós.
- Bertely, Busquets María (2000). *Conociendo nuestras escuelas*. Barcelona: Paidós.
- Chan, María Elena (2009). *La gestión de la innovación en el marco de las reformas educativas*. México: ITESO.
- Fullan, Michael y Hargreaves Andy (2001). *La escuela que queremos*. México: SEP.
- Guber, Rosana (2004). *El salvaje metropolitano*. Buenos Aires. Paidós.

- Harry, F. Wolcott (1961). *Sobre la intención etnográfica*. México: Gijalbo.
- Henry, Giroux (2004). *Teoría y resistencia en educación*. México: siglo XXI.
- Henry, Giroux (2001). *Cultura, Política y práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- Geertz, Clifford (2003). *La interpretación de las culturas*. Barcelona: Gedisa.
- Lewis, Oscar (1961). *Antropología de la pobreza*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Martyn Hammersley, Paul Atkinson (1994). *Etnografía*. Barcelona: Paidós.
- Malinowski, Bronislaw (1981). *Una teoría científica de la cultura*. Barcelona: Edhasa.

Percepción de competencias genéricas después de cursar asignaturas de Ciencias Básicas en el ITCelaya

Meléndez Aguilar Martha Patricia^{1*}, Cornejo Serrano Ma. Del Carmen¹, Villalobos Oliver Eloísa Bernardett¹, Ramos Beltrán José Alfredo¹, Gómez Rodríguez Gloria¹

¹Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Celaya, Av. Tecnológico y Antonio García Cubas S/N, C.P. 38010, Celaya, Gto.

*martha.melendez@itcelaya.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La presente investigación pretende conocer la opinión que tienen los estudiantes del Instituto Tecnológico de Celaya (ITC), sobre el grado de desarrollo de las competencias genéricas que adquirieron después de cursar asignaturas de Ciencias Básicas.

Entre los resultados más significativos se tiene que los alumnos consideran que han incrementado sus habilidades para hacer presentaciones y comunicarse de manera oral y escrita en su propia lengua; además consideran como regular y alto el nivel de conocimientos y habilidades matemáticas adquiridas en el bachillerato y en el ITC respectivamente, así como la habilidad para relacionarse con profesores y compañeros, sin embargo admiten una carencia en la expresión en un segundo idioma.

Palabras clave

Competencia, competencias genéricas, competencias instrumentales, competencias interpersonales y competencias sistémicas.

Abstract

This research aims to learn the opinion that students of Instituto Tecnológico de Celaya (ITC) have about the degree of development of generic skills acquired after completing basic science subjects.

Among the most significant results the students believe that they have increased their ability to make presentations and communicate orally and written in their own language; also considered regular high level of mathematical knowledge and skills acquired in high school and in the ITC respectively, as well as the ability to interact with teachers and peers, however support a deficiency in expression in a second language.

Introducción

En el 2010 se implementaron los planes y programas de estudio bajo el enfoque de competencias en el sistema de institutos tecnológicos.

El concepto de competencias se define como el “conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas, tanto específicas como transversales, que debe reunir un titulado para satisfacer plenamente las exigencias de los contextos sociales. Las competencias relacionadas con la formación profesional en general (competencias genéricas) y con un área de conocimientos (específicas de un campo de estudio)”. (Obra citada por Vera, 2010). Las competencias genéricas permiten a los estudiantes desarrollarse como personas, desenvolverse exitosamente en la sociedad y en el mundo que les toca vivir y se clasifican en tres categorías:

1. Competencias instrumentales: son aquellas que tienen una función instrumental, y que pueden ser a su vez cognoscitivas, metodológicas, tecnológicas y lingüísticas.
2. Competencias interpersonales: aquellas que tienen a favorecer los procesos de interacción social y comunicación.
3. Competencias sistémicas: o combinación de comprensión, sensibilidad y conocimiento, para permitir al individuo ver cómo las partes de un todo se relacionan y se agrupan.

En el ITC los profesores del área de Ciencias Básicas, han implementado estrategias en la planeación del curso para promover el desarrollo de las competencias específicas y genéricas.

Dichas competencias están declaradas explícitamente en los perfiles de egreso de las diferentes carreras que se ofertan en la institución y, es deseable que el alumno inicie el desarrollo de las mismas desde que cursa las primeras asignaturas que corresponden al área de Ciencias Básicas.

En la presente investigación se conocerá la percepción estudiantil respecto a las siguientes competencias genéricas:

1. Competencias instrumentales: conocimiento de un segundo idioma, organización y distribución del tiempo, capacidad para enfrentar al grupo y hacer presentaciones y conocimientos y habilidades de

- Matemáticas durante el bachillerato y en el ITC.
2. Competencias personales: comunicación oral y facilidad para relacionarse con compañeros y profesores.
 3. Competencias sistémicas: valoración de resultados académicos, nivel de conocimientos de la carrera, capacidad para analizar y tomar decisiones y organización de equipos de trabajo.

Antecedentes

Algunos de los objetivos de las Naciones Unidas son impulsar la paz, la justicia y la igualdad, aliviar la pobreza y generar una mayor cohesión social.

La educación es un pilar fundamental que aportará directamente a los aspectos antes mencionados, por lo tanto no sólo es indispensable que los gobiernos favorezcan el acceso a la educación sino que ésta sea de calidad y eficiente y que permita formar individuos que tengan la capacidad de insertarse exitosamente en el mercado laboral y continuar educándose durante toda su vida.

En la década de los 80, países como Inglaterra y Australia fueron precursores en la aplicación de formación educativa basada en competencias. “Dicho enfoque se implementó como una herramienta para mejorar las condiciones de eficiencia, pertinencia y calidad de la competencia laboral, y con esto mejorar la productividad de la gente”. (Martin y col. 2008).

Se coincide con lo señalado en el informe final de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior (UNESCO, 1998), con respecto a la necesidad de tomar conciencia sobre la importancia fundamental que la educación superior significa para el desarrollo sociocultural y económico.

Señala que los principales desafíos y dificultades que enfrenta este nivel educativo son: la formación basada en competencias, la mejora y conservación de la calidad de la enseñanza, la investigación y los servicios, la pertinencia de los planes de estudio, las posibilidades de empleo de las distintas carreras, el establecimiento de acuerdos de cooperación internacional, los retos a las oportunidades que abren las tecnologías, la disparidad entre países desarrollados y en vías de desarrollo.

Así mismo, concluye que ningún país podrá garantizar un auténtico desarrollo interior y sostenible, si carece de IES que cumplan con criterios reales de calidad que formen profesionistas completos no sólo en la adquisición de conocimiento disciplinar sino que también cuenten con el desarrollo de una formación humana y enfocada a las necesidades sociales de cada localidad. (Vera y col. 2010).

En México ha existido, por décadas, una discrepancia entre los programas educativos que se implementan en las IES y la realidad que se vive y se requiere en el sector productivo. Tradicionalmente las IES han dado mayor énfasis a la adquisición de conocimiento y desestimado la habilidad de los estudiantes para aplicar dichos conocimientos a la práctica. Como muestra se puede observar que los programas de estudio de las asignaturas de educación superior en el sistema de educación tecnológica previos al año 2010, se enfocaban principalmente en los contenidos disciplinares y se dejaban en segundo plano las habilidades que el alumno debía desarrollar como persona para que pudiera desenvolverse exitosamente en la sociedad y el mundo actual.

Las instituciones educativas de diversos países han implementado programas de estudio bajo el enfoque de competencias, de tal manera que la formación que adquieren los estudiantes les conforma un perfil de egreso que apunta tanto a conocimientos como a habilidades, actitudes y valores, haciendo hincapié no sólo a una autonomía en el aprendizaje sino también en su actuación como individuos en la sociedad.

Sin embargo, es imposible ocultar el interés económico que se permea en el nuevo modelo por competencias; el sector productivo requiere de ciertas habilidades en los trabajadores que contrata y contribuirá para que se favorezca dicha formación, por otro lado existe la necesidad de los individuos de una sociedad para satisfacer sus necesidades económicas que se encuentra sujeta a sus conocimientos y habilidades desarrolladas durante su formación académica.

En México, durante la primera década del siglo XXI, la reforma educativa incorporó el enfoque por competencias desde el nivel preescolar hasta el nivel superior, lo cual ha originado un cambio en todo el sistema educativo mexicano. La reforma se inició en la educación superior a fines de los años 90 incluyendo en ésta a las escuelas normales. Le siguieron la educación básica, la cual durante el año 2009 concluye la vinculación entre los niveles de preescolar, primaria y secundaria, siendo las competencias el eje articulador de esta vinculación. La reforma educativa alcanzó a la educación media superior durante el periodo 2006–2012, en el cual la SEP propuso equiparar a todas las modalidades existentes de bachillerato bajo el enfoque curricular de las competencias a través de lo que se ha denominado “Marco Curricular Común” (Marco curricular común, Una elaboración colectiva, 2007).

Con la intención de retomar estos avances, la SEP invitó a las autoridades educativas estatales y a las IES, representadas por la ANUIES, a aportar sus experiencias y propuestas.

Estas experiencias y propuestas permitieron formalizar y consensuar las competencias genéricas que se

pretenden desarrollar a fin de insertar a los egresados, exitosamente, en el marco laboral.

El nuevo modelo se sustenta en una enseñanza basada en el desarrollo de competencias específicas y genéricas ya que ambas resultan imprescindibles para llevar a cabo una adecuada práctica profesional de los egresados de las IES. Con el objeto de incorporar las competencias genéricas, son necesarios varios pasos: 1) determinar cuáles introducir de acuerdo al perfil de la titulación, 2) cómo y cuándo desarrollarlas y 3) cómo evaluarlas. (Martín, col., 2008).

Así la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), reiteró su compromiso con la sociedad a fin de cumplir con su misión y alcanzar su visión, buscando la comparabilidad, compatibilidad y competitividad de los planes y programas de estudio en un contexto nacional e internacional, motivo por el cual se realizaron durante el año 2010 las Reuniones Nacionales de Consolidación de las carreras del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica bajo el enfoque de competencias.

En el año 2010 se inició la implementación del enfoque por competencia en todos los planes de estudio de las ingenierías que se imparten en el ITC.

De manera institucional la implementación de dicho enfoque se llevó a cabo a través de diversos cursos ofrecidos a los docentes por el Departamento de Desarrollo Académico y los diversos Departamentos Académicos.

Método

Consideraciones teóricas

El enfoque de formación en competencias es una tendencia que se articula en torno a las políticas educativas internacionales. En los años noventa la educación basada en competencias gana terreno en torno a su pertinencia y aportaciones a la educación superior. En la Unión Europea el proyecto Tuning se articula en torno a una serie de objetivos de la Declaración de Bolonia en 1999, para el sector de educación superior, donde tienen su gestación los nuevos programas educativos bajo el enfoque de competencias, que buscan principalmente el facilitar el intercambio estudiantil, la homogenización de los planes de estudio en la educación superior y el facilitar el paso de los recién egresados al sector productivo.

En lo que respecta a la educación superior en México, la ANUIES inició su participación en el proyecto Tuning de América Latina a partir del año 2005, del cual formaron parte 18 países de Latinoamérica, dando inicio a la incursión de los planes y programas de estudio bajo el nuevo enfoque en competencias.

De acuerdo a Nieto (2004), en muchas de las facultades de ingeniería existen Departamentos o Unidades de Ciencias Básicas, como una respuesta a la tendencia mundial de promover las ciencias como un soporte fundamental para el desarrollo de tecnologías competitivas, y plantea que las competencias principales son:

- Proporcionar al estudiante las herramientas necesarias que le permitan enfrentar con éxito problemas que requieren de capacidad analítica e innovación.
- Promover en el estudiante actitudes y habilidades que le permitan cursar satisfactoriamente las asignaturas propias de su formación profesional.
- Crear hábitos de trabajo individual y en equipo para la búsqueda del conocimiento científico y su aplicación en la solución de problemas.
- Desarrollar en el educando el interés por la investigación aplicada, acercándolo al conocimiento de problemas reales.
- Dar a conocer los avances científicos y tecnológicos que pueden serle de gran utilidad en su formación profesional.
- Proporcionar una sólida formación en las ciencias básicas necesarias para la comprensión de los fenómenos relacionados con las ingenierías.
- Formar una conciencia de protección al medio ambiente, mediante el uso de tecnologías seguras y limpias orientadas a un desarrollo sostenible.

Resulta conveniente analizar el trabajo realizado por los docentes del ITC que imparten asignaturas de Ciencias Básicas e investigar si, desde la perspectiva estudiantil, se han adquirido algunas de las competencias que incluyen los programas de estudios de los nuevos planes 2010 una vez que se han cursado las asignaturas básicas.

Objetivo

- Conocer la opinión de los alumnos del ITC respecto al grado de desarrollo de las competencias genéricas (sistémicas, instrumentales e interpersonales) que han adquirido después de haber cursado las asignaturas correspondientes al área de Ciencias Básicas.

Metodología

El enfoque de competencias supone un cambio sustancial en la forma como el docente desarrolla las

actividades de enseñanza – aprendizaje dentro y fuera del aula. Requiere de actividades que promuevan entre otras cosas, la autonomía y responsabilidad del estudiante respecto a su proceso de enseñanza – aprendizaje, así como de aspectos actitudinales y valorales. El departamento de Ciencias Básicas, el cual es un pilar en la formación de todos los estudiantes en su paso por el ITC ya que proporciona apoyo a todos departamentos de carrera, actualmente imparte bajo este enfoque todas las asignaturas que le corresponden, por ello se conformó una muestra con aquellos alumnos que cursan la última asignatura de Ciencias Básicas en cada especialidad, como se muestra en la siguiente tabla:

Carrera	Sem.	Asignatura	No. de alumnos
Ambiental	3º	Cálculo Vectorial/Ecuaciones Diferenciales	12
Bioquímica	4º	Métodos Numéricos/Electromagnetismo	30
Gestión Empresarial	3º	Probabilidad/Álgebra Lineal/Fundamentos de Química	22
Electrónica	4º	Ecuaciones diferenciales/Análisis numérico	24
Industrial	4º	Física	31
Informática	3º	Probabilidad/Álgebra Lineal	15
Mecánica	4º	Ecuaciones diferenciales/Electromagnetismo	29
Mecatrónica	4º	Ecuaciones diferenciales	27
Química	4º	Métodos Numéricos/Ecuaciones diferenciales	17
Sistemas	4º	Cálculo Diferencial/Matemáticas Discretas	20

Tabla 1. Grupos que cursaron la última asignatura de Ciencias Básicas, Ago-Dic 2012

Instrumento

Para medir la percepción del desarrollo de competencias por parte de los estudiantes se diseñó un instrumento que tiene como principal referencia el elaborado por Solanes, Núñez y Rodríguez (2008) quienes crearon un cuestionario para evaluar la percepción estudiantil respecto a las competencias adquiridas por los estudiantes universitarios en la Universidad de Miguel Hernández de Alicante España.

El instrumento es un cuestionario de escala tipo Likert, que consta de 36 preguntas que pone de manifiesto la opinión de los alumnos con respecto al nivel de competencias genéricas, que consideran han adquirido después de haber cursado asignaturas del área de Ciencias Básicas. Las preguntas tienen opciones de respuestas que van desde el 1 (muy baja) a 5 (muy alta).

Los resultados se procesaron con ayuda del software SPSS.

Procedimiento

El instrumento fue validado, la prueba de fiabilidad de la escala de medida construida a partir de las variables observadas arrojó un coeficiente alfa Cronbach de 0.913.

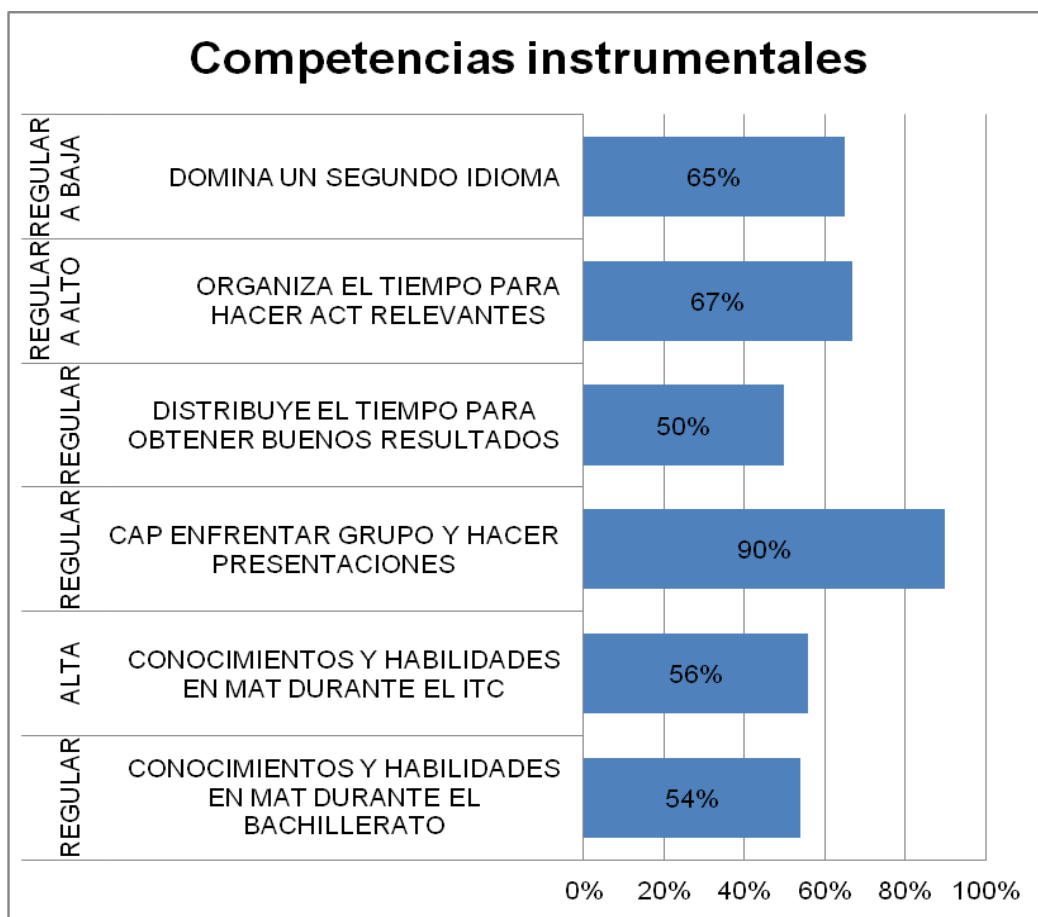
Resultados

Competencias instrumentales

Al respecto se obtuvieron las siguientes percepciones por parte de los alumnos:

- Los conocimientos y habilidades de matemáticas que adquirieron en el bachillerato se concentran en un nivel regular.
- Los conocimientos y habilidades de matemáticas que adquirieron en el ITC se concentran en un nivel alto.
- La capacidad de enfrentar a un grupo y hacer presentaciones de algún tema de sus asignaturas con desenvoltura, se ha desarrollado en un nivel alto, ya que el 90% tiene esta opinión.
- La distribución del tiempo para obtener buenos resultados en sus asignaturas, se concentran en un nivel regular.
- La organización del tiempo para realizar todas sus actividades relevantes en sus asignaturas va de regular a alta
- En el rubro referente al dominio de un segundo idioma, el 65% de los estudiantes se sitúa en un nivel de regular a bajo.

De manera gráfica la información es la siguiente:

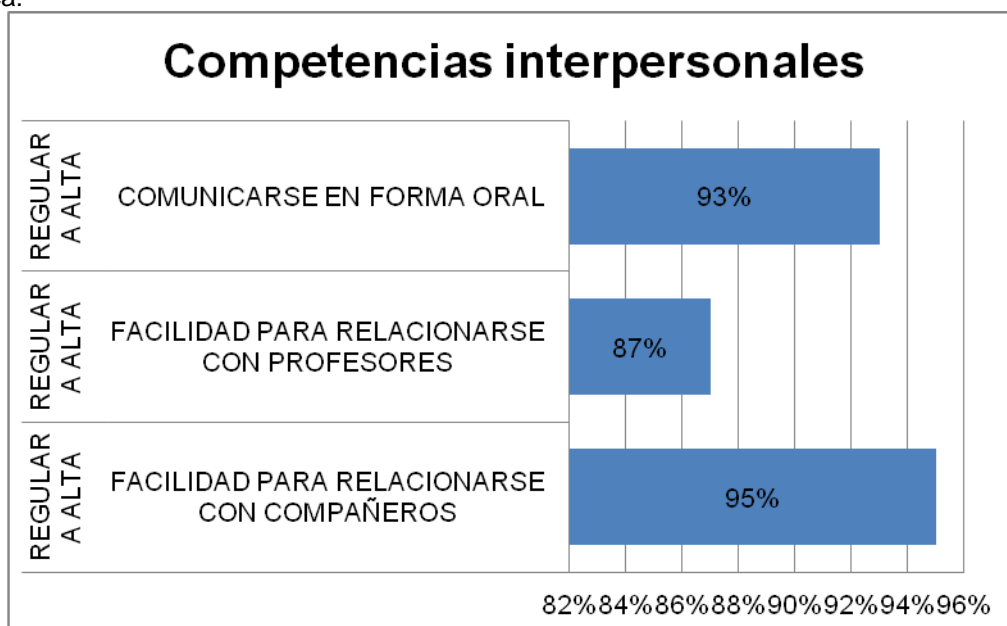


Grafica 1. Resultados de la apreciación de las competencias instrumentales

Competencias interpersonales

Los resultados muestra que los alumnos perciben que:

- Las competencias relativas a las cualidades individuales para relacionarse con sus compañeros y profesores, así como para comunicarse en forma oral son de un nivel alto según se puede apreciar en la siguiente gráfica:



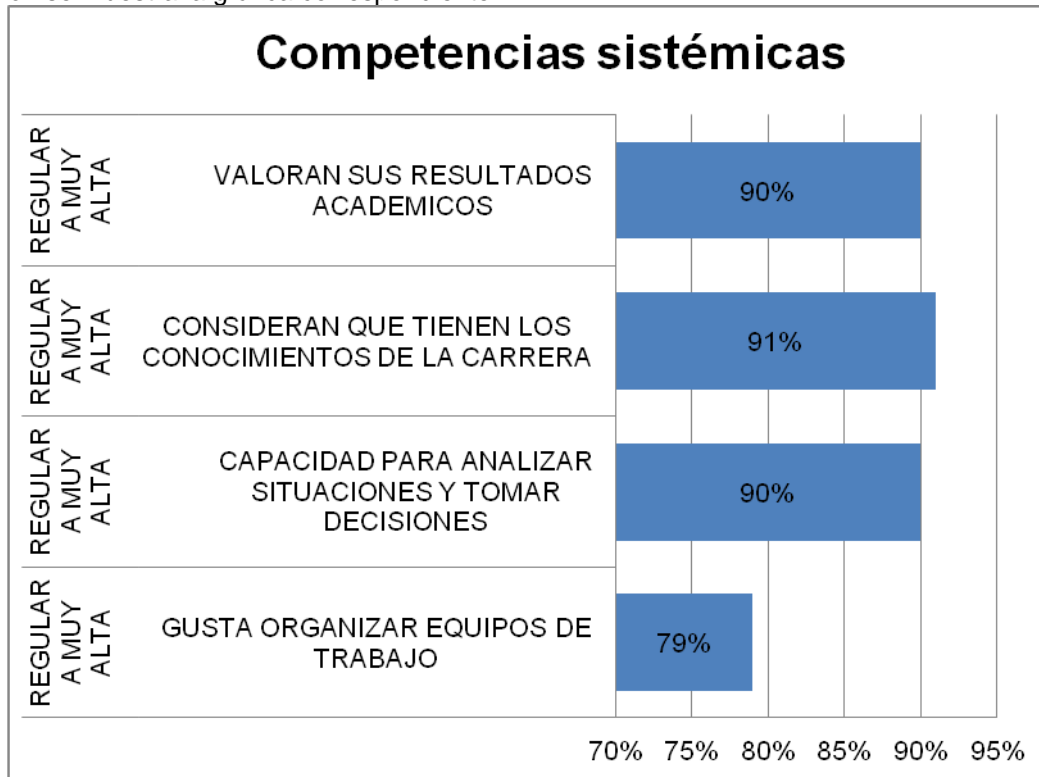
Grafica 2. Resultados de la apreciación de las competencias interpersonales

Competencias sistémicas

Los resultados muestra que los alumnos perciben que:

- La competencia para organizar trabajos en equipo, varía de regular a alta en un 79%. Así mismo, el 91% de las opiniones consideran poseer un nivel de regular a muy alto, con respecto a los conocimientos de la carrera que están cursando.
- El 90% de las opiniones de los estudiantes van de regular a muy alto en lo que respecta al gusto para analizar situaciones y tomar decisiones (resolver problemas) en las diferentes asignaturas que cursaron del área de Ciencias Básicas.

A continuación se muestra la gráfica correspondiente:



Grafica 3. Resultados de la apreciación de las competencias sistémicas

Conclusiones

Competencias instrumentales

Los estudiantes clasifican como regular el nivel de conocimientos y habilidades matemáticas adquiridas en el bachillerato y los docentes del departamento de Ciencias Básicas observan que dicha situación no favorece el aprendizaje exitoso, ya que permea en todas las asignaturas de dicho departamento y afecta desfavorablemente no sólo el aprendizaje sino también los índices de reprobación.

Posteriormente cuando los estudiantes ya han cursado asignaturas de Ciencias Básicas opinan que los conocimientos y habilidades matemáticas son de nivel alto, se puede inferir que esta es una de las razones por las cuales avanzan con mayor seguridad y mejores resultados (menores índices de reprobación) en las asignaturas del área de especialidad.

Según su propia apreciación, los alumnos consideran tener un alto grado de desenvoltura y habilidades para realizar presentaciones después de cursar asignaturas de Ciencias Básicas y, efectivamente los docentes observan que dichas habilidades mejoran en gran manera al comparar el desempeño de los estudiantes en los primeros semestres y posteriormente, a la mitad de su carrera cuando es posible percibir en los estudiantes mejor comunicación tanto oral como escrita en su propia lengua.

Por otra parte, aunque se aconseja a los estudiantes y la planificación de los cursos de Ciencias Básicas señala hacia el desarrollo de habilidades para que distribuyan adecuadamente su tiempo se observa que aún se encuentra muy distante el desarrollo de esta competencia, sin embargo les restan varios semestres para su mejoramiento. Además se han implementado en el ITC cursos dirigidos a que los estudiantes aprendan a hacer un buen uso de su tiempo y puedan atender adecuadamente sus actividades académicas y ver los resultados

reflejados en un mejor desempeño escolar.

Los estudiantes manifiestan organizar adecuadamente su tiempo para realizar todas sus actividades relevantes en las asignaturas, sin embargo, es posible obviar que la mayoría realiza sus actividades con poca anticipación y con gran deficiencia en la planeación de las mismas.

Una conclusión importante es que los alumnos opinan que tienen un bajo desarrollo en la competencia del dominio de una segunda lengua. Es necesaria una acción conjunta de los diversos docentes que imparten asignaturas tanto de Ciencias Básicas como de especialidad para fortalecer el desarrollo de esta aptitud, ya que es una de las competencias que más importancia tienen en el actual ámbito científico y laboral globalizado, que requiere no únicamente la consulta de libros y/o artículos en otros idiomas (principalmente el inglés) sino las relaciones interpersonales con hablantes de diversas lenguas.

Con lo anteriormente expuesto se concluya que los alumnos perciben un cierto grado de desarrollo en las competencias instrumentales, sin embargo el estudiante reconoce que aún le hace falta mejorar, lo cual será posible propiciar y lograr mientras transita por las asignaturas restantes de su especialidad.

Competencias interpersonales

Los estudiantes tienen muy buenas opiniones respecto a sus habilidades para relacionarse y comunicarse de manera oral con compañeros y profesores. Tal vez el ITC ha ofrecido un ambiente propicio para el desarrollo de relaciones sociales e integración de diversos colectivos, sin embargo, deben atenderse los comentarios de los diversos empresarios que manifiestan carencias en este aspecto así como vocabulario limitado en los egresados contratados.

Competencias sistémicas

Los estudiantes perciben que han desarrollado sus capacidades relativas a la combinación de entendimiento, sensibilidad y conocimiento. De acuerdo a los expertos la adquisición de competencias sistémicas se favorece una vez que se han desarrollado, en buen grado las interpersonales y las instrumentales. Aunque las apreciaciones de los alumnos manifiestan un excelente desarrollo de las competencias sistémicas es posible apreciar que todavía existen bastantes áreas de oportunidad en la adquisición de las competencias interpersonales e instrumentales para favorecer así, el logro de la adquisición de las competencias sistémicas.

Se coincide con la opinión de Núñez y col. (2008) en la que señalan que la calidad en educación superior se debe orientar hacia la mejora continua, para lo que es necesario que las instituciones cumplan las exigencias de las sociedades modernas, se comprometan con los valores públicos y no únicamente consideren como desempeño de calidad criterios técnicos y abstractos que no tienen nada que ver con la realidad laboral.

Las IES deben cumplir con la exigencia, más que llamado que emiten las sociedades actuales, se requiere el egreso de profesionistas cuyo desarrollo integral se haya previsto y completado para dar a la sociedad individuos que efectivamente ayuden al desarrollo comunitario.

Se considera que los estudiantes que participaron en el presente estudio han logrado beneficiarse por el sólo hecho de responder al cuestionario ya que han tomado conciencia del nivel de desarrollo de las competencias consideradas y éstas han ganado importancia como elementos básicos, con los que es necesario egresar si desean emplearse y desempeñarse con mayores probabilidades de éxito en un mundo globalizado como el actual y en un país con grandes retos laborales como lo es México.

Referencias

- Aguerro, I. (2009). *Conocimiento complejo en competencias educativas*. Ginebra, Suiza
- Aneas Álvarez A. (2003). *Competencias profesionales. Análisis conceptual y aplicación profesional*. Barcelona, España.
- Blas F. De A. (2007). *La formación profesional basada en competencia*. Alianza editorial. Madrid, España. Recuperado el 2 de agosto de 2012, de:
http://201.147.155.194/cb/comunidad/docentes/pdf/Reforma_curricular/Marco_Curricular_Comun%20MCC.pdf
<http://www.science.oas.org/Ministerial/Inge/ElSalvador-Dr.%20Nieto-Ponencia%20Quetzaltenango.pdf>.
- Martín, González, Herrero, Mozo y Quintano. (2008). *Desarrollo y Evaluación de Competencias Genéricas (INECE 08)*. Universidad de Valladolid. España. Recuperado el 4 de agosto de 2012, de:
[http://www.dte.eup.uva.es/menchu/index_archivos/principal_archivos/docs/INECE%2008/Desarrollo_y_evaluacion\(MARTIN\).pdf](http://www.dte.eup.uva.es/menchu/index_archivos/principal_archivos/docs/INECE%2008/Desarrollo_y_evaluacion(MARTIN).pdf)
- Moreno, Martínez y Muñiz. (2004). *Directrices para la construcción de ítems de elección múltiple*. Psicothema. Vol 16 No. 3 pp. 490-497. Universidad de Sevilla- España.
- Murillo Torrecilla. *Cuestionarios y escalas de actitudes*. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- Nieto Lovo, M. R. (2004). *El papel de las Ciencias Básicas en la enseñanza de la ingeniería*. 1°

Congreso de la enseñanza de la ingeniería. Quetzaltenango. El Salvador.

- *Perfiles de egreso de las carreras del Instituto Tecnológico de Celaya.* (2010).
- Sistema Nacional de Bachillerato. (2007). *Marco Curricular Común, una elaboración colectiva.* Recuperado el 14 de agosto de 2012, de:
http://servicios.encb.ipn.mx/tutorias/formatos/LECTURA_TUTO/MARCO_CURRICULAR%20COMUN.pdf
- Solanes, Núñez & Rodríguez. (2008). *Elaboración de un cuestionario para la evaluación de competencias genéricas en estudiantes universitarios.* Colegio Oficial de Psicología de Andalucía Occidental & Universidad de Sevilla. España.
- Vera, Estévez & Ayón. (2010). *Percepción de estudiantes universitarios sobre la importancia y realización de competencias genéricas.* Revista de Educación y Desarrollo 15. Octubre-Diciembre. Sonora, México. Recuperado el 25 de febrero de 2013, de:
http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/15/015_Vera.pdf

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

“Proyecto educativo en estancias infantiles Para potenciar el conocimiento”

C. Y. Jiménez Osorio^{1*}, E. Osorio Barradas², I.J.E. Rivas Jimenez³,

¹Estancia Infantil Yoltzin, Tecamalucan Acultzingo, Ver. Calle Francisco I. Madero # 7“A”, C.P. 94762, México.

²Coordinadora de Investigación Educativa, Instituto Tecnológico de Orizaba, Ote 9 # 852, Orizaba Ver., México

³Estudiante de Maestría en Ingeniería en sistemas computacionales, Instituto Tecnológico de Orizaba, Ote 9 # 852, Orizaba Ver., México

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El propósito de esta investigación es potenciar el conocimiento que se adquiere y se desarrolla en los niños(as) antes de los cuatro años de edad, que asisten a las estancias infantiles, a través de un proyecto educativo, el cual engloba las áreas motriz, social, cognitiva y emocional.

Al interrelacionar estas cuatro áreas, los niños(as) adquieren las herramientas necesarias para enfrentar la vida cotidiana, aprenden a resolver situaciones, en donde cuestionan, analizan, investigan, descubren y reflexionan, dándole un significado a su realidad, resaltando que toda actividad se encuentra basada en el respeto y en los propios intereses, por ello es labor importante de su guía encontrar el equilibrio entre las necesidades básicas de cada infante y su proceso de aprendizaje.

Esta etapa es el eslabón inicial y la base del proceso de enseñanza aprendizaje de todo ser humano, por ello la importancia de desarrollar un proyecto educativo que pretende potenciar al máximo la capacidad de aprender que tienen los niños(as) en la Estancia Infantil Yoltzin, de Tecamalucan Acultzingo, Ver.

Palabras clave: *Potenciar y Conocimiento*

Potenciar: *Aumentar fuerza o el poder a una cosa. (Incrementar la que tiene)*

Dotar de la fuerza o ayuda necesaria para que una cosa crezca, se desarrolle o tenga éxito.

Fortalecer o aumentar.

Conocimiento: *Facultad humana de aprender, comprender y razonar.*

Conjunto de información almacenada mediante la experiencia o el aprendizaje.

Abstract

The purpose of this research is to potentiate the knowledge acquired and developed in children (as) before four years of age, attending childcare facilities, through an educational project, which includes motor areas, social, cognitive and emotional.

By interrelating these four areas, children (as) acquire the necessary tools to face everyday life, learn to solve situations where question, analyze, investigate, discover and reflect, giving meaning to their reality, noting that all activity is based on respect and self-interest, so it is important to work your guide to find the balance between the basic needs of each child and their learning process.

Introducción

La familia es la primera institución encargada de educar al niño(a) desde su nacimiento hasta su ingreso a la escuela. Debido a la necesidad de las madres de familia a insertarse al mercado laboral, los tiempos de permanecer en casa se han modificado, desde muy pequeños los niños(as) han tenido que dejar sus hogares mientras la mamá trabaja.

Desde hace tiempo el cuidado de los niños(as) en estancias infantiles ha dejado de ser un centro donde se “guardan”, se les asiste, se les cuida y se les alimenta, mientras sus padres trabajan. Hoy en día la vida

exige y necesita mucho más que eso, los niños(as) han evolucionado a la par de la vida, exigen, preguntan, piden, actúan, reflexionan, etc., La atención de las necesidades básicas: alimento, higiene, cuidado, protección, ya no son suficientes.

Por eso fue importante crear y desarrollar un proyecto educativo para niños(as) de 1 a 4 años de edad, ya que aparte de satisfacer las necesidades básicas, también se atiende las áreas sociales, motrices, emocionales y cognitivas de los niños(as) que están en esta etapa, siendo necesario planear y organizar todas las actividades, tanto de asistencia y cuidado como las pedagógicas a través de las cuales los niños y niñas organicen la realidad, con conocimientos significativos y útiles en su vida.

Área social:

En esta área se trabaja la integración del niño a la sociedad, conoce normas y reglas, adquiere hábitos, aprende que no es un ser único y que existen más "yo" con los que debe compartir y convivir, aprende a adaptarse y a conocerse a sí mismo y a los demás, conoce y aplica valores que regulan su conducta, se trabaja para que los niños y niñas logren la conquista de la seguridad, la confianza, la responsabilidad y la autonomía,

Los contenidos del área social permitirán a los niños conocer, utilizar y reflexionar sobre la importancia de ser parte de una sociedad, el compartir con los demás, respetando las diferencias sociales y culturales; aplicando valores cívicos y sociales, reglas y normas que les permiten la inserción a su contexto, para transformarse en agentes de cambio para esta sociedad que reclama urgentemente personas comprometidas con su entorno.

Área motriz:

Esta área tiene como objetivo primordial desarrollar la capacidad motora, adquirir destrezas y habilidades que repercutirán en definitiva en la vida de los pequeños, ya que el movimiento es aprendizaje, si un cuerpo se desarrolla, también se desarrolla el cerebro.

Esta área hace uso de experiencias significativas en las que intervienen los sentidos, la percepción y el gusto por la exploración, el descubrimiento, el autocontrol, el juego y la expresión corporal, contribuyendo de manera permanente a un excelente desarrollo.

Cuando un niño se desarrolla físicamente, también se está desarrollando intelectualmente

Área cognitiva:

Los niños son seres en construcción, inteligentes, analíticos y reflexivos, por ello es importante la aplicación de métodos, técnicas y recursos que hagan atractivo el aprendizaje.

Los niños son seres en desarrollo que sólo necesitan de estímulos para potenciarse cognitivamente. Aprenden jugando, riendo, explorando, de manera innata, por ello es importante planear las actividades, llevándolas a cabo de manera agradable, atractiva, con significados reales, que permitan resolver situaciones reales.

La calidad de las experiencias y la adquisición de importantes herramientas de desarrollo cognitivo, permitirán a los niños y niñas, conocer y resolver situaciones que se le presenten en su vida cotidiana, experimentando el gozo del descubrimiento y la solución de problemas.

Área Emocional:

El manejo de las emociones son determinantes en el desarrollo e niños(as), el plantear situaciones de conflicto y aplicación de reglas, establecen las pautas de conducta para integrarse a la sociedad, para lo cual se consideran las siguientes bases:

1. Aprendizaje basado en problemas.
2. Inteligencia emocional.
3. Desarrollo y aplicación de situaciones de conflicto.

Es importante y necesario considerar a las estancias infantiles como el primer eslabón en el proceso educativo formal, evitando que los niños y niñas permanezcan varias horas en un lugar sin un objetivo concreto, realizando actividades aisladas que solo pretenden “entretenerlos” mientras sus padres llegan por ellos. Se puede considerar que cuando los niños interactúan con sus compañeros, están socializando y de hecho así es, desde el momento en que el niño se separa de su entorno familiar empieza una lucha por su autonomía, sin embargo las actividades de guarda, asistencia, protección y vigilancia que se ofrecen en las guarderías y estancias infantiles, no explotan las capacidades intelectuales de los niños.

Cuando se habla de fracaso escolar no significa que el alumno haya “reprobado” precisamente el nivel que ha cursado (que incluso puede ser el profesional), este fracaso surge desde la raíz, y es precisamente la infancia la raíz que pudo no haber consolidado de manera eficaz.

En los primeros años de un infante es cuando se establecen las conexiones neuronales que le permitirán enfrentar su vida futura. Muchos estudios demuestran que estas conexiones no se forman de manera espontánea, sino por los estímulos del medio circundante de los niños(as), por lo tanto todas aquellas actividades enriquecidas que en esta edad se desarrollen, serán trascendentales en su vida futura.

Las Estancias Infantiles podrán ser instituciones educativas formales que trabajen de manera conjunta la función socializadora con la función pedagógica, que fusionadas contribuyan a la construcción del conocimiento de los niños(as) mediante un proceso de enseñanza- aprendizaje enriquecido.

Metodología(Los títulos de esta sección son ilustrativos)

La metodología utilizada en la realización del “Proyecto educativo en Estancias Infantiles para potencializar el aprendizaje” es la siguiente:

- ❖ Análisis y diagnóstico de la conducta que tienen los menores al ingresar a la Estancia Infantil.
- ❖ Análisis de los factores que influyen en la personalidad de niños y niñas que asisten a la estancia Infantil.
- ❖ Análisis del perfil de ingreso que se requiere para el nivel preescolar.
- ❖ A partir de los análisis anteriores se estructuró un proyecto educativo para potencializar el aprendizaje de niños y niñas.
- ❖ Se diseñó un proyecto educativo el cual contempla las 4 áreas donde niños y niñas se desenvuelven (social, cognitiva, motriz y emocional).
- ❖ Se implementa a través de asignaturas en horarios y tiempos específicos de tal forma que no se descuiden las necesidades básicas de atención de los menores.
- ❖ El proyecto educativo se aplica anualmente a través de un período de tres años.
- ❖ El proyecto educativo se desarrolla a través de actividades dinámicas, con juegos y con problemáticas que el niño(a) enfrenta en su vida cotidiana, para que de esta forma pueda darle un significado real a lo que conoce, lo que aprende y lo que necesita conocer.

Resultados y discusión

El proyecto educativo “ potencializar el conocimiento” en niños de 1 a 4 años desarrollado en la Estancia Infantil Yoltzin, en la localidad de Tecamlaucan perteneciente al municipio de Acultzingo, Ver., inicia el 2 de Julio del 2007 y del cual se obtienen los siguientes resultados.

1. Han egresado 6 generaciones.

2. Los alumnos egresados han alcanzado los primeros lugares en los grados posteriores.
3. En entrevista a docentes de nivel preescolar, manifiestan que existe una enorme brecha entre los alumnos que asistieron a la Estancia Infantil y los que no, ya que han consolidado hábitos, valores, habilidades, aptitudes y destrezas, lo cual se manifiesta con su conducta y desempeño.
4. Actualmente la Estancia Infantil es considerada como una institución educativa, la cual ha impactado fuertemente a la localidad.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

De acuerdo a la experiencia adquirida con base al desarrollo del proyecto se dan las siguientes recomendaciones y/o sugerencias.

1. El perfil de las Responsables de las Estancias Infantiles deberá ser como mínimo nivel bachillerato técnico en el área de la educación, actualmente el nivel mínimo que se requiere es secundaria.
2. Es necesario que las titulares de grupo (profesoras), tengan como nivel mínimo bachillerato técnico en educación, ya que son ellas las que aplican directamente el proyecto con los alumnos.
3. Es importante se evalué mensualmente el desempeño del personal para dar calidad al proceso de enseñanza-aprendizaje.
4. En el proyecto las titulares de grupo son ejes centrales, ya que son las que se encargan de planear y enriquecer las actividades con materiales, estrategias y métodos para enriquecer el proyecto.
5. Los espacios deben ser amplios, ventilados y acordes para las actividades.
6. Debe haber una evaluación permanente del desempeño y desarrollo de los niños(as), con la finalidad de detectar oportunamente deficiencias que impiden su pleno desarrollo.
7. Es importante equilibrar la atención de las necesidades básicas y el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que siempre será prioritario la integridad de los niños(as) que asisten a la Estancia Infantil.
8. La vinculación con la familia es indispensable, ya que sin la coordinación y el compromiso de los padres, sería imposible consolidar el proyecto.

CONCLUSIONES

La guardería y estancia infantil Yoltzin, ubicada en la localidad de Tecamalucan, Acultzingo, Ver., ha representado indudablemente un impacto social en la localidad, ya que al ser una comunidad rural se han tenido que romper paradigmas en cuanto al ingreso de los niños a una institución encargada específicamente en la atención de ellos, porque a pesar de tener la necesidad, las madres de familia y sobre todo los abuelos consideran que en dichas instituciones los niños no son atendidos como es debido, a pesar de que sus padres tienen que trabajar y dejar a sus hijos con familiares, vecinos o amigos que ponen en riesgo la integridad de los menores.

Al desarrollar el proyecto, nos queda claro que los niños y niñas que asisten a la Estancia Infantil Yoltzin tienen una inmensa capacidad de aprendizaje, que son potencialmente inteligentes, lo cual hace necesario y urgente desarrollar actividades interesantes, organizadas y atractivas que contribuyan a su desarrollo integral.

El proyecto ha trascendido a muchos lugares, se reconoce nuestro trabajo porque los niños que han egresado innegablemente sobresalen en los ambientes donde se desenvuelven, utilizan un nivel de lenguaje enriquecido, cuestionan, participan y son sociables y de alguna manera han logrado la conquista de la autonomía necesaria para desenvolverse en otros ámbitos.

La Estancia Infantil Yoltzin es considerada una institución educativa en la localidad, se nos invita a participar en actos y actividades cívicas, culturales y sociales, en donde la participación de los pequeños es notable y de reconocimiento por parte de autoridades educativas, sociales y municipales.

La viabilidad de este proyecto es muy grande, debido a que pertenece a un programa de gobierno federal, en apoyo a madres trabajadoras y estudiantes y padres solteros de escasos recursos.

Referencias

Libros:

- 1) Bruger, Walter 1988, Diccionario de filosofía.
- 2) Bruner, E.(1986).Etnography as narrative. En V.Turner y E. Bruner (comps).The anthropology of experiece. Chicago:University of Illinois Press.
- 3) Boyd, Richard. 1991 (1993). *Confirmation, Semantics, and the Interpretation of Scientific Theories. The Philosophy of Science*. Mit Press. Cambridge.
- 4) Carrillo Landeros, Ramiro, Metodología y Administración, Edit. LIMUSA, Mexico,1992.
- 5) Enciclopedia Salvat Diccionario, tomo 4, 5 y 10.
- 6) Ferrater Mora José. “*Diccionario de Filosofía*”. Ed. Alianza Editorial. México, 1984.
- 7) Gutiérrez Gabriel, Metodología de las ciencias sociales, , HARIA, 1984
- 8) Gutierrez Pantoja, Gabriel. Metodología de las Ciencias Sociales II. HARLA, S.A. de C.V. México 1986.
- 9) Hessen Juan, Teoría del conocimiento. Editorial Porrúa, “Sepan Cuántos ... 351” México 1982.
- 10) HessenJuanTeoría del conocimiento., ,Ed. Quinto sol.
- 11) Hempel, Carl. 1965 (1988). La Lógica de la Explicación. pp. 247-253. **La Explicación Científica**. Editorial Paidós. Barcelona.
- 12) La Filosofía Científica de Hans Reichenbach. Editorial Fondo de Cultura Económica, Sección de obras de filosofía. Segunda edición 1967.
- 13) Nueva Enciclopedia Temática de Filosofía. Ed. Nuevo Mundo. España, 1986.
- 14) Norton Peter Introducción a la computación..Edt. Mac Graw Hill.
 - 15) Quiñones, A (1996). Mecanismos Generativos en Anormalidad. Seminario en bases biológicas del conocer y de la comunicación humana. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
 - 16) Raymond, Eric. The New Hackers Dictionary. The MIT Press, 1991. (La version electrónica "Jargon File Resources" Collins, English Dictionary. Colin Smith. Ed. Rand McNally.
 - 17) Runes, Dagobert D. 1991, Diccionario de filosofía.

Documentos electrónicos:

- 18) Raymond, Eric. The New Hackers Dictionary. The MIT Press, 1991. (La versión electrónica "Jargon File Resources" Collins, English Dictionary. Colin Smith. Ed. Rand McNally.
- 19) <<http://www.kevinmitnick.com>>
- 20) <<http://www.olivet.com/estruc/doctxt06.htm>>
- 21) <<http://www.onething.com/archive/>>
- 22) <<http://www.globaldrome.org/cibercultura/textos/crackdown.html>>
- 23) <<http://hg.hypermart.net/razones.html>>
- 24) <<http://www.2600.com>>
- 25) www.lanzadera.com/chimo/

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Uso de las TIC en la enseñanza de las asignaturas de ciencias básicas

E.B. Villalobos Oliver¹, M.P. Meléndez Aguilar¹, M. T. Villalón Guzmán¹.M. del C. Cornejo Serrano¹.P.T. Gutiérrez Rosas.

¹Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Celaya, Av. Tecnológico y Antonio García Cubas, C.P. 38010, Celaya, Gto., México. eloisa.villalobos@itcelaya.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa.

Resumen

En las instituciones educativas se ha presentado una problemática generalizada respecto a los bajos los índices de aprobación de las materias de Ciencias Básicas. Hay investigaciones sobre el uso de los recursos provenientes de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), que han presentado resultados positivos, como elemento de apoyo al aprendizaje, en particular en asignaturas del área de Ciencias Básicas, cuando se usan como un elemento integrado en un marco de desarrollo.

En este trabajo se presenta un estudio para conocer el nivel de implementación de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Básicas, a partir de un cuestionario aplicado a los estudiantes de las diferentes ingenierías que se imparten en la institución después de haber cursado las asignaturas del área de Ciencias Básicas.

Los principales resultados muestran el impacto del uso de las TIC como herramienta para la enseñanza de las Ciencias Básicas, lo cual plantea cambios en el sistema educativo, en los diseños curriculares, y en la cultura del docente quien debe romper con el modelo tradicionalista que impera hoy en día.

Palabras clave

Tecnologías de la información y comunicación, rendimiento escolar, aprendizaje.

Abstract

At schools there has been a widespread problem from the low approval ratings of the subjects of Basic Sciences. There is research on the use of the proceeds of the technologies of information and communication technologies (ICT), which have reported positive results, as a support to learning, particularly in subjects in the area of Basic Sciences, when used as an element integrated development framework. This paper presents a study to determine the level of implementation of ICT in the teaching of basic sciences, from a questionnaire given to students from different engineering taught at the institution after having studied the subjects of Basic Sciences area.

The main results show the impact of using ICT as a tool for teaching basic sciences, which presents changes in the educational system, curriculum design, and culture of the teacher who must break the traditionalist model that prevails today.

Introducción

Las Instituciones de Educación Superior (IES) desempeñan un rol fundamental en la formación de recursos humanos del más alto nivel, y en el desarrollo, la transferencia y la adaptación de tecnología, de manera que se dé respuesta a los requerimientos de la sociedad moderna. Las universidades son reconocidas cada vez más como instrumento de desarrollo de ciudades, regiones y países, y están consideradas como un factor clave para incrementar la competitividad y calidad de vida.

En México, los desafíos que enfrenta la educación superior son numerosos y muy variados, las cambiantes circunstancias del entorno representan oportunidades y amenazas, ante las cuales deben buscarse soluciones creativas y significativas, ya que en esta era de la sociedad del conocimiento, el desarrollo de las naciones sólo podrá darse reconociendo el valor estratégico del conocimiento y la información, aspectos en los cuales las instituciones de educación superior deben desempeñar un papel preponderante.(Díaz de Cossio:1998)

Las IES tienen la misión de preparar a los líderes que tomarán decisiones relacionadas con el desarrollo de un país, entre otros retos que actualmente impone la sociedad del conocimiento, lo cual hace necesaria la realización de una profunda reflexión a fin de orientar el desarrollo de las IES, de modo que sea congruente con las necesidades de los nuevos profesionales que el entorno demanda.

Entre los principales problemas de la educación superior en México, se cuentan los altos índices de reprobación especialmente en las asignaturas de Ciencias Básicas, la deserción de estudiantes y la baja eficiencia terminal de los egresados, los cuales se atribuyen a varias causas, entre las que figuran la rigidez y especialización excesiva de los planes de estudio, los métodos obsoletos de enseñanza-aprendizaje, el proceso de evaluación

de los estudiantes, la escasa vinculación entre la teoría y la práctica, la poca capacitación de los docentes en el manejo de las tecnologías de información, la falta de programas de apoyo a los estudiantes, el rol inadecuado del profesorado ante las necesidades actuales de aprendizaje y una orientación vocacional deficiente.

El desafío para las IES es el de enfrentar un mundo en el cual los sistemas productivos están en permanente transformación. Cabero (2001) afirma que: “Los cambios en las comunicaciones han modificado la forma de percibir el tiempo y las distancias, a la vez que abren nuevas perspectivas para la docencia y la investigación”.

Para la generación del conocimiento se establece una relación entre la educación superior y las TIC requiriéndose para esto una formación integral, eficiente, aprendizaje constante, desarrollo de habilidades para la búsqueda, selección, organización y uso eficaz de la información, trabajo en equipo y responsabilidad en la toma de decisiones.

Las IES deben implementar un modelo donde se sintetice, se gestione y se dirija la investigación hacia las necesidades de su entorno como un catalizador para la producción de conocimiento. Las TIC no sólo van a incorporarse a la formación como contenidos a aprender o como destrezas a adquirir, serán utilizadas de modo creciente como medio de comunicación al servicio de la formación. Las aulas virtuales, la educación en línea a través de redes informáticas, es una forma emergente de proporcionar conocimientos y habilidades a amplios sectores de la población. Las instituciones que ofrecen formación presencial están comenzando a utilizar las nuevas tecnologías como recurso didáctico y como herramienta para flexibilizar los entornos de aprendizaje. En la actualidad hay programas mixtos, en los que estudiantes asisten a unas pocas clases y siguen formándose en sus casas o puestos de trabajo a través de cursos en línea de la institución, accediendo a los profesores cuando lo necesiten.

Esta nueva visión está propiciando la aparición de nuevos tipos de instituciones educativas, que hacen posible comunicación entre profesores y estudiantes, entre los propios estudiantes, de modo sincrónico y asincrónico.

Estos nuevos entornos exigen nuevos roles de profesores y estudiantes, donde el docente pasaría de ser la fuente única de información al papel de facilitador y consejero sobre fuentes apropiadas de información; el de creador de hábitos y destrezas en la búsqueda, selección y tratamiento de la información, y el alumno se transformaría de mero receptor pasivo a agente activo en la búsqueda de un aprendizaje significativo.

De lo anterior se desprende la necesidad de incorporar las TIC al desarrollo profesional de los docentes. Es necesario que éstos conozcan y manejen equipos tecnológicos, ya que el actual desafío está, sobre todo, en conseguir que los profesores y futuros profesores reflexionen y comprendan cómo los estudiantes de hoy están aprendiendo con la presencia cotidiana de la tecnología. Esto que hasta hace poco se denominaban “nuevas” o “modernas” tecnologías de información y comunicación, ya son parte de la rutina diaria de las personas, en particular de los jóvenes, que acceden cada minuto a formas de comunicación tecnológica.

Objetivos

Objetivo general:

Determinar el nivel de inserción de las TIC en las asignaturas del departamento de Ciencias Básicas.

Objetivos específicos:

- Determinar el nivel de desarrollo de la competencia en el uso de las TIC en los estudiantes que cursaron asignaturas de Ciencias Básicas.
- Conocer los usos que le dan a las TIC los estudiantes que cursaron asignaturas de Ciencias Básicas.
- Conocer la percepción de los estudiantes sobre los beneficios del uso de las TIC en sus procesos de enseñanza y aprendizaje.

Metodología

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de una investigación descriptiva, en la que se aplicó un cuestionario de a los estudiantes de 4º y 5º semestre de las carreras del ITC (se seleccionaron estos semestres porque es cuando la mayor parte de los estudiantes han cursado todas las asignaturas del área de las ciencias básicas). Se seleccionaron dos grupos de cada especialidad, los cuales son representativos de la población de los alumnos que cursaron las últimas asignaturas de Ciencias Básicas.

Instrumento

Se diseñó un cuestionario que consta de 64 preguntas, las primeras 8 permiten obtener información relacionada con el uso de las TIC y las preguntas restantes tienen respuestas tipo likert de cuatro opciones para obtener información relativa a: acceso a las TIC, para qué son utilizadas, desde cuál nivel de estudios son utilizadas, para qué emplean la computadora, su percepción de las competencias informáticas y la opinión de los estudiantes sobre el uso de las TIC después de haber cursado las asignaturas del área de Ciencias Básicas. Las preguntas tienen opciones de respuestas que van desde el 1 (muy baja) a 4 (muy alta). El cuestionario fue

aplicado a cada grupo por los docentes de la investigación y la información fue procesada mediante el software SPSS.

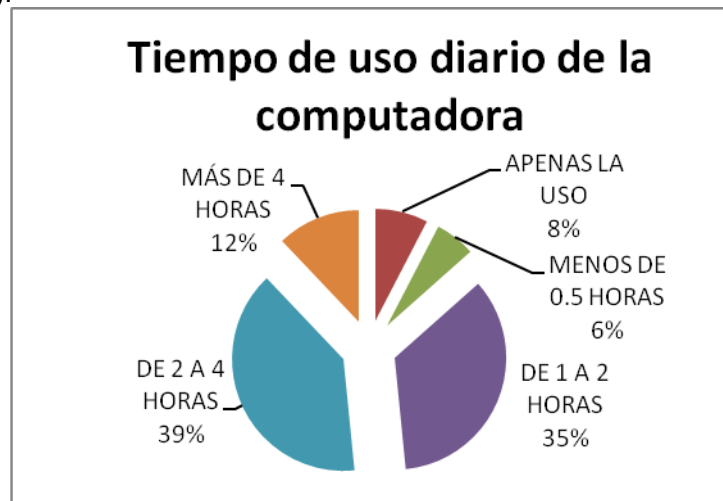
Procedimiento

El instrumento fue validado, la prueba de fiabilidad de la escala de medida construida a partir de las variables observadas arrojó un coeficiente alfa Cronbach de 0.959.

Resultados

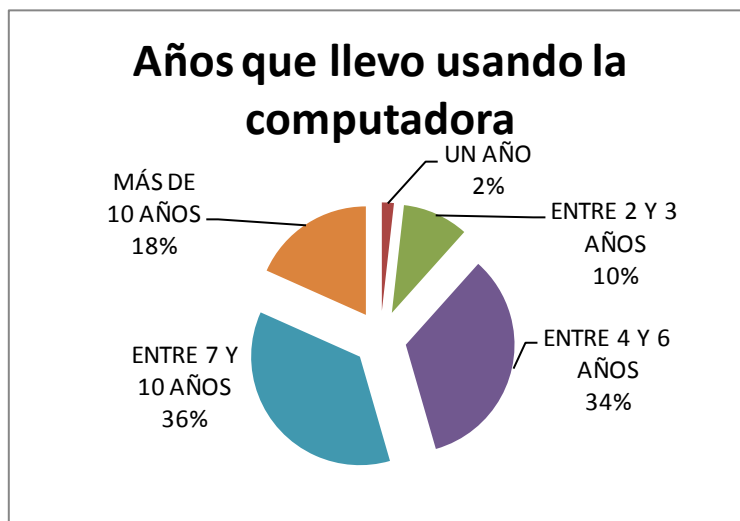
Debido a los requisitos de la extensión de esta publicación, a continuación se muestran solamente los resultados de la investigación que consideramos más representativos:

1. Los datos muestran que el tiempo que invierten los estudiantes frente a la computadora es de 2 a 4 horas (39%) y de 1 a 2 horas (35%). Esto refleja que la mayoría de los estudiantes invierte gran parte de su tiempo en esta actividad.(Gráfica 1).



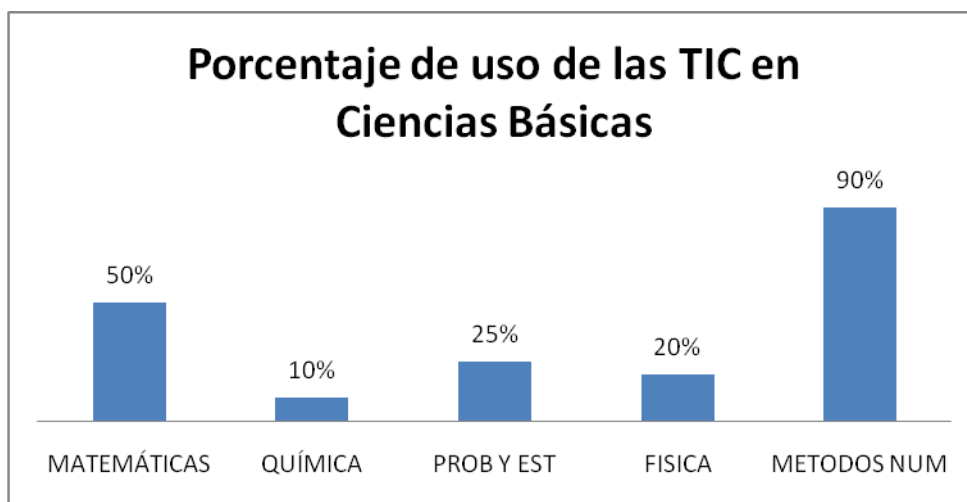
Gráfica 1. Tiempo de uso diario de la computadora

2. Con respecto al tiempo que llevan usando la computadora, los alumnos manifestaron que el 18% lleva usándola más de 10 años, el 36% lleva usándola entre 7 y 10 años y el 34% entre 4 y 6 años. Lo cual puede significar, basándose en la edad promedio que tienen (19 años), que la mayoría de los alumnos la han usado desde pequeños, y están muy familiarizados con su uso.(Gráfica 2).



Gráfica 2. Años que llevan usando una computadora

3. Con relación al porcentaje en que usan las TIC los profesores en la enseñanza de las materias de Ciencias Básicas, se observa que la asignatura en la que más se utiliza es Métodos Numéricos, debido a la naturaleza de ésta, ya que requiere el uso de programación y hojas de cálculo; en menor proporción en matemáticas (50%), en probabilidad y estadística (25%), en física (20%) y química (10%). (Gráfica 3).



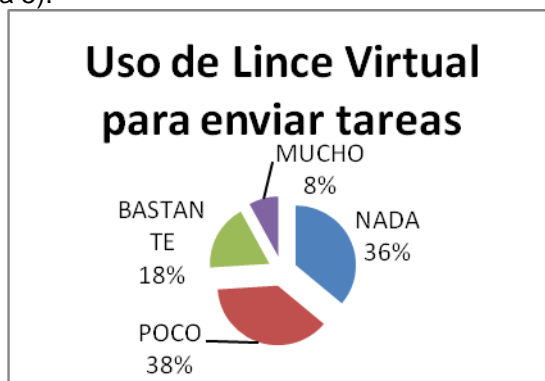
Gráfica 3. Porcentaje de uso de las TIC en las asignaturas de Ciencias Básicas

4. Con respecto al uso de internet para buscar información para sus diferentes materias, el 48% de los alumnos respondieron que utilizan bastante esta herramienta, mientras que el 41% respondieron que la utilizan mucho y solo el 11% respondió que las utiliza poco. (Gráfica 4).



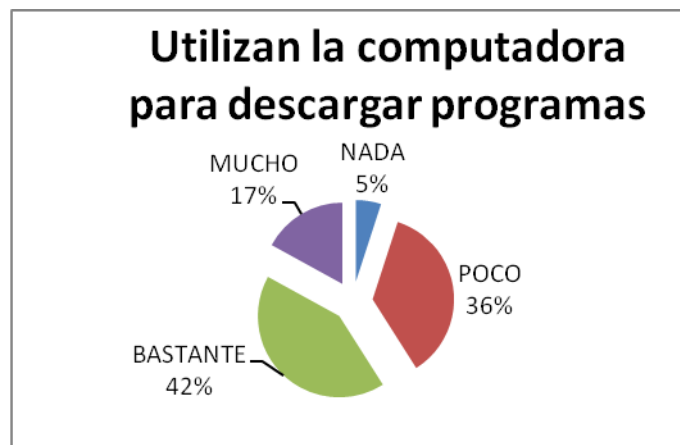
Gráfica 4. Uso de Internet para buscar información para sus materias.

5. Con respecto al uso de la plataforma Lince Virtual para enviar tareas, el 36% de los estudiantes respondieron que no las utilizan para esta actividad, el 38% respondieron que la utilizan poco, el 18% la utilizan mucho y solo el 8% la utilizan bastante. (Gráfica 5).



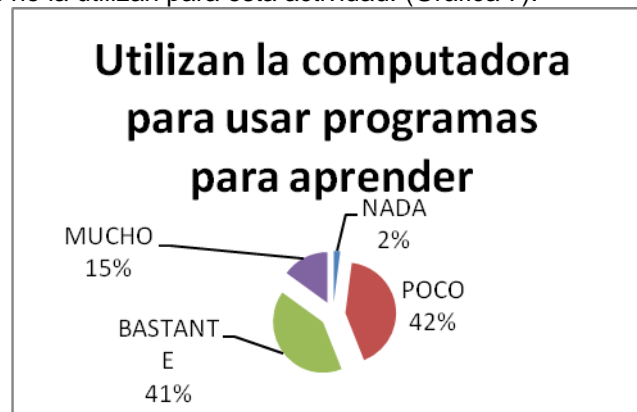
Gráfica 5. Uso de la plataforma Lince Virtual para enviar tareas.

6. Los datos muestran que el 42% de los estudiantes respondieron que utilizan bastante la computadora para descargar programas, el 17% la utilizan mucho, el 36% la utilizan poco y el 5% no la utilizan. (Gráfica 6).



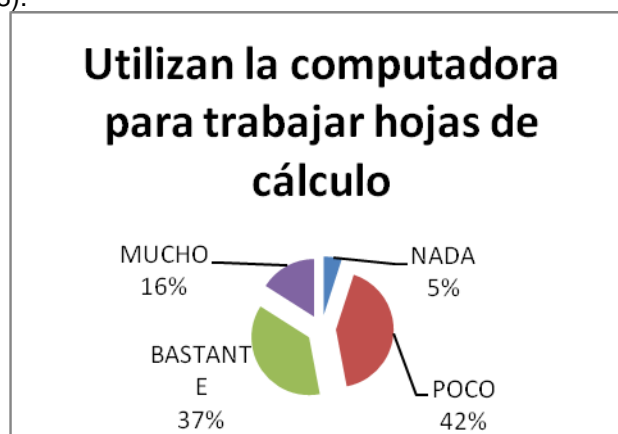
Grafica 6. Utilizan la computadora para descargar programas.

7. Acerca del uso de la computadora para usar programas para aprender, se observa que el 41% de los estudiantes respondieron que la utilizan bastante, el 15% de los estudiantes respondieron que la utilizan mucho, el 42% la utilizan poco y el 2% no la utilizan para esta actividad. (Gráfica 7).



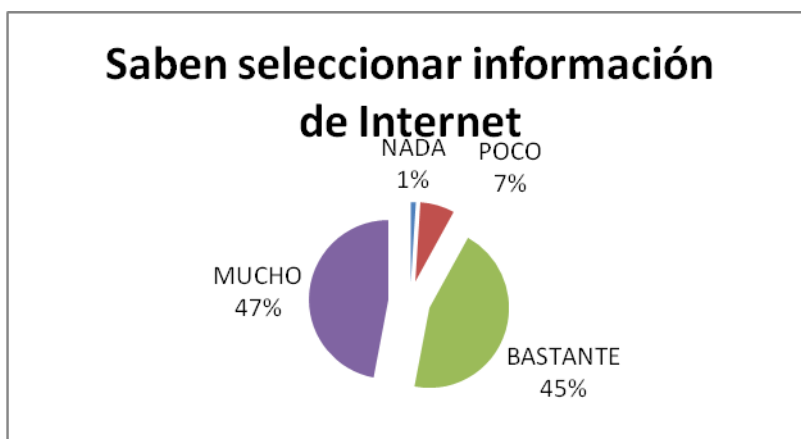
Grafica 7. Utilizan la computadora para usar programas para aprender.

8. Acerca del uso de la computadora para trabajar con hojas de cálculo, el 37% de los estudiantes respondieron que la utilizan bastante, el 16% respondió que la utilizan mucho, el 42% la utilizan poco y el 5% no la utilizan para esta actividad. (Gráfica 8).



Grafica 8. Utilizan la computadora para trabajar con hojas de cálculo.

9. Acerca de la percepción que tienen los estudiantes sobre el manejo propio de las TIC para saber seleccionar información de Internet, el 45% de los estudiantes respondieron bastante, el 47% respondieron mucho, el 7% respondieron poco y el 1% respondieron nada. (Gráfica 9).



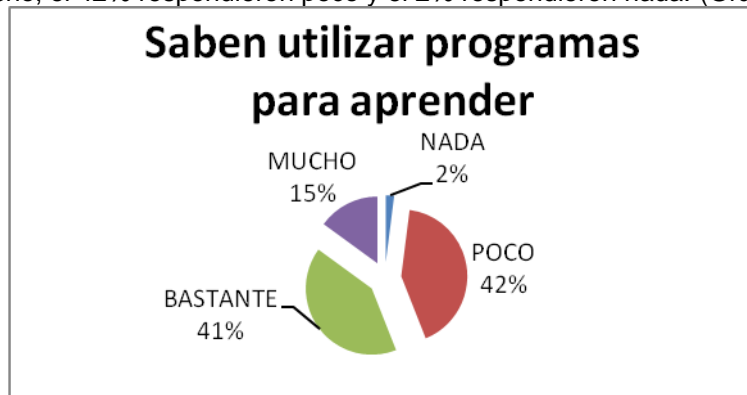
Gráfica 9. Percepción de los estudiantes sobre el manejo propio de las TIC para saber seleccionar información de Internet.

10. Acerca de la percepción que tienen los estudiantes sobre el manejo propio de las TIC para manejar las herramientas de la comunicación, el 50% de los estudiantes respondieron bastante, el 29% respondieron mucho, el 20% respondieron poco y el 1% respondieron nada. (Gráfica 10).



Gráfica 10. Percepción de los estudiantes sobre el manejo de las herramientas de la comunicación.

11. Acerca de la percepción que tienen los estudiantes sobre el manejo propio de las TIC para utilizar programas para aprender, el 41% de los estudiantes respondieron bastante, el 15% respondieron mucho, el 42% respondieron poco y el 2% respondieron nada. (Gráfica 11).

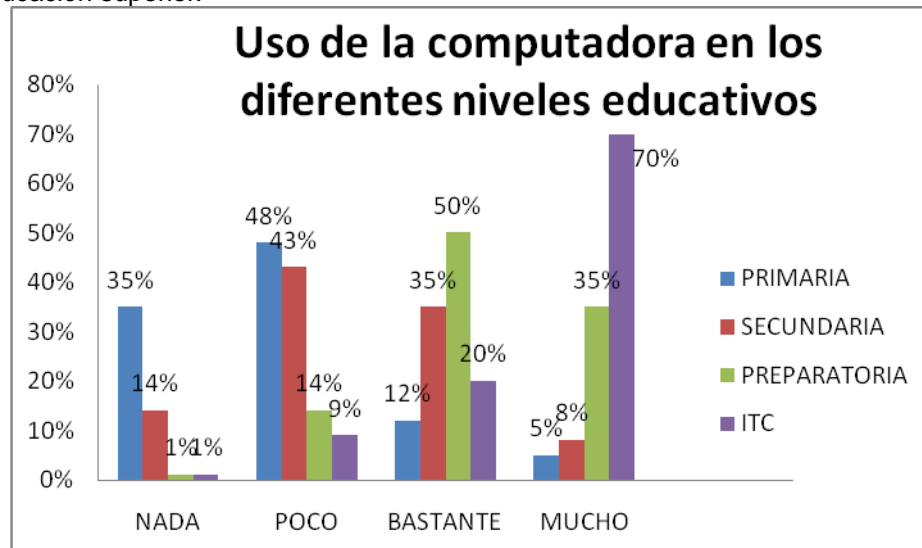


Gráfica 11. Percepción de los estudiantes sobre su capacidad para utilizar programas para aprender.

12. El 74% de los estudiantes opina que su rendimiento escolar ha mejorado gracias al uso de la computadora.

13. El 86% de los alumnos respondió que los profesores que imparten asignaturas de Ciencias Básicas, han integrado el uso de las TIC en los métodos de enseñanza.

14. En la gráfica 12 se muestra el nivel de uso de la computadora en los diferentes niveles educativos de su trayectoria académica, de lo cual podemos observar que el nivel de uso mucho se ha ido incrementando de un porcentaje muy bajo (1%) a un alto (70%) en su trayectoria desde la primaria hasta la educación superior.



Gráfica 12. Uso de la computadora en los diferentes niveles educativos.

Algunas opiniones de los estudiantes sobre el impacto que ha tenido el uso de las TIC en su vida cotidiana son: "Como herramienta en mi carrera es indispensable el uso de estas tecnologías para formarme como estudiante y en el futuro de mi vida profesional"

"Considero que ahora es muy importante tener Internet y computadora ya que por estos medios la gente se comunica muy fácil y es muy fácil copiar, mandar, imprimir, etc., cualquier cosa que necesitemos"

"Creo que me han ayudado a hacer más prácticas algunas tareas y trabajos, pero internet también es una distracción con las redes sociales"

"En mi opinión son de gran importancia y apoyo académico pues en ocasiones ayudan en la comprensión de temas no vistos completamente en clase."

"El uso de las TIC es muy importante en la vida cotidiana porque a través de ellas puedo mejorar académicamente mediante la búsqueda y recopilación de información para el desarrollo de conocimientos"

Conclusiones

La nueva generación de estudiantes ha crecido en la era de mayor desarrollo informático y ellos han utilizado sus herramientas desde edades muy tempranas, pero nos queda claro que no es suficiente con tener las tecnologías al alcance sino que también se hace necesaria cierta educación al respecto para que el tiempo que utilicen las TIC sea efectivamente de apoyo a su educación.

Las asignaturas de Métodos Numéricos y Matemáticas son en las que los docentes utilizan más las TIC, sin embargo es necesario que dicha actividad se extienda a todas las demás asignaturas.

Los resultados obtenidos muestran que el estudiante realiza muchas de sus actividades con ayuda de las TIC, en su preparación académica y vida cotidiana, y que, de alguna forma, la computadora ha estado presente en su educación desde el nivel primaria.

La presencia de la tecnología (computadoras, pizarrones electrónicos, tablets, etc.), obliga al docente no sólo a considerarlos sino a integrarlos en los proyectos del aula y del currículum, sino a cambiar toda la metodología que tenía anteriormente. Con el uso de las TIC el profesor puede propiciar que el alumno busque, investigue, haga un video, realice una presentación audiovisual, analice un problema y cambie sus variables, etc., dando variedad no sólo a las actividades realizadas sino a las competencias desarrolladas.

Un aspecto importante por el cual algunos docentes se encuentran temerosos a incluir las TIC en el salón de clases es la posibilidad a que cambie el liderazgo en el mismo ya que hay estudiantes que tienen una gran capacidad y a la vez tienen la habilidad de transmitirla y ayudar a otros a aprender con facilidad, dicha situación no debe considerarse un obstáculo sino una oportunidad que debe ser aprovechada por el profesor.

Es importante señalar que para lograr la integración de las TIC en la escuela los esfuerzos deben enfocarse a las siguientes recomendaciones:

- Implementar un programa de capacitación en el uso de las TIC para los estudiantes que así lo requieran,

que puede incluirse como materia optativa o como actividad complementaria, a fin de darles las herramientas informáticas para facilitar su formación académica.

- Establecer un programa de acondicionamiento de las aulas, incluyendo computadoras tipo lap top, cañones para proyección, mobiliario y compra de software educativo para el uso de las TIC.
- Establecer un programa de capacitación para los docentes a fin de incorporar el uso de las TIC en la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje, de manera que el docente incluya nuevas actividades y mejore su práctica educativa.
- Incluir las TIC en los planteamientos curriculares, lo que tiene que aprender el alumno y cómo lo va a lograr. En este espacio la cultura docente enfrenta un gran desafío, ya que por una parte se tiene un contexto socioeducativo que se caracteriza por los cambios tecnológicos y, por otra, las costumbres y rutinas profesionales que ha construido el sistema y el propio docente de manera tradicional.

Esta investigación nos ha proporcionado una visión sobre cómo utilizan las TIC en sus prácticas educativas los alumnos que han cursado asignaturas de Ciencias Básicas, además de la valoración que los alumnos hacen de su experiencia al utilizar las TIC, sus competencias en el uso y el dominio de las mismas. Además nos permitió conocer los procesos de innovación y de adaptación del instituto a las nuevas necesidades de una sociedad cada vez más global y en continuo cambio.

Una de las conclusiones más importantes es la advertencia que se nos presenta, a los docentes y a las autoridades, respecto de la gran necesidad de alcanzar un grado de madurez tecnopedagógica adecuada a la realidad y profundizar al trazar las diversas alternativas para aterrizar el uso de las TIC en la institución y darle continuidad en las diversas asignaturas que deben cursar los estudiantes.

Referencias

- Cabero, J. (2001). Tecnología educativa: producción y evaluación de medios aplicados a la enseñanza. Paidós, Barcelona.
- Díaz de Cossio, Roger. (1998). "Los desafíos de la educación superior mexicana". Revista de la Educación Superior núm. 106. México, ANUIES. Abril – junio. Recuperado el 2 de agosto de 2012 de: <http://www.anuies.mx/index1024.html>
- Padilha, Marcia y Aguirre, Solange. (2012) "La Integración de las TIC en la escuela. Indicadores cualitativos y metodología de la investigación". OEI Fundación Telefónica. Recuperado el 5 de febrero de 2013 de: www.oei.es/noticias/spip.php?article9607.
- Uldemolins, José Ramón. (2008) "Algunas reflexiones sobre la realidad del uso educativo de las TIC". Revista Iberoamericana de Educación. No.46/5 Valladolid. España. Recuperado el 20 de agosto de 2012 de : <http://www.rieoei.org/2326.htm>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Sistematización de procesos de la administración de productividad académica. Una alternativa para mejorar la calidad de servicios.

N. Hernández Méndez^{*1}, A. del R. Pulido Tellez¹, D. Domínguez Pérez¹, M. Hernández Méndez², A.G. Pulido Tellez

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Carretera. Jalpa-Cunduacán, C.p.86900

² Universidad Tecnológica de Tabasco, Carretera-Villahermosa-Teapa Km 14 + 600, Fraccionamiento parrilla, Parrilla II, Centro Tabasco, C.p 86280

*nally_hernandez@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen:

El objetivo del presente trabajo de investigación fue elaborar una propuesta tecnológica que permita controlar y evaluar los procesos de servicios relacionados con la productividad académica y de investigación de acuerdo con los estándares de calidad establecidos en la norma ISO 9001:2000. Los sujetos de estudio fueron los estudiantes y profesores del Programa Educativo de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Con el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación se creó un sistema de información el cuál permitió automatizar servicios y procesos para monitorear y administrar de manera precisa la productividad académica y de investigación de estudiantes y profesores. De esta información se generaron datos estadísticos y reportes cuya interpretación permitió implementar estrategias para incrementar la participación en este tipo de actividades.

Palabras Claves: TIC's, Procesos, Productividad Académica, Estudiantes, Profesores

Abstract

The aim of this research work was to develop a technology proposal that allows us to monitor and evaluate the processes of services related to the academic productivity and research according to ISO 9001:2000. The subjects of this study were students and teachers from the Educational Program of Mechanical and Electrical Engineering from Engineering and Architecture Faculty, at Universidad Juarez Autónoma de Tabasco.

With the use of Information and Communication Technologies, was created a system of information which helped to automate processes and services to monitor and manage accurately the academic productivity and research of students and teachers. This information generated statistical data and reports whose interpretation allowed establishing strategies to increase participation in this type of activities.

Key words: Tic's, processes, academic productivity, students, teachers.

Introducción:

La utilización de las tecnologías de información y comunicación (TIC's) en las Instituciones de Educación Superior (IES), generan competitividad en cualquier tipo de servicio prestado, para Graells (2000) "las TIC's son un conjunto de avances tecnológicos, posibilitados por la informática, las telecomunicaciones y las tecnologías audiovisuales, todas éstas proporcionan herramientas para el tratamiento y la difusión de la información al contar con diversos canales de comunicación".

Dicha tecnología facilita el trabajo colaborativo dentro de una Institución Educativa, beneficiando a la comunidad universitaria, profesores, estudiantes y personal administrativo; es decir la utilización de los sistemas de información tiene como finalidad favorecer a las diferentes (IES).

Marqués, Pere (2009). "...la calidad e innovación para las IES, más que crecer debe transformarse y tener creatividad y capacidad de complementarse con nuevas formas de desarrollo en sus actividades, de manera que logren alcanzar niveles superiores de calidad."

En la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y en particular la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA), se cuenta actualmente con cinco Programas Educativos (PE) de licenciaturas, las cuales son: Arquitectura, Ingeniería Civil, Mecánica-Eléctrica, Eléctrica-Electrónica, Química. Anteriormente no existía ningún estudio que analizara la productividad académica de los diferentes PE, por lo tanto el objeto de estudio de este trabajo de investigación es monitorear la productividad del PE de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME), tomando como base que esta fue una de las observaciones de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, A.C. (CIEES), debido a la poca evidencia que se tenía de la productividad académica e investigativa que se tenía de este Programa Educativo. Por lo que ante este requerimiento, se determinó realizar, mediante la creación de un sistema de información, que permita generar acciones que permitan incrementar actividades de investigación como: registro de proyectos de investigación, registro de asistencia a eventos académicos y de investigación, participación de cuerpos académicos (CA), número de estudiantes realizando tesis, entre otras actividades relacionadas con la investigación científica. Cabe mencionar que con la automatización de estos procesos se pretende que de manera automática se esté monitoreando y retroalimentando en conjunto con la academia, la productividad académica de los Profesores y Estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la DAIA, por lo que se logró implementar el uso y manejo de las TIC's en la Coordinación de Investigación para poder generar reportes estadísticos con la información solicitada por los organismos acreditadores.

Ayoyándonos del sistema se diseñó un Blog Educativo el cuál nos permitió tener una comunicación mas favorable entre los estudiantes y profesores de este PE, el cuál sirvió para publicar información de distintos eventos científicos y tecnológicos en los cuales podrán participar y compartir sus conocimientos, logrando con ello hacer más integral su formación profesional, motivándolos e involucrándolos a colaborar en los proyectos de investigación, participando en congresos y eventos científico tecnológico logrando con ello cultivar líneas de generación y aplicación del conocimiento para si obtener una mayor participación de la productividad de los cuerpos académicos y por ende del mismo programa a su acreditación, debido a que los estudiantes de este mismo PE cuentan con un porcentaje bajo en la modalidad de titulación por tesis.

Metodología:

Evaluación de Procesos y Diseño del Sistema de Información:

Se evaluaron los procesos internos del área de investigación con la norma ISO9001:2000 para poder identificar cuales eran los procesos que se debían de automatizar para el desarrollo del sistema de información. Se diseñó una propuesta tecnológica que ayude a la toma de decisiones de la Coordinación de Investigación, para poder administrar la productividad académica y de investigación de los estudiantes y profesores del programa

educativo de ingeniería mecánica eléctrica. Mediante la automatización y mejora de procesos del área de investigación; así mismo, se realizó la aplicación de los métodos de recolección de datos, análisis y procesamiento de información necesarios para la resolución de la automatización de procesos dentro del área de investigación.

Recolección de información:

Los instrumentos de investigación para la recolección de datos fueron entrevistas y encuestas. El primer instrumento utilizado fue la entrevista con el responsable del área de Coordinación de Investigación y Posgrado de la DAIA, el cual ya tenía conocimiento de la problemática sobre la poca productividad académica y de investigación que existía en el PE analizado; el objetivo de la entrevista radicó en adquirir información general de la problemática y analizar las áreas mediante un diagnóstico y procesos de dicha área mediante la norma ISO 9001-2000, la cual nos permitió considerar los procesos que se requerían automatizar para después llegar a un análisis del sistema de información a realizar. La encuesta se aplicó a los estudiantes de séptimo, octavo, noveno y décimo semestre del programa educativo de IME. A continuación en la Figura No.1 se muestra la metodología a utilizar; basada en la norma ISO 9001-2000; la cuál se adapto para la realización de esta investigación.

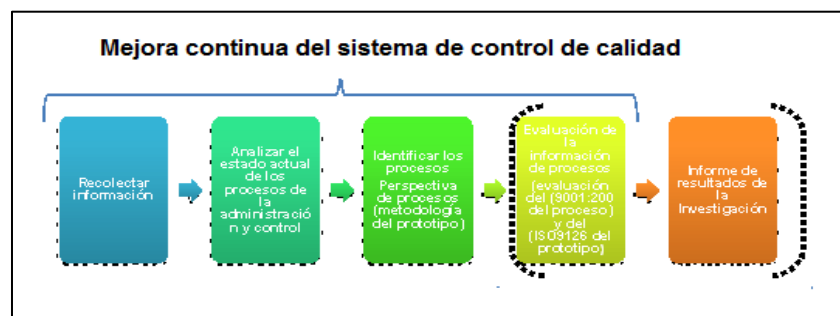


Figura 1. Metodología de Investigación ISO 9001-2000, Fuente: Hernández M. Nallin (2011)

Tipo de Investigación:

Para poder llevar a cabo el análisis del aspecto académico del PE de IME en la DAIA, se llevó a cabo una investigación de tipo descriptiva, no experimental, transversal con enfoque cuantitativo, apoyándonos de software estadístico. La investigación con enfoque cuantitativo según (Sampieri, Fernández Collado y Pilar Batista, 2006) se define como "...una recolección de datos para probar hipótesis con base en la mediación numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento".

La población estudiada la integraron estudiantes y profesores de la DAIA de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por ser los usuarios finales del sistema de información.

Para este trabajo se analizó la información extraída mediante los métodos de recolección de información anteriormente mencionados, del cual se tomó una población de 128 Estudiantes, con un nivel de confianza de 95% (0.95); con un margen de error esperado del (0.05%), dándonos como resultado una muestra de 96 estudiantes a aplicarles los cuestionarios.

Desarrollo del Sistema de Información:

Cabe mencionar que esta investigación requirió de utilizar dos metodologías una aplicada a la investigación y la otra aplicada a desarrollo del sistema. Para esto se utilizó la metodología que se deriva de las características y objetivos mencionados por Sommerville, I (2002), mismos que definen los procesos que se deberán de automatizar, mediante un análisis detallado del sistema a realizar donde se definió tipos de usuarios, privilegios

de acceso al sistema, funcionalidad de los diversos procesos que realiza el sistema mediante el modelado de datos utilizando la herramienta UML la cuál nos permitió construir, modelar y documentar los elementos que conformaron el sistema. Una vez que fueron analizados, definidos y desarrollados los procesos automatizados se paso a la implementación y evaluación del sistema la cual consistió en realizar una serie de pruebas para detectar las deficiencias del sistema con el objetivo de corregirlos para que el sistema pudiera funcionar de manera eficiente.

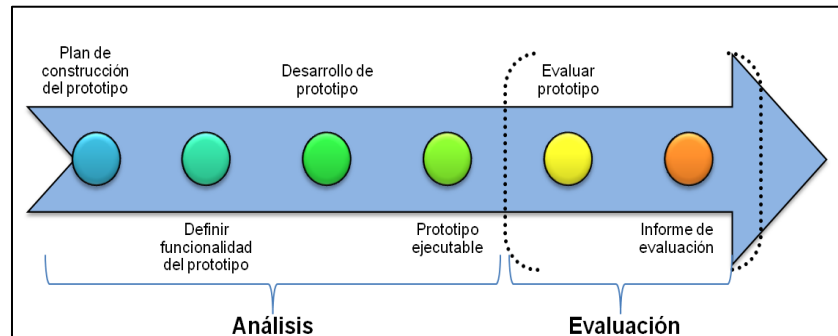


Figura 2. Diseño y desarrollo del Sistema de Información
Fuente: Sommerville, I (2002)

Diseño de Interfaz:

La herramienta utilizada para el diseño del desarrollo de la interfaz del sistema fue Dreamweaver, ya que el sistema es de tipo administrativo por lo cual se utilizaron fuentes formales, y solamente se usaron dos tipos para no abrumar con demasiadas fuentes al usuario final del sistema de información. La legibilidad del texto es muy importante en el sistema, es por eso que se eligieron tamaños de fuentes superiores a 12ptos. Respecto a la elección de los colores se opto por usar los colores institucionales de la UJAT. La navegación dentro del sistema se diseñó de forma intuitiva de tal forma que los usuarios puedan deducir la manipulación del sistema aún sin tener suficiente conocimientos de computación. La validación dentro del diseño de la interfaz del sistema fue muy importante, ya que esto ayuda a alertar posibles errores cometidos por el usuario por lo cual dentro de la interfaz de registro de datos se diseñó esta parte.

Un pilar muy importante para la estructuración de este sistema, fue el diseño de la interfaz de usuario, ya que aquí se aterrizan los esfuerzos realizados en el análisis minucioso de la organización de los procesos transformados en información automatizada, logrando ubicar las preferencias de los usuarios finales y especialmente, de los directivos.

Resultados

Como resultados obtenidos, tenemos que al momento en que se llevó a cabo la divulgación del blog y la implementación del sistema de información se registraron en la base de datos de eventos científico-tecnológicos 18 eventos entre nacionales e internacionales, en la base de datos de estudiantes participaron como ponentes en los diversos eventos 15 estudiantes y 9 profesores de 3 de los diferentes cuerpos académicos (CA), pertenecientes al programa educativo de IME, en la base de datos de proyectos de investigación se involucraron como colaboradores 7 estudiantes, y fueron registradas hasta el momento 8 tesis como se muestra en las pantallas del sistema en la figura 3 ; Cabe mencionar que la información anteriormente mencionada fue obtenida de los diferentes reportes, gráficos y datos estadísticos dados por el sistema figura 4. Lo anteriormente mencionado facilita a la academia de este programa educativo y a la coordinación de investigación tomar acuerdos y generar estrategias que permitan motivar a estudiantes y a profesores de este PE a colaborar en el tipo de actividades académicas e investigativas analizadas en esta investigación.

Otro de los beneficios obtenidos son el tener toda la información de la productividad académica de un programa educativo centralizada y así en los periodos de evaluación de los organismos acreditadores tener todo ese tipo de información debidamente organizada y así mejorar los tiempos de respuesta en cuanto a los servicios a usuarios como profesores administrativos y estudiantes. Lo cual se generó con la sistematización de los procesos analizados y automatizados.

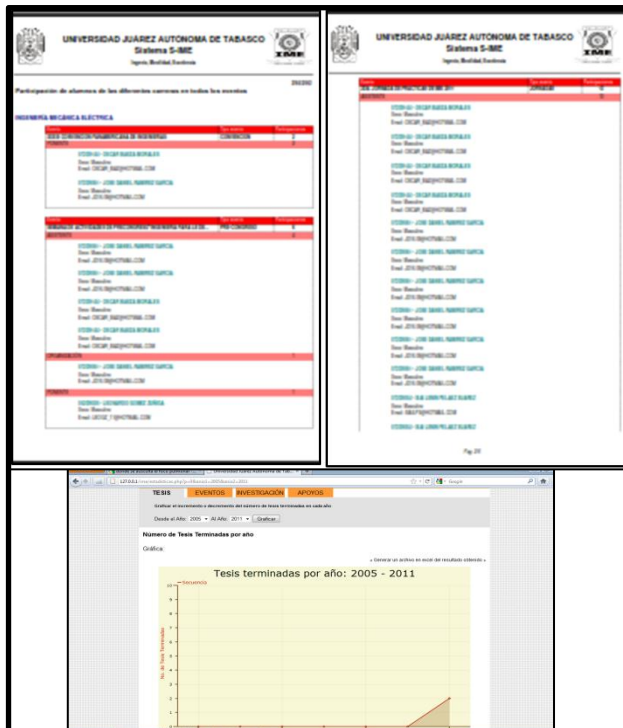


Figura 3. Pantalla de Reportes y Datos Estadísticos de Tesis y Eventos Académicos

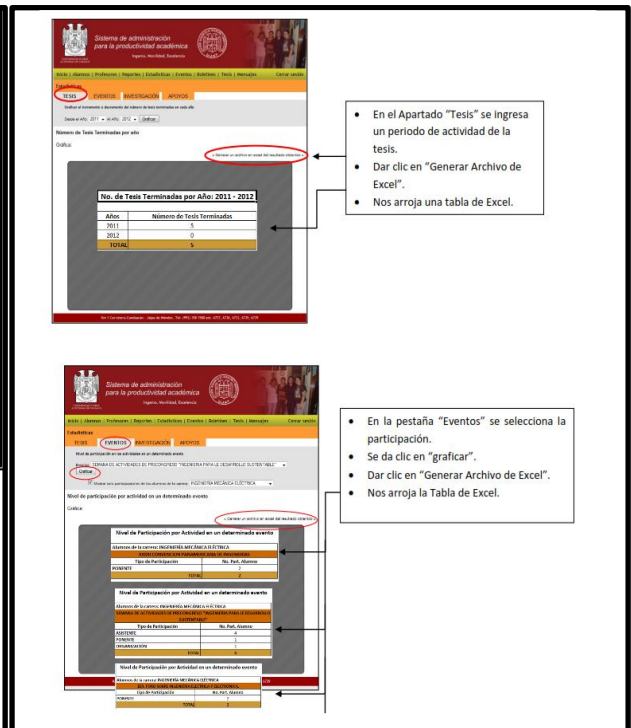


Figura 4. Pantalla de diversa captura de Eventos Académicos y Científicos

Derivado de este de esta investigación se muestran diversas pantallas. Figura 5.



Figura 5. Diversas Pantalla de los Procesos sistematizados

Conclusión

Se puede concluir que al llevar a cabo la evaluación de los procesos mediante la norma ISO 9001:2000 se brindó una mejor visión sobre los procesos que se tenían que realizar durante el uso y manejo de las tecnologías de la información, e innovación dentro del área de investigación de la DAIA, lo cual facilitó la administración de la información de, tesis, proyectos de investigación productividad académica e investigativa de estudiantes y profesores, lo cual permitió cumplir los objetivos que se plasmaron al inicio de esta investigación.

De igual forma se permitió la interacción y comunicación entre los profesores y estudiantes de esta división fomentando el trabajo colaborativo difundiendo los proyectos, tesis, cuerpos académicos y líneas de generación del conocimiento. La información que proporcionó el sistema una vez alimentado por información fidedigna permitió tener un control adecuado de los apoyos proporcionados a los estudiantes, descartando la duplicidad de la información.

Así mismo, se desarrolló el sistema de información el cual integra información de estudiantes y profesores, con el cual se logró con ello administrar la productividad académica y de investigación, permitiéndonos la generación de reportes y estadísticas que servirán como indicadores que permitan llevar a cabo toma de decisiones tanto en la coordinación de investigación como en cada uno de los Programas educativos a administrar, con la finalidad de buscar estrategias para estimular a los estudiantes a participar en actividades académicas e investigativa; este tipo de sistema se le conoce como *sistema de soporte para la toma decisiones*. Cabe mencionar que este prototipo fue evaluado con las métricas de usabilidad y eficiencia del ISO 9126 la cual dio como resultado una buena aceptación y agrado del usuario.

Trabajos futuros

Como trabajo futuro se recomienda crear un sistema para cada uno de los diferentes Programas Educativos de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura que permita integrar la productividad académica e investigativa de manera centralizada y organizada.

Referencias

1. CACEI (2010). Recomendaciones para el programa educativo de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
2. Hernández, R. Fernández, P. y Baptista I. (2006). Metodología de la Investigación. (4ª. Ed.). México: Editorial Mc Graw-Hill.
3. Hernández, N. (2012). Propuesta de automatización de procesos basados en la norma ISO: 9001 2000, para el control y administración de la productividad académica e investigativa.
4. Norma Internacional ISO 9001; Sistema de Gestión de la Calidad; Traducción Certificada 2000.
5. Sommerville, I (2002). Ingeniería de software (6ta. ed). México: Pearson educación.
6. Graells, Pere (2000). Las TIC y sus aportaciones a la sociedad "Algunas notas sobre el impacto de las TIC en la universidad". Revista EDUCAR, núm. 28. Bellaterra: Departamento de Pedagogía Aplicada. Universidad Autónoma de Barcelona. UABISSN 0211-819X.
7. Marques, Pere (2009) <http://peremarques.blogspot.mx/2010/07/nuevaspublicaciones>
8. Norma internacional ISO 9001; Sistemas de gestión de calidad, traducción certificada 2000. <http://iso9001calidad.com/iso-9001-2000-sistemas-gestion-calidad-requisitos-21.html>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Algunos usos de la retórica en el ámbito de la educación institucional: riesgos y oportunidades.

C. E. Villarreal Morales.

Facultad de Ciencias de la Comunicación, Universidad Veracruzana. Jesús Reyes Heróles 136, Fraccionamiento Costa Verde C.P. 94294, Boca del Río, Veracruz.

cvillarreal@uv.mx

Área de participación: Educación

Resumen

Propuesta de análisis retórico de las prácticas educativas que articula la concepción sobre el poder de Michel Foucault, el análisis socio-pragmático de Michel de Certeau y el género discursivo de Mijaíl Bajtín. Se trata de analizar las prácticas educativas como operaciones retóricas a partir de la pluralidad de usos que tienen como referencia la condición histórica de la institución educativa y las resistencias sociales generadas en el campo educativo. Esta propuesta es útil para el análisis de la transformación educativa.

Palabras clave: Educación, institución, retórica, práctica

Abstract

Proposal rhetorical analysis of educational practices that articulates the concept of the power of Michel Foucault, socio-pragmatic analysis of Michel de Certeau and gender discourse of Mikhail Bakhtin. We analyze educational practices as rhetorical operations from the plurality of uses that are referenced historical status of the educational institution and social resistance generated in the educational field. This approach is useful for the analysis of educational transformation.

Introducción

¿Para qué ocuparse de la retórica de las prácticas educativas cuando a todas luces la prioridad de la investigación en el campo debería ser la transformación efectiva de la educación en México? ¿Se puede cambiar algo con divagaciones sobre formalidades del discurso, aparentemente tan lejanas del dato duro de los métodos y disciplinas promovidas como conocimiento valioso por las actuales reformas de las instituciones educativas?

Resulta una perogrullada responder, por principio de cuentas, que el enunciado "transformación educativa" no resulta efectivo en la medida en que se le califica peyorativamente como retórico, de modo que cuando se dice "transformación educativa" se pretende cualquier otra cosa, menos cambiar algo en la situación educativa. Sin embargo, por más evidente que sea esta afirmación, no se han desarrollado aproximaciones al tema del manejo político de la retórica educativa institucional y, por lo tanto, no estamos preparados para resistir o siquiera tomar conciencia de las estrategias que se han venido configurado históricamente dentro de las instituciones. Eso responde a la segunda pregunta.

Podría suponerse que las instituciones educativas no querrían patrocinar investigaciones que desnuden sus prácticas de enmascaramiento o desvío ilegales, pero, aunque buena falta hace, esta propuesta no pretende enfocarse en la denuncia de esa pequeña parte del espectro de las prácticas retóricas que enmascaran lo que denominamos "corrupción". El análisis retórico que postulo se enfoca en los dispositivos políticos que, de tan cotidianos y evidentes, son pasados por alto, a pesar de que su presencia no contribuye en nada a los propósitos educativos señalados en los discursos oficiales. En este sentido, la corrupción opaca al resto de las prácticas retóricas institucionalizadas y permite que pasen desapercibidas. Justamente cuando el discurso sobre la corrupción distrae la atención de otras prácticas institucionales dignas de análisis, estamos en presencia de una operación que aquí consideramos como retórica.

Sin embargo, en el campo de la investigación educativa sí se han ocupado de la dimensión política en la educación. Por citar sólo un ejemplo, se ha señalado el control institucional que se hace presente en la evaluación de acuerdo con modelos que pueden ser autocráticos, burocráticos o democráticos (MacDonald, 2008). En el caso específico de las investigaciones sobre el discurso, la

doctora Rosa Nidia Buenfil Burgos ha aplicado el Análisis Político del Discurso (APD) a la educación siguiendo los planteamientos de Ernesto Laclau. En el APD se considera que el discurso es previo a la distinción entre lo lingüístico y lo extralingüístico, es decir, que todo acontecimiento social tiene un carácter discursivo en tanto goza de sentido (2004).

En cuanto a la concepción del discurso, mi aproximación al estudio de la retórica en las prácticas educativas sostiene posiciones más afines con Foucault y De Certeau, es decir, en lugar de partir de una concepción centrada en la ideología o radicalmente discursiva de la educación, asumo un enfoque socio-pragmático que reconoce como categoría de base a las prácticas, entre las cuales se encuentran las prácticas discursivas.

Prácticas

Hay prácticas cuando una serie de regularidades organiza los actos de los hombres tendiendo a la sistematización, por lo que es posible reconocer ámbitos de saber, poder y ética. Dichas acciones recurrentes pueden aparecer como experiencias o pensamientos con incidencia en lo material para producir o transformar algo. La conciencia, indisociable de la práctica, se constituye desde el ámbito del lenguaje, es decir, se configura desde prácticas con un carácter específico. Por eso Foucault considera que la conciencia humana se encuentra subsumida en prácticas generadas por relaciones de poder. Incluso se puede suponer una conciencia liberada de sus prácticas sólo en tanto la expresión "liberada" ya indica una cierta relación con las prácticas predominantes de su contexto histórico. Otro tanto puede decirse de la ideología y sus discursos fundacionales: no es posible deducir a qué prácticas concretas dará lugar, por ejemplo, un profesor que se identifica con una ideología progresista, pero sí pueden analizarse las ideologías como prácticas, es decir, cómo se configura la docencia con la práctica discursiva de reconocer o no, públicamente y dentro del aula, una filiación política.

Si se acepta que "un poder es la condición previa del conocimiento" (Certeau, 2000, p. 43), entonces investigar las prácticas implica metodológicamente la identificación de las condiciones contextuales en el registro de lo político, específicamente en el ámbito institucional, donde acontece la mediación entre los aspectos generales de la sociedad y las particularidades de las prácticas.

En sentido lato, las instituciones suelen definirse como patrones de comportamiento social que son legadas de una generación a otra. El orden institucional consiste en la distribución de posiciones y sus correspondientes procedimientos normalizados, privilegiando las propiedades asignadas y la estabilidad que sostiene al régimen, organizado por el Estado. Este lugar de poder que representa la institución se convierte en un espacio cuando dentro de él se movilizan prácticas concretas (De Certeau, 2000, p. 129). Para neutralizar cualquier perturbación del orden, la institución sostiene, de manera encubierta o públicamente explícita, estrategias o dispositivos no discursivos que generan a su vez resistencias bajo la forma de manipulaciones tácticas.

Junto a los dispositivos no discursivos, la institución también organiza disciplinas que honran y al mismo tiempo desactivan el potencial subversivo del discurso. Las prácticas discursivas son, de acuerdo con Haidar, prácticas socioculturales que no sólo acompañan a otras prácticas, sino que participan en la producción, reproducción y transformación de la vida social, incluyendo procesos de resistencia y lucha en materialidades diversas (1998, p. 134). Es decir, a pesar de la heterogeneidad de sus procedimientos, no existe autonomía entre las prácticas discursivas y no discursivas. Por ejemplo, el calendario escolar, documento fundamental para la operatividad de las prácticas discursivas, está sujeto a una serie de eventos extra académicos que siguen ocurriendo a pesar de los cambios anunciados. En otras ocasiones, los cambios en las prácticas discursivas inciden en los procedimientos no discursivos. Por ejemplo, durante el cambio de administración en las dependencias públicas suele ocurrir la contratación de nuevo personal que llega acompañando a los flamantes titulares. Estas contrataciones, aunque suelen justificarse con la adopción de discursos de moda, constituyen prácticas no discursivas que se ejercen bajo la más estricta discrecionalidad. Para cumplir con los requisitos curriculares exigidos para la contratación de

personal, se han instituido prácticas que permiten obtener constancias de cursos, artículos publicados e incluso postgrados con cierta facilidad. En ocasiones, los cursos y los artículos son producidos por la propia institución para el consumo interno. En el caso específico de los postgrados, se han vuelto más flexibles los criterios exigidos para obtener el Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios por parte de la Secretaría de Educación Pública, por lo que, aunque existe una brutal asimetría en la calidad de los postgrados, todos valen lo mismo en la evaluación del currículum de los aspirantes.

En estos juegos combinatorios entre las prácticas discursivas y no discursivas, la enunciación se convierte en una suerte de clave articuladora entre las modalidades de las prácticas: todo texto, sea verbal, icónico o híbrido, es un enunciado y toda práctica social está relacionada indirectamente con algún acto enunciativo.

La enunciación, de acuerdo a Michel de Certeau, tiene cuatro rasgos fundamentales: 1. Opera dentro de un campo sistémico de fuerzas. 2. Consiste en una apropiación o uso. 3. Establece un ahora. 4. Introduce una relación con el otro (2000, pp. 39-40). Pero De Certeau pasa transversalmente de la pragmática lingüística a una sociopragmática *sui generis* y en lugar de la búsqueda de estructuras, busca operaciones de carácter histórico (2000, p. 23) que caracteriza como polemológicas.

La perspectiva polemológica postula como premisa que el mundo está construido sobre una radical pluralidad. Se reconoce por otro lado la injusticia y la asimétrica distribución de recursos que, en mayor o menor medida, imperan en lo social. Ambos factores explican la constitución conflictiva del mundo social, independientemente de que exista o no una conflagración formal, como lo indica la inversión del aforismo de Clausewitz: la política es la continuación de la guerra por otros medios. No se trata de la política en sentido restringido ni de aparatos ideológicos o hegemónicos que propician prácticas sociales homogéneas sino, como lo planteó Foucault, de dispositivos locales y, de acuerdo con Michel de Certeau, sus correspondientes tácticas de apropiación.

Estrategias y Tácticas

La polemología se refiere a la tensión entre dispositivos o estrategias pre-subjetivas e intencionales -¿Quién inventó las reglas que sujetan incluso al monarca, pero con las cuales puede hacer manipulaciones para su provecho?- y tácticas que provienen de la actualización de prácticas o usos populares.

Dentro del análisis polemológico (De Certeau, 2000), la estrategia consiste en la operación racionalizada de relaciones de fuerzas que un sujeto de voluntad y poder despliega desde un lugar que reclama como propio (pp. XLIX-L). Tal como la define De Certeau, la estrategia es equivalente al dispositivo de Foucault, definido como un conjunto de prácticas discursivas y no discursivas con la función de manipular relaciones de fuerza (1985, pp. 128-129). En un sentido más amplio, Giorgio Agamben (2011) define al dispositivo como cualquier producto cultural que puede controlar las prácticas de los seres vivos (p. 257).

En contraste, para De Certeau (2000) la táctica es el cálculo de aquel que no cuenta con la propiedad de un lugar, por lo que depende del eje temporal, aprovechando con astucia las ocasiones que convierte en jugadas dentro de los lugares institucionales (p. L).

La estrategia se apoya en el lugar propio para producir, cuadrangular e imponer con la finalidad de sostener, por medio de cálculos objetivos, su relación con el poder que la sostiene; la táctica se apoya en la inteligencia sobre el tiempo, la astucia sobre las circunstancias, para utilizar, manipular y desviar, realizando un cálculo oblicuo que no sólo toma en cuenta el combate contra las estrategias, sino también la procuración de sus placeres.

De Certeau considera que la posesión de un lugar de poder es la condición previa para desplegar estrategias que elaboran lugares teóricos o discursos totalizadores que articulan lugares físicos donde se distribuyen fuerzas (2000, pp. 42-45). Así, las instituciones a través de prácticas no discursivas manipulan una o varias disciplinas que emplean prácticas discursivas para organizar lugares específicos: esta aula, ese libro de texto, aquel sindicato de profesores.

Por otro lado, a través de los otros, los “débiles”, se mueve una pluralidad de lógicas que provienen de las artes de hacer en la cultura popular y los movimientos sociales. Pluralidad incoherente y contradictoria (De Certeau, p. XLI, 2000) que aparece como “rayas, brillos, cascaduras y hallazgos en la cuadrícula de un sistema, las maneras de hacer de los consumidores son los equivalentes prácticos de los chistes” (De Certeau, 2000, p. 44). Pueden considerarse como tácticas el relajo de los estudiantes en el aula o las luchas de los profesores para resistir las imposiciones administrativas pero también las mañas generalizadas de alumnos, docentes y administrativos para evadir sus compromisos.

Género Discursivo

En el ámbito particular de una actividad humana se inscriben una multiplicidad de prácticas que generan -y al mismo tiempo son generadas por- ciertas formas de comunicación o discurso, cuya unidad mínima, de acuerdo a Bajtín, es el enunciado, una práctica discursiva concreta y singular.

Cuando la temática, el estilo o la composición de un enunciado se estabiliza, al volverse típico, forma géneros discursivos (Bajtín, 2009), que se convierten en criterios comunicativo-pragmáticos y se constituyen en “el primer marco de referencia del trabajo del sentido” (Prada, 1999, p. 223). Al ser “una especie de vaso comunicante de la expresión verbal y la circunstancia de su realización” (Prada, 1999, p. 245), los géneros discursivos integran una gama de modalidades que van desde una serie de reglas detalladas y estrictas de elaboración hasta los casos de criterios de producción más flexibles, en que tienden a ser un conjunto de herramientas manipuladas por usuarios. Siempre hay cierto grado de obligatoriedad estratégica y, al mismo tiempo, por lo menos un intersticio que se puede aprovechar tácticamente.

La institucionalización del género lo convierte en un dispositivo de control, al grado de que Paolo Fabbri lo ha considerado como la unidad fundamental de la cultura de masas (1973, p. 18). En el análisis crítico del discurso, los géneros son “los órdenes del discurso” (Fairclough, 2008), subrayando el plural, porque en cada evento discursivo siempre se involucran dos o más géneros. Julia Kristeva, inspirada en la dialogicidad de Bajtín, llamó intertextualidad a la capacidad de los textos de absorber y transformar a otros textos. Gerard Genette descubrió más aspectos de la textualidad, pero mantuvo al architexto, equivalente al género, como la “claseidad” misma (1981, p.18), es decir, como la categoría de la que se derivan todas las demás relaciones entre textos. Incluir al género discursivo en el análisis tiene las siguientes ventajas metodológicas:

1. Sirve como gozne entre lo discursivo y lo no discursivo así como entre lo estratégico y lo táctico.
2. Permite identificar y analizar la dimensión histórica de las prácticas.
3. Permite captar la peculiaridad del discurso educativo.
4. En consonancia con el enfoque polemológico, su carácter pragmático privilegia, a la manera de Wittgenstein, los usos en las prácticas discursivas.

Sin embargo, aún está pendiente el análisis de la compleja actividad educativa a partir de los subgéneros que la constituyen.

Bajtín consideraba que los géneros periodísticos eran retóricos por su carácter público (2009, pp. 372, 374). Otro tanto puede afirmarse respecto de la educación.

Retórica

La retórica es presentada clásicamente como el "arte de la elaborar discursos gramaticalmente correctos, elegantes y, sobre todo, persuasivos" (Beristáin, 2008, p.426). Estos rasgos le brindan un carácter transdisciplinario que le permite constituirse a partir de la lingüística, los estudios literarios, el análisis del discurso y la semiótica. Puede ser útil para la formación de los diseñadores, el análisis histórico de los géneros discursivos o el estudio epistemológico del lenguaje científico, por citar sólo algunos campos disímolos. Pero entre los principales rasgos de la retórica resalta su carácter suasorio, que privilegia su lugar en el ámbito de las relaciones de poder por su potencial para el registro de lo político.

Además, la retórica se define por mantener algún nivel de desviación respecto de un grado cero, fijado a partir de un discurso sin artificio y apegado a las normas lingüísticas (Beristáin, 2008, p. 240). Sin embargo, hay que tener especial cuidado con la relación entre el sistema y la desviación dado que cada desviación se constituye respecto de las normas en cierto nivel, pero al mismo tiempo mantiene conformidad con los criterios sostenidos en otro nivel para seguir reconociéndose dentro de cierto género discursivo. "Según este postulado –y esto es importante para lo que sigue-, *la desviación está, a la vez, en el sistema y fuera de él*". (Grupo μ 2003, p. 34)

Sin embargo, para efectos de un enfoque socio-pragmático de la retórica, el análisis no está centrado en cuadros normativos, sino en las prácticas como herramientas o arsenales manipulados por usuarios que tienen como referencia la historicidad del género discursivo. De esta manera, las referencias fundamentales de la educación en México serían la historia de la institución educativa como aparato del Estado en México que define las prácticas consideradas como oficiales, más allá de lo que dice el marco legal. Por otro lado, y en tensión con la visión oficialista de la educación, estaría la pluralidad de programas educativos que han estado presentes en la arena de discusión, sostenidas por los expertos en el campo de la educación, los movimientos sociales y la cultura popular.

La principal operación retórica se ubica en el juego desplegado entre las prácticas no discursivas y discursivas. Las relaciones entre las prácticas discursivas y no discursivas son establecidas y mantenidas por las propias reglas del género. Típicamente, lo no discursivo suele omitirse elípticamente en las prácticas discursivas destinadas a hacerse públicas, es decir, la cocina de la institución siempre resulta opaca y las prácticas discursivas se encargan de instaurar un régimen de visibilidad a partir de esta relación, de modo que no puedes ocuparte de aquello que no puedes nombrar con claridad. Las prácticas discursivas ocultas no pueden catalogarse como actos de corrupción, pero sí constituyen manipulaciones con finalidades distintas a las enunciadas oficialmente y, al mismo tiempo, lejanas a los programas alternativos.

Riesgos: uso estratégico de la retórica

Podría suponerse que, dada la propiedad que detenta la clase política gobernante sobre las instituciones, la retórica sería innecesaria. Pero el carácter histórico de las institución educativa obliga a la manipulación discursiva para enmascarar sus operaciones con el propósito de mantener las posiciones hegemónicas. Por ello se usan eufemismos o se recurre al establecimiento de la agenda. En todo caso, el resto de los sujetos sociales están obligados a la literalidad, es decir, la ley suele aplicarse de modo más estricto entre los más débiles dentro de la institución, mientras que la indulgencia normativa aumenta conforme se sube en la jerarquía. A cambio, a los sujetos más débiles se les otorga la delegación de la responsabilidad en la toma de decisiones, es decir, cualquier profesor o administrador puede exclamar "así son las cosas y yo no las voy a cambiar" como excusa para no intervenir. En este estado de cosas, los más débiles pueden emplear las estrategias oficiales para evadir la ley en su propio provecho, siempre y cuando se apeguen a las

reglas básicas de la retórica imperante en el género discursivo de la educación: las prácticas no discursivas no deben aparecer dentro de las prácticas discursivas, es decir, la cocina de la educación no debe hacerse pública. La otra condición, que tiende a desaparecer en la institución educativa actual, es que las prácticas discursivas siempre deben estar en consonancia con lo planteado en el Artículo Tercero Constitucional, es decir el carácter "laico" y "gratuito" de la educación, en busca de la "justicia social". De acuerdo a los últimos acontecimientos, el discurso educativo oficial se mueve hacia paradigmas administrativos que enarbolan otros significantes vacíos tales como "calidad" y "evaluación".

Oportunidades: uso táctico de la retórica

Se trata de ejercer y, en la medida en que se practica, aprender juntos el tacto, es decir:

1. Se trata aprender a ser libres, en tanto se cobra conciencia de uno mismo y de los demás. Por lo tanto, se trata de darnos cuenta de que estamos constituidos relacionamente. Además, ser libres consiste en asumir el carácter histórico del mundo social, porque tenemos un margen de elección y eso implica el peso de la responsabilidad que tendemos a delegar en algo o en alguien más. En las instituciones educativas el profesor también enseña a los alumnos a conformarse con los criterios institucionales, delegando la responsabilidad de tomar decisiones en las autoridades o en las reglas de la escuela. De esta manera, el aprendiente se aleja del ejercicio de su libertad porque no se atreve a ejercer la reflexión ética sobre sus actos. El tacto implica dejar de ser llevados por el viento y las corrientes y "tomar el timón", aunque ello signifique a veces solamente sobrevivir. Las tácticas significan improvisar reflexivamente, retomar elementos antiguos o marginados, hacer lo impensable, construir criterios locales adecuados a la ocasión.

2. Se trata de ser creativos. No sólo se debe cultivar la ética, sino la estética, a través de actos creativos que procuren también nuestro desarrollo emocional. La planificación educativa suele dejar de lado la astucia creativa en el aula. A veces, se le sugiere al docente que cuente un chiste cuando la clase se está volviendo pesada, pero nadie se preocupa por enseñarle al docente sobre el humor, porque el humor es un pez escurridizo que es difícil tomar en las manos. Las habilidades tácticas, como el humor, la improvisación, los trucos, los atajos, es decir, aquellos conocimientos que se originaron justamente para burlar a las instituciones (la escuela, la iglesia, los centros de trabajo) son "competencias" que cuando mucho son abordadas en negativo dentro de las instituciones educativas.

3. Se trata de practicar el aprendizaje táctico. No se trata de poner de moda un cierto vocabulario técnico y darle un enfoque retórico que maquille viejas prácticas viciadas, sino de convertirlo en actos efectivos que sean, en la medida de lo posible, reflexivos y propositivos en torno a la educación deseable por los aprendientes, críticos hacia las operaciones retóricas institucionales y transformadores de las circunstancias que se desvían del propósito educativo.

Conclusiones

Bajo ningún caso se trata de emplear criterios binarios simplificadores entre los "débiles" y sus tácticas enfrentados a los "poderosos" y sus estrategias, como si se tratara de categorías puras e incontaminadas sostenidas por entidades fijas. Se trata más bien de reconocer el antagonismo entre dos extremos de un mismo eje que genera tensión: ahí donde hay poder existe resistencia y entre ellas, un espectro infinito de matices y combinaciones que sólo adquieren sentido dentro de ocasiones concretas.

Así, las tácticas responden al tacto desplegado por algunos sujetos, incluso por aquellos que a pesar sus posiciones de poder, asumen las artes de hacer de los débiles.

Este documento pretende servir como base de investigaciones futuras en el ámbito educativo.

Referencias

1. Agamben, G. (2011). ¿Qué es un dispositivo?. En *Sociológica*, 73, 249-264. Recuperado de: <http://www.revistasociologica.com.mx/pdf/7310.pdf>
2. Bajtín, M. (2009). El problema de los géneros discursivos. En *Estética de la creación verbal*. México: Siglo xxi editores.
3. Beristáin, H. (2008). *Diccionario de retórica y poética* (9ª edición). México: Editorial Porrúa.
4. Buenfil, R. N. (2004). Foucault y la analítica del discurso. *Topos y tropos*, 2, 1-10.
5. De Certeau, M. (2000). *La invención de lo cotidiano. I. Artes de hacer*. México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente A. C. / Universidad Iberoamericana.
6. Fairclough, N. (2008). El análisis crítico del discurso y la mercantilización del discurso público: Las universidades. *Discurso y sociedad* 2 (1) 170-185. Recuperado de: [http://www.dissoc.org/ediciones/v02n01/DS2\(1\)Fairclough.pdf](http://www.dissoc.org/ediciones/v02n01/DS2(1)Fairclough.pdf)
7. Genette, G. (1981). *Palimpsestos: La literatura en segundo grado*. Madrid: Taurus.
8. Gill, A. M. y Whedbee, K. (2000). Retórica. En Teun A. van Dijk (Comp.), *El discurso como estructura y proceso* (pp. 233-270). España: Gedisa.
9. Grupo μ . (2003). *Figuras, conocimiento, cultura: Ensayos retóricos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
10. Haidar, J. (1998). Análisis del Discurso. En J. Galindo Cáceres (Coord.), *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación* (pp. 117-164). México: Ed. Pearson.
11. MacDonald, B. (2008). La evaluación y el control de la educación. En José Gimeno Sacristán y Ángel Pérez Gómez (Eds.), *La enseñanza: su teoría y su práctica* (pp. 467-478) (6a. edición). Madrid: Akal.
12. Prada Oropeza, R. (1999). *Literatura y realidad*. México: FCE/UV/UAP

Autorización y renuncia

El autor del presente artículo autoriza al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LAS ESTRUCTURAS DE DECISIÓN E ITERACION EMPLEANDO EL LENGUAJE J2-ME”

Vanesa Cid García

Juan Riquelme Odi

Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Administración Campus: Ixtaczoquitlan, Orizaba Veracruz.

vane_cid_g@hotmail.com

juan.riquelme.odi@hotmail.com

Área de participación: Software Educativo

Resumen

Sobre este tema de investigación se retomaron conceptos básicos para la elaboración de una aplicación que contiene aspectos básicos de programación estructurada específicamente, sobre las estructuras de decisión e iteración, empleando el lenguaje Java Micro Edition, tales como son: aspectos generales del lenguaje Java, aspectos básicos de J2ME, así como también conceptos claves para el entendimiento de que es un MIDlet y su comportamiento, además fue necesario implementar una búsqueda de un software o aplicación que permitiera ejecutar una aplicación para celulares que soportan ésta tecnología, así como la posibilidad de portar dicha aplicación a celulares que funcionan con el sistema operativo Android, el cual dio como resultado dos posibles opciones, siendo la primera la conversión de archivos y la segunda en una aplicación que funcionaba como emulador del archivo, por ultimo saber cómo instalar las herramientas necesarias para su elaboración.

Palabras clave: estructurada, j2me, móvil, enseñanza, Android.

Abstract

About this research, is resumed about the basics elements for the developing an educative application in the study of structured programming basics (including sequential, decision and iterative structures), using the Java Micro Edition language, and the ADDIE model as a framework to develop instructional objects with educational objectives. The study is focused on the Java Language, J2ME basics and key concepts like the MIDlet (and its behavior), including the research to implement a software or application that would run in a mobile device that support this technology, and the possibility of porting the application to cell phones with Android OS (with two possible options, file conversion, or running with an emulator).

To be clear in the research with each of the basic concepts of the application development, later proceeded to the development of the same, focusing on the tools used are easy to understand and are compatible with different OS.

Introducción

El sistema educativo tiene como mayor reto diseñar un sistema, un modelo docente que sea apto, pero además eficaz para alcanzar los objetivos que con su impartición se pretenden lograr, esta aplicación está basada en la metodología de desarrollo de objetos de aprendizaje conocida como ADDIE (Análisis - Diseño - Desarrollo - Implementación - Evaluación), Y como tal, Núñez (2011) menciona que se basa en un escenario de cinco pasos, dicho modelo se caracteriza por que se basa en un planteamiento no estricto ni meramente lineal.

Como tal, esta metodología permite una gran versatilidad y permite también permear a cada momento del proceso formativo que no tiene algunos otros modelos de diseño institucional existentes, y así el modelo ADDIE deja de ser un modelo “rodillo”, de evolución fija y estática y se convierte a uno dinámico e interactivo.

Como bien ya se comentó la metodología ADDIE cuenta con cinco fases las cuales son:

- Fase analítica: Fase del modelo ADDIE que se centra en base al análisis de los recursos existentes.
- Fase de diseño: Fase en donde el marco base surgida del análisis toma la forma y el contexto deseado.
- Fase de desarrollo: El modelo ADDIE se basa en su impartición, bajo la premisa principal de ofrecer al estudiante universitario una experiencia innovadora.
- Fase de implementación: dicho modelo en esta fase realiza de forma efectiva la aplicación del programa universitario correspondiente.

- Fase de evaluación: Fase en él se centra en evaluar los resultados del modelo en el estudiante, y en analizar los resultados que obtiene el modelo en general en sí mismo.

Para el desarrollo de un software es empleado el método de la cascada, este es considerado como el enfoque clásico para el ciclo de vida del desarrollo de sistemas, es decir que es un método puro que implica un desarrollo rígido y lineal, este método trabaja de la siguiente manera: análisis de requisitos, diseño del sistema, diseño del programa, codificación, pruebas implantación y mantenimiento, pero este no es tan específico para el desarrollo de software educativo como lo es la metodología ADDIE

Al conocer en que consiste la metodología ADDIE se continua en con una breve explicación sobre en qué consiste la aplicación que se elaboró para que así se contribuya a ser implementado en el sistema educativo, el desarrollo de este trabajo está enfocado a la elaboración de una aplicación con el lenguaje J2ME (Micro Edition).

Para esto se desarrollará una aplicación en donde se plantea la necesidad de elaborar un medio didáctico, que ayude a que existan menos alumnos que no logren comprender los aspectos básicos de la programación estructurada, específicamente en estructuras de decisión e iteración.

De esta manera para la mayor comprensión sobre el lenguaje Java Micro Edition se explicara primero que nada los conceptos básicos necesarios que se deben conocer tales como: ¿Qué es Java?, ¿Qué es Java Micro Edition?, ¿Cómo funciona J2ME?, ¿Cómo está conformado?, ¿Que herramientas se pueden emplear para el desarrollo de un MIDlet?, además se da a conocer qué es un MIDlet, y la forma de utilización del mismo.

Cabe mencionar que básicamente existieron puntos bases de observación para el desarrollo de dicha aplicación, uno de ellos fue aprender el uso del lenguaje, además poder desarrollar un medio educativo con este recurso, y para la elección sobre el tema de desarrollo, es decir en que se enfoca el objetivo de la aplicación, está basado en mi propia experiencia y en la falta (sobre observación) de conocimiento de algunos compañeros del aula, así como también esta aplicación pudiera ser ejecutado por la plataforma de Android, el objetivo fundamental es para J2ME, porque simplemente es para permitir que también los celulares viejitos puedan correr la aplicación.

Entonces podría decirse que hoy en día existen personas que siguen empleando dispositivos móviles con plataforma Java y otros alguna de las nuevas plataformas, como lo es Android y esto llega a ser una limitante para algunos desarrolladores en la elaboración de aplicaciones Java, ya que creen o tienen la idea de que, si desarrollan una aplicación para esta plataforma ya no podrá ser utilizada por los usuarios que tengan una plataforma en “Android”, sin embargo existen herramientas que permiten la conversión de archivos generados en Java (.jar) a archivos para teléfonos móvil Android (.apk) o emuladores para permitir la ejecución de archivos .jar.

Metodología

El aprendizaje móvil (definición)

Básicamente, el desarrollo de aplicaciones para teléfonos móviles, parte del principio básico de la posibilidad de trasladar el aprendizaje hacia un contexto ya establecido y fijo (como podría ser un equipo de cómputo), hacia un entorno móvil, ubicando que la aplicación considerada bajo desarrollo dispone de algunas de las características del aprendizaje móvil.

El aprendizaje móvil, bajo definición de ISEA (2009), consiste en la educación creada a partir del aprendizaje en línea (o “E-Learning”) en conjunto con dispositivos móviles inteligentes, como lo son los teléfonos celulares, Ipods, PDA's, etc.), pudiendo combinar varios elementos de dichos dispositivos electrónicos, como la combinación de la movilidad real y disponer de los contenidos en todo momento, eliminando la dependencia del lugar y espacio para la adquisición y transferencia de los conocimientos adquiridos.

Como tal, el aprendizaje móvil juega un papel crucial no solo en la “portabilidad” de conocimientos y contenidos de estudio, sino la posibilidad de interacción de forma asincrónica, para adquirir un mayor aprendizaje en factor de la colaboración entre los participantes.

La metodología ADDIE, se basa en la necesidad de crear el medio instruccional, es decir, el empleo de un teléfono móvil, como un medio dinámico, las bondades que presenta el uso de un teléfono móvil, son tomadas en cuenta para la elaboración del diseño instruccional, soporte del software educativo, desde la primera etapa. La metodología está compuesta por cinco fases (Analítica, Diseño, Desarrollo, Implementación, Evaluación.).

Fase analítica: conceptos básicos para el entendimiento del desarrollo de una aplicación

En la primera fase de la metodología de ADDIE, fase analítica, se observaron las herramientas necesarias para elaborar una aplicación para un teléfono móvil, para esto fue necesario conocer los conceptos básicos para el mayor entendimiento del desarrollo de una aplicación, dichos conceptos serán mencionados más adelante.

Entonces es necesario conocer algunos conceptos básicos para el mayor entendimiento de la aplicación, es decir, para conocer un poco acerca de cómo surgió el lenguaje que se empleó para la elaboración de un medio didáctico o dinámico que ayuda en cierta forma al sistema educativo, es decir, esta aplicación ayuda alumnos que tienen problemas en la comprensión de temas o conceptos en programación estructurada específicamente estructuras de decisión e iterativas.

Para el inicio de este trabajo se tiene que los autores García, Rodríguez, Mingo, Imaz, Brazález, Larzabal, Calleja, y García (2000) mencionan que Java es un lenguaje de programación que fue creado en 1991 y fue desarrollado por La compañía Sun Microsystems (actualmente adquirida por Oracle Inc.), se dice que dicho lenguaje es famoso por que este, está orientado a objetos, además de que el manejo del mismo no tiene mayor complejidad y es un lenguaje simple.

Ya que se tiene una idea de que es java también es necesario conocer que es Java 2 Micro Edition los autores Gálvez y Ortega (2003) mencionan que la edición de Java 2 Micro Edition fue presentada en 1999 por la compañía en ese entonces llamada Sun Microsystems, cuyo propósito era habilitar aplicaciones Java para pequeños dispositivos y que es un lenguaje que se enfoca al desarrollo de aplicaciones para teléfonos móviles.

J2ME emplea máquinas virtuales para que estas puedan interpretar "bytecode", para un poco más sobre el fundamento de dichas máquinas, Navarro y Hernández (2005), mencionan que sobre la máquina virtual de Java y especifican que esta se encarga de interpretar un código que es llamado "bytecode", de los programas que han sido pre-compilados a código máquina ejecutable por la plataforma, es decir que es el que se encarga de ejecutar el "bytecode" de las clases Java.

Para la elaboración de los MIDlets también es de gran importancia CLDC la cual significa configuración de dispositivo conectado limitado (connectec limited device configuration), ya que está diseñada para dispositivos con conexiones de red intermitentes, procesadores lentos y memoria limitada como son los teléfonos móviles que emplean plataformas Java.

Prieto (2002) habla de que esta configuración esta contiene clases e interfaces que son necesarias para el desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles con conexión inalámbrica, también mencionan que los perfiles de MIDP definen que MIDP (significa Mobile Information Device Profile, o "Perfil de Dispositivo Móvil de información") es el primer perfil, enfocado para describir dispositivos que se asemejen a teléfonos móviles o pagers (es un dispositivo que recibe mensajes por teléfono o email).

Además es necesario conocer que es un MIDlet, porque este en si es la aplicación que se obtendrá después de generar su compilación y ejecución, para ello los autores Núñez y Gama (2006) mencionan que este es una aplicación J2ME que es desarrollada sobre un perfil MID, es decir que es una aplicación para dispositivos móviles que tiene limitaciones que caen dentro de la especificación se MIDP, también como parte importante de un MIDlet es conocer en que consiste su ciclo de vida, es decir cómo se comporta la aplicación en ejecución, todas las aplicaciones deben seguir este ciclo, para que su funcionamiento sea adecuado.

Para que la aplicación pudiera ser ejecutada no solo en una plataforma Java si no también en una diferente, como Android fue necesario emplear dos métodos para que dicha plataforma pudiera ejecutar aplicaciones Java en la misma, las cual la primera consistía en utilizar un emulador llamado Jbed, el cual el autor Yinky (2013) menciona, que esta aplicación tiene extensión ".apk", y que permite ejecutar aplicaciones y juegos Java (.jar) en un Smartphone Android, Samsung, entre otros.

Solamente existe esta aplicación para algunas versiones de Android como son las versiones: 1.5, 1.6, 2.1, 2.2, en versiones superiores puede llegar a funcionar pero no correctamente, es decir se pueden generar errores durante su ejecución, como es el caso de la visibilidad (gráficos distorsionados) en pantalla de la aplicación. Y la segunda que consistía en realizar una conversión de archivos .jad y .jar a un .apk, la cual consiste en convertir los archivos .jar y .jad (se generan después de la compilación de un MIDlet) a un .apk, empleando una página web en donde se deben seleccionar los archivos a convertir para así generar el archivo .apk.

Fase de diseño: medio educativo en un teléfono móvil

En esta fase se diseñó una aplicación para un teléfono móvil empleando el lenguaje J2ME ya que hoy en día aún se emplean celulares con la plataforma Java, debido a que Android se deriva de Java, es posible realizar la conversión de una aplicación de Java a una de Android, y así pueda ser aprovechada por los usuarios que emplean teléfonos móvil con Android y Java.

Retomando el tema de diseño fue necesario retomar información de libros y archivos electrónicos que contienen información sobre programación estructurada específicamente iterativa y decisión, para con ello elaborar las preguntas que contendrán el test, los libros y archivos electrónicos que se emplearon para desarrollar el test son los siguientes:

- Fundamentos de programación (libro): algoritmos, estructuras de datos y objetos, tercera edición, autor Luis Joyanes Aguilar, editorial Mc Graw Hill, año de publicación 2001.
- Programación Estructurada (archivo electrónico): autor Fernando Barber y Ricardo Ferris.
- Algoritmos y programación (archivo electrónico): guía para docentes, segunda edición, autor Juan Carlos López García, año de publicación 2009.
- Introducción a la programación (archivo electrónico): tutorial para la asignatura, autor C.P.C y Mtro. Arturo Díaz Alonso, editorial FCA, año de publicación 2003.
- Programación estructurada (archivo electrónico): fecha de publicación 03/06/2004
- Programación estructurada en C (libro): autores James L. Antonakos y Kenneth C. Mansfield JR, editorial Prentice Hall, año de publicación 1997.

Fase de desarrollo: instalación de las herramientas necesarias para la elaboración de la aplicación

En esta fase se procede a la elaboración de dicha aplicación, en donde fue necesario la instalación de JDK y JRE, para ello se tiene que el componente JDK es de gran importancia ya que este contiene programas y librerías de Java que permiten el desarrollo de aplicaciones y que además se debe incluir el JRE para que se pueda llevar a cabo la compilación y ejecución de programas del lenguaje mencionado, su instalación es muy sencilla ya que la el proceso de instalación va guiando al usuario para completar el proceso de forma correcta, solo se debe especificar la ruta en donde será almacenados los componentes.

También, se requirió la instalación del IDE NetBeans 7.3, el cual permite el desarrollo de aplicaciones de una manera fácil y sencilla ya que su interfaz es cómoda y entendible para quien lo usa. La organización Netbeans.org (2013) define que su software para desarrollar proporciona un amplio soporte de primera clase para las últimas tecnologías Java y las últimas mejoras de Java antes de otros IDE, Es el primer IDE que proporciona soporte para JDK 7, Java EE 6 y JavaFX2. Con su constante mejora Editor Java, muchas características avanzadas y una amplia gama de herramientas, plantillas y ejemplos. Su instalación no presenta mayor complicación, esta herramienta se descarga de la página "<https://netbeans.org>" de acuerdo al sistema operativo que se emplea y cuando se inicie la instalación se deben especificar los componentes a instalar y las rutas donde estará ubicada la instalación.

Otro componente importante a instalar es Java ME SDK 3.0, el cual es necesario para el IDE, ya que es una herramienta importante para que la aplicación móvil (fue elaborada en el lenguaje Java) pueda ser ejecutada en un celular con una plataforma en Java, para esto, dicho IDE utiliza Java ME SDK 3.0 el cual sirve para emular la aplicación en un teléfono móvil desde una computadora, este componente se descarga de la página de Oracle, en donde para iniciar su descarga se debe especificar el tipo de sistema operativo que se empleara, para así después proceder con su instalación, en donde se deberá especificar su ruta de instalación y seguir las instrucciones de instalación que se presentan.

Fase de Implementación funcionamiento de la aplicación

En esta fase de implementación se muestra el funcionamiento de la aplicación a los usuarios, la cual contiene tres niveles los cuales son básico, medio y avanzado cada uno de estos niveles está conformado por preguntas

de acuerdo a conceptos básicos de programación estructurada (Estructuras de decisión e iterativas), el uso de esta aplicación no presenta mayor complicación ya que presenta una interfaz sencilla y entendible para el usuario, al finalizar cada nivel del test el programa muestra el resultado de las respuestas que se obtuvieron correctas e incorrectas para así finalizar el test.



Figura 1 inicio de la aplicación (bienvenida y niveles) (capturado por el autor, 2013)

En la figura 1 se muestran algunas de las ventanas que son presentadas al usuario para que él pueda aprender de una forma didáctica los conceptos básicos de programación estructurada, y así ir mejorando sus conocimientos de dicha programación, las primeras ventanas que se muestran dan una pequeña introducción de cómo funciona la aplicación, ya que contiene un apartado donde se da la bienvenida, para después ir al menú que muestra los niveles de la aplicación y cada selección de nivel cuenta con una breve introducción, así como también cuenta con una sección que habla acerca de la aplicación.



Figura 2 Tipo de respuestas y finalización del test (capturado por el autor, 2013)

En la figura 2 se muestra los tipos de preguntas que se muestran para el test, dentro de las cuales, la primera consiste en la elección de una respuesta mediante radio button, la segunda en la elección de una respuesta mediante una lista despegable y por último la tercera consiste en escribir la respuesta correcta, el tipo de respuesta abierta se presenta más en el nivel de avanzado, ya que en este último nivel se muestra un poco de dificultad al responder las preguntas.

La aplicación también cuenta con las ventanas de total de respuestas correctas e incorrectas, Esta parte sirve para conocer que tan bien dominas el tema de programación estructurada específicamente de estructuras de decisión e iteración.

Fase de Evaluación resultado

Entonces se tiene como resultado una aplicación que apoya al sistema educativo, es decir que este software para dispositivos móviles mejorara el aprendizaje de los alumnos o personas que quieran aprender conceptos básicos de lo antes mencionado pero de una forma dinámica e interactiva y que dicha aplicación se basa en el modelo ADDIE (Análisis - Diseño - Desarrollo - Implementación - Evaluación), ya que se llevó un análisis de las necesidades de una muestra de alumnos y se diseñó un medio de aprendizaje para el mismo y que así este se llevara a cabo desarrollando una aplicación para mejorar su aprendizaje cuando este se implante y cada alumno pueda comprender cuanto puede mejorar con este tipo de medios educativos y así poder evaluar los resultados de los alumnos que empleen la aplicación.

Resultados obtenidos.

En base al planteamiento inicial de la inclusión de la metodología ADDIE para el desarrollo de aplicaciones educativas, es posible identificar que permite facilitar el proceso de desarrollo de aplicaciones de ésta

naturaleza, en relación a la especificación y desarrollo de las actividades planteadas, la utilización de esta aplicación, utilizando como base la observación y el análisis personal, permite identificar la gran ventaja del desarrollo de aplicaciones en un medio móvil, como lo es la utilización del teléfono celular, pues permite el estudio de contenidos y temas en base a disponer del material de estudio en todo momento y situación.

Si no fuera seguida la metodología ADDIE simplemente el desarrollo de la aplicación no tendría la calidad requerida para la aplicación educativa, ya que no se dispondría de una metodología con pasos definidos para el desarrollo de aplicaciones. El desarrollar ésta aplicación utilizando la metodología permite conocer y ubicar otras formas de desarrollo de aplicaciones, dando énfasis a los esquemas educativos.

Además cabe mencionar que, como resultado también se obtuvo dicha aplicación que no solo tiene funcionalidad en teléfonos móvil con una plataforma Android, sino que, además gracias a los dos medios posibles (conversión de archivos y el empleo de un emulador llamado jbed) es posible la ejecución de esta aplicación en sistemas android.

Trabajo a futuro.

Sería conveniente considerar el uso de la metodología, no solamente para el desarrollo de aplicaciones educativas para teléfonos celulares con Java, sino también para otras plataformas móviles, o inclusive, para el desarrollo de aplicaciones educativas para otros dispositivos (computadoras, tablets, etc.), considerando también el uso de otros sistemas operativos y entornos de ejecución (como por ejemplo, el desarrollo de videojuegos educativos para consolas portátiles).

También, convendría experimentar y seguir los modelos de desarrollo de objetos de aprendizaje, como OADDIE (Obtención, Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), así como podría ser ISDMeLO (Instructional Design Methodology Based on Learning Objects), pudiendo comparar los distintos elementos de los modelos, y analizar en base al contexto y entorno, que metodología sería la más conveniente en utilización sobre la naturaleza del desarrollo de aplicaciones de software educativo.

Ventajas y desventajas.

La consideración del uso de dispositivos móviles en los procesos de enseñanza-aprendizaje, incluye una serie de ventajas de operación, en conjunto con las pedagógicas, enfatizando precisamente, el aprendizaje efectivo de los alumnos. Como tal, se menciona que para el proyecto desarrollado solo se retoman con gran énfasis la de portabilidad de contenidos y temas de estudio, pero teniendo la posibilidad de expandir la aplicación funcional más adelante.

En relación a lo mencionado por ISEA (2009) es posible ubicar las siguientes ventajas, partiendo de la categorización planteada inicialmente:

- Ventajas funcionales (operativas).
 - Se dispone de un aprendizaje en cualquier momento, y en cualquier lugar, eliminando la dependencia de ubicación física para poder estudiar los contenidos planteados, adaptando el proceso de enseñanza-aprendizaje a la disponibilidad de los estudiantes.
 - Se dispone de una interacción instantánea entre alumno y profesor, dando una retroalimentación efectiva sobre la comprensión de contenidos.
 - El teléfono celular está disponible en casi todos los contextos actualmente (alta penetración de éste medio de comunicación).
 - La tecnología celular es más barata (en relación a otras, como una computadora personal), además de tener una alta accesibilidad (al estar conectados a redes y servicios de datos).
- Ventajas pedagógicas.
 - Se gestiona el desarrollo del aprendizaje colaborativo, al poder compartir las actividades desarrolladas entre los compañeros o usuarios.
 - Se desarrollan las capacidades de lectura, escritura y cálculos numéricos, reconociendo las capacidades que ya dispone el individuo (y desarrollándolas todavía más).
 - Identificación efectiva de las áreas problemáticas para desarrollarlas posteriormente.
 - Existe una mayor aceptación de las TIC's reduciendo la brecha digital, utilizando el dispositivo móvil como medio para lograrlo.

- Reduce la formalidad de la enseñanza-aprendizaje tradicional, a utilizar otros medios o dispositivos para lograr dicho objetivo (consolas de videojuego portátiles, teléfonos celulares, agendas digitales, etc.).

Como es posible visualizar, las ventajas tanto técnicas como educativas representan una gran ayuda en los procesos de enseñanza-aprendizaje, y considerando lo planteado anteriormente, la repercusión que tiene más fuerte para la gestión del proceso mediante el uso del teléfono celular, consiste principalmente en disponer de un medio de estudio, disponible sin necesidad de estar ubicado físicamente para poder recibir la instrucción.

Aunado a ello, la utilización de un software educativo en un dispositivo móvil implica su disposición 24/7, desarrollando también la inteligencia intrapersonal, al obtener retroalimentación individual sobre el individuo que utiliza el dispositivo.

Siguiendo también con las ventajas, UNESCO (2013) comenta que:

“Los dispositivos móviles suelen ser propiedad de sus usuarios, quienes los llevan consigo durante todo el día, y ofrecen grandes posibilidades de adaptación a las necesidades individuales, por lo cual, se prestan mucho más a la personalización que las tecnologías compartidas y fijas” (p. 12).

Como es posible observar, la ventaja planteada radica esencialmente en la disposición del material de estudio cuando se requiera, elemento no disponible completamente en la computadora personal, ya que ella debe estar ubicada en un lugar físico para poderla utilizar, además de disponer una conexión continua a una red de datos.

Pero, también el uso de dispositivos móviles para el aprendizaje, tiene una serie de inconvenientes, vinculados más que nada a los factores técnicos y de utilización de los mismos. Los elementos considerados como inconvenientes son los siguientes:

- Los dispositivos tienen problemas de utilización, al tener pantallas pequeñas, dificultando la lectura de texto, o la inclusión de elementos para su utilización (botones, cuadros de diálogo, contenidos, etc.).
- Debido al problema de las pantallas y tamaño de los dispositivos, se debe ser claro y conciso en el diseño de interfaces y contenidos, puesto que deberán contener la información más precisa posible evitando la redundancia de la misma, y limitando la presentación visual de dichos contenidos.
- Los costos de planes de datos (por si se desea conexión continua, o envío de archivos determinados) en algunos países resulta un tanto elevado, así como la limitante de las velocidades de conexión (ISEA, 2009).
- Bajo una perspectiva educativa, y considerando la observación directa, al disponer el medio móvil demasiados elementos de entretenimiento, es posible que se utilice para fines de ocio en lugar de ser utilizado con fines educativos.

Como es posible analizar, las ventajas que representa la utilización de medios móviles para la enseñanza representa una mayor ventaja, tanto desde una perspectiva técnica como educativa, siempre y cuando el uso sea el apropiado, tanto por el facilitador de contenidos, como por los usuarios de dichas aplicaciones.

El disponer de un buen diseño al momento de gestar las aplicaciones con dicha finalidad, representarán el éxito o fracaso de la utilización del dispositivo con los fines planteados inicialmente, más que sobre la propia naturaleza de ventajas y desventajas propias del medio y entorno de utilización.

Justificación sobre el uso del aprendizaje móvil en la educación.

Es posible identificar que el uso de los dispositivos móviles representa una gran ventaja en los procesos de enseñanza-aprendizaje, principalmente enfocado hacia un nuevo giro sobre los medios o mecanismos tradicionales utilizados anteriormente, enfatizando la necesidad de utilizar las nuevas tecnologías con dicha finalidad.

Siguiendo con el fundamento de la gestión de aplicaciones para el aprendizaje con dispositivos móviles, es posible identificar que actualmente dichos dispositivos también tienen una alta capacidad multimedia, y acceso a materiales y contenidos (equiparando casi al equipo de cómputo en algunos casos y circunstancias), destacando la potencia e importancia que han adquirido dichos dispositivos hoy en día (The New Media Consortium & EDUCAUSE Learning Initiative, 2008).

Bajo una perspectiva educativa, ISEA (2009) indica que:

“La verdadera oportunidad que ofrecen las nuevas TIC’s en los procesos de enseñanza-aprendizaje, se deriva de su potencialidad para atender las necesidades individuales del alumno, a través de la personalización y la interactividad, creando un nuevo marco de relaciones, fomentando el aprendizaje exploratorio y colaborativo y, sobre todo, ofreciendo una metodología creativa y flexible más cercana a la diversidad y a las necesidades educativas reales de cada individuo” (p. 3).

Como es posible observar, la gestión de aplicaciones educativas para dispositivos móviles incluye los beneficios pedagógicos del desarrollo intrínseco del individuo, así como la colaboración (considerada en un marco de desarrollo de habilidades extrínsecas), sobre un medio que resulta altamente popular y de gran utilización e interacción (como por ejemplo, el uso de redes sociales en teléfonos celulares), enmarcando que inclusive, y bajo observación directa, hay casos donde la interacción, comunicación y colaboración se da más sobre medios digitales que de manera presencial.

Justificación personal (sobre el proyecto realizado por ti) del uso del teléfono celular en la educación.

El desarrollo de una aplicación para un dispositivo móvil, con fines educativos, sigue una serie de conceptos y fundamentos dados, en relación al aprendizaje móvil, gestionando precisamente dicha interacción con los contenidos de una forma disponible en todo momento, siguiendo un ritmo personalizado por el usuario.

Como tal, es posible identificar que existe el desarrollo de juegos educativos, considerados como una estrategia de apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, desarrollando habilidades como la reflexión, fortalecimiento de conceptos, gestión de estrategias y solución de problemas (Gros, 2006, citado por Enríquez y Chaos, 2006), siendo que también es posible desarrollar una serie de habilidades extras como la socialización, observación y comunicación, reduciendo también la brecha digital y el analfabetismo tecnológico principalmente.

Siguiendo este precepto, es posible identificar que el desarrollo de una aplicación educativa, para un dispositivo móvil (el teléfono celular en este caso), buscará desarrollar las competencias del individuo, pero de una forma personalizada, y disponible cuando se requiera, y al ritmo de estudio deseado.

Además, UNESCO (2013) indica que las tecnologías móviles actualmente tienen una gran brecha de penetración, pues inclusive en sitios donde el acceso a libros, escuelas y computadoras es escaso, no pasa lo mismo con la tecnología celular, puesto que es un dispositivo casi esencial para entablar la comunicación en casi cualquier población.

Con esto, es posible aprovechar dicha ventaja de disposición de un medio digital móvil, para darle el giro educativo, ubicando con esto la posibilidad del desarrollo de aplicaciones educativas, considerando la inclusión de un fin educativo para un medio esencialmente dado en comunicación.

Por último, de igual forma, es necesario considerar que la mayoría de las personas llevan consigo el teléfono celular la mayor parte del tiempo, a casi todos lugares, siendo que el proceso de enseñanza-aprendizaje puede ocurrir en casi cualquier sitio, inclusive si dicho sitio no era propicio para la enseñanza (UNESCO, 2013).

Lo anterior es posible identificarlo como la principal ventaja planteada, y que motivó al desarrollo de aplicaciones para teléfono celular, pues la portabilidad representa una plusvalía para poder adquirir conocimientos donde se requiera, al momento que se requiera.

Conclusiones

Se desarrolló la aplicación adecuadamente de acuerdo a la metodología ADDIE y cumplió la función de servir como un medio didáctico de aprendizaje para las personas que quieran aprender conceptos básicos de programación estructurada (Estructuras de decisión e iterativas), en donde dichos conceptos fueron retomados de algunos libros que contienen información comprensible para usuarios que no están muy relacionados con el tema, además el uso del lenguaje que se empleó para su desarrollo no tiene mayor complicación ya que gracias a la herramienta que ofrece el IDE de Netbeans ayuda a que la elaboración de la aplicación fuera más sencilla, porque ofrece una interfaz gráfica entendible y de fácil uso para el desarrollador, además la instalación de dicha herramienta no presenta mayor complicación, al igual que las configuraciones necesarias a realizar para su funcionamiento, ya que la instalación de cada uno de ellos guía al usuario para que así, este lo pueda llevar a

cabo satisfactoriamente, así como también el uso de emplear, aplicaciones de aprendizaje en un dispositivo móvil, tiene muchas ventajas para que los alumnos puedan aprender de una forma dinámica, el conocimiento que necesiten adquirir.

Referencias

1. AJPDSOFT. (16 de noviembre de consultado en el 2013). Obtenido de AJPDSOFT: <http://www.ajpdssoft.com/modules.php?name=News&file=print&sid=437>
2. Andino, D., & García, R. (6 de junio de 2001). Java 2 Micro Edition, Un Primer Vistazo.
3. Andres, N. A. (24 de Enero de 2011). Modelo ADDIE de Diseño Instruccional.
4. Catali, Z., & Lage, F. (22 de abril de 2012). Entornos Personalizados De Aprendizaje (EPA) Para Dispositivos Móviles: Situaciones De Aprendizaje y Evaluación. Buenos Aires.
5. Enríquez, L., & Chaos, L. (2005). Movilidad y educación: m-learning. ENTER@TE en línea, 5(54), Retrieved from <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2006/noviembre/m-learning.htm>
6. Fabián. (5 de julio de 2011). Guiandroid. Obtenido de Guiandroid: <http://guiandroid.com/archivos-apk-android/>
7. Gálvez, S., & Ortega, L. (2003). Java a tope: Java 2 Micro Edition. Málaga.
8. García, J., Rodríguez, J., Mingo, I., Imaz, A., Brazález, A., Larzabal, A., . . . García, J. (2000). Aprenda Java Como Si Estuviera En Primero. Teknologikoa.
9. García, N. E., & Luis Antonio, G. M. (2006). Mi primer MIDlet. Zacatepec, Mexico.
10. Holzner, S. (2000). Java 2. Anaya Multimedia.
11. ISEA (2009, Enero). Mobile learning, análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al mobile learning. Retrieved from http://www.iseamcc.net/eISEA/Vigilancia_tecnologica/informe_4.pdf
12. Navarro, J., & San Pablo, j. (2005). Introducción a J2ME. Salamanca.
13. Netbeans. (16 de 5 de 2013). Obtenido de Netbeans: <https://netbeans.org/>
14. Prieto, M. J. (Noviembre de 2002). Introducción a J2ME (Java 2 MicroEdition).
15. Prieto, M. J. (Abril de 2003). Curso de J2ME (Java 2 MicroEdition).
16. The New Media Consortium & EDUCAUSE Learning Initiative (2008). Collaboration Webs. En The New Media Consortium (Ed.). The Horizon Report 2008 Edition. LA California: Creative Commons.
17. UNESCO (2013). Directrices para las políticas de aprendizaje móvil. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219662S.pdf>
18. Vera, J., & Ybarra, B. G. (18 de 2 de 2009). Implementación De Tecnologías Móviles Para Celular En Una Biblioteca Universitaria.
19. Yinki, C. R. (20 de 3 de 2013). Otrogeek. Obtenido de Otrogeek: <http://www.otrogeek.net/2013/03/emulador-de-java-para-android-como.html>.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Selección de características de estudiantes del Instituto Tecnológico de Cuautla relacionadas con su desempeño académico

Miriam Sánchez Santamaria¹, Luis Adrián García García²

^{1, 2}Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, C.P. 62745, Yecapixtla, Morelos

¹miriam.sanchez@itcuautla.edu.mx

²luis.garcia@itcuautla.edu.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

El Instituto Tecnológico de Cuautla como institución de educación superior, tiene como una de sus principales metas la titulación de la mayoría de sus estudiantes, ofreciendo una preparación profesional de calidad, y de esta manera obtener un alto índice de eficiencia terminal. Por lo que una de sus funciones principales es realizar las actividades necesarias para propiciar que el estudiante logre un buen desempeño académico durante su formación.

El desempeño académico de los estudiantes depende de varios factores, que están relacionados con características, que se han dividido en dos grupos: a) características personales y b) características institucionales.

El objetivo de este trabajo es seleccionar un conjunto de características del estudiante que influyen en su desempeño académico.

Palabras clave: Desempeño Académico, Características de los estudiantes

Abstract

The Instituto Tecnológico de Cuautla as an institution of higher education, has as one of its main goals to achieve certification of the majority of its students by providing quality professional preparation, and thus achieve a high rate of terminal efficiency. As one of its functions is to perform the activities necessary to ensure that the student achieves good academic performance during their training.

The students' academic performance depends on several factors, which are related to features, which have been divided into two groups: a) personal characteristics and b) institutional characteristics.

The aim of this work is to select a set of student characteristics that influence academic performance.

Keywords: Academic performance, Student characteristics.

Introducción

El Instituto Tecnológico de Cuautla (ITC), es una institución de educación superior perteneciente al Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos (SNIT). El SNIT está constituido por:

- 126 Institutos Tecnológicos Federales
- 130 Institutos Tecnológicos Descentralizados
- 4 Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE)
- 1 Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET)
- 1 Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

El SNIT atiende a una población escolar de 470,359 estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, incluyendo el distrito federal.

El SNIT se rige por la Dirección General de Educación Superior (DGEST), perteneciente a la Subsecretaría de Educación Superior (SES) de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

El ITC actualmente oferta las carreras de: Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Gestión Empresarial y Contador Público.

Uno de los objetivos principales del ITC es ofrecer una formación profesional de calidad a sus estudiantes, para lo cual, debe implementar las acciones necesarias que mejoren permanentemente su proceso académico y propicien que el estudiante logre un notable desempeño académico. Por lo tanto, es necesario, contar con toda la información posible, que permitan la toma de decisiones pertinentes.

Este trabajo se centra en información relacionada con el desempeño académico de los estudiantes del ITC. Tiene como objetivo seleccionar las características del estudiante que influyen en su desempeño académico.

Desempeño académico y características de los estudiantes

El desempeño académico de un estudiante del Instituto Tecnológico de Cuautla (ITC), depende de varios factores, que están relacionados con características que se han dividido en dos grupos principales: a) características personales y b) características institucionales.

Las características personales, se refieren a aquellas, que tienen que ver con el estudiante directamente, antes de ingresar a la institución, y que incluyen atributos personales, tales como: edad, sexo, carácter, estado general de salud, hábitos de estudio, entre otros; pero también incluye características del o los ambientes que lo rodean (familiares, escolares previos, sociales, entre otros), tales como: promedio escolar, nivel de preparación previa en temas relacionados con su carrera, nivel socioeconómico, estado civil, relación y apoyo familiar, situación laboral, número de hijos, entre otros.

Las características institucionales, por otro lado, se refieren a aquellas que son propias del Instituto Tecnológico de Cuautla, tales como: sistema educativo, sistema de acreditación, planes de estudios, ambiente escolar, personal docente, infraestructura, recursos técnicos, programas de apoyos económicos, entre otros.

Las características personales definen al estudiante al momento de su ingreso a la institución, sin embargo, durante el proceso de preparación profesional¹ las características institucionales lo influirán y algunas de las características personales se fortalecerán y otras se modificarán, algunas serán clave para su adaptación y en su desempeño académico. Durante este proceso se define el perfil de egreso del estudiante.

El desempeño académico del estudiante, tiene que ver con su comportamiento en las actividades académicas curriculares y que son evaluadas por profesores para determinar el nivel del logro de las competencias esperadas. Los planes de estudio 2009-2010 de las carreras que oferta el ITC, se dividen en: asignaturas, actividades complementarias, servicio social y residencia profesional; las tres últimas tienen un valor de 25 créditos, que representan en promedio el 10% del valor curricular, mientras las asignaturas representan en promedio el 90% del valor curricular, esto depende de la carrera, ya que varía el total de créditos para cada una.

Las asignaturas son evaluadas por los docentes en una escala cualitativa de excelente, notable, bueno, suficiente o insuficiente, que finalmente se traduce en una asignación de una valoración numérica en una escala de 0 a 100.

La función del ITC como institución educativa es implementar las acciones necesarias en el proceso académico, que le faciliten al estudiante su adaptación al sistema educativo y le aseguren una preparación profesional de calidad y un desempeño académico que le permita la obtención de su título profesional. Para lograrlo, es necesario, contar con toda la información posible, para la toma de decisiones pertinentes.

¹ Periodo que tiene una duración máxima de 6 años

Selección de características

Desde el proceso de ingreso hasta el proceso de titulación, el estudiante realiza diferentes trámites en áreas administrativas y académicas del ITC, que requieren el llenado de formatos escritos o formularios electrónicos con información personal.

Dos de las áreas que tienen mayor contacto con el estudiante desde su ingreso hasta los trámites de titulación, son: el departamento de Desarrollo Académico y el departamento de Servicios Escolares:

- Desarrollo Académico es el encargado del proceso de nuevo ingreso, que incluye el registro de aspirantes, aplicación de exámenes de admisión, selección, cursos de inducción y propedéutico e inscripción de nuevo ingreso; también es el encargado de coordinar el Programa Nacional de Tutoría, que consiste en la asignación de un tutor a cada estudiante, que le brinda acompañamiento en su desarrollo académico, personal y profesional, durante su estancia en la institución.
- Servicios Escolares es el área encargada de llevar el registro y control de la documentación escolar de los estudiantes. Recopila la información de identificación, antecedentes escolares y el historial académico de cada uno.

Se revisaron los formularios de los diferentes formatos utilizados en estas áreas y se detectaron preguntas similares, preguntas complementarias y diferentes opciones de respuesta a preguntas similares.

Posteriormente se realizó un análisis de los datos que se recopilan y se seleccionó un conjunto de características del estudiante que se consideró influyen en su desempeño académico en un nivel excelente o notable. Este conjunto incluye los datos utilizados en el Programa de Tutorías, del departamento de Desarrollo Académico, de acuerdo con su experiencia en el tratamiento y apoyo de problemáticas de los estudiantes.

Se diseñó un formulario que contiene los datos de identificación del estudiante y concentra las características seleccionadas. Incluye preguntas abiertas y cerradas, y organiza los datos en siete áreas: 1) de identificación, 2) psicofisiológicos, 3) de integración, 4) sociales, 5) psicopedagógicos, 6) personales y 7) plan de vida y carrera.

Resultados

Como resultado de este trabajo, se obtuvo el Conjunto de Características del Estudiante relacionadas con su Desempeño Académico (Conjunto CE-DA). La tabla 1, muestra la organización de este conjunto.

Este conjunto, servirá de base para un análisis más detallado utilizando herramientas estadísticas y de minería de datos, que permitan determinar el nivel de relevancia o influencia en el desempeño académico de cada característica propuesta.

Tabla 1. Organización del Conjunto CE-DA

Conjunto de Características del Estudiante relacionadas con su Desempeño Académico (CE-DA)			
Datos de Identificación			
Nombre(s), Apellido Paterno, Apellido Materno			
Sexo: () Femenino () Masculino		Carrera:	
No. de control:		Semestre:	Promedio Gral.:
Edad: _____ años	Edo. civil: () Soltero () Casado () Otro Especifique		
Trabaja: () No () Si Especifique:			No. de hijos:

Lugar de origen:
Lugar de residencia:
Actualmente vives : () Con mi familia () Con familiares cercanos () Con otros estudiantes () Solo
De quién dependes económicamente: () Padres () Familiares () Yo mismo Especifique ingreso: _____
No. de hermanos (incluyéndote): _____ Lugar que ocupas (de mayor a menor): _____
Datos Psicofisiológicos
Pérdida de equilibrio: () Muy Frecuente () Frecuente () Nunca () A veces () Antes
Pérdida de vista: () Muy Frecuente () Frecuente () Nunca () A veces () Antes
Perdida de oído: () Muy Frecuente () Frecuente () Nunca () A veces () Antes
Dificultades para dormir: () Muy Frecuente () Frecuente () Nunca () A veces () Antes
Pesadillas o terrores nocturnos: () Muy Frecuente () Frecuente () Nunca () A veces () Antes
Áreas de Integración
¿Cómo es la relación con tu familia? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con tu padre? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con tu madre? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con tus hermanos? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Con quién te sientes más ligado afectivamente? () Padre () Madre () Hermano(a) () Otro Especifique
¿Con quién tienes mayores dificultades? () Padre () Madre () Hermano(a) () Otro Especifique
Áreas Social
¿Cómo es la relación tus compañeros? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con tus amigos? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con tu pareja? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con tus maestros? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
¿Cómo es la relación con las autoridades académicas? () Buena () Regular () Mala () Indiferente
Qué haces en tu tiempo libre:
Área Psicopedagógica
¿Recibes apoyo en tu casa para realizar tus estudios? () Si () No
¿Qué problemas personales intervienen en tus estudios?

¿Cuál es la asignatura en la que sobresales? ¿Por qué? () Por el maestro () Porque te gusta
Cuál es la asignatura que te desagrada? Por qué? () Por el maestro () Porque no te gusta
¿Qué te motiva para venir al Tecnológico? () Terminar mi carrera () Mis amigos () Otro Especifique
Plan de Vida y Carrera
¿Cuáles son tus planes inmediatos?
¿Cuáles son tus metas en la vida?
Características Personales
Mi carácter es:
Yo aspiro en la vida:
Yo tengo miedo a que:
Podré lograr:

Trabajos futuros

Tomando como base el Conjunto CE-DA, se proponen los siguientes trabajos:

- Recopilación de datos aplicando el formulario a los estudiantes del ITC
- Determinar el nivel de influencia de cada característica en el desempeño académico, aplicando técnicas estadísticas y de minería de datos
- Definir el conjunto de características de mayor relevancia en el desempeño académico, para definir un perfil de ingreso por carrera.
- Desarrollo de un sistema de información para el registro y análisis de la información. A este respecto es importante señalar que en el Instituto Tecnológico de Cuautla, se encuentra en desarrollo este sistema utilizando tecnologías de bases de datos y técnicas de minería de datos.

Conclusiones

El desempeño académico de los estudiantes depende de varios factores, entre los cuales se encuentran sus características personales. Por la diversidad de estas características, se pueden clasificar en diferentes tipos.

A partir de la experiencia docente y experiencia en el apoyo de problemáticas estudiantiles, es posible identificar un conjunto de características que se consideren más influyentes en el desempeño académico.

Este conjunto, servirá de base para un análisis más detallado utilizando herramientas estadísticas y de minería de datos, que permitan determinar el nivel de relevancia o influencia en el desempeño académico de cada característica propuesta.

Referencias

1. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. (2010). Lineamiento para la Evaluación y Acreditación de Asignaturas, versión 1.0, Planes de estudio 2009-2010. Agosto 2010.
2. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. (2011). Lineamiento para la Evaluación de Actividades Complementarias, versión 1.0, Planes de estudio 2009-2010. Octubre 2011.
3. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. (2011). Lineamiento para la Operación del Programa de Tutoría, versión 1.0, Planes de estudio 2009-2010. Octubre 2011.
4. Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos. (2013). Breve Historia de los Institutos Tecnológicos de México. <<http://www.snit.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica>>. Consultado el 9 de agosto de 2013.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Uso de las TIC en la educación con pedagogía Freinet

V. Guerrero Hernández^{1*}, R.E. Telona Torres¹, J.S. Rodríguez Aguirre¹, M.P. Aguilera Bustamante², G. Reyes Morales³

¹Departamento de División de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carretera Costera del Golfo Km 140 + 100, Matacapán, C.P. 95804, San Andrés Tuxtla, Veracruz, [*verogrohdez@hotmail.com](mailto:verogrohdez@hotmail.com), retelona19@hotmail.com, soporte_macrosat@hotmail.com

²Alumna de la carrera de Licenciatura en Informática, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carretera Costera del Golfo Km 140 + 100, Matacapán, C.P. 95804, San Andrés Tuxtla, Veracruz, piki_aquibu@hotmail.com

³Departamento de División de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carretera Costera del Golfo Km 140 + 100, Matacapán, C.P. 95804, San Andrés Tuxtla, Veracruz, grevesm_13@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Las nuevas necesidades y exigencias de la sociedad de la información demandan estar a la vanguardia con las tecnologías de información y comunicación (TIC).

El uso de herramientas software en actividades pedagógicas con Técnicas Freinet en materias de quinto y sexto grado de la Escuela Experimental Freinet permite que el niño sea creativo y deje que sus ideas fluyan al utilizar herramientas software. El proceso de la investigación inicio comprendiendo primeramente la pedagogía Freinet, conociendo cada técnica, identificando las actividades realizadas en cada materia, tomando como muestra los 63 alumnos que conforman los grupos de quinto y sexto grado de la escuela.

Los resultados obtenidos al momento con la investigación han sido amplios y satisfactorios tanto para los docentes como para los alumnos logrando observar que los niños cuentan con grandes habilidades para aprender y utilizar las TIC de la actualidad, sin impedir el desarrollo de sus propias habilidades cognitivas.

Palabras clave: Pedagogía Freinet, TIC, Herramientas Software.

Abstract

The new needs and demands of the information society claim to be at the forefront with information and communication technologies (TIC).

The use of software tools Techniques Freinet pedagogical activities in matters of fifth and sixth grade Freinet Experimental School allows the child to be creative and let your ideas flow when using software tools. The research process comprising first start Freinet pedagogy, knowing each technique, identifying the activities in each subject, taking as example the 63 students who make up the group of fifth and sixth grade students. The results obtained when the research has been extensive and satisfactory for both teachers and learners being able to observe that children have great skills to learn and use ICT to present, without impeding the development of their own cognitive abilities.

Keywords: Freinet Pedagogy, TIC, Software Tools.

Introducción

En la actualidad, nuestra sociedad se encuentra inmersa en la llamada era de la postmodernidad, caracterizada por la sucesión de continuos cambios sociales, económicos, políticos, culturales, ideológicos, y sobre todo tecnológicos, que plantean nuevas exigencias, demandas y desafíos al ámbito educativo.

El presente trabajo de investigación científica hace referencia a un aspecto sumamente importante en el campo educativo contemporáneo que permitió llevar a cabo una investigación de enfoque cuantitativo con el objetivo de implementar herramientas software adaptándolas a las Técnica Freinet y sus actividades pedagógicas, que se aplican en el proceso de enseñanza- aprendizaje y en el desarrollo educativo de los alumnos del quinto y sexto grados de la Escuela Experimental Freinet ubicada en la ciudad de San Andrés

Tuxtla, Veracruz. Lo anterior con el fin de lograr que el alumno conozca las nuevas tecnologías que le permitan desarrollarse en el mundo digital de hoy en día y así el maestro pueda complementar una clase freinet de acuerdo a lo propuesto por el maestro francés Celestin Freinet.

En el tema de la implementación de TIC en una escuela moderna, encontramos campos de investigación. El primero hace referencia a la pedagogía Freinet, en comprender el uso de cada una de sus técnicas y la filosofía de Celestin Freinet. El segundo es la cultura de los padres de familia en el uso de tecnología para apoyar a sus hijos, de los alumnos para saber utilizarla y los maestros para emplearla como herramientas para desarrollar sus actividades. Por último los medios de comunicación y acceso a las TIC e internet en la escuela y en sus casas.

Cabe precisar que los niños que están en contacto con las TIC, en este caso con la computadora y el internet, generan dos tipos de aprendizaje. Uno es que con la tecnología aprenden contenidos temáticos de sus materias de español, geografía, historia y ciencias naturales y por otro lado de la tecnología obtienen residuos cognitivos amplificando el conocimiento y modificando la forma de aprender y conocer. Las herramientas software que se implementaron hasta el momento fueron: Cmap Tools y Tuxpan que son aplicaciones muy sencillas y fáciles de utilizar, así como Word y Power Point de Microsoft.

Metodología

Tipo de investigación

Se utilizó el enfoque cuantitativo ya que este es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica.

Población y muestra

La población está constituida por la Escuela Experimental Freinet con 120 alumnos en total, 6 grupos, uno de cada grado de primero a sexto y la muestra por un total de 63 alumnos de quinto y sexto grado.

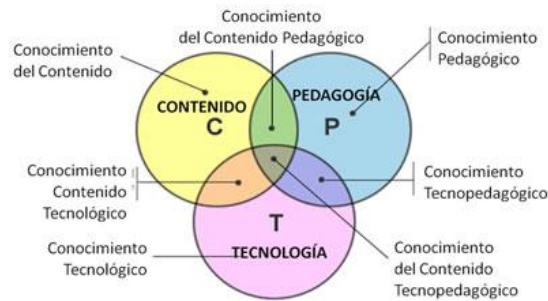
Instrumentos de recolección de datos.

Para la recolección de los datos se utilizaron 2 instrumentos el cual es la entrevista y la observación. El cual la entrevista nos permitió conocer a fondo si los alumnos tenían conocimiento sobre las TIC y las herramientas software que pueden aplicar en sus actividades diarias. Y mediante la observación, se observó como el alumno interactuó físicamente y emocionalmente con las herramientas software.

MODELO TECNOPELAGOGICO DE INTEGRACIÓN DE LAS TIC'S EN EDUCACIÓN

TPACK

El conocimiento tecnológico de contenido pedagógico (TPACK) trata de identificar la naturaleza de los conocimientos exigidos por los profesores para la integración de la tecnología en su enseñanza, al abordar la naturaleza compleja, multifacética y situada del conocimiento maestro. El centro del marco TPACK, es la compleja interacción de las tres formas principales de conocimiento: contenidos (CK), Pedagogía (PK) y Tecnología (CT). Como debe quedar claro, el marco se basa en la idea TPACK Shulman del conocimiento didáctico del contenido.



El enfoque TPACK va más allá de ver a estas tres bases de conocimiento de manera aislada. Por otro lado, se hace hincapié en los nuevos tipos de conocimientos que se encuentran en las intersecciones entre ellos. Considerando P y C juntos tenemos conocimiento didáctico del contenido (PCK), la idea de Shulman de conocimiento de la pedagogía que se aplica a la enseñanza de contenidos específicos. Del mismo modo, teniendo en cuenta T y C en conjunto, obtenemos el conocimiento de contenido tecnológico (TCK), el conocimiento de la relación entre tecnología y contenido. En la intersección de T y P, es el Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK), que hace hincapié en la existencia, componentes y capacidades de las diferentes tecnologías que se utilicen en la configuración de la enseñanza y el aprendizaje.

Por último, en la intersección de los tres elementos es el Conocimiento Tecnológico de contenido pedagógico (TPACK). Verdadera integración de la tecnología es la comprensión y la negociación de las relaciones entre estos tres componentes del conocimiento.

Escuela Moderna

El maestro Francés Celestin Freinet, uno de los pedagogos más importantes del siglo XX, su tarea central era construir autonomía, inteligencia, conocimientos y trabajo solidario. La pedagogía Freinet es una Pedagogía en contexto, una teoría y una técnica desarrolladas a la medida de las necesidades del alumno.

El origen de la Escuela Moderna en España se desarrolló a partir de 1926, el maestro madrileño Sidonio Pintado Arroyo fue becado por la Junta para la Ampliación de Estudios (JAE), lo que le brindó la oportunidad de conocer las ideas pedagógicas y las experiencias escolares de estilo Europeo. Es a través de sus diversos viajes de estudio, que conoce a Luis Álvarez, Ángel Lorca, Bartolomé Cossío, Rodolfo Llopis, Fernández de los Ríos, Decroly y Claparède.

Sin embargo, la curiosidad y el deseo de vivir de cerca lo que ya se comentaba de Celestin Freinet y de su Técnica, lo llevó al maestro Pintado a visitar, en 1925, la Escuela de Bar-Sur-Loup (Francia), donde Freinet iniciaba sus primeros trabajos con la imprenta escolar y, al mismo tiempo, la creación de la organización de Enseñanza Laica (CEL). A su regreso a España, el maestro Pintado dio a conocer su experiencia acerca de lo que sería, tiempo después, la Escuela Moderna. De España surgieron las primeras publicaciones en las que se dieron a conocer las Técnicas Freinet.

El movimiento pedagógico Freinet surgió en México en 1940, cuando finalizó el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas y comenzó el gobierno del presidente Manuel Ávila Camacho y, a la llegada del maestro Patricio Redondo Moreno a San Andrés Tuxtla, Veracruz.

Al quedarse a radicar en México, sintieron la necesidad de dar a conocer las ideas renovadoras de Celestin Freinet y las aplicaron en sus propias escuelas, siendo pioneros en la introducción de las técnicas susodichas.

La Escuela Experimental Freinet

Patricio Redondo Moreno, Maestro por convicción, de tiempo completo dentro de la escuela y fuera de ella, un hombre con sólidos principios, logró establecerse en San Andrés Tuxtla y es aquí donde deja su legado: la Escuela Experimental Freinet.

Después de haber desembarcado Patricio Redondo en Coatzacoalcos en Julio de 1940, un mes después, llegó a San Andrés Tuxtla, junto con varios de sus compañeros de emigración. Apasionado, innato educador, buscaría su lugar en la patria adoptiva por el camino más difícil; el de la enseñanza primaria.

Su entusiasmo lo llevó a ponerse en contacto con maestros mexicanos (como Don Liborio Chigo, maestro de la Escuela Primaria Landero y Coss) con la intención de explicarles sobre las Técnicas Freinet y exhortarlos a formar una cooperativa para experimentarlas. La idea fue recibida con entusiasmo e interés, sin embargo, las dificultades económicas dejaron todo en proyecto. Luego, Patricio Redondo Moreno iniciaría este sueño solo.

Sin duda, hoy en día estas instituciones poseen un gran prestigio, resultado del trabajo constante y perseverante por parte de quienes las fundaron y de aquellos quienes hoy tienen la responsabilidad de continuar con la noble labor de la docencia.

FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS DE LA ESCUELA EXPERIMENTAL FREINET DE SAN ANDRÉS TUXTLA

El uso de las Técnicas Freinet, como parte del proceso enseñanza-aprendizaje, ha contribuido notablemente en el desenvolvimiento académico de sus alumnos. Los fundamentos pedagógicos aplicados se mencionan a continuación:

- a) **El proceso educativo se inicia con las experiencias de vida del niño (texto libre).**
- b) **El protagonismo del docente es ocupado por** la acción que realiza **el alumno** en su formación.
- c) **La escuela forma personas autónomas**, no subordinadas, responsables, honestas y con criterio bien definido.
- d) El alumno resuelve problemas de la vida cotidiana haciendo uso de sus facultades intelectuales, que favorece la toma de sus propias decisiones.
- e) Los alumnos participan en el contexto de **productividad social**, con talleres que se ponen a su consideración.
- f) El proceso E-A se lleva a cabo en una interacción racional, en la que el alumno realiza una actividad constante bajo la dirección del docente.
- g) **El docente cambia el concepto de autoridad** y promueve el trabajo cooperativo escolar.
- h) **Los conflictos** que se presentan, como consecuencia de las relaciones, **se resuelven** atendiendo a las positivas razones aportadas por los propios alumnos, sin hacer uso del autoritarismo ni violencia (**asamblea escolar**).
- i) **El origen del trabajo docente lo constituyan las necesidades e intereses de los alumnos**, lo que trae consigo que los **contenidos o el aprendizaje sean significativos** para sus vidas.
- j) **La ciencia** es importante en todas las actividades que se realizan cotidianamente.
- k) En el aula se resuelven **problemas verídicos**.
- l) No debe confundirse la acumulación de **datos memorísticos** con el **aprendizaje verdadero**.
- m) El conocimiento ayuda a **resolver problemas para mejorar el crecimiento del niño**, al mismo tiempo, le da sentido a su existencia.
- n) **El alumno se desenvuelve** en la escuela analizando las circunstancias que la vida le depara.
- o) **Los exámenes** no son determinantes para demostrar que el alumno ésta creciendo afectiva, intelectual, social y culturalmente.
- p) **Los valores** se estructuran en el seno familiar, y es la escuela la que coadyuva a que éstos se consoliden, practicando distintos roles que el alumno debe realizar en su vida para que llegue a ser **un buen ciudadano, bondadoso, responsable, honesto, solidario, respetuoso, crítico y trabajador**.

ACTIVIDADES PEDAGÓGICAS DESARROLLADAS EN LA ESCUELA EXPERIMENTAL FREINET

Para la obtención de los resultados fue necesario conocer las Técnicas Freinet con el cual en la siguiente tabla se muestra cada una de ellas:

Técnica Freinet	Descripción	Tipo de actividad
Texto Libre	Se considera una de las mejores formas a través de la cual el niño puede expresarse libremente, ser creativo, autentico, etc. Es una composición escrita que pueda elaborarse dentro o fuera de la escuela.	Escribir en una hoja suelta un texto, el cual el tema lo elige el alumno que a través de este medio comienza a tratar de expresar sus pensamientos, sentimientos y emociones lo que le permitirá liberar su personalidad y comunicarse con sus compañeros y maestro.
Dibujo Libre	Es una forma en la que el niño desarrolla gran parte de su potencial creativo e imaginario, en el caso de alumnos que a un no saben leer ni escribir a través del dibujo puede interpretarse lo que desean comunicar a sus demás compañeros.	A través de esta técnica el niño logra enriquecer y complementar sus escritos, lo que con lleva a conocer lo que siente, piense e imagina.
Imprenta	Es considerada una de las grandes aportaciones de Freinet, ya que permite cambiar los materiales tradicionales por textos vivos y libres,	Es aquí donde el alumno complementa la elaboración del texto libre al permitir su impresión, estos textos ilustrados constituyen los temas de lectura colectiva.
Correspondencia Escolar	Es una experiencia de comunicación escrita entre una escuela y otra, en la que se da un intercambio que incluyen textos impresos, cartas, material audiovisual, productos, etc.	inicia con la redacción de una carta dirigida a partir de que cada alumno tiene un compañero en la otra escuela con el cual mantiene una relación estrecha, a través de la correspondencia se conocen, intercambian vivencias personales, escolares, etc., pasado el tiempo se conocen personalmente. En este caso los alumnos tiene contacto con los alumnos de la escuela Bartolome de México y con la de Chile en esta última cada año.
Fichero Escolar	Una de esas técnicas es el fichero escolar, mismo que surge como una alternativa a los libros de texto, ya que eran considerados como manuales únicos, con esto favorece la autonomía del alumno y satisface sus necesidades.	Todos cooperan en la aportación de información, que obtienen a través de diversas fuentes y que sirve para complementar a los manuales escolares (libros de texto), consisten en documentos que son redactados por los propios niños, dibujos, publicaciones, revistas y todo lo que sea útil, posteriormente todo el material se clasifica de manera que sea accesible para alumnos.
	Una de esas técnicas es el fichero escolar, mismo que surge como una alternativa a los libros de texto, ya que eran considerados como manuales únicos, con esto favorece la autonomía del niño y satisface sus	A aquí los alumnos cooperan en la aportación de información, que obtienen a través de diversas fuentes y que sirve para complementar a los manuales

Fichero Escolar	necesidades.	escolares (libros de texto), consisten en documentos que son redactados por los propios alumnos, dibujos, publicaciones, revistas y todo lo que sea útil.
Plan de trabajo	A través del plan de trabajo los alumnos organizan las tareas, esto permite que cada uno trabaje y desarrolle sus actividades como mejor le convenga, de manera diaria se le da seguimiento es decir se supervisan que las tareas planteadas se cumplan.	El alumno elabora un documento, se realiza de manera semanal o quincenal, en él especifican las actividades que habrán de realizarse, tienen un sentido en cuanto a la planeación de las mismas, pero también tiene un compromiso acerca del trabajo que se realizara.
Asamblea Escolar	La asamblea escolar se realiza de forma semanal, un día a la semana se efectúa, para ello se elige a un presidente, un secretario y un tesorero que son propuestos por sus mismos compañeros, en esta se debaten temas como la vida en la escuela, algún problema que se haya presentado, etc	El alumno tiene tiempo destinados a plantear problemas y buscar los medios para su resolución. Por medio de la palabra se señalan errores y responsabilidades en un ambiente democrático.
Conferencia	Se encuentra fundamentada en pretender desarrollar la expresión del niño, a través de diversas formas tales como la elaboración del material audiovisual, la investigación, redacción, comprensión del tema, así como hablar y discutir en público.	El alumno realiza una exposición oral y visual que es expuesta ante sus compañeros.
Periódico Mural	Es considerado como un medio de difusión, en el que se refleja el análisis y la crítica relacionada con ciertos acontecimientos. Lo que pretende es rescatar los sucesos vividos en el salón de clases y darlo a conocer a sus demás compañeros de la escuela, contiene texto y dibujo que lo enriquecen para hacerlo más creativo.	El alumno expresa, transmite sus conocimientos e investigaciones mediante la libre expresión, creatividad e imaginación que plasma en cada uno de sus trabajos. Realizan su periódico mural.

Resultados y discusión

Una vez que se obtuvo el análisis de las técnicas Freinet y las actividades que pudieran programarse en cada una de ellas. Es importante mencionar que las actividades realizadas son impredecibles debido a que van en función de las necesidades identificadas del niño a partir de su texto libre. En la siguiente tabla se muestra resultados propuestos tomados de la observación durante algunas semanas de una clase Freinet:

Tipo de Actividad	Descripción	Herramienta software
Elaboración de texto	Escribir en una hoja suelta un texto, el cual el tema lo elige el alumno.	Microsoft Word
Lectura y Mapa conceptual	El alumno realiza una lectura y de acuerdo a ella desarrolla su mapa conceptual.	CmapTools

Exposición	De acuerdo al tema elegido el alumno desarrolla su lectura y posteriormente lo expone a sus compañeros.	Microsoft PowerPoint
Línea de Tiempo	De acuerdo a la lectura el alumno realiza su línea de tiempo.	TuxPaint
Dibujo	El alumno plasma sus ideas desarrollando su creatividad de acuerdo a la lectura de su tema.	TuxPaint
Cuadro Comparativo	De acuerdo a la lectura el alumno desarrolla su cuadro comparativo.	TuxPaint

Discusión e interpretación de los resultados

Los siguientes resultados provienen de la plática durante una entrevista con los alumnos y maestros:

GRADOS	ANTES	AHORA
ALUMNOS DE QUINTO Y SEXTO	No tenían conocimientos de las TIC, no usaban software para sus actividades, se les hacía aburrida la clase de computación y a la hora de desarrollar sus actividades se les hacía un poco aburrida estar borrando a la hora de plasmar sus ideas.	Tienen más conocimientos acerca de las tecnologías de información y comunicación, Les gusta las clases de computación, a la hora de desarrollar sus actividades se hace más fácil y les gusta estar interactuando con las herramientas y con la pc.

Adopción de decisiones

De acuerdo a la investigación desarrollada de diversas herramientas software en el marco teórico, se procedió a utilizar para el presente proyecto de tesis los siguientes programas:

Herramienta Software	Descripción	Justificación
-----------------------------	--------------------	----------------------

<p>CmapTools</p>	<p>Programa gratuito, es sencillo le permite al alumno realizar mapas conceptuales con sus propias ideas y creatividad de acuerdo a lo visto en clases.</p>	<p>Se adaptándose a la técnica Freinet. Le Permite desarrollar su potencial académico a un nivel más alto. Permite mejorar la escritura del alumno, utilizando los conceptos apropiados. Los alumnos pasan de ser consumidores de información a autores de conocimiento. Los alumnos pueden ser administradores de sus propias carpetas. Se graba y reproduce gráficamente los pasos que siguió el estudiante en la construcción de su mapa.</p>
<p>TuxPaint</p>	<p>Programa gratuito Divertido y creativo colores vivos, sellos y una gran variedad de sonidos lo hacen especialmente atractivo y motivante.</p>	<p>Le permite al alumno entender y pueda probar sin miedo, garabatear, borrar, colorear, y todas las cosas de niño que se le ocurran. Ahorro de papel y pinturas y que se mancha menos. El niño se divierte dibujando y que además sirva para aprender a manejar un poco el PC.</p>
<p>Microsoft Word</p>	<p>Es un programa editor de texto ofimático muy popular, que permite crear documentos sencillos o profesionales, está diseñado para brindarle las mejores herramientas para dar formato a los documentos.</p>	<p>Le permite al alumno escribir sus propios textos con gran facilidad y como él quiera. Puede utilizar las diferentes herramientas que contiene para darle vida a su texto además que le permite interactuar con la pc y con el programa.</p>
<p>Microsoft PowerPoint</p>	<p>Es un programa de presentación, bastante sencillo: se crean "diapositivas" o slides que contienen información, en formato de texto, dibujos, gráficos o videos.</p>	<p>Le permite al alumno desarrollar su creatividad haciendo sus diapositivas como le guste, además que tiene muchas herramientas. Una vez desarrollados estos slides o diapositivas, se pueden imprimir o se puede hacer una presentación propiamente, el alumno se puede programar su presentación para que cada diapositiva dure una determinada cantidad de tiempo.</p>

Estas herramientas software ayuda a mejorar el desarrollo del aprendizaje del alumno, ya que a través de ellas pueden pensar, usar su creatividad propia en el momento que desarrollan sus actividades, la herramienta solo es el apoyo para concluir y entregar sus tareas diarias. Se observó que a los alumnos les fue grato el uso de las herramientas, quedaron muy contentos e interesados en seguir utilizando este tipo de herramientas en sus

actividades diarias, ya que ellos no las conocimiento acerca de éstas tecnologías de información y comunicación (TIC), y son muy importantes para que le ayude en su formación y su aprendizaje y conforme pasa el tiempo él tiene que estar a la vanguardia de las tecnologías. Hoy en día es una mejor alternativa para este proceso de enseñanza- aprendizaje adaptándose a las técnicas Freinet.

Trabajo a futuro

Durante el próximo ciclo escolar 2013 – 2014 se pretende trabajar con los seis grupos con los que cuenta la Escuela Experimental Freinet, de primero a sexto grado, implementándoles otras herramientas software como: Voki, Educa Play, Jclíc, Tagxedo, X-Mind, así como el uso de plataformas educativas.

Conclusiones

Al realizar el estudio y después de analizarlo ha llegado a la siguiente conclusión: Que las nuevas tecnologías de información y comunicación son muy importantes en nuestra vida cotidiana y más para el desarrollo educativo. Y para que la Escuela Experimental Freinet de San Andrés Tuxtla este a la vanguardia con estas nuevas TIC, para poderlas aplicar a las actividades pedagógicas de acuerdo a la Técnica Freinet.

Esta proyecto ha permitió analizar, comprender y utilizar mejor las herramientas que el alumno puede aplicar en clases y para sus actividades pedagógicas para un mejor desempeño educativo. Algunas de las posibles herramientas que se adaptaron a la Técnicas Freinet son CmapTools, TuxPaint entre otras, estas con el fin de que el alumno aprenda a utilizar las nuevas tecnologías y para que el niño tenga más interés en sus actividades. Esta investigación es muy importante e interesante porque en la Escuela Experimental Freinet se aplicaron las tecnologías de información y comunicación en los grados de quinto y sexto, ya que con esto la escuela tendrá las herramientas necesarias para poder apoyar a los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y conforme pasa el tiempo él tiene que estar a la vanguardia de las tecnologías. Hoy en día es una mejor alternativa para este proceso de enseñanza- aprendizaje adaptándose a las técnicas Freinet. Aplicando las TIC.

Agradecimientos

A la Escuela Experimental Freinet por habernos permitido trabajar desde Agosto de 2012 con los grupos de quinto y sexto grado dándonos la apertura para trabajar libremente dentro de sus horarios de clase de computación, así como dejarnos interactuar con los niños de sexto grado de la Escuela Manuel Bartolomé y Cossío durante su estancia en el mes de abril en su intercambio escolar con sus alumnos de sexto.

Referencias

1. Ana Laura Rossaro , “El modelo TPACK el saber docente” obtenido por <http://www.educdosceros.com/2012/04/el-modelo-tpack-el-saber-docente-cuando.html> visitado el 5 de marzo del 2013.
2. Anónimo “Cmap” obtenido de http://escritorioalumnos.educ.ar/datos/recursos/pdf/cursos/curso_cmap1.pdf, visitado el 18 de febrero del 2013.
3. Anónimo “ TuxPaint” obtenido de <http://ceibalflorida.blogspot.mx/2009/06/tux-paint.html>, visitado el 20 de febrero del 2013.
4. Anónimo “ TuxPaint” obtenido de http://www.eskola20.org/formacion/tutoriales/nivel1/tuxpaint_gimp/modulos/es/modulo01_p.html, visitado el 20 de febrero del 2013.
5. Anónimo, “Power Point” obtenido de <http://www.misrespuestas.com/que-es-power-point.html>, visitado el 24 de febrero del 2013.
6. Anónimo, “Microsoft Word 2010”, obtenido de <http://www.slideshare.net/jonathansgdash/microsoft-word-2010-13571444>, visitado el 28 de febrero el 2013.
7. Matthew Koehler “TPACK – Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido” obtenido de <http://www.tpck.org/>, visitado el 26 de febrero del 2013.

8. Ramiro Aduviri Velasco "TPACK 2.0" obtenido de <http://www.slideshare.net/ravsirius/tpack-20>, visitado el 28 de febrero del 20113.
9. Ramiro Aduviri Velasco, "Aplicaciones del modelo TPACK" obtenido de <http://www.slideshare.net/ravsirius/aplicaciones-del-modelo-tpack-9730275> visitado el 1 de marzo del 2013.
10. Anónimo, "CmapTools" obtenido de http://www.ticat.org/glopets-ticat/glopets_CAT_llibre_0/t_MapesConceptuals-CmapToolsInformacio.pdf, visitado el 5 de marzo del 2013.
11. Anónimo "tutorial_Hot_Potatoes" obtenido de: http://www.medellin.edu.co/sites/Educativo/mdenlasie/Documents/manual_hot_potatoes.pdf
12. Anónimo "Manual Manejo de Cuadernia" obtenido de: <http://herracad.files.wordpress.com/2011/11/manual-prezi.pdf>
13. Anónimo "Aprender a utilizarlo en 15 minutos" obtenido: <http://prezi.com/yqfu-lxm9kxr/tutorial-prezi-en-espanol-aprender-a-utilizarlo-en-15-minutos-academia-prezi/>
14. Anónimo "Prezi" obtenido de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Prezi>
15. Edith Olin Arano "Residencia Profesional" Visitado el 25 de marzo del 2013.
16. María del pilar Aguilera Bustamante "Residencia Profesional, "Herramientas que ofrecen las tic's adaptadas a la técnica Freinet y a las actividades pedagógicas del sexto y quinto grado en la materia de español" Visitado el 25 de marzo del 2013.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

COMPETENCIAS MATEMÁTICAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

María Teresa Villalón Guzmán^{1*}, Ma. Guadalupe Medina Torres¹, Paloma Teresita Gutiérrez Rosas¹, Micael Gerardo Bravo Sánchez¹, Mario Calderón Ramírez¹

¹Departamento de Ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Celaya, Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n Celaya, Guanajuato. México.

*teresa.villalon@itcelaya.edu.mx

Área de participación: Educación

Resumen

En el Instituto Tecnológico de Celaya (ITC) se ofrecen 10 programas de ingeniería, los cuales durante el primer semestre ofrecen la asignatura de Cálculo Diferencial a los estudiantes de nuevo ingreso. El índice de aprobación promedio para esta asignatura es del 50%, lo cual ocasiona problemas de reprobación, rezago y deserción. En este trabajo se realiza una comparación entre la demanda de competencias previas deseables en los estudiantes de nuevo ingreso con las competencias que realmente poseen. A través de un examen de exploración que considera las competencias matemáticas previas necesarias de los aspirantes aplicado a estudiantes del nivel medio superior, se encontró que carecen del nivel de competencias matemáticas previas necesario para cursar la asignatura de Cálculo Diferencial, lo cual destaca la importancia del desarrollo de esfuerzos institucionales para apoyar a los estudiantes de nuevo ingreso en la transición del nivel medio superior al superior.

Palabras clave: Competencias previas, reprobación, transición educativa.

Abstract

The Instituto Tecnológico de Celaya (ITC) offers 10 engineering programs, which offer the subject of differential calculus students newly enrolled during the first half. It is worth mentioning, that the index of average approval for this subject is 50%, resulting in problems of reproach, backwardness and desertion. This work is carried out a comparison between the demand for desirable prior skills in new year students with skills that actually possess. Through a review of exploration which considers previous math skills of the applicants applied to the upper level students, found that they lack the level of previous math skills required to pursue the subject of differential calculus, which stresses the importance of the development of institutional efforts to assist new students in the transition from upper mid to upper level.

Introducción

La educación superior en América Latina durante la década de los 90's, experimentó un manifiesto interés por la calidad educativa, al reconocer en ella la principal herramienta para responder a las exigencias y demandas educativas en un contexto marcado por los desafíos propios del proceso de globalización. En el mundo globalizado se le atribuye un lugar especial al conocimiento, debido a que se tenderá a valorar de manera creciente el avance teórico y la innovación tecnológica. La inversión en la formación y en la investigación se vuelve indispensable para la producción y reproducción del sistema social y económico a fin de cerrar la brecha social.

En el contexto de la globalización, la educación superior enfrenta la necesidad de una convergencia y articulación de todos sus niveles educativos. En el marco del surgimiento de gran cantidad de instituciones educativas y la pérdida de calidad de la educación superior, creció el interés por estudiar los factores asociados al rendimiento académico en estudiantes de este nivel, a fin de proporcionar herramientas que permitan establecer estrategias que favorezcan el desempeño estudiantil.

El análisis de la calidad educativa en una institución debe incluir, además, resultados de investigación sobre el rendimiento académico de sus estudiantes, pues son de gran utilidad en los procesos de toma de decisiones. Estos resultados constituyen un factor imprescindible en el abordaje del tema de la calidad de la educación superior, debido a que es un indicador que permite una aproximación a la realidad educativa. Se ha despertado en las autoridades de las instituciones de educación superior un interés particular por los resultados académicos de sus estudiantes, cuyo estudio y análisis constituyen herramientas sólidas para construir indicadores que orienten la toma de decisiones en el quehacer institucional.

Los estudios de rendimiento académico en la educación superior son muy valiosos, debido al dinamismo que experimentan las instituciones educativas en el marco de una sociedad caracterizada por el rápido avance del conocimiento, la fluidez en la transmisión de la información y los acelerados cambios que se están produciendo en las estructuras sociales.

En el ITC como en otras instituciones de educación superior, las investigaciones sobre el desempeño estudiantil propician el conocimiento de gran cantidad de variables relacionadas con la calidad y equidad en dichas instituciones, motivo por el cual aportan importantes elementos que repercuten en la gestión y prestigio institucional, considerando que los recursos gubernamentales son indispensables para la educación, especialmente del sector público.

Particularmente, en el ITC se presentan altos índices de reprobación durante los primeros semestres, especialmente en el área de las ciencias básicas ocasionando rezago y deserción estudiantil, lo cual repercute de manera importante en la eficiencia terminal de las carreras que oferta.

Metodología

Los resultados de la calidad de la educación superior pública son comúnmente cuestionados en cuanto a la eficacia y eficiencia, en una relación costo-beneficio gubernamental donde intervienen recursos limitados, lo cual supone un uso racional de ellos con un máximo aprovechamiento y una mayor incidencia social, considerando que la orientación fundamental es que los estudiantes logren concluir sus estudios en los tiempos estipulados, incrementando así la inversión social.

Considerando la asignación de recursos limitados para la educación superior pública en los últimos años, son imprescindibles investigaciones en el campo del rendimiento académico a fin de permitir una aproximación a la realidad estudiantil desde esta óptica, representando para las instituciones un valioso insumo en la toma de decisiones y para el gobierno un indicador de inversión. No contar con esta información sería debilitar la sostenibilidad de las decisiones, asumiendo el costo de las repercusiones sociales que esto conllevaría, más aun cuando la relación entre la cantidad de estudiantes que acceden a la educación superior y los que logran concluir sus estudios en tiempos racionales, es frecuentemente usado en las IES como un importante indicador de calidad y en el sector gubernamental como elementos decisivos en la asignación de inversiones (Rodríguez, Fita, Torrado, 2004).

El rendimiento académico del estudiantado universitario constituye un factor imprescindible en el abordaje del tema de la calidad de la educación superior, debido a que es un indicador que permite una aproximación a la realidad educativa (Díaz, Peio, Arias, Escudero, Rodríguez, Vidal, 2002).

El rendimiento académico es la suma de diferentes y complejos factores que actúan en la persona que aprende y ha sido definido con un valor atribuido al logro del estudiante en las tareas académicas. Se mide mediante las calificaciones obtenidas, con una valoración cuantitativa, cuyos resultados muestran las materias ganadas o perdidas, la deserción y el grado de éxito académico (Vélez, Van, Roa, 2005).

Las notas obtenidas, como un indicador que certifica el logro alcanzado, son un indicador preciso y accesible para valorar el rendimiento académico, si se asume que las notas reflejan los logros académicos en los diferentes componentes del aprendizaje, que incluyen aspectos personales, académicos y sociales (Rodríguez, Fita, Torrado, 2004).

Dentro del proceso educativo en las instituciones de educación superior, un elemento valioso a tomar en cuenta son los indicadores adecuados que permitan predecir con mayor grado de exactitud las posibilidades de éxito académico de los estudiantes que inician el proceso de educación superior. En este contexto, es fundamental estudiar aquellas características que posee el alumno que ingresa a las carreras universitarias como posibles indicadores de éxito o fracaso, que permitan a las instancias académicas correspondientes proponer estrategias a fin de ofrecer una formación académica de calidad a sus estudiantes acorde con las exigencias de la sociedad actual.

La necesidad de llevar a cabo estudios que permitan conocer el perfil de los aspirantes a ingresar a las IES, a fin de contar con información que conduzca al diseño e implementación de políticas y acciones que contribuyan a reducir las tasas de deserción escolar, elevar la proporción de egresados y titulados y sobre todo, formar jóvenes mejor habilitados profesionalmente y cultos, para incorporarse de una manera más productiva y con responsabilidad a la vida social del estado, de la región y el país es imprescindible.

Para Bertoni (2005) el conocimiento del perfil de los grupos de aprendizaje al iniciar su ingreso al nivel universitario exige especial énfasis en investigaciones que permitan conocer la cultura del joven, sus expectativas e intereses así como sus potencialidades y debilidades, para afrontar los requerimientos de la formación técnica o profesional a la que aspira. Sugiere que este conocimiento habrá de complementarse con un análisis más ajustado, a nivel de las áreas y/o carreras, sobre las condiciones concretas para encarar con posibilidades de éxito, los estudios más específicos. La viabilidad de los cambios curriculares propuestos depende, entre otros factores, de lo ajustado o no del diagnóstico inicial en un intento de generar una aproximación a los aspectos generales que estarían caracterizando al estudiante en condiciones de ingreso a la enseñanza superior.

De acuerdo con Ezcurra (2005) el primer año de educación superior acarrea dificultades considerables a los estudiantes de nuevo ingreso, pues pone de manifiesto la importancia de que las IES presten atención al primer año de los estudiantes y que en ese contexto, implementen esfuerzos para ayudar a los estudiantes en la transición del nivel medio superior al superior. Actualmente, existe preocupación por el fracaso académico de los estudiantes en el primer año y por sus problemas de adaptación al trabajo universitario en ese periodo de transición. Los problemas que se diagnostican durante el primer año de los estudios universitarios están relacionados con fenómenos como la deserción, la reprobación y el ritmo de avance.

Dentro del proceso educativo en las instituciones de educación superior, un elemento valioso a tomar en cuenta son los indicadores adecuados que permitan predecir con mayor grado de exactitud las posibilidades de éxito académico de los estudiantes que inician el proceso de educación superior. En este contexto, es fundamental estudiar aquellas características que posee el alumno que ingresa a las carreras universitarias como posibles indicadores de éxito o fracaso, que permitan a las instancias académicas correspondientes proponer estrategias a fin de ofrecer una formación académica de calidad a sus estudiantes acorde con las exigencias de la sociedad actual.

Instrumento

En los últimos cinco años, los índices de reprobación en las asignaturas del área de las Ciencias Básicas se han incrementado, especialmente en la asignatura de Cálculo Diferencial. Actualmente, el índice de reprobación de esta asignatura es del 50%, es decir, la mitad de los estudiantes que cursan Cálculo Diferencial no la acreditan durante el curso de primera oportunidad. Algunas de las causas por las cuales se alcanzan estos índices de reprobación, de acuerdo a la opinión de los profesores que imparten la asignatura son:

- ✓ Deficiencia en los conocimientos previos de los estudiantes para cursar la asignatura de Cálculo Diferencial.
- ✓ Malos hábitos de estudio.
- ✓ Deficiencias en las estrategias de aprendizaje de los estudiantes.
- ✓ Falta de interés

Estos factores originan que muchos de los estudiantes recurran la asignatura o en el peor de los casos, se encuentren en la situación extrema, de cursar la asignatura en curso especial (ésta es la última oportunidad que

tienen los estudiantes para acreditar la asignatura, de lo contrario, causa baja definitiva en el ITC). Además del impacto que ésta situación tiene en la eficiencia terminal, se incrementa la cantidad de grupos de Cálculo Diferencial que deben atender los profesores del departamento de Ciencias Básicas.

Con la finalidad de determinar el nivel de competencias previas de los aspirantes a ingresar al ITC y propiciar la implementación de programas interinstitucionales que propicien la mejora en el nivel de competencias matemáticas previas de los estudiantes próximos a egresar en las instituciones del nivel medio superior, se aplicó un instrumento de diagnóstico a 200 estudiantes que conformaron una muestra representativa de los estudiantes de 6º. semestre de la institución de educación media superior de la cual solicitan en mayor porcentaje su ingreso al ITC.

El contenido del examen propuesto está basado en los contenidos propuestos por el CENEVAL para el examen EXANI – II, el cual se aplica durante el proceso de selección a los aspirantes a ingresar al ITC. Los reactivos son de opción múltiple, no se requiere el uso de calculadora para responderlos y se da al estudiante un tiempo de 30 minutos para responder el examen.

El instrumento está integrado por 20 preguntas del área de matemáticas, a través de las cuales se busca determinar el nivel de conocimientos previos en esta área de los futuros estudiantes del ITC, específicamente en álgebra, trigonometría y geometría analítica. La cantidad de reactivos se determinó considerando la cantidad de temas para cada una de las áreas consideradas en el CENEVAL. De igual manera, el porcentaje de reactivos que integraron el instrumento se determinó haciendo referencia a los temas a considerar por área.

A continuación se describe el análisis estadístico de los resultados obtenidos a través de la aplicación del instrumento.

La figura 1 muestra la forma en la cual estuvo compuesta la muestra de estudiantes del nivel medio superior a los cuales se les aplicó el instrumento, la cual estuvo integrada por estudiantes de los bachilleratos de técnico en contabilidad (15%), técnico en informática (49%) y técnico en mecánica (36%).

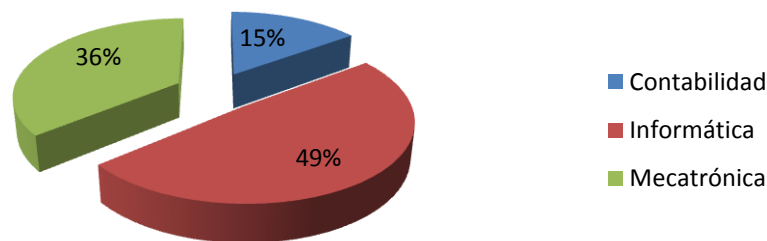


Figura 1. Composición porcentual de la muestra representativa.

El instrumento estuvo integrado por 20 preguntas, de las cuales el 45% correspondieron a álgebra, 30% a trigonometría y 25% a geometría analítica. Esta información se presenta en la figura 2.

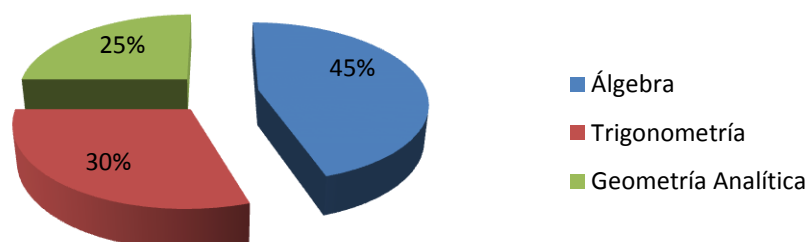


Figura 2. Distribución de los reactivos que integraron el instrumento aplicado.

En la figura 3 se muestra el promedio de aciertos obtenidos por los estudiantes a los cuales se les aplicó el instrumento por especialidad, encontrando que los estudiantes del bachillerato de contabilidad obtuvieron un 30% de aciertos, los estudiantes del bachillerato de informática obtuvieron un 40% de aciertos y los estudiantes de mecatrónica obtuvieron un 45%.

Se observa que existe un 5% de diferencia en el promedio de aciertos entre los estudiantes de los bachilleratos de informática y mecatrónica, mientras que entre los estudiantes de contabilidad e informática hay un 10% de diferencia y entre los estudiantes de contabilidad y mecatrónica hay una diferencia de 15%. Estos resultados sugieren que para los estudiantes de contabilidad es más complicado el estudio de las matemáticas, mientras que para los estudiantes de informática y mecatrónica es más fácil.

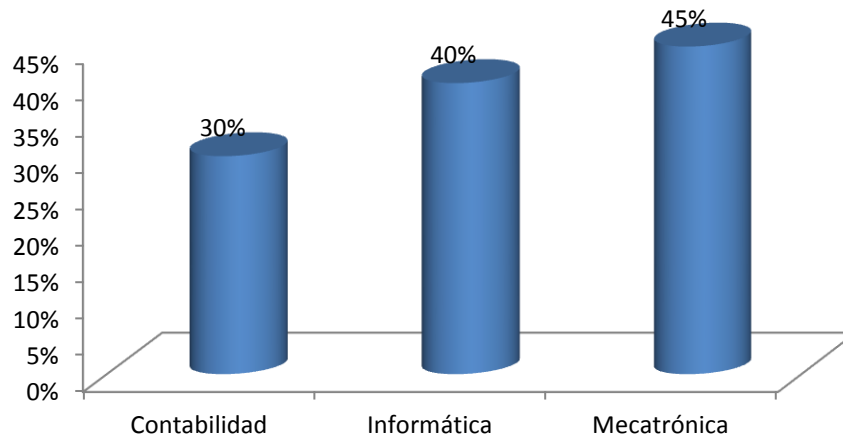


Figura 3. Porcentaje promedio de aciertos por especialidad.

Se realizó un análisis de los resultados por área para cada una de los bachilleratos considerados. En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos, encontrándose la misma tendencia que en el porcentaje promedio de aciertos por especialidad. Sin embargo, se observa un menor porcentaje promedio de aciertos en el área de geometría analítica (28%) para los estudiantes del bachillerato de contabilidad mientras que en los bachilleratos de informática y mecatrónica, se observa que el menor porcentaje de aciertos se encuentra en trigonometría, 39% y 43% respectivamente.

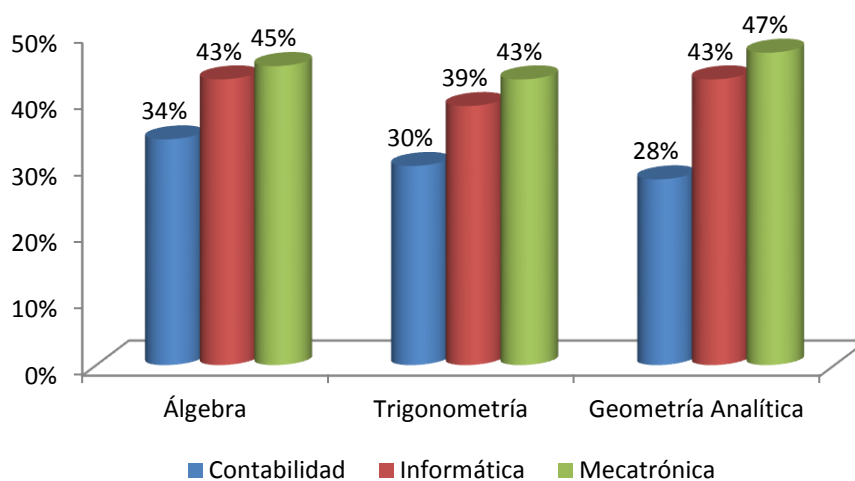


Figura 4. Porcentaje promedio de aciertos por área y por especialidad.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto las áreas de oportunidad de los aspirantes a ingresar al ITC en matemáticas, lo cual repercutirá en su desempeño académico durante los primeros dos semestres de su carrera

profesional, especialmente en las asignaturas de cálculo diferencial e integral donde los índices de reprobación son del 50% en promedio.

En el ITC se han implementado diversas estrategias de apoyo que se ofrecen a los estudiantes que ingresan a la institución entre las que se encuentran:

- Un taller de Pre cálculo, el cual tiene como finalidad subsanar las deficiencias en las competencias previas de los estudiantes de nuevo ingreso para que tengan un desempeño académico exitoso al cursar la asignatura de Cálculo Diferencial. Cabe mencionar que este taller no tiene valor curricular y tampoco es condicionante para acreditar el curso de Cálculo Diferencial.
- Asesorías académicas ofrecidas por los docentes que imparten la asignatura de Cálculo Diferencial en horarios establecidos para ello.
- Programa de asesoría académica *ILEARN*, que tiene como finalidad facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial a través de la asesoría entre pares académicos. Con este programa se busca: ofrecer a los estudiantes apoyo académico en aquellas áreas de oportunidad que les hayan sido detectadas, brindar un ambiente de confianza para que los estudiantes externen sus dudas así como fortalecer las bases académicas de los estudiantes, lo cual de manera indirecta beneficiará su desempeño académico. Este programa es ofrecido en diversos horarios, para atender la demanda de los estudiantes que requieran de asesoría. La disponibilidad de horarios con la que se cuenta para ofrecer este servicio se debe en gran parte al grupo de estudiantes-asesores que apoyan para la realización de este programa.

El fortalecimiento de las bases académicas de los estudiantes beneficia su desempeño a lo largo de su carrera, de igual manera, el contar con estudiantes destacados que participen en este programa, incrementará el número de estudiantes que se acerque a externar sus necesidades académicas en ciencias básicas, además de incrementar el índice de aprobación en tales materias y en las materias subsecuentes que requieren bases fuertes de las mismas.

A dos años de haber iniciado la implementación de estas acciones, se ha encontrado que el índice de aprobación de los estudiantes en la asignatura de Cálculo Diferencial ha mejorado en promedio un 15%, lo cual manifiesta la necesidad entre otras cosas, de fortalecer la vinculación con las instituciones de nivel medio superior a fin de establecer programas que permitan a los aspirantes a ingresar al ITC contar con el nivel de competencias matemáticas previas necesaria para tener un desempeño académico exitoso, especialmente en el área de matemáticas.

Conclusiones

- Los resultados manifiestan la necesidad de implementar acciones que propicien en los estudiantes la mejora en las áreas de oportunidad de sus competencias previas, a fin de propiciar mejoras en el desempeño académico de los estudiantes en el área de matemáticas especialmente durante los primeros dos semestres de las carreras de ingeniería.
- La vinculación con las instituciones del nivel medio superior es fundamental a fin de implementar programas que propicien en los estudiantes de nuevo ingreso contar con las competencias matemáticas previas para tener un desempeño académico exitoso no solamente en el área de las ciencias básicas, sino también en las asignaturas de su especialidad.
- Las instituciones de nivel medio superior conocen sus áreas de oportunidad y retroalimentan a sus profesores para que se enfoquen a mejorar las competencias matemáticas necesarias para la aceptación de sus alumnos en el nivel superior.

Referencias

1. Bertoni, E. (2005). El estudiante universitario: una aproximación al perfil de ingreso. Comisión sectorial de enseñanza. Unidad académica. Consultado el 2 de agosto de 2012 en: <http://www.cse.edu.uy/sites/www.cse.edu.uy/files/documentos/EL%20ESTUDIANTE%20UNIVERSITARIO.pdf>

2. Díaz, M., Peio, A., Arias, J., Escudero, T., Rodríguez, S., Vidal, G. J. (2002). Evaluación del rendimiento académico en la enseñanza superior. Comparación de resultados entre alumnos procedentes de la LOGSE Y del COU. En: Revista de investigación educativa, 2(20), 357-383.
3. Ezcurra, A. (2005). Diagnóstico preliminar de las dificultades de los alumnos de primer ingreso a la educación superior. *Revista Perfiles educativos*, vol. XXVII, núm. 107, pp. 118 - 133. Consultado el 2 de agosto de 2012 en:
http://scielo.unam.mx/scielo.php?pid=S0185-26982005000000006&script=sci_arttext
4. Garbanzo, G. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Educación*, año/vol. 31, número 001 Universidad de Costa Rica. Pp. 43 - 63.
5. Rodríguez, S., Fita, S., Torrado, M. (2004). El rendimiento académico en la transición secundaria-universidad. En: *Revista de educación. Temas actuales de enseñanza*, 334. Mayo-Agosto.
6. Vélez Van, M.A., Roa, N.C. (2005). Factors associated with academic performance in medical students. En: *PSIC. Educación Médica*. 2(8), 1-10.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Empleabilidad en México para Egresados Universitarios Employability in Mexico for University Graduates

M. Estrada Sánchez^{1*}, I.E. Corzas García²

¹ Departamento de Mercadotecnia y Publicidad, Universidad Justo Sierra, Av. Acueducto No. 914 Col. La Laguna Ticomán C.P.07340, México, DF., México
Área de Ingeniería e informática, Universidad Justo Sierra, Av. Acueducto No. 914 Col. La Laguna Ticomán C.P.07340, México, DF., México
*mestrada@ujsierra.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La situación laboral en la que se encuentran los recién egresados en México, si bien no es muy alentadora en el área metropolitana, no es un problema reciente, esta situación ha surgido años atrás, pero se ha acrecentado debido al aumento de egresados universitarios cada vez mejor capacitados demandan un empleo, y se dan a la búsqueda de alternativas que permitan incrementar la oportunidad de conseguirlo e iniciar el desarrollo laboral. La empleabilidad es un término que ha tomado importancia en los últimos años, esta hace referencia de manera fundamental a las habilidades, capacidades y conocimientos que deben tener los profesionistas que buscan un empleo.

Palabras Clave: Empleabilidad, educación universitaria, mercado laboral, competencias.

Abstract

This paper presents the employment situation in which new graduates are in Mexico, although this is not very encouraging in the metropolitan area, there is a problem, this situation is of years ago, but has been increased by the college graduates increased increasingly better prepared, which demand a job, there are alternatives to increase the chance of getting a job to start the career development, employability is a term that has gained importance in recent years, this refers fundamentally to the skills, abilities and knowledge that professionals should have job seekers

Introducción

El tema de empleabilidad está directamente relacionado con la situación económica que existe en cada país, factores tales como la Producción nacional (Medida con el Producto Interno Bruto, que es la producción de bienes y servicios que se Generan en México), la productividad por empleado, los salarios y el nivel académico de sus egresados universitarios, son los factores clave para poder explicar el fenómeno de empleabilidad. La empleabilidad es un término que ha tomado importancia en los últimos años, esta hace referencia de manera fundamental a las habilidades, capacidades y conocimientos que deben tener los profesionistas que buscan un empleo, pero no se limita sólo a estos factores, también considera el nivel de preparación del profesional en lo académico y en la experiencia profesional. Entonces ¿qué aportación hace la Universidad para la empleabilidad de sus egresados? Es lo que se pretende responder, Si bien es cierto que las universidades están limitadas por la situación económica del país, también influye el prestigio y calidad académica que tengan estas para facilitar el camino al mundo laboral a sus egresados. Esta investigación se segmenta en tres partes importantes, la primera pretende dar una clara visión de la situación económica del empleo para los egresados universitarios y las empresas en México, para conocer un poco más las oportunidades de empleabilidad que pueden estar allí pero que desconocemos. La segunda analiza la relación entre universidades y empresas que existe en el país, en cuanto a comunicación, satisfacción de demanda específica y oportunidades de empleo. Y por último se analiza que busca un empleador en un prospecto profesional así como algunos recomendaciones para mejorar la empleabilidad del egresado universitario.

Resultados y discusión

La situación laboral en México no siempre ha sido como la conocemos hoy, La falta de empleo ha sido, por muchos años, el problema social más grave de México. La carencia de empleo es una de las expresiones más agudas de la pobreza. La Población Económicamente Activa (PEA) en México representa cerca de 59.64% de la población de 14 años y más, y si bien ha disminuido su tasa de crecimiento medio anual de 3.5 a 1.887% del periodo 1982-1993 al 1994-2013, ésta sigue siendo alta en comparación con el ritmo de crecimiento del empleo remunerado. En 1930 la PEA era apenas de 5 165 803 personas, mientras que para el 2000 ya estaba conformada por 35 445 000, en 2004, la PEA ascendía a 42 millones y para este año se estima que es de 52'062,599 según datos de INEGI [2011]. El número de empleos requeridos para cubrir las necesidades del incremento anual de la oferta laboral era de poco más de un millón cien mil para 2004 y para este 2013 tenemos no se sabe con precisión pero se habla de no menos de 4.8 millones de nuevos empleos, de los cuales se estima generar al menos 800, 000, esto es sólo el 45.45% de lo que se requiere. (Franco, 2012). La economía mexicana no ha sido capaz de generar el número total de empleos formales requeridos en ninguno de los últimos quince años, hay un déficit acumulado de empleo. La situación del mercado laboral en general se ha transformado. Hace algunas décadas la relación entre trabajo y progresión laboral era perfectamente lineal, es decir, la mayoría de los profesionistas que encontraban trabajo, continuaban desarrollándose dentro de la misma empresa y frecuentemente acababan jubilándose en el mismo lugar, el mercado laboral era muy estable para los profesionistas, pero esta situación hoy en día está muy lejos de la realidad, difícilmente un profesionista se jubilará en la empresa en la que inicia su carrera profesional, los ciclos económicos van forzando a los profesionales a buscar nuevas oportunidades al sentirse estancados en la que tienen, ya que el mercado laboral es cambiante, lleno de desafíos y exigencias cada vez mayores para lograr esa evolución esperada.

Situación de Empleo en México para los egresados Universitarios

Alrededor de 305,000 egresados de universidades en el país enfrentarán un escenario de desempleo durante esta década si la economía no aumenta su nivel de crecimiento, alerta un estudio de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). Actualmente 40% de los universitarios está desempleado o le cuesta mucho encontrar un trabajo, de acuerdo con Rafael López Castañares, Secretario General de la ANUIES. En la década pasada se incrementó en 2.8 millones el número de profesionistas en México, pero al menos el 16% se mantuvo inactivo. La tasa de desempleo en este sector creció de 2.3 a 5.1%, con una media de 260,000 nuevos graduados en busca de trabajo, según cifras de la Asociación. Debido a que existen más egresados que puestos formales, en el 2020 la cifra de profesionistas desempleados podría rebasar los 3 millones. El mercado presenta un desequilibrio. "Las empresas aprovechan la situación para contratar al personal más calificado, ofreciéndoles un menor salario". Es un fenómeno de sobre-educación, y la imposibilidad del sistema económico de proveer puestos de trabajo acordes a las condiciones del capital humano, cita el estudio "Educación, Mercado de Trabajo, Satisfacción Laboral", publicado por un órgano de difusión de la ANUIES. Carlos Muñoz Izquierdo, investigador de la Universidad Iberoamericana, comenta que en la década de 1960 por cada egresado universitario había tres ofertas de empleo. Pero, a partir de 1990, sólo existe un trabajo de nivel profesional disponible (incluyendo reemplazos por defunciones y retiros) por cada cuatro egresados. Cinco de cada 10 personas con estudios carecen de empleo, según una encuesta que realizó el portal Trabajando.com a 1,394 personas. En la región sur de la República Mexicana la situación es más drástica, Campeche tiene el mayor porcentaje de desocupados con educación superior, seguido por Chiapas y Guerrero, según datos del Centro de Investigación en Economía y Negocios del Tecnológico de Monterrey (CIEN). Si los profesionistas crecen, pero no sucede lo mismo con el incremento económico, el desempleo aumenta y la calidad de los trabajos se deteriora. Incluso, un porcentaje importante de profesionistas con carrera universitaria está en actividades para las cuales no es necesario contar con educación superior. Si se analiza esta situación respecto a lo que sucedía hace una década, se observa un deterioro en el perfil de las ocupaciones desempeñadas, indica la ANUIES. Aproximadamente un 80% de quienes terminan la licenciatura y consiguen trabajo proceden de cinco áreas de estudio: ciencias económico-administrativas (25%); ingenierías (17.7%); educación y pedagogía (14%); ciencias sociales y políticas (13%); ciencias de la salud, nutrición y biomédicas (8.2%), según estimaciones de la Asociación, que agrupa a 152 universidades en el país. (Hernández, 2013). Uno de los factores que impactan fuertemente a esta situación en el área metropolitana es el hecho de que los egresados universitarios difícilmente aceptan salir de esta a buscar alguna oportunidad de trabajo, y por otro lado desconocen las empresas en las que pueden solicitar empleo, existe una fuerte creencia aún en el país de que las grandes empresas son las únicas que pueden proporcionar

oportunidades de desarrollo laboral y que pagan los mejores salarios, por lo que es importante invertir parte de nuestro tiempo en conocer alternativas empresariales que pueden ser el punto de partida para la carrera profesional.

Entorno empresarial en México y ocupación.

En México existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales 99.8% son PYMES que generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el país (INEGI 2012), esto nos deja que sólo el 1.2% de las empresas en el país son grandes empresas. Es momento de preguntarse ¿cuántas empresas de esas denominadas “grandes” empresas conoce un egresado?, pensemos en un ejercicio muy rápido, pensemos en las 140 empresas emisoras de acciones que cotizan diariamente en la Bolsa Mexicana de Valores, obtener la lista y subrayar las que “conoces”, y en general se conocen por su nombre o popularidad en el mercado, pero que datos reales tienes de ellas, es decir, a que se dedica, cuales son las marcas asociadas a ellas, en cuantos países tienen presencia, cuantos años tienen en el mercado etc, y es sorprendente la falta de información de los egresados al respecto, ahora bien si hacemos el reto más grande y tomamos el ranking de las 500 mejores empresas en México, el reto es aún más complicado. Generalmente un egresado al iniciar su desarrollo laboral busca oportunidades en lo que considera conocido y por ende lo asocia a crecimiento laboral u oportunidad de desarrollo. Ahora bien como se distribuyen las empresas en los sectores de la producción¹, tenemos que en México, el sector terciario aporta 68.6% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y en él participa 6% de la población ocupada total, el sector secundario aporta aproximadamente el 28%, lo que nos deja una producción del sector primario sólo del 3.4%. Lo que quiere decir que el sector servicios en México es en realidad el más grande y va en crecimiento, año tras año. Analicemos ahora el hecho de que las Universidades son las proveedoras de Recursos Humanos para estos sectores, ¿entonces qué áreas de profesionales son los más contratados? De acuerdo a los datos del portal del empleo basado en la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo para el primer trimestre de 2013, muestran que de los 7 millones de profesionistas empleados en el país, se encuentran representados por el área económica administrativa, las ingenierías y las ciencias sociales.

Carreras con mayor número de ocupados	Miles de personas	De los cuales se ocupan en lo que estudiaron (%)
Administración y gestión de empresas	719.7	38.8
Contabilidad y fiscalización	697.3	61.6
Derecho	645.8	63.7

Figura 1.1 carreras con mayor número de ocupación
Fuente: Portal del empleo.com.mx

Podemos ver también la tendencia de ocupación por área del conocimiento, para este mismo periodo (ver figura 1.2)

¹ Sector terciario: Corresponde a los servicios y dentro de ellos servicios denominados “básicos” y que corresponden por definición a la producción de energía, comunicaciones y agua. Sector Secundario: Corresponde a la actividad industrial de transformación, incluye separadamente el rubro de la construcción y sector primario: corresponde a la actividad extractiva de las áreas de agricultura, ganadería, explotación forestal, caza, pesca, y minería



Figura 1.2 Ocupación por área de conocimiento
Fuente: Portal del empleo.com.mx

Para cerrar este análisis observemos ahora la relación entre estudios cursados y áreas de desarrollo por área del conocimiento.

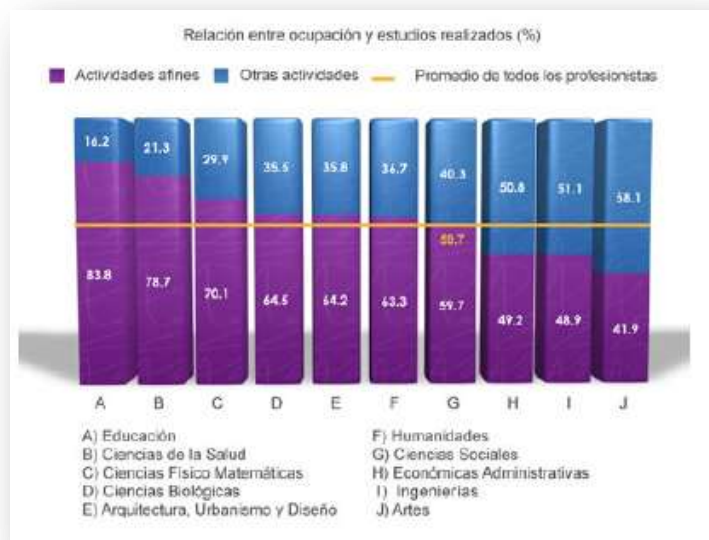


Figura 1.3 Relación Ocupación y estudios realizados
Fuente: Portal del empleo.com.mx

Sin embargo para este 2013 se observa una creciente considerable en la demanda de profesionistas en el área de la salud, no solamente de médicos, sino que también en las áreas de enfermería, técnicos en terapia, especialistas en las áreas de la biología aplicada a la salud, y aquellos profesionistas relacionados con la aplicación de las tecnologías de la información. Es una realidad que en las nuevas funciones económicas que demanda la productividad mundial son cada vez más solicitados profesionales con conocimientos en las áreas de la ingeniería, ciencia, educación, programadores de sistemas computacionales y consultores, así como personas que tengan habilidades para la atención al cliente, ventas y servicios. Los analistas en tendencias coinciden en afirmar que las oportunidades más prometedoras de empleo, estarán enfocadas en el uso de la tecnología, relacionada esta con la informática, telemática, telefonía celular y dispositivos móviles, ingeniería genética, biotecnología, botánica, inteligencia artificial, aplicaciones multimedia y simuladores virtuales, así

como desarrollo tecnológico enfocado a la producción sustentable. Otra tendencia que va creciendo en la rama de servicios, es la que corresponde a los cuidados de las personas de la tercera edad y la infancia, esto en los rubros de alimentación especializada, cuidados médicos, actividades especializadas, y cuidados generales. Las actividades enfocadas a cuidados sanitarios, cultivos acuáticos, robótica, y sistemas de seguridad pública y privada.

Universidad y Empresa

La globalidad de la economía, ha representado para la educación superior grandes desafíos, los cuales han sido planteados por los distintos organismos internacionales. La UNESCO (Declaración mundial sobre Educación Superior: Visión y Acción 1998) reconoce la necesidad de ampliar la respuesta de la educación a las necesidades planteadas a través de redes, transferencia de tecnología y la creación de nuevos entornos pedagógicos, como la educación a distancia, el aprovechamiento de las tecnologías informatizadas, la capacidad de adaptar tecnología a las necesidades regionales y nacionales, seguir de cerca la evolución del conocimiento, fortalecer por medio de la cooperación internacional los intereses de todos los países, y modernizar el trabajo académico en lugar que este se transforme en un espacio virtual. Por consiguiente, la innovación también resulta ser un elemento clave para el desarrollo de los programas universitarios. (Álvarez, 2010)

Universidad y Empleabilidad

Actualmente se tiene la creencia de que ser egresado de una universidad de prestigio nos coloca un paso adelante del resto de los egresados, pero esto no resulta ser tan cierto al momento de competir por un empleo, la realidad es que cada vez es menor la brecha que marca la diferencia entre la calidad de los egresados universitarios de escuelas públicas y privadas, ya que los reclutadores consideran otros factores de valor agregado personal para tomar la decisión de a quien contratar; si bien es importante de que universidad egresaron los universitarios, no es el factor fundamental para su contratación. Para los expertos de Hays, una de las principales consultoras de recursos humanos, el problema del mercado laboral nacional es "de base" y se encuentra en la educación, pues señalan que es muy difícil para las empresas encontrar candidatos altamente calificados y que tengan competencias² profesionales. Gerardo Kanahuati, Director regional de Hays México, ha destacado algunos de los aspectos que transformarán al mercado laboral mexicano a largo plazo, con base en el estudio "La creación de puestos de trabajo en una economía global 2011- 2030", elaborado por Hays y Oxford Economics. Kanahuati, señala que la planificación en materia de recursos humanos, tanto en el sector público como en el privado debe enfocarse a crear nuevos puestos de trabajo, pues la demanda de empleo en países en desarrollo, como México, aumentará de manera significativamente. Para el equipo de Hays México (HM), el principal obstáculo que tiene el mercado laboral mexicano para desarrollarse de forma plena es la educación. "Tenemos un problema de base, hay escasez de profesionales cualificados en diversas áreas, desde administración hasta áreas técnicas", afirman. Este hecho se deriva de la falta de talento a la que, en ocasiones, se enfrentan los equipos de recursos humanos de las empresas, que, por otro lado, han reforzado sus vínculos con las principales instituciones educativas del país, tanto públicas como privadas, con el objetivo de promover carreras técnicas y especializadas entre los jóvenes estudiantes.

Como Mejorar la empleabilidad

Para todos los egresados Universitarios que buscan colocarse en un empleo o bien los que están buscando moverse de lugar de trabajo, es muy importante hoy en día que se hagan visibles ante el mundo globalizado, visibles por su desempeño a los que tienen poder de decisión dentro de la empresa, lo que incluye que sepan qué haces, de lo que eres capaz y conozcan tu potencial para desarrollar mayores responsabilidades, Entre más conocido -de forma positiva- seas en la organización, será más fácil que tú nombre esté presente en las juntas directivas para definir promociones, que puedan dar buenas referencias tuyas y que esas personas se conviertan en contactos para búsquedas futuras, ahora bien si eres recién egresado, de igual manera hazte visible, con los elementos que tienes de inmediato, tales como servicio social, prácticas profesionales o por mínima que sea la experiencia laboral acumulada, así como los trabajos en proyectos universitarios. Otra

² Una competencia profesional es el conjunto de competencias profesionales que son muy significativas para el empleo específico ofertado, Una competencia profesional es el conjunto de conocimientos y capacidades que permitan el ejercicio de la actividad profesional conforme a las exigencias de la producción, la empresa y el empleo

herramienta que puedes utilizar a tu favor son las redes sociales, mientras destagues en ellas tus habilidades, aptitudes, conocimientos, experiencia, y deseos de aprendizaje, los reclutadores te notaran, es muy común que ahora se reclute personas por medio de la red, pero los reclutadores no revisaran los miles de Curriculum que llegan a ellos diariamente, debes invertir tiempo en destacar en las redes como LinkedIn, por ejemplo, tu trabajo puede depender a partir de ahora en: crear, mantener y alimentar tu identidad digital y marca personal, si hacer presentes tus avances en diferentes redes de trabajo, serás fácil de encontrar, lo importante es que la información que coloques sea clara, específica y fidedigna. Lo anterior quiere decir que la Universidad te forma para que puedas competir en el mundo laboral con algunas competencias específicas, pero las oportunidades las generas el propio egresado al aplicar su propio marketing que lo distinga del resto de profesionales en busca de muy posiblemente la misma opción laboral, nuevamente un ejercicio, al colocar el nombre de cualquier candidato en búsqueda de una oferta de trabajo en cualquier buscador obtendremos en cuantas redes aparece y cuantos comentarios positivos de su desempeño y trabajo aparecen allí, si no son muchos será necesario trabajar para aumentar la presencia positiva en las redes, existen diversas redes que son específicamente de tipo social como Facebook y Twitter, que si bien no sirven directamente para buscar empleo si pueden ayudar a comunicarse con alguien que le pueda ofrecer una oportunidad laboral y algunos más buscaran información personal por estos medios antes de contactarlo. Ahora la siguiente pregunta es ¿cuándo es el mejor momento de vendernos?, Una temporada idónea para centrarse en la búsqueda laboral es la segunda quincena de enero y hasta la última semana de febrero. En este periodo se inician los presupuestos y abren plazas no contempladas en el año anterior. La segunda etapa más importante del año es entre agosto y septiembre. En el caso de los empleos temporales, la sugerencia es el periodo entre mayo y junio, porque las compañías buscan personal para proyectos específicos de verano. Quienes están por concluir sus estudios deben estar atentos a marzo, que es la época en que muchas instituciones organizan sus ferias de empleo. Las fechas con oportunidades escasas son las temporadas vacacionales de abril, julio y diciembre. Además de conocer ese calendario corporativo, es importante que el candidato sea realista sobre el tipo de empleo que desea, de acuerdo a su experiencia laboral, la situación del mercado, sus principales habilidades y competencias. (Margarita Chico, Directora Corporativa de Comunicación de Trabajando.com México). Conjuntando la información anterior se tiene que los factores externos que se deben conocer, y en los que se debe mover para ir construyendo un camino hacia el mundo de la empleabilidad, y a estos factores se debe agregar las siguientes competencias generales para destacar entre los demás candidatos:

- No encasillarse y ser uno mismo el principal promotor
- Informarse muy bien con respecto a la empresa en la que se pretende laborar y el contexto que la rodea
- Aprender a venderse
- Innovar los conocimientos y capacitarse continuamente, en el manejo de otro idioma, manejo de software especializado en su área de desarrollo, cambios tecnológicos aplicables en su campo y evolución del sector en el que se encuentra o pretende estar laborando
- Aprender a relacionarse con las personas indicadas.
- Tener la capacidad de adaptarse a las distintas circunstancias.
- Trabajar en las habilidades interpersonales, como la capacidad de trabajo en equipo, de escuchar, crear confianza.
- Fijar metas y plazos para cumplirlos, pero siempre siendo flexible a posibles cambios que hagan replanificar lo pensado o lo planteado
- Descubrir cuáles son las debilidades que se pueden tener y trabajar para mejorar estos aspectos.
- Tener confianza en sí mismo y a la vez ser capaz de autocriticarse.

Desarrollar las competencias en función a las exigencias de la empresa, el empleo y el sector en el que pretende desarrollarse es una buena alternativa.

Conclusiones

Una persona con un alto grado de empleabilidad es aquella que reúne una serie de habilidades, conocimientos y actitudes que le permiten mantener y mejorar sus opciones de promoción y desarrollo en un mercado laboral altamente competitivo. Su educación, las actividades que realiza, la red de contactos que tenga son algunos de los factores de empleabilidad, pero lo más importante es la forma que tiene de afrontar su carrera profesional. El

contexto del empleo en México no ha sido alentador por muchos años, pero sin embargo miles de profesionistas han logrado colocarse y desarrollarse en el mercado laboral, con más y menos éxito, sí, y esto depende hoy en día de la preparación universitaria, la preparación personal. Si bien es cierto que muchas Universidades han trabajado en la generación de bolsas de trabajo para promover a sus estudiantes y egresados, de estos depende mantenerse y crecer en este mercado. Resulta relevante la continuidad en la capacitación y actualización, recordar que vivimos en una época en que los cambios son a ritmo acelerado y en el mercado laboral no es la excepción, debemos mantenernos ágiles al cambio para convertirnos en un activo para las empresas y continuar avanzando y mantenernos por más tiempo en el mercado. La mejor herramienta para destacar es el desarrollo de competencias profesionales. El conocer y estudiar el sector empresarial en el que nos desarrollaremos profesionalmente nos permitirá identificar más fácilmente las oportunidades que se puedan presentar o podemos generar dentro del mismo, en México existen más de 5,000 empresas entre PYMES y grandes empresas, en las cuales seguramente existe una opción de desarrollo, solo se debe ser consciente de que no todas las oportunidades de empleo se encuentran en el área metropolitana, sino en algún estado de la república mexicana e incluso otro país, dado que existen empresas transnacionales en México, y empresas nacionales con presencia en otros países, y este es un reto más que se debe considerar para fortalecer y acrecentar el desarrollo profesional.

Referencias

1. Álvarez, M. d. (2010). La vinculación universidad-empresa y su relación con los . *La vinculación universidad-empresa y su relación con los* , (7). Universidad Autónoma de Baja California.
2. Franco, F. (09 de 01 de 2012). *el economista* . Recuperado el 20 de 07 de 2013, de <http://eleconomista.com.mx/>: <http://eleconomista.com.mx/inventario/2012/01/09/empleo-solo-45-demanda-laboral>
3. Hernández, I. V. (16 de 04 de 2013). *CNN expansión*. Recuperado el 19 de 07 de 2013, de <http://www.cnnexpansion.com/mi-carrera/2013/04/15/desempleo-predomina-en-profesionistas>
4. Hernández, I. V. (11 de 12 de 2012). *CNN expansión*. Recuperado el 17 de abril de 2013, de www.cnnexpansion.com/get_content.php?q=mi-carrera/2012/12/11/350000-empleos-para-2013
5. Vargas Hernández Ivonne (11 de 02 de 2013) *CNN expansión*, recuperado el 17 de abril de 2013, de www.cnnexpansion.com/get_content.php?q=mi-carrera/2013/02/08/los-trabajos-mas-buscados-en-2013.
6. Universia Empleabilidad (abril 2013), con datos del Observatorio Laboral de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Recuperado el 17 de abril de 2013, de www.egresados.universia.net.mx/mercado-laboral/empleabilidad/
7. Alto Nivel, (30 del 04 de 2012) Alto Nivel.com, Recuperado 17 de abril de 2013, de www.altonivel.com.mx/20673-estado-laboral-en-mexico.html
8. Comunicado de prensa Manpower (11 de 12 del 2012) *CNN expansión*, recuperado el 17 de abril de 2013, de www.cnnexpansion.com/get_content.php?q=mi-carrera/2012/12/11/350000-empleos-para-empezar-2013
9. Club Planeta, recuperado 17 de abril de 2013, de www.profesiones.com.mx/las_profesiones_con_mayor_futuro.htm
10. Smilovitz Elie, (07 del 01 del 2013), Alto Nivel. Recuperado 17 de abril de 2013, de www.altonivel.com.mx/31647-carreras-mas-demandadas-en-2013.html
11. Rodríguez Ana (21 de 09 del 2009) futuro y tecnología las profesiones del 2030 más solicitadas, de10.com.mx, recuperado el 17 de abril de 2013, de www.de10.com.mx/wdetalle4037.html
12. DeVries, Witetse y Yadira Navarro (2011) ¿Profesionistas del futuro o futuros taxistas? “los egresados universitarios y el mercado laboral en México”, En Revista Iberoamericana en Educación Superior (RIES), México, ISSUE-UNAM/Universia, vol II, núm. 4 pp 3-27, recuperado 17 de abril de 2013 de ries.universi.net/index.php/ries/article/view/71 (los datos estadísticos de este artículo fueron actualizados con información del periódico *el economista*)

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

El uso de las TIC'S y el aprendizaje en el nivel secundaria.

David Meza Rojo^{1*}, Laura Martínez Hernández².

¹Docente de la Universidad del Golfo de México, Rectoría Sur Campus Córdoba,
Calle 22 No. 1502. Fracc. Nuevo Córdoba, C.P. Córdoba, Ver.
mrojodavid@hotmail.com

²Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería Industrial,
Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.
lau_mtz@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa.

Resumen(máximo 150 palabras)

En este artículo se ofrece una síntesis de los resultados más destacables del proyecto de investigación con el que se ha pretendido analizar la relación del uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICS) y el aprendizaje en el nivel secundaria. Para lo cual, se aplicaron entrevistas a los profesores de las diversas materias en la Escuela Secundaria General No. 4 "Othón Arróniz Báez" de la ciudad de Córdoba, Ver; para que de esta manera se obtuvieran los datos suficientes y determinar así el uso que los profesores a las tecnologías de la información y comunicación.

Palabras clave: TIC'S, Educación, Calidad, Aprendizaje.

Abstract(150 words at most)

This article offers a summary of the more notable results of the research project with the it has been claimed analyze the relationship of the use of information and communication technologies (ICTS) and learning in the secondary school level. For which, it is interviews with the teachers of the various materials in the General Secondary School No. 4 "Othon Arróniz Baez" of the city of Cordoba, see; for that in this way they obtain sufficient data and thus determine the use to which the teachers to information and communication technologies.

Introducción

La inclusión de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el ámbito educativo, trajo consigo cambios que se ven reflejados en la organización de los contenidos, la manera de enseñar, las actividades administrativas y académicas, que constituyen al sistema educativo en general.

Por lo tanto es indiscutible como, en la actualidad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han convertido en un componente esencial en los nuevos contextos y espacios donde interactúan los individuos, es decir, en la llamada nueva sociedad de la información, también conocida como sociedad del conocimiento.

El sistema educativo es, sin duda, una de las principales instituciones sociales que se encuentra en un proceso de cambios y transformaciones debido, precisamente, al desarrollo de las tecnologías de la información y de la comunicación. Asimismo enfrenta nuevas relaciones: tecnología-sociedad y tecnología-educación.

El presente es resultado de una investigación en la que el objetivo general fue analizar el impacto de los usos que hacen, los profesores de Educación Secundaria Técnica, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación para la impartición de su clase, en relación con sus datos socio-demográficos, su formación en TIC y la infraestructura tecnológica disponible en los centros educativos. Metodológicamente la investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, transversal y correlacional.

Metodología

Esta es una investigación de corte cuantitativa, donde los sujetos de investigación fueron los profesores de la Escuela Secundaria General No. 4 "Othón Arróniz Báez" de la ciudad de Córdoba, Ver., a quienes se les aplicó un cuestionario, y de esta forma se recopiló la información necesaria sobre el uso de las tecnologías.

La metodología empleada se muestra en la Figura 1.



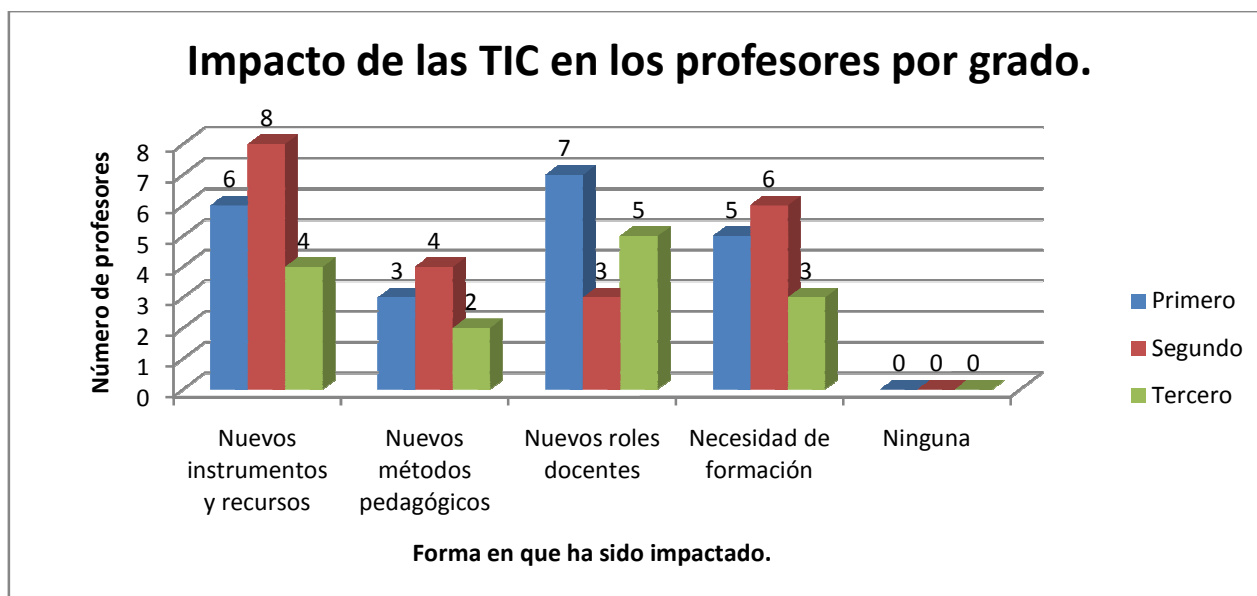
Figura 1. Metodología

- 1. Determinar la población objetivo.*
Considerando que la población (número de profesores) es finita y pequeña (56 elementos) y los recursos disponibles lo permiten, se optó por aplicar un censo.
- 2. Instrumento de medición.*
Se empleó un cuestionario de 10 preguntas: cinco cerradas, cuatro de opción múltiple y una abierta. Este instrumento de medición fue diseñado de forma tal que permitiera conocer el impacto que tienen las TIC en los profesores, el uso que hacen de ellas (específicamente de: proyector, video grabación, internet y laboratorio de cómputo), la respuesta que han tenido en sus grupos, la relación que guarda el uso de las TIC con el tipo de materia.
- 3. Recopilación de la información.*
Para la recopilación de la información, se realizó una entrevista con cada profesor donde se le aplicó el instrumento de medición.
- 4. Análisis de la información recopilada.*
Una vez que se tuvieron todos los cuestionarios resueltos, se procedió a su análisis para determinar el grado en cual hacen uso de la TICs.
Para la realización de dicho análisis se empleó una hoja de cálculo para poder reunir los resultados en tablas y gráficas.
- 5. Presentación de resultados.*
Con el análisis de la información recabada, se encontró lo que a continuación se describe para cada tema de interés en esta investigación.

Impacto que tienen las TICs en los profesores.

Forma en que ha sido Impactado	Número de profesores			
	Primero	Segundo	Tercero	Total
Nuevos instrumentos y recursos	6	8	4	18
Nuevos métodos pedagógicos	3	4	2	9
Nuevos roles docentes	7	3	5	15
Necesidad de formación	5	6	3	14
Ninguna	0	0	0	0

Tabla 1. Impacto de las TIC en los profesores por grado

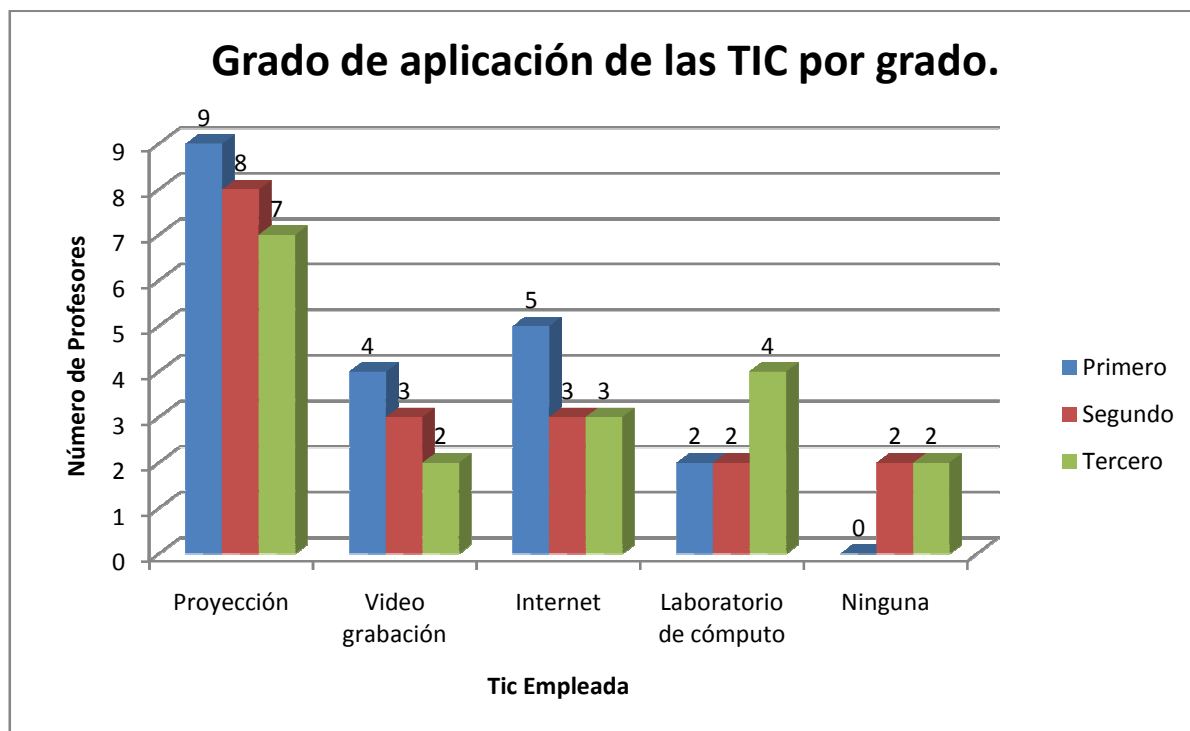


Gráfica 1. Impacto de las TIC en los profesores por grado

Grado de aplicación de las TICs por los profesores.

TIC empleada	Número de profesores			Total
	Primero	Segundo	Tercero	
Proyección	9	8	7	24
Video grabación	4	3	2	9
Internet	5	3	3	11
Laboratorio de cómputo	2	2	4	8
Ninguna	0	2	2	4

Tabla 2. Grado de aplicación de las TIC por grado

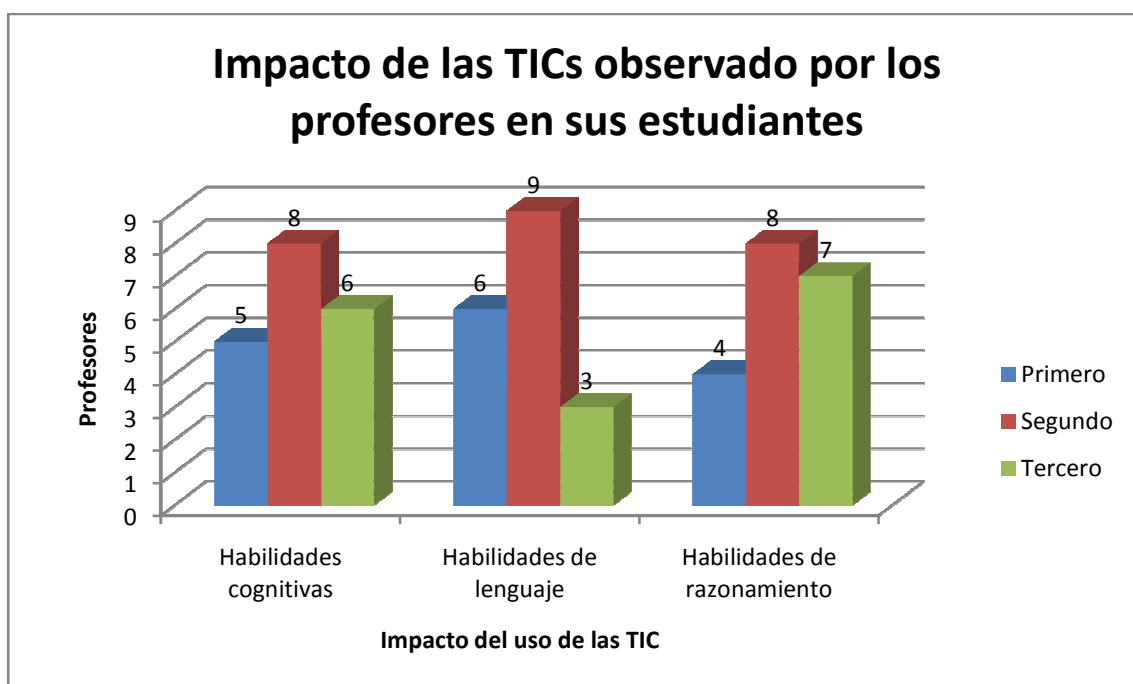


Gráfica 2. Grado de aplicación de las TIC por grado.

Impacto de las TICs observado por los profesores en sus estudiantes.

Impacto del uso de las TIC	Primero	Segundo	Tercero	Total
Habilidades cognitivas	5	8	6	19
Habilidades de lenguaje	6	9	3	18
Habilidades de razonamiento	4	8	7	19

Tabla 3. Impacto de las TIC observado por los profesores en sus estudiantes



Gráfica 3. Impacto de las TIC observado por los profesores en sus estudiantes por grado.

Resultados y discusión

Después del trabajo y la investigación realizados, se encontró que del total de la población encuestada (56 profesores), el impacto de la tecnología en los profesores se encuentra en el uso de los nuevos instrumentos y recursos, es decir, 18 profesores aseguran que deben incorporar nuevos instrumentos para la evaluación y nuevos recursos tecnológicos como parte cotidiana en su práctica docente.

Así mismo, la presente investigación da a conocer que en la escuela secundaria mencionada el grado de aplicación de las TICs por los profesores, se da en el uso de la herramienta de proyección con 24 profesores que utilizan dicha herramienta de manera regular.

Por otro lado, de acuerdo a la investigación y los datos recabados que fueron externados por los profesores al momento de encuestarlos, el impacto que observaron en sus estudiantes, tanto en las habilidades cognitivas como en las habilidades de razonamiento se ha dado de manera homogénea quedando en segundo lugar las habilidades del lenguaje.

Trabajo a futuro

Se pretende que la presente investigación, sea el inicio de un trabajo conjunto con la directora de la Escuela Secundaria General No. 4 "Othón Arróniz Báez" a fin de capacitar y orientar a los profesores en el uso de las tecnologías y se puedan establecer estrategias para que los alumnos aprovechen esta herramienta de tal manera que desarrollen mejor sus habilidades de aprendizaje.

Conclusiones

Debido al impacto que tiene el uso de la tecnología en el ámbito educativo no ha sido sólo una experiencia más de evolución, sino que es una manera de responder con certeza a los cambios sociales y tecnológicos para afrontar los desafíos del futuro.

Los alumnos, como parte fundamental e inherente del proceso Enseñanza-Aprendizaje, dieron el primer paso mostrando agrado e interés por trabajar con las herramientas tecnológicas, sólo falta que los profesores lo complementen con sus clases donde propongan actividades que incluyan esta herramienta como un instrumento más del proceso Enseñanza-Aprendizaje.

La falta de dominio, la actitud, el tiempo que duran las sesiones, el horario escolar, el no dar mantenimiento a los equipos y la infraestructura son algunos de muchos factores que impiden la optimización en el uso de este recurso, y por tanto la obtención de resultados favorables en su aplicación.

El uso adecuado de las herramientas propuestas por el profesor garantiza en gran parte el éxito en el alcance de los objetivos, esto se puede ver evidenciado en las respuestas de algunos de los entrevistados donde aseguran que en sus alumnos se nota que han adquirido nuevas habilidades cognitivas, de lenguaje y de razonamiento.

Agradecimientos

Todos y cada uno de los profesores que participaron, así como a la directora que proporcionó las facilidades para el desarrollo de esta investigación y estudiantes en general.

Referencias

1. Choque Larrauri, Raúl. "Estudio en Aulas de Innovación Pedagógica y desarrollo de capacidades en Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC", PERÚ, 2009, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Educación.
2. MARTÍ, E. "Aprender con ordenadores en la escuela". España, 1992. ICE-Horsori, p. 65.
3. Martínez, J. R., y Galán, F. "Estrategias de aprendizaje, motivación y rendimiento académico" en alumnos universitarios, Vol.11, No. 19, 1er. Semestre 2000.
4. Jeny Judith, Chilón Carrasco, et. Al. "Análisis de la utilización de las TIC en las I.E. públicas del nivel secundario del distrito de Cajamarca-2008", Perú, 2008, 208 pp.
5. Ríos Delgado, Teresa Jesús. "Influencia de la autonomía del aprendizaje en la calidad de la formación profesional del egresado de la UNMSM", Perú, 2008.
6. C. Coll et al. y otros. "El constructivismo en el aula", España, Grajó, 1993.
7. Díaz Barriga, Frida. y Hernández R., G. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. McGraw Hill, México, 2004. 232p.
8. Zimmerman, B.J. & Schunck, D.H. "Self-regulated learning and academic achievement.Theory, research and practice". E. U., 1989. Springer-Verlag.
9. Pintrich, P.R y Schrauben, B. "Students' motivational beliefs and their cognitive engagement in classroom academic tasks". En D.H. Schunk; J. Meece (eds.). Students perceptions in the classroom, 1992, (pp. 149-183). Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum.
10. DELVAL, J. en su obra: "Niños y máquinas. Los ordenadores y la educación". España, 1986. Alianza.
11. SKINNER, B.F. "Aprendizaje y comportamiento". España, 1985. Martínez-Roca, p. 74.
12. SOLOMON, C. "Entornos de aprendizaje con ordenadores". España, 1987, Paidós-MEC.
13. ARAÚJO, J.B. y CHADWICK, C.B. "Tecnología educacional. Teorías de la instrucción". España, 1988, Paidós.

Acerca del Autor

M.E. David Meza Rojo estudió la licenciatura en Informática en el Instituto Tecnológico de Orizaba y posteriormente la Maestría en Educación en la Universidad Popular Autónoma de Veracruz. Actualmente es profesor en la Universidad del Golfo de México, Campus Córdoba, donde imparte materias de especialidad en las diversas carreras, entre otras la Ingeniería en Sistemas, Industrial, Administración de Empresas, Turismo, Pedagogía.

M.C. Laura Martínez Hernández estudió la licenciatura en Informática y posteriormente la Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente es profesor de asignatura del Departamento de Ingeniería Industrial.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Identidad Institucional en las IES

F. Álvarez Ruiz ⁽¹⁾, M. A. Nava Argüelles ⁽¹⁾, J.A. Gómez Sánchez ⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Veracruz, México

* mc_josealfonso@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En el Mercado global de la educación superior, la Identidad Institucional juega un papel preponderante que incide en la calidad y productividad en una institución educativa de nivel superior. En el presente trabajo se implementó un sistema para mejorar la productividad en los Institutos de Estudios Superiores; para verificar el impacto del sistema implementado se llevó a cabo un experimento de evaluación donde se encuestaron a 100 personas, de las cuales fueron 20 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, 20 estudiantes de nivel medio superior, 10 maestros, 10 administrativos, 5 personas de la junta directiva, 25 personas de la sociedad en general y 10 empresarios.

De lo anterior, los indicadores evidenciaron el grado de calidad alcanzado, así como los predictores evidenciaron los esquemas de calidad que deben reunir las instituciones educativas, logrando una identidad institucional que cumple con la oferta educativa que enuncian en su misión y visión.

Palabras Clave: identidad institucional, Instituciones de educación superior, identidad en la educación superior.

Abstract

In the global market of higher education, Institutional Identity plays a role that affects the quality and productivity in a higher education institution. In this paper we implemented a system to improve productivity in the Institutes of Higher Education, to verify the impact of the implemented system was performed evaluation experiment where 100 people were surveyed, of which were 20 students from the Technological Institute Higher of Choapas, 20 senior high students, 10 teachers, 10 administrative, 5 people from the board, 25 people from the general public and 10 entrepreneurs.

From the above, the indicators showed the level of quality achieved and demonstrated predictors quality schemes must meet educational institutions, achieving an institutional identity that meets the educational provision that stated in its mission and vision.

Introducción

El tema de identidad o branding es de importancia estratégica para las Instituciones de Educación Superior (IES), debido a su influencia no solo en la retención de alumnos sino también en la aceptación de los egresados en el mercado laboral. El tránsito de la calidad educativa hasta las competencias laborales, hace que una institución certificada tenga como línea rectora el aprendizaje, lo que se traduce en una relación entre estándares para generar productividad, lo producido y el esfuerzo empleado en producirlo [Hernández, R. R., 2013]; donde el factor humano es esencial para cumplir los objetivos.

En México aproximadamente se destinan 91 mil millones de pesos en educación superior y en muchas de las IES no hay una correspondencia entre la realidad social y lo que se enseña al futuro profesionista como primera etapa del proceso de indicadores y predictores [SEP, 2013], identificando que el grado de compromiso y el clima laboral no se ha tomado con la seriedad en las IES.

Se observa la importancia de la calidad al darle aplicación en una institución educativa de nivel superior que se encuentra certificada bajo la norma ISO 9001:2008, por lo cual surgen las interrogantes ¿realmente los planteles trabajan de acuerdo con su misión, visión y objetivos?, ¿se puede constatar qué tan satisfechos están con lo que hacen y cómo lo hacen?

La presente investigación tiene antecedentes en una dinámica de globalización en las IES, dentro de las tendencias recientes a nivel internacional se puede entrever a Hannan & Silver en su libro “La innovación en la Educación Superior” [Hannan & Silver, 2005], Gómez y Celis en sus artículos publicados por la Revista Iberoamericana de Educación [Gómez y Celis, 2004], J. Benavente en sus artículos “Cooperación tecnológica entre universidades y empresas” [J. Benavente, 2004], L. Resnick de su libro “Learning in school and out” [L. Resnick, 1989], María del Carmen Monreal, de su ponencia en el seminario “El Aprendizaje por Competencias, su incidencia en la Enseñanza Superior en el marco de la convergencia Europea” [Monreal, M.C., 2005], son solo algunos de los autores que han examinado este tema.

La complejidad de la Educación con calidad y productividad en México es algo que no se ha podido articular con el éxito que se desea, dentro de este contexto, la UNESCO (World Declaration on Higher Education for the Twenty-First Century, 1998) ha establecido una serie de objetivos que marcarán los retos y desafíos que conforman la visión de las IES en este siglo. De éstos, se señalan los siguientes como relevantes para la presente investigación:

- Igualdad de Acceso
- Reforzamiento de la cooperación con el medio laboral, el análisis y previsión de las necesidades de la sociedad.

- Métodos educativos innovadores; pensamiento crítico y creatividad.

La investigación tiene relevancia porque permitirá conocer la situación actual en una institución de nivel superior, explorar su estructura administrativa en cuanto a eficiencia y eficacia de las funciones, debilidades para corregirlas, al mismo tiempo contribuir en la mejora continua de la productividad, calidad permanente y mejor distribución de los recursos disponibles.

El tema central de este trabajo es implementar un sistema para mejorar la productividad en los Institutos Tecnológicos de Estudios Superiores, a través de la formación de equipos de trabajo, se realizó un caso de estudio en el Instituto Tecnológico Superior de las Choapas (ITSCH), donde los indicadores evidenciaron el grado de calidad alcanzado y los predictores evidenciaron los esquemas de calidad que deben reunir las instituciones de estudios superiores, logrando una identidad institucional que cumpla cabalmente con la oferta educativa que enuncia en su misión y visión.

Metodología

Diseño:

Se implementó un sistema para optimizar la productividad en una IES, para dicho sistema se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- El Descriptivo (o "desinteresado"), donde se observó la situación actual y eventos que han sucedido dentro del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, así opiniones, aprobaciones sobre el estado real de las cosas.
- Evaluativo: definir y evaluar cómo deben estar las cosas dentro del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, en este punto se especifica o se planifican mejoras.
- El Desarrollo, apunta a mejorar el objeto del estudio, y el proyecto incluye al lado de las operaciones prácticas que son necesarias

En este proyecto se formularon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo evaluar los factores que afectan la calidad y productividad en una institución de estudios superiores?
- ¿Cómo se puede entrelazar el mejoramiento de la calidad y productividad en un instituto de estudios superiores?

Las unidades de análisis de este proyecto son el sindicato, la satisfacción del personal, la satisfacción de los alumnos, la Sociedad, la Institución.

Se utilizó el tipo de muestreo aleatorio simple, por ser tan grande la diversidad en cuanto a la edad o estatus social.

Variable Dependiente

La pérdida de credibilidad en el instituto Tecnológico de las Choapas a causa de los conflictos generados por la lucha interna por la titularidad de un contrato colectivo, la falta de liderazgo por parte de quien debe dirigir los destinos de una institución de enseñanza superior. La falta de compromiso de quienes conforman la institución, la calidad académica, administrativa, todos estos problemas están interrelacionados en: a).- Elevar la productividad, b).- Crear una visión compartida, c).- Crear el sentido de pertenencia y compromiso, d).- Ser una institución de educación superior de calidad

Variable Independiente

a).- Falta de Liderazgo, b).- Clima organizacional, c).- Administración de los recursos, d).- Trabajo en Equipo, e).- Injerencias de partidos Político, f).- Falta de compromiso, g).- Sindicatos, h).- Sociedad

Entorno y muestra poblacional sobre la que se ha hecho el estudio.

El Instituto Tecnológico Superior de las Choapas fue creado el 19 de septiembre de 2000 [Hernández, R. R., 2013], cuenta con una población estudiantil de 1200 alumnos matriculados en las carreras de Ingeniería Civil, Electrónica, Industrial, Industrias Alimentarias, Sistemas Computacionales y Gestión empresarial.

La muestra que se seleccionó para la aplicación de la encuesta oscila con personas de entre los 18 a 40 años de edad que conforman la población, se llevó a cabo un trabajo de campo donde se encuestaron a 100 personas, de las cuales 20 son estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, 20 estudiantes de nivel media superior, 10 maestros, 10 administrativos, 5 personas de la junta directiva, 25 personas de la sociedad en general, 10 empresarios. El resultado del cálculo mediante la fórmula donde se encuestaron a 100 personas es mostrado a continuación.

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

n es el tamaño de la muestra; **z** es el nivel de confianza; **p** es la probabilidad positiva de éxito; **q** es la probabilidad negativa; **N** es el tamaño de la población; **e** es la precisión del error.

Intervenciones

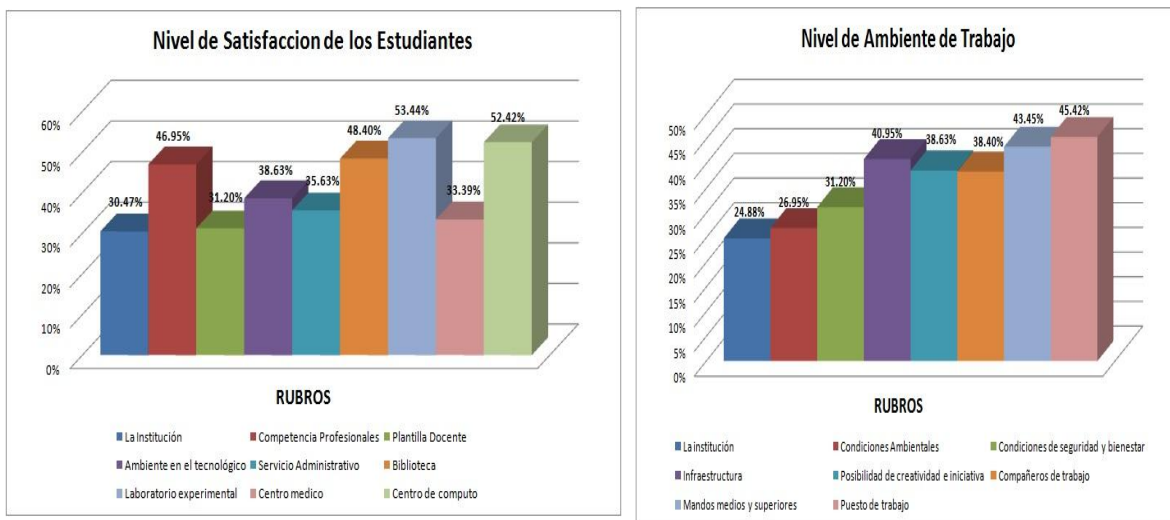
La prueba piloto se realizó en el Instituto Tecnológico de las Choapas, ya que es una escuela de nivel superior, mediante el diseño encuestas con valores de respuesta de escala Likert, se plantearon dos tipos de encuestas (para los clientes internos y externos) para recoger datos de manera aleatoria que involucraron a alumnos, administrativos, docentes y a la sociedad.

Resultados y discusión

De acuerdo a la encuesta, en la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de la satisfacción por parte de los estudiantes.

Tabla 1 Resultados Estadísticos de estudiantes

Tabla 2 Resultados Estadísticos de ambiente de trabajo



En la tabla numero 2, se muestran los resultados del clima organizacional, la percepción del instituto, así como el compromiso de quienes lo integran.

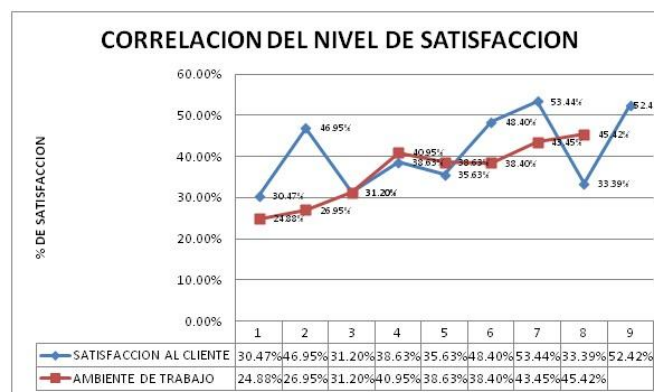


Figura 1 Correlación del nivel de satisfacción

Para conocer el estado que guarda el Instituto Tecnológico Superior de las Choapas en sus unidades de análisis: alumnos, administrativos, docentes, sociedad; se da una perspectiva al interpretar las tablas 1 y 2, de un resultado intermedio-alto considerando que la escala de evaluación fue del 1 al 5, en la tabla 1 los alumnos ponderan de una buena manera a la competencia profesional, pero en cuanto a la biblioteca, laboratorio experimental y centro de cómputo se aprecia un porcentaje mejor, logrando una notable comunicación institución- alumnos. En la tabla 2 se puede apreciar altos valores en mandos medios y superiores, así como en puestos de trabajo e infraestructura.

De igual manera se detectó bajo nivel de compromiso, desconocimiento de la misión, visión, así como la interrelación en el ambiente de trabajo, falta de ubicación de espacios cómodos, condiciones adecuadas, no hay ninguna sinergia con los compañeros de trabajo, se trabaja por objetivo individual de cada departamento, no hay ningún reconocimiento al trabajo ni al esfuerzo, el conocimiento básico de su puesto de trabajo en algunos departamentos es mínimo, la ausencia de liderazgo definido no da una alineación de una meta compartida, la comunicación es mínima trayendo como consecuencia que los trabajos y procesos se desarrollen de manera lenta.

Trabajo a Futuro

Como trabajo futuro se pretende implementar las estrategias utilizadas en este trabajo en diferentes instituciones educativas.

Conclusiones

Se implementó un sistema para crear una identidad colectiva en un Instituto de Educación Superior, donde el trabajo de equipo es más importante que el trabajo individual y como consecuencia el desarrollo personal y humano de los que integran las instituciones de educación superior es mayor.

De acuerdo al estudio de campo podría decirse que la presente propuesta es válida para ser implementada en otras IES, la evaluación se centra en los indicadores, porque desde una perspectiva institucional podemos desarrollar predictores para asegurar la calidad en cada instituto de estudios superiores.

Es importante proponer la implementación de este sistema a las demás instituciones de estudios superiores como herramienta de evaluación para coadyuvar en el aseguramiento de la calidad educativa, debido a que en los Institutos Tecnológicos Superiores los programas debe existir el aseguramiento de la calidad, medición de la productividad, compromiso organizacional, y retroalimentación de los resultados alcanzados.

En cuanto a las preguntas de investigación que se plantearon al inicio, podemos concluir que al generar procesos de calidad, no solamente de documentación y cumplimiento, sino un cambio real tangible y medible que por consecuencia se dará la productividad que se pretende alcanzar en una institución de educación superior.

La evaluación o medición es el primer paso en el mejoramiento de la calidad, el segundo paso es entender los factores que afectan la productividad así como seleccionar los factores apropiados de mejoramiento en cualquier situación dada, por lo cual estos serán los predictores.

Referencias

- [1] **Benavente**, J. M. (2004). Cooperación tecnológica entre universidades y empresas. Qué son, cómo operan y cuál es su impacto en Chile. En: En Foco, 21. Consultado el 10 de marzo de 2012 de:
http://www.74.125.155.132/scholar?q=cache:Wld5MGc3uGwJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=0.
- [2] **Gómez**, V.M. y **Celis**, J.E. (2004). Factores de innovación curricular y académica en la educación superior. Revista Digital Iberoamericana de Educación.
- [3] **Hannan**, A. and **Silver**, H. (2005) *La innovación en la Enseñanza Superior*. Narcea Ediciones. ISBN: 8427714475.
- [4] **Monreal**, M^a C. (2005). *El Aprendizaje por Competencias, su incidencia en la Enseñanza Superior en el marco de la convergencia Europea*. Seminario de Profesores Tutores Dpto. De Teoría de la Educación y Pedagogía Social.
- [5] **Resnick**, L. B. (1990). Literacy in school and out. *Daedalus*, 119, 169185.
- [6] **Hernández**, R. R. Consultado el 10 de enero de 2013 de:
http://www.uv.mx/cpue/coleccion/n_30/certificaci%C3%B3n.htm
- [7] **SEP**, 2013. Consultado el 15 de febrero de:
<http://www.sep.gob.mx/es/sep1/C0180211#.UYsh98pAlkc>

Autorización y Renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Práctica integradora de una Célula de Ambiente de Manufactura Simulada - CAMS, Caso IT la Laguna.

M.C. Francisco Agustín Poblano Ojinaga*, M.A. Elva Rosaura Pineda Armendáriz, M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, M.I.I. Armando Longoria de la Torre e Ing. Georgina Elizabeth Vela Alvarez
Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de la Laguna, Blvd. Revolución y Czda.
Cuauhtémoc s/n, C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México.

*a_poblano@yahoo.com

Área de Participación: Investigación Educativa

Resumen

El laboratorio de Métodos del Departamento de Ingeniería Industrial enfoca sus actividades en el concepto de manufactura moderna y la aplicación de técnicas y métodos de manufactura, siendo un instrumento básico para proporcionar los conocimientos prácticos necesarios de la Ingeniería y responder al desarrollo que se vive en la industria manufacturera. Debido a la importante presencia que han adquirido los Sistemas de Manufactura Celulares en la Industria actual, se requiere que los egresados de la carrera de Ingeniería Industrial apliquen sus principales técnicas y procedimientos.

La célula de Ambiente de Manufactura Simulada - CAMS es un arreglo estratégico de estaciones de trabajo con equipos y maquinaria para trabar una línea de producción. Este diseño le facilita al alumno la experiencia práctica del desarrollo e implementación del proceso de diseño, fabricación y control de una familia de productos, reforzando los conceptos teóricos adquiridos en otros cursos de su carrera. El propósito principal de este proyecto es elaborar una herramienta didáctica efectiva para que usuarios del sistema (profesores, alumnos y personal externo) adquieran la competencia requerida en la utilización de herramientas de ingeniería industrial y manufactura esbelta, mediante una práctica integrada y controlada de un ambiente de manufactura simulado.

Palabras clave: *Manufactura celular, Manufactura esbelta, Tecnología de grupos, Simulación*

Área de participación: *Ingeniería Industrial*

Abstract

The laboratory of Methods depending of Industrial Engineering Department focuses its activities on the concept of modern manufacturing and application of techniques and methods of manufacture, being a basic tool to provide the necessary skills and respond Engineering development that exists in manufacturing. Due to the significant presence that has acquired the Cellular Manufacturing Systems Current Industry, requires that graduates of Industrial Engineering major apply their techniques and procedures.

The cell of Simulated Manufacturing Environment - CAMS is a strategic arrangement of workstations to lock equipment and machinery production line. This design provides students with practical experience in the development and implementation of the design, manufacture and testing of a product family, reinforcing the theoretical concepts acquired in other courses in his career. The main purpose of this project is to develop an effective teaching tool for system users (teachers, students and external) to acquire the requisite competence in the use of tools of industrial engineering and lean manufacturing through an integrated practice and controlled atmosphere simulated manufacturing.

Introducción

La manufactura esbelta es un conjunto de técnicas y herramientas nacidas en Japón y basada en el sistema de producción Toyota. Su principal objetivo es hacer eficientes los procesos, permitiendo el flujo de proceso pieza a pieza, mediante la reducción de desperdicios, principalmente de tiempos y de inventarios, con lo que el proceso se agiliza y la empresa puede entregar sus productos a tiempo, con un costo menor, aumentar la satisfacción de sus clientes y a la vez obtener un margen de utilidad favorable.

En los últimos años se ha tenido un gran auge en la tecnología computacional en términos de capacidad, costo, portabilidad y amigabilidad con el usuario, ya que ha creado nuevos conceptos y metodologías para la realización de los procesos en la manufactura. La característica tecnológica de esta revolución industrial es la posibilidad de la completa automatización de equipos y maquinaria en las industrias, así como la integración de

sus operaciones. Con lo anterior, se pueden mejorar sustancialmente la productividad y la eficiencia de sus procesos.

Debido a la importante presencia que han adquirido los Sistemas de Manufactura Celulares en la Industria actual, la cual se incrementará en el futuro, se requiere que los egresados de la carrera de Ingeniería Industrial apliquen sus principales técnicas y procedimientos. CAMS es un arreglo estratégico de estaciones de trabajo con equipos y maquinaria para trabar una línea de producción. Por ello, permite la aplicación de las tecnologías de diseño, proceso y planeación de facilidades industriales, usando soporte informático, integrando la información en tiempo real para la evaluación de la productividad y efectividad de las operaciones.

MC es un concepto que ha sido aplicado exitosamente en los ambientes de manufactura y puede alcanzar beneficios significativos: reducción del tiempo de *setup*, del inventario en proceso, del costo de manejo de materiales, del costo de mano de obra directa e indirecta, mejoras en la calidad, en el flujo de los materiales, en la utilización del espacio, etc. Para implementar satisfactoriamente el concepto de manufactura celular, los analistas deben desarrollar el *layout* de máquinas dentro de las celdas de manera de minimizar los costos de manejo de materiales inter- e intra-celular.

Tecnología de grupo (TG) es un enfoque *filosófico* que intenta agrupar productos con características de diseño y/o manufactura similares (MITROFANOV, 1983). La manufactura celular (MC) está relacionada con la TG en cuanto que involucra el agrupamiento de máquinas basado en las partes manufacturadas por ellas. El principal objetivo de la manufactura celular es identificar celdas de máquinas y familias de partes simultáneamente y asignar familias de partes a celdas de máquinas de tal forma que minimice el movimiento intercelular de partes.

La principal diferencia entre un ambiente *jobshop* tradicional y uno de Manufactura Celular está en el agrupamiento y *layout* de las máquinas (BURDBIDGE, 1992). En el caso del ambiente *jobshop* las máquinas se agrupan sobre la base de sus similaridad funcionales. Por otra parte, en MC las máquinas se agrupan en celdas, con cada celda dedicada a la manufactura de una familia de partes específica y, generalmente, las máquinas en cada celda tienen funciones disimilares.

Además de minimizar el movimiento intercelular de partes (o familias de ellas), un diseñador de sistemas de MC debe ser capaz de considerar otras restricciones (SINGH, 1993). Por ejemplo, las familias de partes deben ser asignadas a celdas de máquinas de manera que la capacidad disponible de máquinas en cada celda no sea excedida, se deben satisfacer requerimientos de seguridad y tecnológicos relativos a la ubicación del equipamiento y los procesos, y el tamaño de las celdas y el número de celdas no debe exceder ciertos valores especificados por el usuario.

El conjunto de máquinas forma una "celda", "célula" o *cluster* de máquinas y el correspondiente conjunto de partes forma una familia de partes. La clasificación de los grupos de celdas de manufactura se realiza generalmente de acuerdo al número de máquinas y el grado en el cual el flujo del material es mecanizado entre las máquinas. En el esquema de manufactura, las celdas se clasifican por la variedad de productos que se hacen en éstas.

Hay cuatro tipos comunes de configuración de celdas de manufactura:

1. Celda de una máquina.- Consiste de una sola máquina y las herramientas y fijaciones requeridas. Se aplican en donde es un proceso muy básico como torneado o fresado
2. Celda de un grupo de máquinas con manejo manual de materiales. Es un arreglo de más de una máquina, usadas colectivamente para producir una o más familias de partes. No considera mecanización en el movimiento entre las máquinas de la celda. Son operadores quienes hacen este trabajo. Esta celda a menudo se organiza en forma de 'U', lo cual es apropiado cuando hay variaciones en el flujo de trabajo entre las partes hechas en la célula
3. Celda de un grupo de máquinas con un manejo semi-integrado.- Usa un sistema de manejo de materiales mecanizado.
4. Celdas de manufactura flexible o sistemas de manufactura flexible.- Combina un sistema de manejo de materiales completamente integrado con estaciones de proceso automáticas y son de las tecnologías más altamente automatizadas de las celdas de máquinas de Tecnología de Grupos.

El determinar el tipo de layout adecuado para la celda depende de las rutinas de las partes producidas en la celda. Hay cuatro tipos de movimientos que se pueden distinguir en un sistema de producción de partes:

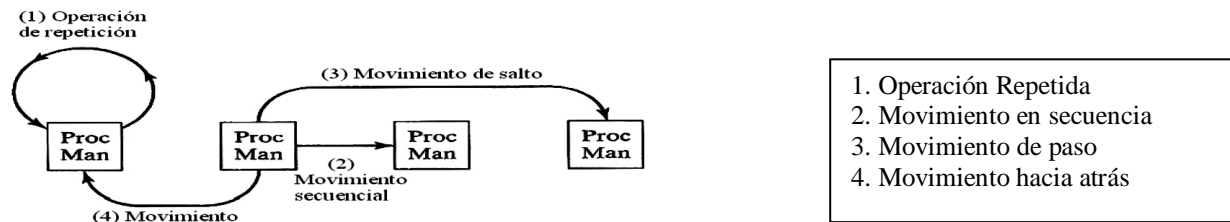


Figura 1. Cuatro tipos de movimiento de piezas se pueden distinguir en un modelo mixto (manufactura celular) del sistema de producción de piezas. Fuente: Fabricación Celular. (Mestre, Paretos. 2009)

Metodología.

La metodología a seguir para el diseño de la “Célula de un ambiente de manufactura simulada CAMS” y posteriormente la practica integradora, estará regida por los conceptos de manufactura celular, tecnologías de diseño de *lay out*, estudio de tiempos y movimientos y el uso de soporte informático basado en WinQSB y PROMODEL para la realización de la simulación de producción, integrando la información en tiempo real para la evaluación de la productividad y efectividad de las operaciones. El diseño y elaboración del CAMS se enfoca principalmente en la función de producción y operaciones, que consiste en todas aquellas actividades que transforman los insumos en productos y servicios, trata con las entradas, transformaciones y salidas del sistema que varían en base a los requerimientos del cliente.

Procedimiento a seguir:

1. Determinar la demanda requerida
2. Establecer la secuencia de eventos
3. Establecer el modelo mixto de sincronización de productos
4. Determinar la célula de manufactura
5. Corrida confirmatoria
6. Elaboración del reporte de prácticas.

Resultados y discusión

Para efectos de la práctica de ejemplo, se seleccionaron dos productos que se identificarán simplemente como Producto A y Producto B, en la tabla 1. Se enlistan las actividades y tiempo de duración de cada actividad (Producto A y B), los cuales tienen las mismas operaciones y duración, pero forman una familia de piezas ya que existen diferencias en el color y forma de algunos de los componentes y en la cantidad de demanda del cliente para cada producto.

Tabla 1. Actividades y tiempo de duración (Producto A y B).

No.	Actividad	Definición	Predecesoras	Duración (seg)
1	A	Ensamblar base para llantas		14
2	B	Ensamblar base para motor y a la trasera	A	10
3	C	Ensamblar bases para puertas	B	12
4	D	Conectar el tubo central base a presión	C	5
5	E	Colocar las puertas del lado izquierdo	D	18
6	F	Colocar las puertas del lado derecho	E	18
7	G	Ensamblar boca	F	8
8	H	Ensamblar ala trasera	G	13
9	I	Ensamblar ojos	H	7
10	J	Ensamblar A y atornillarlo en la base principal	I	15
11	K	Ensamblar B y atornillarlo en la base principal	J	26
12	L	Conectar escapes izquierdo y derecho	K	16
13	M	Ensamblar 35 en A	L	5
14	N	Ensamblar llanta 1	M	10
15	O	Ensamblar llanta 2	N	10
16	P	Ensamblar llanta 3	O	10
17	Q	Ensamblar llanta 4	P	10
		Total		212 seg

Determinar la demanda requerida.

Definir la demanda es importante para el diseño de la Célula de un ambiente de manufactura simulada y sus recursos. El Desarrollo del producto con el que trabajaremos se hará de acuerdo a una demanda de 30 unidades en total (16 Productos A + 14 Productos B).

Establecer la secuencia de eventos

Es necesario realizar los cálculos para establecer el takt time requerido para satisfacer la demanda.

$$Tiempo\ Takt = \frac{(30\ minutos)}{30\ piezas} = 1\ min/ pza. = 60\ seg/pza$$

$$Número\ de\ Estaciones = \frac{\sum Tiempos\ de\ ciclo\ de\ las\ operaciones}{Tiempo\ Takt} = \frac{212}{60} = 3.5 = 4$$

Tabla 2. Determinación de estaciones de trabajo, asignación de actividades y eficiencia.

Estación	Actividades	Tiempo segundos	Tiempo Acumulado	Eficiencia
1	A	14	14	93.33%
	B	10	24	
	C	12	36	
	D	5	41	
	E	18	59	
2	F	18	18	76.66%
	G	8	26	
	H	13	39	
	I	7	46	
3	J	15	15	70%
	K	26	41	
	L	16	42	
4	M	5	5	75%
	N	10	15	
	O	10	25	
	P	10	35	
	Q	10	45	

Tabla 3. Determinación de estaciones de trabajo (Line Station) y número de operarios (usando WinQSB).

10-31-2012 21:19:47	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	A	14	46	76.67%
2			2	B	10	36	60.00%
3			3	C	12	24	40.00%
4			4	D	5	19	31.67%
5			5	E	18	1	1.67%
6	2	1	6	F	18	42	70.00%
7			7	G	8	34	56.67%
8			8	H	13	21	35.00%
9			9	I	7	14	23.33%
10	3	1	10	J	15	45	75.00%
11			11	K	26	19	31.67%
12			12	L	16	3	5.00%
13	4	1	13	M	5	55	91.67%
14			14	N	10	45	75.00%
15			15	O	10	35	58.33%
16			16	P	10	25	41.67%
17			17	Q	10	15	25.00%
Solved by		Best Bud	Search				

Tabla 4. Resumen del cálculo realizados (usando WinQSB) para un ciclo de 60 segundos (deseado).

10-31-2012	Item	Result
1	Desired Cycle Time in segundos	60
2	Number of Line Stations	4
3	Number of Required Operators	4
4	Total Available Time in segundos	240
5	Total Task Time in segundos	207
6	Total Idle Time in segundos	33
7	Balance Delay [%]	13.75%
Optimal Solution has been obtained by		
Best Bud Search		

Establecer el modelo mixto de sincronización de producto

La secuencia del modelo a fabricar será determinada según la demanda del cliente, es decir, en base a sus pedidos es como se programará la producción y no en base a pronósticos de ventas. La tabla siguiente muestra un ejemplo de cómo se podría hacer la secuencia de pedidos en un día de trabajo.

Tabla 5. Secuencia de los pedidos según producto A o B.

Pedido no:	Modelo
1.	A
2.	A
3.	B
4.	A
5.	B
6.	A
7.	B
8.	B
9.	A
10.	B
11.	A
12.	B
13.	A
14.	B
15.	A

Determinar la célula de manufactura

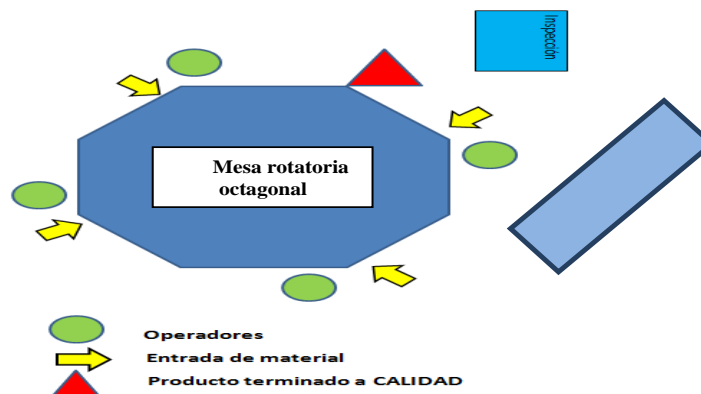


Figura 2. Distribución física de la célula de manufactura, opción “mesa rotatoria octagonal”

Corrida confirmatoria

La práctica se “corrió” con 4 personas u operarios del sistema, registrándose los resultados de cada etapa de la práctica, el formato de reporte final de la Práctica. Estos resultados están siendo analizados por el Cuerpo académico en Formación Ingeniería industrial, para establecer líneas de acción y de mejora a ser considerados en la práctica integradora del CAMS

Trabajo a futuro

Los resultados del “Reporte Escrito de la Práctica” del CAMS están siendo analizados por el Cuerpo académico en Formación **Ingeniería industrial** del Departamento de I.I., para establecer líneas de acción y de mejora a ser considerados en la Práctica integradora del CAMS (por ejemplo el realizar variantes a la práctica para distintos tiempos, componentes y demandas del cliente que obligue al alumnos determinar, mediante técnicas y herramientas de ingeniería, el número de estaciones necesarias y operarios requeridos).

La documentación soporte de ingeniería requerida para este ejercicio didáctico debe ser la base para el Manual de la Práctica Integradora de CAMS, esta documentación incluirá: Diagrama de Operaciones, Diagrama de recorrido, Diagrama de flujo de proceso, Hojas de operación, Estudio de tiempos y movimientos, entre otras más.

Conclusiones

La célula de Ambiente de manufactura Simulada CAMS es un arreglo estratégico de estaciones de trabajo con equipos y maquinaria para trabar una línea de producción. Este diseño le facilita al alumno la experiencia práctica del desarrollo e implementación del proceso de diseño, fabricación y control de una familia de productos, reforzando los conceptos teóricos adquiridos en otros cursos de su carrera.

Es una herramienta didáctica efectiva ya que los usuarios del sistema logran adquirir la competencia en la utilización de herramientas de ingeniería industrial y manufactura esbelta, mediante una práctica integrada y controlada de un ambiente de manufactura celular, lo que facilitará la comprensión y uso adecuado de técnicas de manufactura esbelta (Kanban, 5S's, Justo a Tiempo, MRP, Simulación, Control Visual etc.), y fortalecerá el desarrollo y formación de competencias profesionales.

Este primer paso de diseño "físico" del sistema de producción nos permite determinar los requerimientos de equipo, materiales y humanos necesarios para los siguientes pasos del proyecto, como son la integración de software para:

- 1) Determinación de estaciones de trabajo y número de operarios (WinQSB)
- 2) Una corrida simulada por computadora (PROMODEL),
- 3) Cálculo de la materia prima requerida (BOMP)
- 4) Gestión de la Calidad durante el proceso (SPC, etc.)

Dado lo anterior y en base a las experiencias adquiridas durante la realización de este trabajo, y considerando las opiniones de los alumnos integrados al proyecto de investigación, se recomienda que las personas que deseen realizar ejercicios académicos similares consideraran lo siguiente tres puntos:

- 1) Tener en mente en todo momento, que la "simulación" mantenga un equilibrio teórico - práctico que realmente le sirve de aprendizaje al personal o alumno.
- 2) El objetivo principal de la "Práctica Simulada" es el de preparar al alumno a enfrentar situaciones reales, por lo que se deberá considerar incluir estas situaciones, en la medida de lo posible.

Referencias

1. BURDBIDGE, J. L. Change to group technology: process organization is obsolete. **International Journal of Production Research**, v. 30, n. 5, p. 1209-1219, 1992.
2. MESTRE, J. PARETES, T. Sistemas Integrados de fabricación. Tecnología de Grupos. Fabricación celular. Francia. 2009
3. HERAGU, S. **Facilities design**. PWS Publishing Company, 1997.
4. MITROFANOV, S. P. **Group Technology in Industry**. v.1-2. Leningrado: Mashinostroenie, 1983.
5. SINGH, N. Design of cellular manufacturing systems. **European Journal of Operational Research**, v. 69, n. 3, p. 284-291, 1993.
6. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 3, n. 2, p. 36-52, 2011.
7. GROOVER, M. P. Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing. Tercera edición. Pearson Prentice Hall. Estados Unidos 2008
8. GROOVER. M. P. Fundamentos de Manufactura Moderna Materiales, Procesos y Sistemas. Tercera edición. McGraw Hill. México 2000.

Notas Bibliográfica (autor)

El M.C. **Francisco Agustín Poblano Ojinaga** estudió la carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la Laguna (ITL). Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial en el ITL. Actualmente es profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería del ITL e integrante del Cuerpo Académico en formación **Ingeniería Industrial** Clave ITLAG-CA-5.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2011. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ESTADO DEL ARTE: EDUCACIÓN INCLUSIVA A NIVEL SUPERIOR EN VERACRUZ, MÉXICO

Aguirre Gamboa Patricia del C.^{1*}, Anaya, Avila María del Pilar¹, Laurencio Meza Rossy Lorena¹, Casco López Javier¹, Domínguez Panamá Juan José¹

¹ Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación. Universidad Veracruzana, Reyes Heróles No. 136 Fraccionamiento Costa Verde, Boca del Río, Veracruz

*delcar2007@gmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La educación inclusiva puede ser concebida como un proceso que permite abordar y responder a la diversidad de las necesidades de todos los educandos a través de una mayor participación en el aprendizaje, las actividades culturales y comunitarias y reducir la exclusión dentro y fuera del sistema educativo. Este reporte tiene como propósito conocer cuál es el estado del Arte en relación a la Educación Inclusiva como un proceso que busca transformar el sistema educativo, con la finalidad de atender la diversidad de necesidades pedagógicas en los distintos niveles académicos dentro del estado de Veracruz, México, y con ello asegurar iguales oportunidades de aprendizaje, participación e inclusión. Para ello este grupo de investigación integrado por integrantes y colaboradores del Cuerpo Académico "Estudios en Comunicación e Información".

Palabras clave: Educación, Inclusividad, Integración, Educación Inclusiva

Abstract

The inclusive education can be conceived like a process that allows to dock and answer to the diversity of the needs of all the pupils across (through) a major participation in learning, the cultural and community activities and reduce the exclusion inside and out of the educational system. This report takes as an intention to know what the state(condition) of the Art is as regards the Inclusive Education like a process that thinks about how to transform the educational system, for the purpose of attending to the diversity of pedagogic needs in the different academic levels inside the state(condition) of Veracruz, Mexico, and with it to assure equal opportunities of learning, participation and inclusion. For it this group of investigation integrated(repaid) by members and collaborators of the Academic Body "Estudios en Comunicación e Información".

Introducción

Lo anterior implica cambios y modificaciones de contenidos, enfoques, estructuras y estrategias basados en una visión común que abarca a todos los niños en edad escolar y la convicción de que es responsabilidad del sistema educativo regular educar a todos los niños y niñas. El objetivo de la inclusión es brindar respuestas apropiadas al amplio espectro de necesidades de aprendizaje tanto en entornos formales como no formales de la educación. La educación inclusiva, más que un tema marginal que trata sobre cómo integrar a ciertos estudiantes a la enseñanza convencional, representa una perspectiva que debe servir para analizar cómo transformar los sistemas educativos y otros entornos de aprendizaje, con el fin de responder a la diversidad de los estudiantes. El propósito de la educación inclusiva es permitir que los maestros y estudiantes se sientan cómodos ante la diversidad y la perciban no como un problema, sino como un desafío y una oportunidad para enriquecer las formas de enseñar y aprender" (UNESCO, 2005, pág. 14.)

En este sentido y como señala Ríos Hernández, en su obra Manual de Educación Física adaptada al alumnado con Discapacidad, "asumir la diversidad significa reconocer el derecho a la diferencia como valor educativo y social" (2003, p. 214).

Algunos autores como Brueckner y Bond (1992) señalan que existen factores de diversidad que dificultan el aprendizaje, entre ellos:

- a) Factores intelectuales y neurológicos
- b) Factores físicos y sensoriales
- c) Factores de adaptación personal y social
- d) Factores ambientales y educativos

Por otra parte, Hallahan y Kaufman consideran que existen necesidades educativas que a su vez también dificultan el aprendizaje como son las siguientes:

- 1) Trastornos perceptivo visuales
- 2) Trastornos viso-motrices, motrices, táctiles y kinestésicos.
- 3) Desestructuración e Hiperactividad.
- 4) Trastornos del Lenguaje: desarrollo fonológico, sintáctico y morfológico.

La educación inclusiva es contribuir a eliminar la exclusión social y las barreras que impiden que estudiantes con capacidades diferentes, puedan acceder a las mismas oportunidades que los demás, es buscar ante todo la cohesión de todos los miembros de la comunidad. Esto queda plasmado en las aportaciones de Ainscow, Booth y Dyson, (2006), que lo definen como:

Un proceso de análisis sistemático de las culturas, las políticas y las prácticas escolares para tratar de eliminar o minimizar, a través de iniciativas sostenidas de mejora e innovación escolar, las barreras de distinto tipo que limitan la presencia, el aprendizaje y la participación de los alumnos y alumnas en la vida escolar de los centros donde son escolarizados, con particular atención a aquellos más vulnerables. (p. 25)

Desde una perspectiva educativa, la educación inclusiva es el intento de observar la diferencia, es por ello que los autores antes descritos consideran que las acciones de la educación inclusiva deben girar en tres aspectos enunciados por Ainscow, Booth y Dyson (2006): (a) presencia; (b) participación; y (c) progreso, aprendizaje y logros. Aspectos que se explicarán a continuación:

- (a) Presencia, entendida como una dimensión relativa al acceso del alumnado diverso y heterogéneo a los centros educativos. Desde el ámbito socioeducativo, se ha de generar un buen clima, eliminar prejuicios y estar abierto al otro, permitiendo que el alumnado nuevo y autóctono pueda sentirse dentro de una comunidad. Arnaiz, (2003) considera una serie de características para que la presencia sea efectiva:

- Sistemática
- Información/formación
- Participación: respeto y conocimiento mutuo
- Diálogo/interacción
- Interdependencia;
- Dinamismo
- Globalidad;
- Multiculturalidad/interculturalidad;
- Proyección del centro al entorno social
- Igualdad de oportunidades; y
- Compensación educativa/aceleración educativa.

- (b) Participación, relativa a la implicación activa en la vida escolar por parte de todo el alumnado y de toda la comunidad. El propósito se dirige hacia la lucha contra la desigualdad social, generando culturas y estructuras de diálogo.

(c) Progreso, aprendizaje y logros, hace referencia a la aspiración de que todo el alumnado progrese al máximo de sus capacidades, aportando para ello las medidas adecuadas. Este consiste en que todo el alumnado consiga unas competencias académicas básicas que pueda aplicar en su vida cotidiana. Entendiendo que el alumnado al menos ha de terminar con éxito la enseñanza obligatoria.

Esto conlleva a pensar que la educación inclusiva debe entenderse como (...) eliminación de todas las barreras (...) para acceder a una escuela de calidad, que las diferencias provocadas por factores culturales, socio-económicos, de género e individuales no se conviertan en fuentes de inequidad educativa. Implica una evolución del sistema educativo, de tal forma que las escuelas busquen de manera continua lograr un mayor nivel de inclusividad que se refleje en las relaciones que se establecen al interior de la escuela y con la comunidad, en la flexibilización del currículo y en la dotación de los apoyos que precisan todos los alumnos. (Tomado de García Cedillo, 2009: 7- 9)

Para llevar a cabo la transformación de este proceso educativo, se debe buscar la adaptación de un currículo que englobe no sólo las diferentes necesidades, sino también la participación interactiva de niños y jóvenes con las mismas posibilidades e intereses, de tal manera que no haya barreras que impidan la concreción de proyectos conjuntos. Sin lugar a dudas, una estrategia didáctica es abordar los problemas de aprendizaje que se presentan al interior de los espacios áulicos con la intención de atender la diversidad del alumnado. Para tal propósito Santos Guerra (2002), lo considera como un cambio que afecta a tres ámbitos:

Ámbito institucional, donde el centro desde el proyecto curricular ofrezca planes y seguimientos que garanticen la convivencia entre los alumnos y la formación tanto del profesorado como del alumnado.

Ámbito curricular, concretándose en el tiempo, en el espacio del aula, los agrupamientos sean flexibles, creación de ambientes de aprendizaje, en la evaluación, metodologías en función de las capacidades, los intereses, las actitudes... que potencien la creatividad, para que todos aprendan juntos, y estimulen a que otros aprendan.

Ámbito comunitario, el centro educativo debe abrirse al entorno, establecer un diálogo abierto entre la sociedad y la escuela.

Metodología

La presente investigación es una revisión del estado actual de los estudios e investigaciones realizadas en el estado de Veracruz sobre la educación inclusiva. En este documento se describen las principales inventivas de manera general y se incluyen algunos datos en diversos ámbitos de la realidad social.

Contempla así mismo las consideraciones y lineamientos teórico-metodológicos que se utilizarán en el desarrollo de la investigación realizada por este cuerpo académico titulada: Las TICS en la eliminación de barreras para la participación inclusiva de alumnos con necesidades educativas especiales en la Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación UV.

Metodológicamente el estado del arte sirve para identificar, organizar, sistematizar y analizar la producción realizada sobre una determinada temática, Para los fines de este trabajo se presentan datos en un ámbito académico-científico, porque es un intento por indagar sobre aquellas investigaciones que han antecedido al objeto de estudio en cuestión, pero también se realiza desde el ámbito social e institucional ya que con esta investigación los que integramos este cuerpo colegiado podemos emprender acciones correctivas y contribuir a la fortaleza de los programas formativos que incluyan e integren a quienes por alguna circunstancia se encuentran excluidos. Sirva este estado del arte para mantener los canales abiertos para realizar investigaciones conjuntas y con ello vincular este trabajo con la sociedad.

Su objetivo es:

Producir información sobre el tipo de documentación, tipo de información en cuanto a aspectos que se han relacionado con el tema principal u objeto central de interés, autorías, antecedentes y actualidad de la documentación producida en el estudio de la Educación Inclusiva en el estado de Veracruz, México.

La educación inclusiva en el estado de Veracruz

En México, como en América Latina se han realizado desde mediados de los años ochenta una serie de investigaciones en torno a la educación, la integración, la diversidad y la inclusión en los diversos niveles educativos. Son notorios los estudios que al respecto se han realizado, de igual manera es importante señalar la conformación de redes educativas, como es el caso de la Red Mesoamericana de Educación Inclusiva (REMEI: 2001) que con sus aportaciones ha dado origen a nuevos procesos educativos y a la profesionalización del docente para un mejor desempeño académico.

Desde el marco legal, normativo y conceptual:

Según el documento presentado por el Gobierno del Estado de Veracruz, a través de la Dirección de Educación Especial, perteneciente a la Subsecretaría de Educación Básica y titulado: "Orientaciones Generales para el Funcionamiento de los Servicios de Educación Especial en el Estado de Veracruz" y con base en sustentos legales, normativos y conceptuales que actualmente regulan las políticas educativas internacionales, nacionales y estatales, se elaboró una guía para realizar los procesos técnicos y pedagógicos de estos centros educativos en el tránsito hacia la Educación Inclusiva. Este documento se enriqueció a través de la consulta y el análisis con Jefes de Sector, Supervisores Escolares y Asesores técnico-pedagógicos que contribuyeron, desde su visión y experiencia como figuras cercanas a la operación diaria de los servicios de apoyo, escolarizados y de orientación, a la traducción en acciones concretas de aspectos contemplados en la Reforma Educativa. En este documento se señala que con base en: la Ley 822 para la integración de las personas con discapacidad, publicada en marzo de 2010, se establecieron los siguientes ordenamientos:

- Las autoridades educativas reconocerán y asegurarán el derecho de las personas con discapacidad a una educación inclusiva, de calidad y gratuita, en todos los niveles y modalidades, que permita desarrollar plenamente el potencial humano, el sentido de la dignidad y la autoestima. (art.22)
- La Secretaría de Educación deberá garantizar la incorporación oportuna, canalización y atención de las personas con discapacidad en todos los niveles del Sistema Educativo Estatal, con especial énfasis en la educación básica, con respeto a la sectorización, así como verificar el cumplimiento de las normas de inscripción, reinscripción, evaluación y certificación expedidas por la Secretaría de Educación Pública, para su inclusión educativa;
- Garantizar en los planteles educativos, públicos y privados, los espacios que permitan el libre acceso y disfrute de las instalaciones a las personas con discapacidad; Proporcionar oportunamente a los estudiantes con discapacidad materiales adaptados que les permitan la participación y eliminación de barreras para el aprendizaje;

Las acciones del gobierno:

En lo que se refiere al Gobierno del estado de Veracruz, este ha emprendido una serie de acciones tendientes a garantizar una educación para los niños y jóvenes que presentan capacidades diversas. Para ello, como señala en su comunicado del día 03 de diciembre del 2012: "La Secretaría de Educación de Veracruz (SEV) trabaja de manera comprometida por una educación inclusiva que permita el correcto desarrollo de los niños y jóvenes veracruzanos con capacidades diferentes, afirmó el jefe del sector 02 de Educación Especial, Mateo Mendoza Pérez.

En el marco del Día Internacional de las Personas con Discapacidad, informó que a través de los Centros de Atención Múltiple (CAM) se brinda una formación para la vida con programas de educación preescolar, primaria y laboral a los niños y jóvenes con discapacidades severas múltiples. (...) El sistema educativo está avanzando con el propósito de que la educación especial sea un medio para incluir a las personas con discapacidad y lograr su incorporación". (En línea: 03/Dic/2012)

Para tal propósito la Secretaría de Educación de Veracruz (SEV), ha iniciado acciones en torno a buscar la mejor incorporación de niños y jóvenes a su sistema educativo, a fin de evitar la exclusión y el rezago social y educativo. A través de la distribución de audiolibros de texto gratuitos a alumnos con discapacidad visual. Para ello los alumnos portan una pulsera con software, el cual a través de audífonos permite al alumno seguir la lección de manera secuenciada al mismo tiempo que sus compañeros. (En línea: 12/Mar/2013)

Con la complejidad que el tema amerita, desde la cúpula política surge la propuesta de que se conciba en el estado de Veracruz la educación inclusiva como un derecho humano con un sentido educativo y social, propuesta presentada por la diputada de Acción Nacional, Lilia Angélica Torres Rodríguez, a través de una iniciativa de reforma al párrafo segundo del artículo séptimo de la Ley Estatal de Educación.

Esta iniciativa fue presentada el día 06 de Junio del 2013, y dentro de los motivos que se exponen se encuentran:

Que la educación inclusiva ya no se plasme de manera discursiva si no que cumpla las expectativas de ser equitativa y de calidad. Para tal propósito se pretende fortalecer y establecer en el ordenamiento jurídico a la educación inclusiva dentro del tipo básico, como un modelo de educación que implica transformar de manera profunda el sistema educativo actual, dividido en la práctica, en aprendizaje común y el especial. A fin de buscar un proceso continuo de aprendizaje institucional, "en donde lo que hasta ahora conocemos como escuelas comunes, pasen a ser escuelas inclusivas, dejando atrás todos los mecanismos de selección o discriminación, para hacer realmente efectivo el derecho a la educación, a la igualdad de oportunidades y a la participación.

(...) Se requerirá que todo el andamiaje gubernamental, específicamente de que la SEV incorpore las provisiones presupuestales para que la educación inclusiva pueda ser cubierta en sus necesidades para todas las escuelas del Estado y así poder cumplir en consecuencia las metas propuestas por el Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016". Señala la diputada Torres Rodríguez, en la nota presentada por el periódico digital: Al calor político. (En línea).

Desde la academia:

Un estudio que arroja luces al respecto es el de María Azucena Sánchez Aburto (En línea: 2011), quien realiza un panorama a nivel nación sobre los conceptos de integración e inclusión, su investigación titulada "La educación inclusiva en México", es un reflejo de cómo se han venido realizando las adecuaciones a esta temática, pero sin lograr en su totalidad una propuesta de cambio en nuestro país.

Considera que aún falta mucho por hacer y es por ello que instituciones como la Universidad Pedagógica Nacional ha dado a conocer la Especialidad: "Inclusión e Integración Educativa", de la que Azucena es responsable en el estado de Veracruz. Esta especialidad surge se encuentra integrada en tres módulos:

Módulo I: Políticas Educativas: integración e inclusión

Módulo II: Prácticas inclusivas y Mediación en el aula

Módulo III: Atención para y en la diversidad en la escuela.

La Universidad Veracruzana por su parte tiene un programa que da seguimiento a sus alumnos con necesidades educativas especiales. Así mismo se destaca en este ámbito el trabajo realizado por Anaya, Laurencio y Domínguez (2011), titulado: El reto de la Universidad Veracruzana hacia una educación incluyente, con la finalidad de señalar la urgente obligación que tienen las instituciones de educación superior (IES) de voltear la mirada hacia un mercado cada vez más grande y que exige ser tomado en cuenta, estos son, los estudiantes con capacidades diferentes asociadas a una discapacidad motora, visual, auditiva e intelectual que demandan necesidades educativas especiales (NEE)..

Resultados y discusión

Los trabajos presentados dan cuenta de los estudios realizados por diversas entidades sociales en torno a la educación inclusiva. A diferencia de otros países aún se sigue trabajando para la inclusión de personas con necesidades educativas especiales.

Trabajo a futuro

Servir como referente en el desarrollo de la investigación en curso por parte del cuerpo académico: Las TICS en la eliminación de barreras para la participación inclusiva de alumnos con necesidades educativas especiales en la Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación UV.

Conclusiones

- La educación inclusiva implica poner atención a la diversidad del alumnado y emprender acciones a partir de estrategias metodológicas y organizativas al interior del aula y de los variados entorno educativos, de tal manera que permitan un trabajo tanto individual como en equipo, pero adaptado a los diferentes ritmos y modos de aprendizaje de cada estudiante.
- La asistencia tutorial, es prioritaria ya que a través de ella, los alumnos se verán orientados en su formación académica, con la finalidad de que su aprendizaje sea más flexible y acorde a sus necesidades.
- Es menester que todas las instancias y desde cualquier ámbito se le dé cauce a las propuestas e iniciativas incluyentes, de tal manera que empecemos por eliminar barreras que imposibiliten aún más procesos de integración al interior de los espacios sociales y educativos.

Referencias

1. Anaya A, María del Pilar, Laurencio Meza Rossy Lorena y Domínguez Panamá Juan José. (2011) El reto de la Universidad Veracruzana hacia una educación incluyente. II Congreso Internacional Retos y Expectativas de la Universidad. Villahermosa, Tabasco, México.
2. Blanco, R. (2010) (Coord.) El derecho de todos a una educación de calidad revista Latinoamericana de Educación Inclusiva. 4(2) ,25-153
3. Brueckner, L. Y Bond, G. (1992). Diagnóstico y tratamiento de las dificultades en el aprendizaje. Madrid. Rialp
4. García, I., Escalante, I., Escandón, M. C., Fernández, L. G., Mustri, A., & Puga, R. I. (2000) ¿Qué es la integración educativa? En: La integración educativa en el aula regular. Principios, finalidades y estrategias. México: SEP- Fondo Mixto de Cooperación Técnica y Científica México-España.
5. Hallahan, D.P. y Kaufman, J.M. (1982). Las dificultades en el aprendizaje. Madrid: Anaya.
6. Ríos Hernández, M. (2003). Manual de Educación Física adaptada al alumnado con discapacidad. Barcelona: Paidotribo
7. Santos Guerra, M. Á. (2002). Organizar la diversidad. Cuadernos de Pedagogía, no. 311, 76-80.
8. UNESCO (2005) Guidelines for inclusión: Ensuring Access to Education for All. París: UNESCO (Accesible on line en: <http://unesco.org/educacion/inclusive>)

9. Salas, Hernández Javier (2013) *Propone Diputada reformar la Ley de Educación para hacer valer educación inclusiva*. Al calor político Xalapa, Veracruz 05/Jun/2013
<http://www.alcalorpolitico.com/informacion/propone-diputada-reformar-la-ley-de-educacion-para-hacer-valer-educacion-inclusiva-117506.html#.UeGPxNlvSaU>
10. Sánchez, Aburto María Azucena (2011) *La Educación Inclusiva en México*. Blog personal.
<http://eduinclusivaamericalatina.blogspot.mx/2011/04/la-educacion-inclusiva-en-mexico.html>
11. SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE VERACRUZ *En Veracruz se trabaja por una educación inclusiva: SEV*. Comunicado de prensa del 03 de diciembre del 2012.
<http://www.comsocialver.gob.mx/2012/12/03/28993/>
12. SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE VERACRUZ *Veracruz un ejemplo de educación inclusiva*. Comunicado de prensa del 12 de marzo de 2013 <http://www.comsocialver.gob.mx/2013/03/12/44708/>
13. SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE VERACRUZ (2011) *Orientaciones Generales para el Funcionamiento de los Servicios de Educación Especial en el Estado de Veracruz*. Colegiado de Educación Especial. http://www.ceese.edu.mx/ORIENTACIONES_GENERALES_VER.pdf

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD ACADEMICA DEL PERSONAL DOCENTE DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA DE IGE.

Robin, Paul^{1*}, Johnson, D.W. Johnson², Santos Guerra³, (*Máximo cinco autores*)(*Arial 10 en cursiva*)

¹*Departamento de Ingeniería Eléctrica, ote 9 num 852, C.P. 94300, Orizaba Ver, México*

**e_rosario2000@yahoo.com.mx*

mfera@hotmail.com

dhevimacocu@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería eléctrica (Arial 9)

Resumen (máximo 150 palabras)

El cometido principal de esta investigación es fundamentar en como las diferentes actividades complementarias pueden enfocarse para mejorar la productividad académica, entendiéndose como tal las siguientes: (Proyectos de investigación, elaboración de material didáctico, elaboración de apuntes, diseño y elaboración de software, traducción de libros, pertenecer a grupos de investigación entre otros); todas las actividades que desarrolle el profesor deben estar dirigidas a alcanzar el perfil deseable; y mejorar el nivel en el programa de (EDD).

No se tienen resultados alentadores en el área debido a que el personal que la conforma no cuenta e con el perfil profesional para cubrir las materias que se imparten, por ser de nueva creación con apenas 3 años y medio de haberse implementado, donde la principal tareas del responsable es enfocar sus esfuerzos a fortalecer su perfil profesional. E implementar estrategias que permitan trabajar hacia una posible acreditación en un futuro no muy lejano.

Palabras clave: Máximo. 4. Palabras. Docentes, productividad, docencia, investigación

Abstract(150 words at most)

The main purpose of this research is base on how different complementary activities can focus to improve academic productivity, understood as the following: (Research projects, development of training materials, preparation of notes, software design and development, translation books belonging to research groups among others), all activities carried professor should be aimed at achieving the desired profile, and improve the program level (EDD).

Do not have encouraging results in the area because the staff does not have the forms and with the professional profile to meet the subjects taught, being newly created with just 3 ½ years have been implemented, where the main tasks the charge is to focus its efforts to strengthen its profile. E implement strategies to work towards a possible accreditation in the not too distant.

Introducción

El tema denominado “Evaluación de la productividad del personal docente del Instituto Tecnológico de Orizaba de ingeniería en gestión empresarial”. (denominada productividad académica del ITO.), es una de las características principales a considerar como elementos de seguimiento y evaluación, esta representa la productividad académica en el personal docente, del Instituto Tecnológico de Orizaba.

Y Como en cualquier actividad, un aspecto determinante en el trabajo de los docentes son las condiciones de trabajo, éstas deben ser propicias para que el mismo sea productivo. Y el Instituto Tecnológico no es la excepción.

De esta manera la productividad puede entenderse como la implementación de estrategias para generar conocimientos, preservar, compartir y difundir el conocimiento; divulgar la cultura; contribuir al logro y consolidación del conocimiento científico así como También permite hacer mención al conjunto de actividades de índole intelectual y experimental de carácter sistemático, con la intención de incrementar los conocimientos y la productividad académica en el personal docente.

El aspecto de la productividad académica actual dentro del sistema nacional de Educación Superior (SNEST) y en particular del Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO), en la carrera de Ingeniería en Gestión empresarial; permite obtener elementos reales de evaluación al finalizar el periodo escolar, tal y como se especifica en el reglamento interior de trabajo y de promoción.

El cual señala que uno de los aspectos que el docente debe cubrir de manera específica en su carga horaria es el cumplimiento de sus actividades complementarias, que le permitirán enfocar sus esfuerzos y resultados para alcanzar el perfil deseable y también participar en el programa Evaluación al Desempeño Docente; como se especifica en el reglamento emitido por la DGEST (reglamento interior de trabajo).

La evaluación es el proceso que tiene como finalidad determinar el grado de eficacia y eficiencia, con que han sido empleados los recursos destinados a alcanzar los objetivos previstos en la adquisición del conocimiento. Y la adopción de medidas correctivas que garanticen el cumplimiento adecuado de las metas propuestas por el personal docente, de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial.

En el Instituto Tecnológico y en especial en las áreas de licenciatura la productividad académica es deficiente, las causas pueden ser diversas pero se debe involucrar a los docentes que pueden con mayor facilidad alcanzar los objetivos planteados por el área académica e incrementar su número de profesores con perfil deseable.

La gestión del conocimiento puede promover la productividad académica en el Instituto Tecnológico y de manera particular en Ingeniería en Gestión Empresarial, permitiendo el crecimiento y desarrollo de la región y del país, porque la gestión del conocimiento está enfocado al proceso de gestión que tiene por objetivo que cada miembro en una organización sepa lo que el otro conoce con la finalidad de mejorar la performance y los resultados que se pretenden alcanzar sean exitosos.

Su finalidad principal es la de transferir el conocimiento desde el lugar dónde se genera hasta el lugar en dónde se va a emplear e implica el desarrollo de las competencias necesarias al interior de las organizaciones para compartirlo y utilizarlo entre sus miembros, de esta manera poder analizarlo y valorarlo esto es lo que orienta esta investigación educativa basada en las exigencias de la política educativa de productividad y competitividad que se asocian a la evaluación y asignación de recursos presupuestales.

La gestión del conocimiento conocido como Knowledge Management, define el Conocimiento como el Conjunto de experiencias, saberes, valores, información, percepciones e ideas que crean determinada estructura mental en el sujeto para evaluar e incorporar nuevas ideas, saber y experiencias. Y de acuerdo con la Guía Europea de la Gestión del conocimiento, la Gestión del Conocimiento es por tanto la Dirección planificada y continua de procesos y actividades para potenciar el conocimiento e incrementar la competitividad a través del mejor uso y creación de recursos del conocimiento individual y colectivo.

La Gestión del Conocimiento tiene mucho que ver entre otros factores con los activos intangibles, con el aprendizaje organizacional, con el capital humano, intelectual y relacional.

Activos Intangibles: Activos que no tienen una existencia física, pero que son reconocidos en algún sistema de valores. En una organización constituyen, junto a los activos tangibles (valor contable) el valor de mercado de la misma. Un ejemplo sería el valor que confiere una marca reconocida. Es un capital de importancia creciente en la organización.

Aprendizaje Organizacional: Proceso de transformación de la información de conocimiento con el fin de facilitar el desarrollo de rutinas organizativas o de pautas de acción para el desempeño efectivo de las actividades de la organización.

Capital Humano: Valor del conocimiento y competencias de las personas de una organización, así como su capacidad para generarlos, que resulta útil para la misión de la organización. Una organización que sistemáticamente desarrolle su Capital Humano es más propensa a ser una organización que aprende.

Capital Intelectual: Es la Acumulación del conocimiento que crea valor en una organización, compuesta por un conjunto de activos intangibles (intelectuales) o recursos y capacidades basados en conocimiento, que cuando se ponen en acción, según una determinada estrategia, en combinación con el capital físico o tangible, es capaz de producir bienes y servicios y de generar ventajas competitivas o competencias esenciales en el mercado. Edvinsson, L. et al. (1998). *El capital intelectual*. Bogotá: Norma.

Capital Relacional: Valor del conjunto de conocimientos que se incorporan a la organización y a las personas como consecuencia del valor derivado de las relaciones que mantiene con los agentes del mercado. Se refiere al valor que tiene para una empresa el conjunto de relaciones que mantiene con el exterior. La calidad y sostenibilidad de la base de clientes de una empresa y su potencial para generar nuevos clientes en el futuro, son cuestiones claves para su éxito, como también lo es el conocimiento que puede obtenerse de una relación con otros agentes del entorno (alianzas, proveedores,...).

Los conocimientos de las personas clave de la empresa, la satisfacción de los empleados, el saber-hacer de la empresa, la satisfacción de los clientes, la propiedad intelectual, las patentes o licencias reguladoras, etc. Son activos que explican buena parte de la valoración que el mercado concede a una organización y que, sin embargo, no son recogidos en el valor contable de la misma.

Partiendo de que la educación superior tecnológica es una de las principales promotoras del desarrollo tecnológico y que actualmente enfrenta el reto de un nuevo paradigma fundamentado en el conocimiento para obtener ventajas competitivas, condicionando el planteamiento de nuevos modelos de gestión que permitan una realineación de estrategias para el logro de sus objetivos, lo que contribuirá a elevar los niveles de impacto.

Los Institutos Tecnológicos a través de la investigación científica y tecnológica tienen un mayor compromiso con el uso y manejo y la transformación del conocimiento para los procesos de investigación, innovación y desarrollo. De acuerdo con el PIIID 2007 – 2012, el objetivo es mejorar la productividad académica que actualmente se encuentra en un estancamiento.

Es importante fomentar el trabajo colaborativo que permita incrementar la productividad académica, en lo concerniente a: publicación de artículos, traducción de libros, elaboración de material didáctico, elaboración de apuntes, proyectos de investigación, diseño y elaboración de software, desarrollo de prácticas, generación de proyectos de innovación etc. mediante la explotación del conocimiento y de todos los recursos con que se cuenta en el área y en la institución.

El Trabajo Colaborativo es la acción mediante el cual se involucra a un grupo de personas con roles específicos que interactúan en pro de un constructo intelectual o elemento de aprendizaje. Convirtiéndose dicha dinámica en una fábrica de aprendizaje; sirve también para que tanto el profesor como el estudiante desarrollen esas capacidades sociales

Una sociedad del conocimiento manifiesta un entorno cambiante y complejo, es Decir que en este mundo globalizado, las empresas y las instituciones educativas vivimos en un entorno que se mueve rápidamente

conforme cambia el sistema político en México, es decir cada seis años se presentan nuevas reformas en el esquema gubernamental y en especial nos afecta en el sistema educativo, es por ello que la dinámica educativa que se está llevando a cabo en nuestro país, se debe a estas reformas sexenales lo que de cierto modo nos permite entender con claridad porque no se tiene un avance significativo en la educación, se mencionan los diferentes modelos por los cuales ha pasado en los últimos años la educación en el Sistema de Educación Tecnológica.

Los programas de estudios manejados son:

- Programa de Desarrollo de la Educación Tecnológica 2001-2006
- Modelo Educativo para el siglo XXI
- Normativo Académico Versión 1.0; 2011
- SATCA (Sistema de Actualización y Transferencia de Créditos académicos).
- Modelo basado en competencias

Decir que se está en constante evolución no es decir nada nuevo Por ello, la educación superior se está basando en el conocimiento como un factor diferenciador de productividad y creación de riqueza y está invirtiendo su capital intelectual en procesos competitivos.

El concepto de sociedad del conocimiento fue utilizada por primera vez por el apreciado filósofo del "management" o la gestión empresarial, Peter Drucker, quien previamente había acuñado el término "trabajador del conocimiento". En el decenio de 1990 fue profundizada en una serie de estudios detallados por autores como Robin Mansel o Nico Stehr.

En educación se manejan dos aspectos; información y en consecuencia se adquiere el conocimiento, y los podemos expresar de la siguiente manera; la información se compone de hechos y sucesos, mientras que el conocimiento se define como la interpretación de dichos hechos dentro de un contexto, y posiblemente con alguna finalidad.

Haciendo referencia al activo intelectual, en el sector educativo es un factor determinante para el progreso de la institución, en este sentido Bontis (1998) afirma que el capital intelectual ha sido considerado por muchos, definido por algunos, entendido por pocos y valorado por nadie, en este entendido es considerado uno de los retos más importantes para los directivos de la instituciones. Aunque es intangible tiene una gran relevancia para el crecimiento y desarrollo de una institución y de toda una nación.

Involucrado de manera directa esta el Capital humano; El cual se trata de las capacidades, actitudes, destrezas y conocimientos que cada miembro de la institución aporta a ésta, es decir, forman activos individuales, e intransferibles. Este capital no puede ser de propiedad de la compañía (Edvinsson, 1998).

Capital Humano: Son los miembros de una organización que poseen conocimiento tácito individual. El capital de un individuo está formado por su medio genético, su educación, experiencia y su actitud. Este capital es la base de la innovación y la efectividad estratégica. Este capital se puede medir en base al volumen.

Con el paso de los años Peter Drucker consideró que la productividad del trabajador del conocimiento sería la próxima frontera del "management". En 1993, Drucker escribió su libro "La Sociedad Post Capitalista", en el que destacaba la necesidad de generar una teoría económica que colocara al conocimiento en el centro de la producción de riqueza. Señalo que lo más importante no era la cantidad de conocimiento, sino su productividad.

En nuestro país, los Institutos Tecnológicos todavía no se encuentran debidamente organizados en este contexto, lo que les impide promover su productividad académica y asegurar su competitividad.

Sin duda, toda institución de educación superior, también gestiona y administra conocimientos visibles y medibles y en particular el Instituto Tecnológico lo hace a través de los siguientes productos: proyectos de investigación, elaboración de material didáctico, elaboración de apuntes, traducción de libros, asesorías de residencias, tutorías, asesoría a proyectos de titulación entre otros.

En el siglo XXI las Instituciones de Educación Superior (IES), enfrentan el reto de la productividad, ya que a partir de la crisis de los '80 los apoyos gubernamentales han ido decreciendo. Por otro lado, existe la idea generalizada de que en la docencia se trabaja menos que el resto de las profesiones, lo cual es del todo errónea, la realidad es que las IES no han sabido comunicar eficientemente a los diversos sectores sociales la gama de actividades que en su interior se desarrollan (Middaugh, 2001).

Los Programas de Estímulo al Desempeño Docente, los cuales buscan diferenciar la productividad de los profesores a través de la asignación de un monto adicional al salario (Díaz Barriga, 1996). Esta diferenciación privilegia las actividades de investigación sobre las de docencia y va a depender de la institución, la disciplina del académico, el tipo de contratación y el máximo grado de estudios obtenidos (Galaz Fontes, Cordero Arrollo y Sevilla García, 2001). Los niveles que puedan alcanzar.

Es por esto que la productividad académica va íntimamente relacionada con todas las actividades complementarias que el docente quiera y pueda desarrollar a lo largo del periodo escolar. Esto permite observar como el mercado académico en general y las IES en particular no han fomentado la integración del trabajo académico, más allá de ello se ha impulsado una separación sobre dos funciones sustantivas: Docencia e investigación, privilegiando la segunda sobre la primera.

Observando esto se hace referencia a la creación de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos abarcando los campos de humanidades, artes, ciencias sociales, ciencias matemáticas, físicas y biológicas o profesiones tales como medicina, derecho y administración ya que en el departamento de Ciencias Económico Administrativas se encuentra alojada la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial.

Las expectativas que tienen los primeros egresados de esta licenciatura son grandes de manera que es interesante exponer cuales son las cualidades más importantes que presenta la gestión empresarial a nivel institucional como empresarial y para ello comencare por decir que es la Gestión empresarial.

Es la actividad empresarial que busca a través de personas (como directores institucionales, gerentes, productores, consultores y expertos) mejorar la productividad y por ende la competitividad de las empresas o negocios. Una optima gestión no busca sólo hacer las cosas mejor, lo más importante es hacer mejor las cosas correctas y en ese sentido es necesario identificar los factores que influyen en el éxito o mejor resultado de la gestión.

En este mundo globalizado y el panorama cambiante del mercado, aunado a esto el gran crecimiento y desarrollo de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC's) ha hecho que las empresas tengan que desenvolverse en un entorno cada vez más complejo. Por lo tanto la empresa agrícola moderna debe asumir el enorme desafío de modificar su gestión para competir con éxito en el mercado. Se puede decir entonces que la mayor parte de las empresas agrícolas se han visto en la necesidad de abrazar una gestión de adaptación a los cambios y a las nuevas circunstancias venideras.

Las capacidades y habilidades de la función gerencial en un ingeniero en gestión empresarial son: La función gerencial implica tener capacidad para conducir personas, un don especial para ser reconocidos y seguidos por los subalternos, indudablemente para esto se requiere capacidad técnica profesional espontánea y otros aspectos directivos a como se señalan a continuación:

- Capacidad para tomar decisiones
- Imaginación, honestidad, iniciativa e inteligencia.
- Habilidad para supervisar, controlar y liderar
- Habilidad para visualizar la actividad hacia el futuro
- Habilidad para desarrollar nuevas ideas
- Capacidad de trabajo
- Habilidad para detectar oportunidades y generar nuevos negocios
- Imparcialidad y firmeza
- Capacidad de adaptarse al cambio
- Capacidad para relacionarse

A grandes rasgos son algunas de las características que presenta la gestión empresarial y lo que se puede lograr con ella.

Metodología:

Para fortalecer y documentar este trabajo se pretende desarrollar primeramente la investigación documental y recopilación de la información que serán las bases de su inicio, lo que permitirá identificar las valoraciones de los académicos, respecto a la productividad.

Por ello, las variables contempladas en esta categoría son: las actitudes, aptitudes, el comportamiento, las competencias y el compromiso personal de los académicos, el trabajo colaborativo, formación, satisfacción personal además para evaluar la productividad de manera formal e institucional se incluyen los programas tales como: Perfil PROMEP y ser miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Obtener datos estadísticos desde el área de posgrado e investigación, así como de las licenciaturas que más participación presentan en los proyectos de investigación. Esto es por un lado.

También diseñara y se aplicara una encuesta a los docentes para que se recopile la información sobre las actividades realizadas en el periodo Enero – Junio 2013.

De la misma manera se solicitara al área correspondiente el acceso a los horarios de cada profesor con la única finalidad de obtener los datos de las actividades complementarias, sin utilizar información personal.

Método:	Característica:
Método lógico deductivo	Encontrar e investigar principios desconocidos a partir de lo conocido.
Lógico inductivo	Se aprovecharan y se tomaran las experiencias de los trabajos afines ya desarrollados.
Método deductivo indirecto	Comparación de resultados con el mismo método aplicado a cinco docentes que impartan el mismo número de materias y actividades complementarias

Resultados y discusión

En primera instancia la tarea fundamental es llevar a cabo la revisión de los horarios del personal docente del área correspondiente, con la finalidad de consultar cuales son las actividades complementarias asignadas a cada profesor y cuáles son los resultados que se esperan obtener al final del semestre por cada una de ellas.

Se procederá al análisis y revisión de las evaluaciones docentes y departamental con la finalidad de obtener los datos en cada rubro a evaluar para este proyecto, los datos obtenidos serán utilizados para fundamentar los resultados y de esta manera poder realizar el diagnostico y en consecuencia proponer algunas alternativas de solución, que permitan verificar su eficiencia en la productividad en base a las actividades complementarias asignadas al docente.

Los productos que se pretenden entregar de las actividades mencionadas, únicamente serán evidencias del cumplimiento de ellas y sus resultados según sea el caso, oficios de entrega recepción, oficios de aceptación por parte de la DGEST en los proyectos de investigación, etc. (Proyectos de investigación, elaboración de material didáctico, elaboración de apuntes y participación en grupos de investigación).

Estos productos se refieren más bien a los resultados obtenidos de la investigación, artículos, publicaciones, conferencias, pláticas, seminarios, simposiums, etc.

Conclusiones

Tiene como finalidad brindar un seguimiento del numero de actividades realizadas por los docentes en los siguientes productos que se pretenden observar como son: (*Proyectos de investigación, elaboración de material didáctico, elaboración de apuntes y participación en grupos de investigación*) permitiendo medir también el trabajo colaborativo y las comunidades de aprendizaje a través de redes y comunidades de práctica, el uso de herramientas asociadas a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y criterios de evaluación, entre otros, para obtener los indicadores de evaluación, para crear las condiciones necesarias y reconvertir sus

procesos de gestión, lo que les permitiría asegurar su relevancia social y ser organizaciones inteligentes que aprenden.

Referencias

1. Robin, Paul, La Educación en la Utopía Moderna del Siglo XIX. Litográfica Cultural, México, D.F. 1985.
2. Johnson, D.W. Johnson, R.T., & Holubec, E.J. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula. Barcelona: Paidós
3. Santos Guerra, M. A. La Escuela que Aprende. Editorial Morata, S.L. Madrid, 2001.
4. Kaye, (1991). en Salinas, J. (2000). El aprendizaje colaborativo con los nuevos canales de comunicación, 199 – 227. En Cabero, J. (ed.) (2000). Nuevas tecnologías aplicadas a la educación. Madrid: Síntesis.
5. Ramón gallegos Nava, La educación del corazón 2001
6. UNESCO; conferencia virtual UNESCO-UNECOV Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación.
7. www. Inacap. Portal docente
8. <http://www.aiteco.com/calidad/gestion-de-procesos>
9. <http://laorganizacioninteligente.bligoo.es/concepto-de-organizacion-inteligente>
10. REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES (Serie documental de *Geo Crítica*) Universidad de Barcelona, ISSN: 1138-9796. ; Depósito Legal: B. 21.742-98; Vol. XI, nº 683, 25 de octubre de 200
11. <http://www.ingenieria.uady.mx/desarrollo/PIFI202010-2011Consolidado.pdf>
12. <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/polis/cont/20002/pr/pr4.pdf>
13. http://www.sinectica.iteso.mx/articulos/sin38/art38_06/38_06.pdf

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Uso de objetos de aprendizaje en la enseñanza de la programación en Ingeniería

A. A. Domínguez Martínez^{1*}, Y. Mexicano Reyes²

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza 2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México

²Departamento de Desarrollo Académico, Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza 2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila., México

*adominguez@its.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Se propone una estrategia para aprovechar la disponibilidad y uso de la plataforma EDUCATEC, del Instituto Tecnológico de Saltillo, habilitada para contar con un soporte informático al implementar los cursos presenciales en ella. La estrategia consiste en soportar el curso de programación en dicha plataforma, gestionando con la comunidad docente, que haya instalado objetos de aprendizaje, los accesos y permisos necesarios para que los contenidos del curso, puedan ejemplificarse y servir de base para desarrollar prácticas de programación basados en diversas áreas de conocimiento de la carrera que cursa el estudiante.

Su realización consideró un grupo piloto en la asignatura de programación estructurada durante el período enero-junio del 2013, para que a través de manipular objetos de aprendizaje de otras asignaturas, se observara el logro de la competencia. Así se alcanza que la alfabetización digital y que la programación de computadoras sea una herramienta aplicable en diversas áreas del conocimiento.

Palabras clave: objetos de aprendizaje, SCORM, aprendizaje de la programación.

Abstract

We propose a strategy to leverage the availability and use EDUCATEC platform of the Instituto Tecnológico de Saltillo, have enabled a informatics support in classroom courses to implement it. The strategy is to support the ongoing programming on this platform, managing the teaching community, that you installed learning objects, access and permissions to the course content, exemplified and can serve as a basis to develop programming practices based in various areas of knowledge of his course the student.

Its realization considered a pilot group in the subject of structured programming during the January-June period of 2013, to manipulate objects through learning other subjects, will watch the attainment of competence. This is achieved that digital literacy and computer programming as a tool applicable in various areas of knowledge.

Keywords: learning objects, SCORM, learning programming.

Introducción

El presente trabajo incluye la metodología desarrollada para llevar a la práctica el uso de objetos de aprendizaje en la asignatura de programación estructurada con la finalidad de lograr que los alumnos puedan alcanzar de manera significativa la competencia transversal referente al uso de las TIC's al terminar su carrera de ingeniería.

En primer lugar se da a conocer el marco teórico utilizado en el desarrollo que incluye la descripción de los objetos de aprendizaje, tomando en cuenta sus características que permiten a un estudiante tener acceso a material educativo desde diferentes cursos y el cómo, al establecer relaciones de contenidos entre diversas

asignaturas, puede lograr el objetivo de aprendizaje de una en particular. Nuestra hipótesis es que siendo la asignatura de programación una materia de tronco común dentro de las carreras que no pertenecen al área de sistemas computacionales, el logro de la competencia establecida debe ser considerado de manera transversal en su carrera. Nuestra justificación e interés radica en que para alumnos, que no son del área de Sistemas y Computación, consideran como de relleno a dicha asignatura, desaprovechando el potencial que esta proporciona para resolver los problemas específicos de la carrera que cursa.

Posteriormente se describen las características del grupo piloto de alumnos con el que se desarrolló la investigación. Las etapas de desarrollo realizadas incluyen, el análisis de la plataforma disponible en nuestra institución, luego la caracterización de los objetos de aprendizaje con la finalidad de ubicarlos dentro de la plataforma. Posteriormente se procedió a listar y luego a seleccionar los temas de cada una de las diversas asignaturas que pudieran ser de apoyo, para que el alumno realice ejercicios, prácticas y resuelva problemas reales, al menos durante su formación profesional durante la licenciatura, aplicando el aprendizaje de la asignatura de programación estructurada para crear soluciones informáticas que den soporte a la realización de tareas particulares y específicas de la carrera que cursa.

En la siguiente etapa se procedió a ubicar la existencia de objetos de aprendizaje en la plataforma EDUCATEC, para con ello identificar los objetos de aprendizaje que pudieran ser punto de partida para los posibles ejercicios o prácticas a desarrollar por el grupo piloto. En la siguiente etapa se llevó a cabo el diseño y aplicación de los ejercicios y prácticas correspondientes.

Finalmente se comentan los resultados obtenidos, las conclusiones y los posibles trabajos futuros que pudieran desarrollarse en la misma línea de investigación.

Marco Teórico.

En la actualidad nuestros estudiantes se encuentran inmersos en un entorno digital, con una gran facilidad de acceso a muy diversas manifestaciones de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). La UNESCO ha establecido la necesidad de un aprendizaje electrónico donde la enseñanza y el aprendizaje son fundamentales en que se refiere a la difusión de las TIC. También establece que uno de los requisitos básicos de la educación del siglo XXI es preparar a los futuros ciudadanos, nuestros estudiantes, para que puedan participar activamente en una sociedad basada en el conocimiento, comprendiendo perspectivas económicas, sociales y culturales [Anderson , 2010].

Para la UNESCO el aprendizaje electrónico es una piedra angular para la construcción de sociedades integradoras del conocimiento, a través de la promoción de la libre circulación de las ideas y el conocimiento, como el camino hacia la Sociedad de la Información. La recomendación es incorporar los aspectos éticos, jurídicos y socioculturales en dicha sociedad que contribuyan al aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen las TIC, siempre situando al ser humano en el centro de este enfoque.

LA OCDE en su informe "Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del nuevo milenio en los países de la OCDE" en septiembre de 2009, habla de los aprendices del Nuevo Milenio (NML). En dicho informe se trata de conceptualizar y analizar desde una perspectiva comparativa los efectos de las nuevas tecnologías digitales en el desarrollo cognitivo de los jóvenes así como en sus valores, estilos de vida y expectativas educativas, en otras cosas., con el propósito de proporcionar orientaciones a responsables políticos, investigadores y educadores para el diseño de medidas que afectan principalmente a esta nueva generación en la sociedad del conocimiento.

El actual desarrollo social y económico exige que los sistemas educativos ofrezcan nuevas habilidades y competencias, que les permitan beneficiarse de las nuevas formas emergentes de socialización y contribuyan activamente al desarrollo económico bajo un sistema cuya principal baza es el conocimiento. Estas habilidades y competencias se denominan normalmente habilidades y competencias del siglo XXI. Los jóvenes se encuentran en plena experimentación de nuevas formas de socialización y de adquisición de capital social a las que las TIC están contribuyendo en gran medida. Su educación, ya sea en casa o en la escuela, proporciona

valores y actitudes sociales, así como experiencias constructivas que les permitirán beneficiarse de oportunidades que favorecen activamente la creación de nuevos espacios de vida social. Por otro lado, la mano de obra ha de poseer un conjunto de habilidades y competencias que se ajustan a la economía del conocimiento (la mayoría de ellas relacionadas con la gestión del conocimiento) que incluye procesos de selección, adquisición, integración, análisis y colaboración en entornos sociales en red. Para muchos jóvenes, las escuelas son el único lugar en el que se aprenden tales competencias.

Dentro del mismo desarrollo de las TIC, y considerando el aspecto educativo surge un nuevo paradigma educativo, que es más personalizado y centrado en la actividad de los estudiantes, a través de múltiples herramientas de apoyo a la docencia y al aprendizaje de los estudiantes, entre las que se destacan los Sistemas de Gestión de Aprendizaje, en inglés Learning Management System (LMS). Los LMS son plataformas computacionales que se encargan fundamentalmente de la administración, distribución y control del proceso de enseñanza y estudio en línea, semi-presencial y presencial, para brindar el soporte necesario al escenario de aprendizaje apoyado en las TIC; constituyen aplicaciones web que proveen las funciones administrativas y de seguimiento necesarias para posibilitar y controlar el acceso a los contenidos, implementar recursos de comunicación y llevar a cabo el seguimiento de quienes utilizan la plataforma en algún curso escolarizado. Así también existen los sistemas de gestión de contenidos para el aprendizaje (LCMS) que son LMS que permiten la gestión de contenidos. Entendiendo por gestión de contenidos el proceso que va desde la creación de un objeto de aprendizaje, que es la unidad mínima de contenido, hasta su publicación y seguimiento.

Metodología

Determinación del grupo piloto.

Para probar la estrategia de uso de objetos de aprendizaje se seleccionó un grupo de alumnos de la asignatura de programación estructurada de la carrera de Ingeniería en Electrónica. Este grupo de 23 estudiantes cursan el tercer y cuarto semestre con una carga académica promedio de 5 asignaturas. Dentro de este grupo de alumnos solo 2 se cursan la asignatura y el resto la curso por primera vez.

La asignatura se imparte 5 horas a la semana de las cuales 3 horas son de sesión en aula normal y 2 horas asignadas en un laboratorio de cómputo. En ambos casos se dispone de cañón retroproyector y computadora, el acceso a internet en forma inalámbrica, está disponible siempre.

Análisis de la plataforma EDUCATEC.

El Instituto Tecnológico de Saltillo a partir del año 2009 puso a disposición de todo el personal docente una plataforma electrónica basada en una instalación personalizada de la plataforma Moodle, en la dirección de internet educatec.its.mx, con la finalidad de ofrecer nuevas herramientas tecnológicas que favorecieran el desarrollo de la práctica docente en todas las carreras impartidas y permitiera coadyuvar a mantener y mejorar la calidad educativa de programas académicos atendidos. Inicialmente se incorporó una cuenta de usuario/administrador para cada uno de los docentes y cuenta de usuario estándar para cada alumno vigente, de tal forma, que de manera particular cada docente tendría la posibilidad de implementar sus cursos, total o parcialmente, en dicha plataforma, de acuerdo con las necesidades académicas que decidiera cubrir dentro de la plataforma.

El administrador de la plataforma tiene como responsabilidad, mantener operando de manera ininterrumpida la página web y la plataforma así como actualizar y dar soporte a los usuarios sobre todo lo relacionado con las cuentas de acceso. Con ello cada nuevo inicio de cursos presenciales debe de agregar a la plataforma a los nuevos docentes y alumnos que se incorporan al quehacer académico de nuestra institución. En la actualidad la plataforma dar servicio a más de 800 docentes y a 7500 alumnos. La organización de los cursos se establece por categorías, como se muestra en la Figura 1, cada carrera cuenta con una categoría propia, que puede corresponder a la carrera que atiende el docente y/o a la carrera que cursa el alumno.

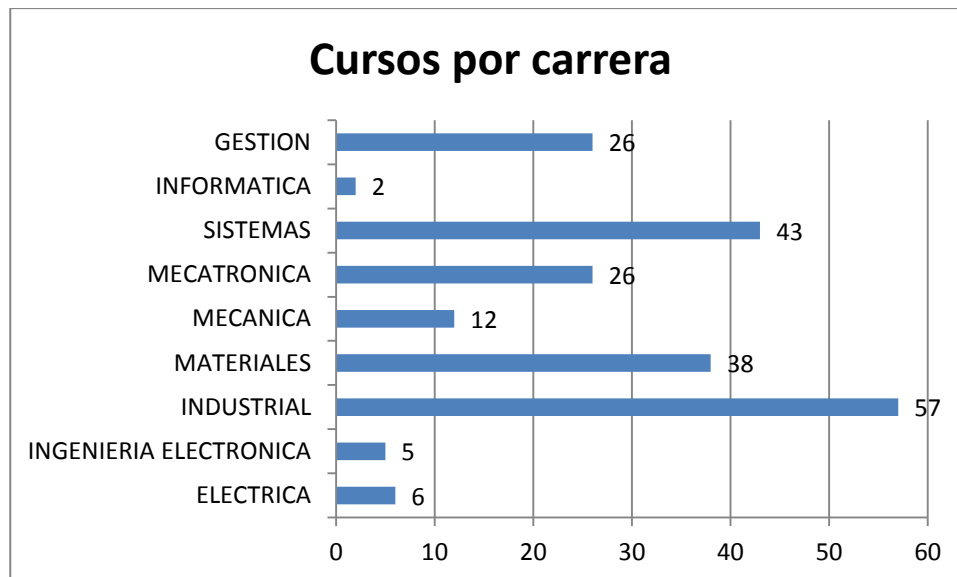


Figura 1. Gráfica de cantidad de cursos en EDUCATEC por carrera del ITS.

Hasta el momento, hemos encontrado que todas las carreras cuentan con cursos, ya que cada categoría cuenta con un listado de los cursos habilitados e inhabilitados que han sido creados en la plataforma. Aunque la existencia de cursos no es igual en todas las carreras, al observar los listados de asignaturas, se encontró una variedad suficiente de asignaturas que están disponibles en dicha plataforma. Otro aspecto importante, es que muchos de los cursos están habilitados, siendo mínimos los que no están disponibles en cualquier momento.

Por cada curso en la plataforma, esta muestra a los usuarios registrados, el nombre del curso, la categoría, el docente responsable de dicho curso y la forma en que se puede acceder al mismo. Varios cursos requieren de una contraseña para inscribirse, la cual debe ser proporcionada por el docente. Con esta información cada alumno puede solicitar al docente respectivo el acceso al curso, cuando lo considere necesario.

Caracterización de Objetos de Aprendizaje.

El desarrollo actual de las TIC ha permitido contar con diversas e interesantes posibilidades de aplicaciones educativas, el uso de las mismas se establece en función de los modelos pedagógicos que se utilicen, tanto al momento de diseñar los materiales educativos en formato digital como al modo de utilizar los mismos dentro de un curso de la plataforma educativa de que se disponga.

Una de las tecnologías disponibles desde hace algunos años son los Objetos de Aprendizaje. Un Objeto de Aprendizaje es un conjunto de recursos, auto contenible, diseñado y creado en pequeñas unidades digitales, con un propósito educativo para maximizar el número de situaciones en las que se puede utilizar (reutilizable) [Osorio, 2008]. La idea central de los objetos de aprendizaje es la de proporcionar una educación flexible y personalizada que permita a los estudiantes y a los profesores el poder adaptar diversos recursos didácticos de acuerdo con sus propias necesidades, inquietudes, pero sobre todo, estilos de aprendizaje y enseñanza.

Para ello, los contenidos deben fragmentarse en unidades modulares independientes que pueden ser secuenciadas y reutilizadas en distintos entornos y en diferentes aplicaciones. Además, se les provee de una estructura de información externa (metadatos), que es un conjunto de atributos que describen el objeto de aprendizaje. La incorporación de metadatos tiene como objetivo encontrar y localizar los OA, ofrecer criterios que permitan las búsquedas y faciliten un acceso más rápido a aquellos objetos que cumplan los requisitos establecidos. Esta descripción de los objetos de aprendizaje (metadatos) permite clasificarlos y almacenarlos en repositorios de objetos de aprendizaje, de esta forma, estarán disponibles al conjunto de usuarios autorizados para ello. Un repositorio de objetos de aprendizaje es una colección ordenada de objetos de aprendizaje. que brinda funcionalidades para localizarlos por contenidos, áreas, categorías y otros criterios.

Los objetos de aprendizaje para que realmente puedan ser reutilizados y compartidos deben estar basados en normas y estándares para ser almacenados y fácilmente recuperarlos en un repositorio, así como para permitir su utilización en ambientes de trabajo heterogéneos garantizando el intercambio o interoperabilidad. Dentro de las mismas TIC y en nuestra era digital existen varias organizaciones dedicadas al desarrollo de estándares, especificaciones y modelos de referencia, que incluyen, entre otros, la estructuración de los datos, su descripción a través de los metadatos, el empaquetamiento de los contenidos y su secuenciación, a fin de facilitar la interoperabilidad, reusabilidad, adaptabilidad, accesibilidad y durabilidad de los objetos de aprendizaje.

Dentro de dichos estándares existe SCORM, (Shareable Content Object Reference Model o Modelo de Referencia para Objetos de Contenido Distribuibles por su traducción al español), este estándar maneja tres modelos esenciales para crear objetos de aprendizaje y son los siguientes:

- Un Modelo de Agregación de Contenidos que define la manera de especificar la organización interna de los Objetos (estructura), el etiquetado de los Objetos (metadatos), y el modo de empaquetarlos con el fin de permitir su interoperabilidad en diferentes sistemas y plataformas tecnológicas.
- Un Modelo de Secuencia y Navegación, que establece la forma como se especifica la integración de unos Objetos con otros y con las actividades de aprendizaje, a través de secuencias ordenadas que reflejan la estrategia de aprendizaje establecida.
- Un Modelo del Ambiente de Ejecución (Run-Time Environment): que especifica el comportamiento y la interacción de los Objetos con la aplicación de gestión del aprendizaje (LMS).

La razón de elegir SCORM sobre los otros posibles se justifica en que algunos docentes ya han sido capacitados en la realización de proyectos de educación a distancia y específicamente en la creación de SCORM. Además SCORM permite interoperabilidad en distintos sistemas de cómputo, gracias a sus características de:

Accesibilidad. Para localizar y acceder materiales instruccionales independientemente de su localización.

Adaptabilidad. Para ajustar la instrucción a las necesidades individuales de los estudiantes.

Asequibilidad. Para aumentar la eficiencia y productividad disminuyendo el tiempo y costos del proceso.

Durabilidad. Para resistir los cambios tecnológicos sin la necesidad de rediseñar, recodificar o reconfigurar.

Gestionabilidad. Para monitorear información sobre el estudiantes y los contenidos de aprendizaje.

Reusabilidad. Para integrar los componentes educativos en una variedad de aplicaciones, sistemas y contextos.

Selección de temas por asignatura del plan de estudios.

Los contenidos comprendidos en la materia de programación están especificados en el programa de la asignatura. Después de un análisis de los temas y subtemas susceptibles de emplear objetos de aprendizaje de temas o subtemas de las otras asignaturas de forman el plan de estudios, se identificaron los siguientes:

- Algoritmos (secuenciales, de selección, de iteración).
- Diagramas de flujo.
- Prueba de escritorio.
- Tipos de datos.
- Evaluación de expresiones.
- Asignación.
- Estructuras selectivas.
- Estructuras de repetición.
- Arreglos unidimensionales.
- Arreglos bidimensionales.
- Funciones y procedimientos.

Con este listado de temas y subtemas que requieren de ejercicios teóricos y prácticos, en una primera etapa, se inició un riguroso análisis de los temarios de los primeros 4 semestres de la carrera para ubicar, en cada una de dichas asignaturas, temas o subtemas que coincidieran con las especificaciones que requiere la asignatura de programación. Se dio prioridad a las asignaturas de tronco común y de ciencias básicas, considerando que dichos temas son los más comunes en cualquier carrera y de los que más grupos existen, lo que permite la posibilidad de encontrar más cursos implementados en la plataforma.

Entre los temas y subtemas encontrados a continuación se mencionan algunos de ellos:

Tema de programación	Materia Asociada	Tema seleccionado
Algoritmos (secuenciales, de selección, de iteración).	Análisis Numérico	2.1. Método de intervalos
Prueba de escritorio.	Cálculo Diferencial	2.1 Concepto de variable, función, dominio, condominio y recorrido de una función.
Tipos de datos.	Química	4.7 Cálculos estequiométricos con reacciones químicas
Asignación.	Química	4.7 Cálculos estequiométricos con reacciones químicas
Estructuras selectivas.	Cálculo Diferencial	1.6 Valor absoluto y sus propiedades.
Estructuras de repetición.	Probabilidad y Estadística	2.4 Permutaciones y combinaciones
Arreglos unidimensionales.	Probabilidad y Estadística	1.4 Medidas de dispersión
Arreglos bidimensionales.	Álgebra Lineal	2.5 Cálculo de la inversa de una matriz.

Ubicación de objetos de aprendizaje.

Una vez identificadas las asignaturas que pueden apoyar con temas para los ejercicios se estableció contacto con los docentes que cuentan con cursos en la plataforma, para ubicar los objetos de aprendizaje que utilizan como material de sus cursos y trabajando en forma colaborativa se definió una estrategia de acceso a dichos materiales.

Entre las incidencias que ocurrieron, podemos mencionar que algunos docentes, aunque si poseen material didáctico disponible en la plataforma, este no estaba precisamente como objeto de aprendizaje, ya que solo se incluyen archivos atómicos de diversa naturaleza, existen presentaciones PowerPoint, documentos de Word, documentos PDF, videos mp4, ligas a páginas Web, ligas a videos en Youtube, entre otros. No todos los docentes conocen el concepto de objetos de aprendizaje, pero muestran interés en el concepto y en aplicarlo para sus asignaturas.

A pesar de estas circunstancias, la mayoría presenta disponibilidad para compartir material entre las diversas asignaturas, por lo que se decide usar el material en bruto como ha sido ubicado para el propósito de nuestro trabajo, con la finalidad de probar su utilidad y posteriormente proceder a una conversión a verdaderos objetos de aprendizaje en el formato SCORM, que facilite el compartir y reutilizarlos.

Realización de ejercicios y prácticas empleando objetos de aprendizaje.

Con los materiales proporcionados se procedió a elaborar las actividades y las ligas con los materiales recabados dentro de la planeación didáctica de la asignatura de programación. Dentro de la plataforma EDUCATEC, en el curso se incluyeron los ejercicios que se deben de realizar, incluyen en las especificaciones, los recursos o materiales, indicando claramente de la asignatura que han sido considerados y dando el reconocimiento a los profesores que los elaboraron o recopilaron.

Con ello los alumnos que cursan la asignatura de programación, realizan el ejercicio solicitado, siguiendo las reglas y convenciones de nuestra asignatura. Consideremos el tema de algoritmos, donde se seleccionó de la asignatura Análisis Numérico, el subtema Método de intervalos, primer tema de la segunda unidad. Aquí se pidió considerar el procedimiento de solución de ecuaciones algebraicas, con el objetivo de encontrar una raíz, si existe, en un intervalo predeterminado. El material del profesor que colaboró expresa un algoritmo que permite encontrar la solución de una función específica. El ejercicio solicitado es que el alumno deberá escribir en pseudocódigo, el algoritmo del Método de Intervalos, escrito de acuerdo con las reglas y exigencias de un

pseudocódigo, además de clasificar las diversas construcciones de programación estructurada que pudiera incluir en su desarrollo.

En esta etapa, se recopilan las diversas impresiones de los alumnos, por ejemplo, si ya cursó la asignatura, si uso ese material al cursarla, si el material es accesible en su interpretación, si el ejercicio permite la práctica de los contenidos estudiados en el tema y finalmente si ubica algún otro tema o subtema de las asignaturas ya cursadas que se relacionen con el tema del ejercicio realizado.

Resultados y discusión

Con la información recopilada hasta el momento encontramos de significancia los siguientes resultados:

- Los contenidos de asignaturas que no han cursado, causan inquietud en los alumnos.
- Con respecto a las asignaturas ya cursadas, en su mayoría los alumnos recuerdan el nombre del tema, pero no recuerdan el procedimiento o proceso que se lleva a cabo en la resolución del problema.
- Los alumnos consideran muy adecuado, que se les proporcione el material completo, así todos cuentan con la misma información y se concentran en el tópico de estudio que se esté tratando.
- Se favorece el aprendizaje colaborativo, cuando los alumnos que integran el grupo, presentan diferente avance escolar, ya que los que conocen del tema apoyan a los que no lo cursado aún.
- En general, se entusiasman de lograr resolver problemas de las otras asignaturas con lo aprendido en programación.
- Surge la inquietud de porque se usan diversos formatos de los materiales, ya que en algunos casos dependen de software adicional al acceso al plataforma EDUCATEC.
- En cursos de la misma asignatura se utilizan materiales y estrategias didácticas diferentes, por lo que se observa una diversidad de formas de enseñanza para alcanzar el aprendizaje.

Estos resultados en general muestran una aceptación a la aplicación de esta estrategia, ya que anteriormente nunca o solo en contadas ocasiones tratan contenidos de varias asignaturas en otra, favoreciendo su construcción de conocimientos y facilitando el poner en práctica las competencias ya adquiridas.

Trabajo a futuro

Dentro las posibilidades de trabajo a futuro está la creación y puesta a disposición de un repositorio objetos de aprendizaje propiedad de nuestro tecnológico, que permita la difusión y almacenamiento de los objetos de aprendizaje elaborados por nuestros docentes que cristalice la idea de compartir estos recursos didácticos y optimice los esfuerzos de desarrollo de objetos de aprendizaje propios.

Conclusiones

Se hace evidente, la plataforma EDUCATEC representa un gran apoyo para el desarrollo de cursos nominalmente presenciales, al proporcionar a los alumnos, acceso extra clase previo y posterior al tiempo de aula que tiene la asignatura de programación. El uso de materiales de otras asignaturas facilita al docente el trabajo para lograr un aprendizaje integral y en el caso de la asignatura de programación, permite que el desarrollo de las competencias en programación de computadoras, sea una herramienta que ayude a los futuros profesionistas a la resolución de todo tipo de problemas relacionado con su carrera.

La falta de estándares en estas tareas docentes consideradas en el actual trabajo, puede desmerecer el reconocimiento de los esfuerzos docentes, ya que puede generar duplicidad de esfuerzos, al no tener identificado a ningún nivel (academia, departamento o institución) la producción de material didáctico, así como su selección para cada asignatura y carrera que se atiende. Esto implica en un desperdicio de recursos humanos, tecnológicos y económicos, que en un ambiente profesional debe tender a optimizarse, para mejorar

los índices académicos de cada área y así mejorar el servicio proporcionado a los alumnos. Debemos considerar que nuestros planes de estudios en cada programa hablan de competencias previas y competencias a adquirir por lo que el acceso a los materiales debe ser más simple sobre todo si la plataforma tecnológica se encuentra disponible.

La utilización de objetos de aprendizaje en una institución de educación superior puede permitir a las asignaturas de semestres intermedios y avanzados, la reutilización de los materiales didácticos seleccionados por el personal docente que usa la plataforma, permitiendo reducir la diversidad de estrategias didácticas, sobresaliendo o permaneciendo vigentes las más efectivas y aprovechando de esta forma la productividad del quehacer docente, permitiendo atender áreas con más problemas académicos y reconocer las soluciones efectivas presentadas por otros docentes, dentro de una mejora continua de la calidad educativa que nuestro instituto ofrece a sus alumnos y egresados.

Referencias

1. Anderson, J,(2010) ICT transforming education: a regional guide, <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001892/189216e.pdf> recuperado el 20 de junio de 2013.
2. Instituto de Tecnologías Educativas, (2010), Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del nuevo milenio en los países de la OCDE.
3. Agudelo, M. M. (2006). Plataformas Educativas. recuperado 24 de junio de 2013, de Plataformas Educativas: <http://aprendeonline.udea.edu.co/banco/html/plataformaseducativas>.
4. Osorio Urrutia, B.; Muñoz Arteaga, J.; Álvarez Rodríguez, Fr.; Arévalo Mercado, C. (2008). Metodología para elaborar Objetos de Aprendizaje e integrarlos a un Sistema de Gestión de Aprendizaje. http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-172721_archivo.pdf.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Plataforma para el Sistema de Apoyo en el Aprendizaje en Niños con Discapacidad Intelectual (SANDI)

G. Muñoz Zamora^{1*}, J. M. Luján Gil², S. García Alva¹, N. A. Álvarez Torres¹, J.R. Cruz Rentería¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nogales, Ave. Instituto Tecnológico 911, C.P. 84064, Nogales, Sonora, México.

²Tecnología de la Información y la Comunicación, Universidad Tecnológica de Nogales, Ave. Universidad 271, C.P. 84000, Nogales, Sonora, México.

^{1*}guillemunoz@depiitn.edu.mx, ²juanlgil@yahoo.com.mx, ¹sgarcia@depiitn.edu.mx,

¹naat80@depiitn.edu.mx, ¹rcruz@depiitn.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Este artículo se refiere al desarrollo de una plataforma que utiliza software libre para ser ejecutada tanto remotamente como localmente. El objetivo es administrar usuarios y ejercicios para niños con discapacidad intelectual. Esto ayuda a disminuir la carga de trabajo administrativa de los maestros de educación especial y optimiza el tiempo de aprendizaje de los niños. Esta plataforma se construyó en colaboración con los maestros de educación especial del CRIIE Zona 4 Nogales, Sonora, México.

Abstract

This article refers to the development of a platform which uses free software and can be executed both remotely and locally. The objective is to manage users and exercises for intellectually disable children. This helps reduce the administrative work load carried by special education teachers and optimizes the children's learning time. This platform was built in collaboration with the special education teachers from CRIIE Zone 4 in Nogales, Sonora, Mexico.

Palabras clave:

Software educativo, Discapacidad intelectual, software libre.

Introducción

Actualmente hay muchos aspectos en los que todavía se pueden mejorar las herramientas disponibles en Internet. Uno de los sectores con mayor necesidad de apoyo es el educativo, especialmente en el área de educación especial. Por ejemplo, se pueden montar plataformas para el aprendizaje online.

En Nogales, Sonora se cuenta con el CRIIE Zona 4 (Centros de Recursos e Información para la Integración Educativa) que se encarga de coordinar y administrar a los USAER (Unidad de Servicio de Apoyo a la Educación Regular) y CAM (Centro de Atención Múltiple).

En las escuelas, la USAER promueve las adecuaciones en sus contextos para disminuir o eliminar las barreras para el aprendizaje y la participación con el fin de que todos los estudiantes reciban educación de acuerdo con sus necesidades educativas.

En la actualidad los maestros del USAER y CAM realizan los procesos académicos y administrativos de forma manual mediante formatos. Esto les representa mucho tiempo, trabajo y esfuerzo, incluso mayor que el que se utiliza en la atención al educando [1].

Actualmente podemos encontrar plataformas educativas como: Paco el Chato primaria virtual [2], EDU 2.0 [13] y Moodle [3], entre otras, las cuales no se acoplan a las especificaciones y necesidades de estos centros de atención (USAER y CAM). No integran toda la información de los alumnos, evitando que se administre y de seguimiento al proceso enseñanza-aprendizaje de forma individualizada. La mayoría de las plataformas que existen en el mercado únicamente ponen a disposición: ejercicios multimedia, actividades y juegos. No se considera la discapacidad intelectual del alumno, ni su aprovechamiento. No dan seguimiento ni permiten reforzar temas; sólo permiten utilizar de forma arbitraria los ejercicios/actividades, y en ocasiones no son los que el alumno requiere. Además no se apegan una pedagogía apropiada (modelo o programa educativo).

Otro problema es que gran parte de las plataformas que existen en Internet están diseñadas en idiomas diferentes al español, y cuando encontramos plataformas en español la mayoría son en castellano de otro país como España, Venezuela o Colombia, donde se utilizan fonemas y modismos complicados para la comprensión del alumno.

Metodología

A fin de ofrecer un apoyo en la enseñanza de educación especial dentro del salón de clases para las instituciones que llevan a cabo esta labor, se propone el desarrollo de una plataforma web que permita tanto la administración de usuarios, como la asignación de ejercicios de acuerdo a la barrera de aprendizaje que presente el alumno.

El objetivo primordial en el desarrollo de esta plataforma educativa, se centra primeramente en que sea posible alojar ejercicios multimedia desarrollados a partir de secuencias didácticas aprobadas por el sector educativo, los cuales sean de interés visual y auditivo para los niños, de tal manera que sea atractiva la realización de los mismos, esperando con esto, sea generar una herramienta que permita optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje y disminuir el costo por el uso de materiales impresos y didácticos a través del uso de Tecnología de la Información (TI).

Así mismo, será posible mantener un control y seguimiento de los resultados arrojados mediante la aplicación de los ejercicios de cada uno de los alumnos que formen parte del Sistema de Apoyo a Niños con Discapacidad Intelectual (SANDI).

Cabe señalar que para ejecutar SANDI se debe considerar que es un sistema que consta de tres secciones, las cuales es posible apreciar en la Figura 1. Primeramente se genera un diseño educativo [11]; que incluye la unión de la disciplina pedagógica con la computacional, a través un repositorio de ejercicios multimedia basados en los modelos educativos que actualmente trabaja la Secretaría de Educación Pública (SEP) y desarrollados en la herramienta JClic; en segundo lugar, se encuentra el desarrollo de un componente [12], el cual permitirá extraer de los ejercicios multimedia, los datos de relevancia para llevar a cabo el control de usuarios, así como el seguimiento en cuando a tiempos de ejecución de los ejercicios, intentos y aciertos, de tal manera que sea posible observar el avance que efectúa el niño durante el proceso de enseñanza y aprendizaje. Finalmente, se presenta la plataforma web, que es el caso de estudio del presente artículo, la cual permitirá albergar los ejercicios multimedia previamente desarrollados, así como la incorporación de futuros ejercicios para diferentes niveles educativos o barreras en el aprendizaje, así mismo, será posible asignar ejercicios de acuerdo a la necesidad de cada estudiante, visualizar los resultados generados por medio de reportes y controlar el avance en el desarrollo de los ejercicios por medio del uso de usuarios y contraseña para el acceso al sistema, de tal manera que el alumno pueda continuar ejercicio en el que cerró sesión, sin repetir nuevamente los realizados en sesiones previas.

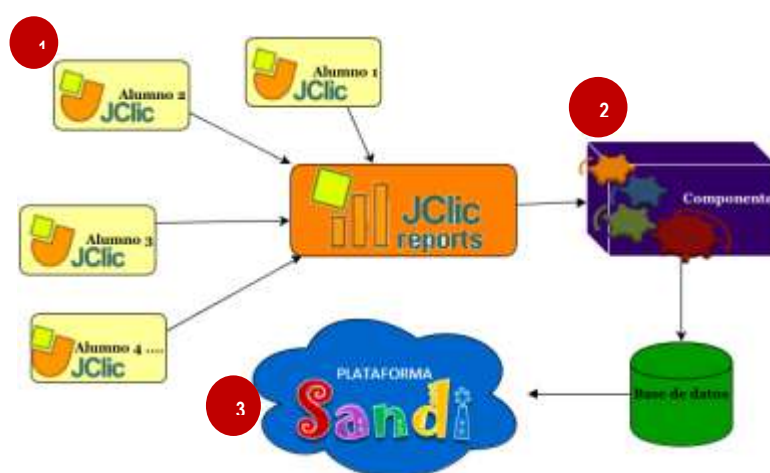


Figura 1: Arquitectura global del sistema SANDI

Se desarrolló una investigación de campo visitado las 5 escuelas primarias que conforman el USAER 92 de Nogales, Sonora, donde se obtuvieron los formatos, procesos, información y requerimientos previos del USAER y CAM. Como consecuencia de esta investigación y debido a las características del proyecto SANDI, primero se crearon los ejercicios, los cuales generaron información valiosa para poder construir la plataforma web que los alberga.

El modelo de desarrollo de software utilizado para crear la plataforma web es el basado en prototipos de sistema [5]. Se diseñaron 2 prototipos evaluados por los usuarios y un prototipo final que se generó de las mejoras solicitadas por los mismos. El prototipo final se montó en un servidor del Departamento de Posgrado e Investigación (DEPI) del Instituto Tecnológico de Nogales, además se instaló de forma local en computadoras de las 5 escuelas del USAER 92.

• **Etapa de Análisis**

Las escuelas primarias cuentan con una aula de medios [11] de aproximadamente 30 equipos de los cuales no todos están en condiciones óptimas de funcionamiento o tienen problemas con la Internet. Las características de los equipos se detalla: máquinas marca Dell Latitude D630, procesador Intel Core2 Duo, 2.20 GHz con 4.00 GB de RAM (Random Access Memory) y sistema operativo Windows 7 Ultimate. No todas las computadoras tienen acceso a internet, lo cual es un requerimiento básico para que la plataforma web pueda ejecutarse tanto en línea como de forma local, para asegurar su uso en todas las primarias del USAER.

Actualmente el sistema funciona de la siguiente manera: USAER detecta a los niños con discapacidad intelectual que cursan la educación regular y los extrae del aula de clases con el objetivo de detectar su problema de aprendizaje, el cual puede ser en varias dimensiones (afectiva, social, intelectual y física). Después, el maestro de educación especial le asigna ejercicios reforzadores para disminuir y/o erradicar dicho problema de aprendizaje. En lo referente a la dimensión intelectual, existen varias áreas, una de ellas es el área de matemáticas la cual se evalúa en base a competencias (A, B y C).

De los requerimientos obtenidos en la investigación previa, se detectan una serie de usuarios que tienen contacto con la plataforma SANDI; la Tabla 1 describe las funciones, privilegios y de estos usuarios detectados.

Tabla 1: Usuarios de la plataforma

Privilegio	Persona que interactúa con el sistema	Funciones
Vista	Psicólogos	Consultar información sobre grupo
Maestro	Maestro	Consultar, agregar alumnos, grupos, ejercicios, evalúa, comenta
Alumno	Alumno	Hace ejercicios, consulta evaluación y comentarios
Administrador	Director de USAER	Agrega maestro, escuela, consulta, modifica, da de baja
Administrador	Director de escuela	Agrega maestro, escuela, consulta, modifica, da de baja una escuela
Vista	Papá o tutor	Consultar de su hijo, evaluación y comentarios
Vista	Supervisor	Consultar información de su zona
Vista	Trabajador social	Consulta información sobre escuelas

▪ **Etapa de Diseño**

La figura 2 muestra los casos de uso que se generaron a partir de los requerimientos obtenidos en el análisis, la plataforma se modeló en UML[6] utilizando la herramienta CASE ArgoUML [6] escrita en Java y publicada bajo la Licencia BSD (Berkeley Software Distribution, Distribución de Software Berkeley), que es una licencia libre que permite su uso en creación de software libre.

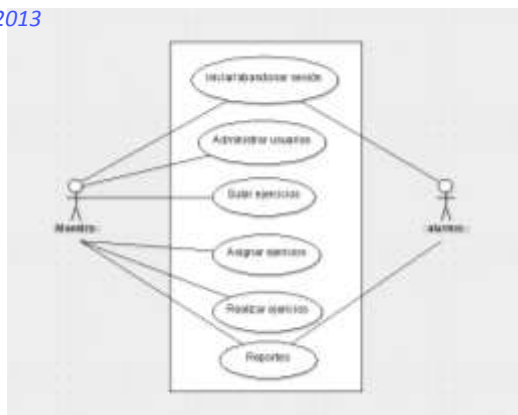


Figura 3: Casos de uso de la plataforma SANDI

▪ **Etapas de Construcción**

En cuanto a la construcción, uno de los objetivos que se persiguen con el desarrollo de la plataforma SANDI es el libre acceso a los ejercicios de educación especial; en primer lugar por los niños de USAER y CAM. Por esa razón se buscó que el desarrollo fuese en herramientas de software libre lo que potenciaría su uso y distribución aumentando el impacto social del proyecto. La plataforma se codificó en lenguaje PHP (Hipertext Preprocesor) [8], que es un lenguaje de programación para páginas web: rápido, con una gran librería de funciones y fácil acceso a documentación en internet.

La base de datos que se muestra en la Figura 3 fue diseñada en MySQL [9], guarda tanto información del usuario como de los ejercicios y los resultados de ejecución de los mismos por el usuario. La base de datos debe de cumplir con los requerimientos de los ejercicios [11] y del componente [12] que los administra.

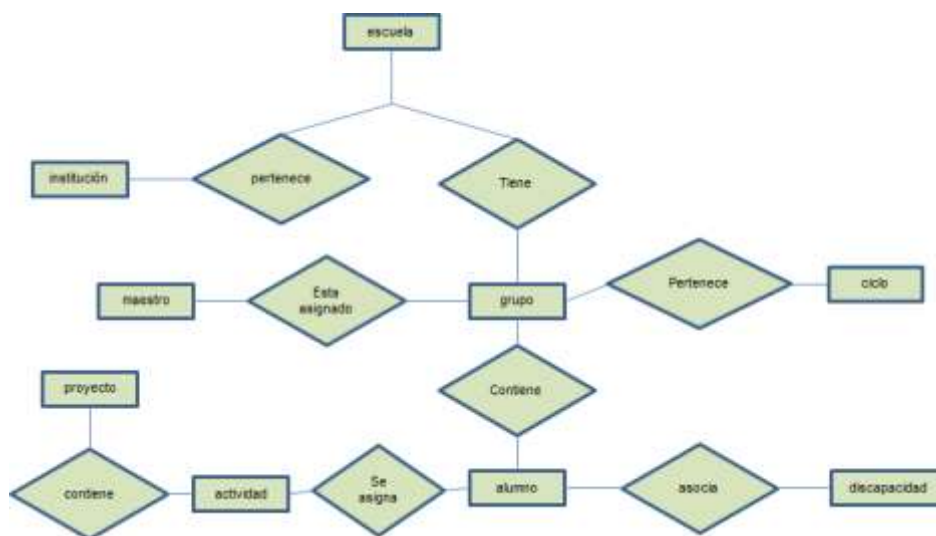


Figura 3: Base de datos de la plataforma SANDI

▪ **Etapas de Pruebas**

Las pruebas a las que se sometió la plataforma SANDI son: pruebas de unidad, pruebas de portabilidad y pruebas de aceptación.

La conclusión de las pruebas de unidad [15]: se verificó que cada módulo cumpliera con los requerimientos y casos de uso del usuario final establecidos durante el análisis.

En lo que se refiere a las pruebas de portabilidad [15]: se evaluó hardware, software de operación y vecino. La plataforma se ejecuta de forma favorable en equipos locales compatibles con IBM y Apple. También su acceso remoto a un servidor personal fue exitoso desde los mismos equipos. La plataforma web se instaló y se ejecutó de forma local en los siguientes sistemas operativos: MS-Windows 7, MS-Windows 8 y en Mac Os 10.0; en ninguno presentó problema. Se accedió a la plataforma desde los siguientes navegadores: Internet Explorer 10.0, Mozilla Firefox

19.0, Google Chrome 25.0 y Safari; en todos los navegadores se ejecutó se forma exitosa, sin embargo el mejor desempeño fue en Internet Explorer 10.0 y el Google Chrome 25.0, el cual se recomienda para su ejecución. Dentro de las pruebas de portabilidad se ejecutó la plataforma desde dispositivos móviles con IOS 6.1 y Android, para que la plataforma se ejecutara se debe de descargar la aplicación Puffi [14], navegador que sirve de simulador para aplicaciones Java.

Para las pruebas de aceptación [15] se evaluó el segundo prototipo por parte de los maestros de educación especial del USAER 92, en reunión dentro del CAM 43 de Nogales, Sonora y los niños de las Escuela Primaria Federal Leona Vicario clave 26DPR1125T. Los aspectos evaluados [10] fueron: estructura, diseño, usabilidad, contenido, comunicación y método de la plataforma. La evaluación al sistema se realizó el maestro de educación especial de cada una de las 5 escuelas primarias que conforman el USAER 92 de Nogales, Sonora. El resultado obtenido de esta evaluación son al 80% de los maestros les pareció fácil de usar, acceder y aprender la plataforma; al 100% le parece predecible, organizado y comprensible; y a un 20% le parece que le hace falta más ayuda, manual de usuario o una capacitación previa. La plataforma también fue evaluada por niños con diferente nivel de discapacidad intelectual como trastorno del déficit de atención, apraxia de lenguaje y características de autismos, en total 6 niños de la escuela primaria Leona Vicario; los 6 niños reflejaron timidez la primera vez que ingresaron a la plataforma, el segundo ingreso fue más sencillo, recordaron nombre de usuario, contraseña, como ingresar a los ejercicios y como abandonar sesión.

Resultados y discusión

El resultado final es una plataforma web que administra usuarios y ejercicios (desarrollados previamente) para niños con discapacidad intelectual, capaz de ejecutarse de forma central en un servidor tanto como local en las máquinas de las primarias del USAER 92. Actualmente está albergado en un servidor personal (donde se probó) y en el servidor de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Nogales. La Figura 5 muestra el mapa del sitio donde se pueden observar todas las funciones que la plataforma ofrece. La Figura 6 muestra la captura de la página principal de la plataforma SANDI. El menú de todas las opciones que el administrador posee se muestran en la Figura 7, y por último la Figura 8 se puede observar un ejercicio de JClic en ejecución desde la plataforma SANDI.



Figura 5: Mapsite de la plataforma SANDI



Figura 6: Página principal de la plataforma SANDI



Figura 7: Menú de la plataforma SANDI



Figura 8: Ejercicio en la plataforma SANDI

Los resultados de las pruebas al sistema reflejaron que la plataforma está basada en los requerimientos del usuario, lo que permite su facilidad de uso, a pesar de algunas personas era la primera vez que lo usaron no se les complicó.

La plataforma se desarrolló en colaboración con los maestros de educación especial y de los niños, quienes al ver y usar el resultado final de la plataforma mostraron su aprobación y gusto al tener a la mano una herramienta que hace el aprendizaje “más divertido y eficiente”, palabras de maestros de educación que evaluaron la plataforma.

Las limitaciones y delimitaciones de la plataforma son: sólo ejecuta ejercicios desarrollados con anticipación, la plataforma únicamente alberga ejercicios, existe un banco de ejercicios de donde son tomados, los ejercicios que se albergan son desarrollados en jClic. La plataforma es un sistema de apoyo al proceso enseñanza aprendizaje adicional al trabajo en aula.

Conclusiones

La construcción de la plataforma web SANDI representa un avance en la creación de software educativo en nuestro país en virtud de que es escaso el software desarrollado en México y casi nulo aquel relativo a educación especial. SANDI se rige por un modelo educativo aprobado por la SEP permitiendo ayudar a los educadores de USAER y CAM trabajar de manera más eficiente con niños con discapacidad intelectual. Estos niños con SANDI tendrán a su alcance materiales de educación de alta calidad con los que podrán insertarse en la educación tradicional en un menor tiempo.

De no implementarse la plataforma no habría sistema albergador de este tipo de ejercicios que facilite la administración y el seguimiento de la enseñanza/aprendizaje de los niños con discapacidad intelectual y el maestro seguirá utilizando más tiempo en estas funciones, en lugar de darle mayor atención directa al niño en sus necesidades específicas.

Trabajos futuros

En la plataforma web para SANDI, se pueden integrar o agregar ejercicios para otros niveles de aprendizaje y en otras áreas que no sean propiamente las matemáticas como hasta ahora lo es, los cuales podrán ser administrados sin ningún problema por la plataforma debido a que diseño permite este crecimiento horizontal.

Referencias

1. Dirección de Educación Especial de la Secretaría de Educación Pública del Distrito Federal (SEP D.F.) (2013). Centro digital del recursos de educación especial. Recuperado de <http://educacionespecial.sepdf.gob.mx/definicion.aspx>.
2. Muñoz Z. G. & Álvarez T. A. (2012). *Aplicación de MODESEC para el diseño del software educativo “SANDI*. Coloquio de investigación multidisciplinaria del Instituto Tecnológico de Orizaba. Orizaba, Veracruz, México.
3. Moodle Trust (2013). Moodle. Recuperado de <https://moodle.org/>.
4. Paco el Chato (sin fecha). Juega y aprende con paco el chato.com. Recuperado de <http://pacoelchato.com/>.
5. García G., Breton Rojas I. (2011). Reseña del modelo prototipo y herramientas CASE. Mayo 2011.
6. CollabNet, Inc (2009). ArgoUML. Recuperado de <http://argouml.tigris.org/>
7. Object Management Group, Inc (2013). Unified Modeling Language (UML). Recuperado de <http://www.uml.org/>.
8. The PHP Group (2013). PHP. Recuperado de: <http://php.net/>
9. Oracle Corporation and/or its affiliates (2013). MySQL. Recuperado de <http://www.mysql.com/>.
10. Pressman R. S. (2010). Ingeniería del software, un enfoque práctico (7 ma. edición). México D.F. McGraw Hill.

11. Álvarez. T A. (2013). *Ejercicios multimedia basados en competencias en el área de matemáticas para apoyo a niños con discapacidad intelectual fronteriza en edad madurativa de 5 a 7 años*. Tesis de maestría no publicada, Instituto Tecnológico de Nogales, Nogales, Sonora, México.
12. Muñoz Z. G. & Suárez S. A. (2012). *Interconexión JClíc-MySQL a través de un componente aplicado en la administración de software educativo*. Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com. Celaya, Guanajuato, México.
13. Lallana D. (7 de diciembre 2012). Entrada: EDU 2.0 Plataforma Educativa. Blog de Nuevas Tecnologías de la Universidad de Deusto. Recuperado de: <http://blog.catedratelefonica.deusto.es/edu-2-0-plataforma-educativa/>
14. El androide libre by google (2013). El androide libre by google. Recuperado de <http://www.elandroidelibre.com/2011/09/navegadores-alternativos-con-flash-incorporado-puffin-ninesky-y-boat-browser.html>
15. Glenford J. M (2004). *The art of software Testing*, page 234(2da edición). Canadá: Wiley & Sons

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ESTUDIO DE LA SOBREGENERALIZACIÓN DEL MODELO LINEAL EN LA MODELACIÓN MATEMÁTICA.

María Teresa Villalón Guzmán^(a), Micael Gerardo Bravo Sánchez^{(a)*}, Adriana Guzmán López^(a), Paloma Teresita Gutiérrez Rosas^(a).

^a Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Celaya
Ave. Tecnológico y Antonio García Cubas s/n. 38010. Celaya, Guanajuato.
Teléfono: +52(461) 611-7575, Fax: +52(461) 611-7979.

Correo electrónico*: micael_bravo_sanchez@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En este trabajo se presenta un estudio realizado a partir de proyectos de investigación realizados por alumnos del Instituto Tecnológico de Celaya. En estos proyectos se analizó el fenómeno denominado extensión de modelos lineales a contextos no lineales. Al hablar de modelo lineales nos referimos a modelos matemáticos ajustados por medio de una función lineal, es decir a las representaciones particulares de proporcionalidad directa. La metodología desarrollada en esta investigación es de carácter cualitativo y se basa en el análisis de dos tipos específicos de problemas que resolvieron los estudiantes por medio de la extensión de modelos lineales. Además se analizaron los puntos de vista de los estudiantes para abordar los problemas, los textos de enseñanza que consultaron y el ambiente de aprendizaje. Este estudio analiza el alcance del fenómeno de extensión de modelos lineales a contextos no lineales y se desarrollan algunas propuestas para un mejor entendimiento del mismo.

Palabras clave: Modelo, lineal, cualitativo, ambiente,

Abstract

This paper presents a study from research projects made by students of Technological Institute of Celaya. These projects examined the phenomenon called extension of linear models to nonlinear contexts. We named linear model when a mathematical modeling is adjusted by a linear function, also namely a particular representations of direct proportionality. The methodology developed in this research is qualitative and based on the analysis of two specific types of problems that students solved through the extension of linear models. In this work also analyzed the views of students to work out problems, teaching texts consulted and the learning environment. This study examines the extent of the phenomenon of linear models extension contexts nonlinear and develops proposals for a better understanding of it.

Introducción

El trabajo que presentamos está relacionado con la comprensión matemática de estudiantes del Instituto Tecnológico de Celaya de primer semestre de la materia de Cálculo Diferencial, centrándonos en la descripción y el análisis de un fenómeno que se produce entre estos estudiantes, al cual se denomina extensión de modelos lineales a contextos no lineales o generalización de modelos lineales. Tal fenómeno da cuenta de la resolución de ciertas cuestiones matemáticas que vinculan dos variables, empleando modelos lineales, aunque la situación planteada, sea obviamente no lineal. De Bock, Verschaffel & Janssens (1998) se refieren, también, a este fenómeno indicando que para los estudiantes, el modelo lineal tiene una aplicación universal que los lleva a tratar relaciones numéricas como si fueran lineales. Cabe aclarar que la presencia de este fenómeno no implica necesariamente que los estudiantes sean conscientes de que están haciendo uso de modelos lineales en contextos no lineales. En el ámbito de la investigación en Educación Matemática este fenómeno ha sido estudiado con alumnos de la escuela elemental, centrándose en la representación particular de proporcionalidad directa y es conocido como "linear misconception", ilusión de proporcionalidad o de linealidad e inclusive trampa de la proporcionalidad (Behr, Hare, Post & Lesh, 1992). La propensión a sobre generalizar el

empleo de modelos lineales más allá de su rango de aplicación está presente también en el nivel medio. Los estudios de De Bock, Von Doorem, Verschaffel & Janssens (1998 y 2001), revelan una tendencia fuerte y resistente al cambio, al aplicar modelos lineales para resolver situaciones problemáticas que involucran longitud y área de figuras planas semejantes. Estos autores realizaron un estudio basado en la resolución de pruebas escritas que son analizadas a través de técnicas estadísticas y también cualitativamente. En estas investigaciones han prevalecido las explicaciones de la ocurrencia del fenómeno como ignorancia del estudiante. Un artículo de Karrer & Magina (2000) presenta una secuencia de enseñanza para la introducción de logaritmos señala que *"existe una tendencia generalizada del pensamiento lineal"* y muestra varios episodios donde puede apreciarse esa tendencia.

Este fenómeno también ha sido observado en el ámbito de la enseñanza media o universitaria de diversos orígenes. En general, lo describen como persistente y la explicación de su ocurrencia ha sido buscada como ignorancia propia del estudiante. Sin embargo, dadas la persistencia y presencia de la generalización de modelos lineales en diversos tipos de problema y contextos en la enseñanza universitaria, consideramos necesario buscar explicaciones desde otras perspectivas. Analizar esta problemática considerándola como un error debido a la ignorancia, no aporta elementos que la expliquen o permitan superarla. En este sentido, rescatamos la noción de error de Brousseau (citado por Balacheff, 1984) que expresa: *"Un error es no sólo consecuencia de ignorancia o de incertidumbre o de un accidente"*. Un error podría ser la consecuencia de un conocimiento previo que tiene su propio interés, su propio éxito, pero que aparece como falso bajo nuevas circunstancias, o más simplemente no adaptado. Así en el análisis didáctico los errores no son entendidos como meras fallas de los alumnos, sino más bien como síntomas de la naturaleza de las concepciones que subyacen en sus actividades matemáticas.

Al considerar las concepciones que subyacen las actividades matemáticas de los estudiantes, podemos destacar los trabajos de Confrey (1991 y 1994) y Bagni (2000), quienes a partir de un análisis plantean cuestiones sobre el *status* epistemológico de ciertas construcciones matemáticas de estudiantes. En este sentido, Confrey (1991) argumenta que comprender las acciones de los estudiantes implica introducirse en su problemática y no presuponer que ella coincida con la del docente/investigador. Las respuestas de los estudiantes que se desvían de la expectativa del docente/investigador, pueden ser legítimas como perspectivas alternativas o válidas y efectivas en otros contextos. Alentar al estudiante a mostrar sus puntos de vista implica una oportunidad para que el docente/investigador vislumbre las perspectivas de los estudiantes y pueda cuestionar las propias, examinándolas a la luz de las ideas de los estudiantes. Si bien Confrey no hace referencia explícita a la extensión de modelos lineales a contextos no lineales, podemos encontrar pasajes de sus experimentos de enseñanza donde ocurre este fenómeno al trabajar con un estudiante universitario (Confrey, 1991). El tratamiento del fenómeno de extensión de la aplicabilidad de modelos lineales a contextos no lineales en estudiantes universitarios no es frecuente en la literatura. En este sentido, coincidimos con De Bock, Verschaffel & Janssens (1998) cuando indican que *"el predominio de la linealidad en el razonamiento de los estudiantes ha sido frecuentemente descrito e ilustrado con respecto a diferentes dominios de la matemática en esta literatura, pero ha sido hecha poca o ninguna investigación empírica sistemática"*. Es por ello que los objetivos generales de este trabajo son:

- Estudiar y documentar el fenómeno de la extensión de la aplicabilidad de modelos lineales a contextos no lineales a partir de proyectos de alumnos de nivel medio superior.
- Interpretar el origen y persistencia del fenómeno en el contexto de enseñanza donde los datos fueron recogidos.

Realizar algunas sugerencias que podrían contribuir a superar la problemática de la persistencia. Skovsmose (2000) contrapone el paradigma del ejercicio a abordajes investigativos que promueven procesos de exploración que este autor asocia con el trabajo con proyectos.

Metodología

La metodología de investigación propuesta, es de tipo cualitativa ya que procuramos la comprensión profunda de un fenómeno y no su medición. El diseño metodológico (Lincoln & Guba, 1985; Fischbein 1987 y 1989) fue tomada en base a resultados de actividades anteriores o con el fin de estudiar conjeturas que surgieron en el transcurso del trabajo. Se trata de un estudio descriptivo basado en el análisis del texto de enseñanza con los

ambientes de aprendizaje que este genera, los problemas matemáticos planteados y los proyectos desarrollados por los estudiantes. Al analizar el texto de enseñanza nos referimos a las características de las clases teóricas o prácticas impartidas por los docentes y la bibliografía empleada o sugerida en los cursos de Matemática que cursaron. Los alumnos que se evaluaron en esta investigación son estudiantes de la materia de Cálculo Diferencial del primer semestre de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Celaya.

Los procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos propuestos son: la realización de un listado con ejemplos de producciones escritas de los estudiantes que muestran la extensión de la aplicación de modelos lineales en contextos no lineales, el análisis de los distintos tipos de problemas presentados y soluciones encontradas, la descripción del contexto de enseñanza relacionado con las funciones, en particular con las funciones que describen modelos lineales, cuadráticos, exponenciales y logarítmicos. También, desarrollamos algunos procedimientos en función de las conjeturas emergentes durante el estudio. El proceso de análisis seguido es de tipo inductivo/constructivo (Lincoln & Guba, 1985; Molina 2004) ya que no partimos de hipótesis previamente establecidas, sino que, a partir de los datos recogidos se generan categorías y conjeturas cuya validez se analiza en el transcurso del trabajo.

El análisis de las producciones escritas de los estudiantes no se realiza en términos de una valorización del tipo correcto/errado. Aunque puedan indicarse concepciones que no son aceptadas como correctas por los matemáticos, el énfasis está puesto en el proceso seguido por los estudiantes sin pretender hacer comparaciones (Confrey, 1991 y 1994, Gentner 1983). Así nuestras perspectivas son cuestionadas, creando la necesidad de modificarlas para conseguir una nueva interpretación de las concepciones de los estudiantes, manifestados en forma escrita.

Resultados y discusión

Los resultados que aquí reportamos dan cuenta de lo que observamos acerca del texto de enseñanza y los ambientes de aprendizaje que este genera en las clases de Matemática, los problemas planteados a los estudiantes y sus producciones escritas al resolverlos.

Texto de enseñanza y ambientes de aprendizaje

Las clases de Matemática impartidas a los estudiantes cuyas producciones son analizadas en este estudio siguen el modelo clásico caracterizado por la secuencia: exposición - ejemplos - ejercicios (Alagia, 1994). La materia de Cálculo Diferencial del primer semestre de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Celaya está dividida en clases teóricas y prácticas. De acuerdo al análisis realizado por Alagia (1999) acerca de la estructura de cursos universitarios de Matemática al referirse a la separación entre teoría y práctica indica: "El contrato es diferente en cada caso, en la teoría se utiliza el discurso de la presentación de nociones y resultados matemáticos, mientras que en la práctica se establece, aunque sea parcialmente, un contrato de aprendizaje empirista. Al resolver problemas formalmente ligados al discurso de la teoría se supone que hay un proceso de adquisición directa de estrategias y destrezas matemáticas. Es comprobable empíricamente que los estudiantes perciben la diferencia, usualmente al no vincular ambos aspectos como integrantes del mismo dominio de conocimiento". En estas clases, inicialmente el profesor presenta los conceptos centrales y algunas técnicas y ejemplos de aplicación de las mismas. La secuencia de contenidos sigue el orden que se describe a continuación: funciones (definición, correspondencia, dominio, imagen, formas de representación, cortes con los ejes de coordenadas, crecimiento, composición, inversa, transformaciones), estudio de funciones particulares: función lineal, función cuadrática, función exponencial, función logarítmica, funciones trigonométricas. En general se introduce el estudio de cada una de ellas a través de un ejemplo de aplicación. Al estudiar funciones cuadráticas se parte de una situación problemática cuya solución requiere del uso de este tipo de funciones y luego se construye su gráfico realizando un análisis del efecto de cada parámetro para finalmente llegar a las fórmulas que permiten calcular, a partir de dichos parámetros, las coordenadas del vértice y el valor de las raíces.

El tratamiento de las funciones exponenciales se inicia con la construcción de una función exponencial particular que modeliza una dada situación. Se define la expresión que corresponde a este tipo de funciones realizando restricciones sobre su base. Para ello se recuerda cómo se calculan las potencias, comenzando con

exponentes naturales, para luego extenderse a exponentes enteros no positivos y racionales, explicando esta extensión a partir de la conservación de las propiedades de las potencias. A partir de este análisis se deduce que la base de las funciones exponenciales debe ser positiva y distinta de uno, se indican dominio e imagen de estas funciones y se construyen gráficos con bases mayores o menores que uno. Este tratamiento tradicional de expresiones y funciones exponenciales ha sido también relatado por Confrey (1991) al describir la presentación de ese contenido en textos de Precálculo de uso frecuente en universidades, coincidente con la descripción antes presentada.

La función logarítmica se introduce como operación y función inversa de la exponencial que permitirá "despejar" incógnitas que están en el exponente de alguna expresión. Al generar los gráficos de las funciones logarítmicas se emplea el recurso gráfico que permite generar funciones inversas. Finalmente se proporcionan las propiedades del logaritmo, asociadas a las propiedades de las potencias. En todos estos casos al realizar los gráficos de algunas funciones se emplea como recurso auxiliar una tabla con algunos valores particulares, aunque en ningún caso se realiza un estudio de diferencias, más allá de lo gráfico.

Además de las clases prácticas, organizadas en torno al trabajo de los estudiantes quienes resuelven, en grupo o individualmente, ejercicios y problemas que han sido preparados para cada una de las unidades que constituyen el programa. Para cada uno de los temas se proponen ejercicios de cálculo, problemas de aplicación y ejercicios que demandan justificar la verdad o falsedad de ciertas afirmaciones matemáticas. Los ejercicios de cálculo tienen como objetivo afianzar el manejo de ciertas técnicas y fórmulas y adquirir habilidad en el uso de la calculadora. Los problemas de aplicación procuran mostrar el uso de la Matemática en la resolución de situaciones del ámbito de su ingeniería. Los ejercicios que demandan justificaciones pretenden afianzar el uso de los conceptos matemáticos y desarrollar la capacidad de elaborar justificaciones que validen o refuten una proposición. Esta forma de trabajo, estructurada en clases teóricas y prácticas responde a una educación matemática tradicional que puede encuadrarse en lo que Skovsmose (2000) denomina el paradigma del ejercicio, donde la preocupación central está puesta sobre los contenidos a ser enseñados y aprendidos para resolver los ejercicios formulados. La premisa central del paradigma del ejercicio es la existencia de una única respuesta para cada ejercicio. De acuerdo a la clasificación realizada por este autor, podríamos decir que los ambientes de aprendizaje generados tanto en las clases teóricas como prácticas están dominados por la presencia de ejercicios y problemas presentados en contextos de Matemática pura o de semi-realidades definidas por el propio problema.

Los problemas

En relación con los problemas que resolvieron los estudiantes, observamos la presencia de dos tipos:

- I. Problemas en los que se brinda en forma explícita un modelo no lineal a través de una expresión algebraica (funciones cuadráticas, exponenciales o logarítmicas).
- II. Problemas que representan una situación no lineal en los cuales no se presenta de forma explícita una expresión algebraica que la describa.

Ejemplos de este tipo de problema son:

Tipo I. Problema 1: Después del primer mes de vida, el crecimiento de una cierta especie de árbol responde a la ecuación:

$$h(t) = 12 \log(t) + 7 \text{ [} h \text{ en cm y } t \text{ en meses]}$$

- a) ¿Cuánto medirá el árbol a los 4 meses?
- b) ¿Cuánto tiempo deberá transcurrir para que el árbol alcance la altura de 1 m?

Tipo II. Problema 2: En un experimento biológico se determinó que la población de una cierta especie de microorganismos está dada por la fórmula:

$$N(x) = -2x^2 + 360x + 8000$$

donde $N(x)$ es el número de microorganismos después de x días.

- a) ¿Cuántos microorganismos habrá después de 10 días?
- b) ¿En qué tiempo la población alcanza su máximo?
- c) ¿Cuál es el máximo número de microorganismos que alcanza?
- d) ¿En cuántos días la población desaparece?
- e) ¿Después de cuántos días el número de microorganismos en la población llega a 21000?
- f) De acuerdo al contexto del problema, ¿para qué valores de x tiene sentido considerar esta función?
- g) Realice el gráfico de la función, teniendo en cuenta los datos obtenidos en los ítems anteriores.

Tipo II. Problema 3: Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa y justifique su respuesta. Un insecto que pesa al nacer 30 gr. Aumenta su peso mensualmente un 20 %. Entonces el peso, al cabo de dos meses es de 43,2 gr.

Tipo II. Problema 4: Si una planta mide al comenzar un experimento, 30 cm y aumenta el 50 % de su altura mensualmente, ¿cuánto medirá al cabo de 3 meses?

El porcentaje de estudiantes que realizan extensiones de modelos lineales en problemas de tipo (I) es de aproximadamente un 10%. Cabe señalar que en enunciados de problemas como el 1, el orden de los incisos podría estar influenciando la estrategia de resolución ya que con datos obtenidos previamente con fácil se consigue una estructura de "tres datos conocidos y un cuarto por encontrar", lo cual podría estar induciendo al planteo del esquema de la regla de tres simple mostrado en la Introducción. Esta conjetura se estudió, presentando problemas similares al 1 en los que se invirtió el orden de los incisos. En esta oportunidad sólo en el 2.3 % del total de alumnos examinados se pudo determinar la presencia del fenómeno de extensión, resultado inferior al caso inicial.

El porcentaje de estudiantes que realizan extensiones de modelos lineales en problemas de tipo (II) es de aproximadamente un 50%, en todos los grupos analizados. Con respecto a este tipo de problemas se puede conjeturar que la existencia de diferentes interpretaciones podría estar asociada con la claridad en la redacción de los enunciados. Por ejemplo, en el Problema 4 puede no estar claro si el incremento del 50% en la altura de la planta debe calcularse, en cada mes, sobre la altura que la planta tiene al iniciar ese mes o si el porcentaje de crecimiento del 50% debe calcularse siempre sobre la altura inicial de la planta. En **el primer caso** el modelo subyacente es exponencial y es el esperado por el docente. En **el segundo caso**, el modelo subyacente es lineal y la planta crecería constantemente. Para indagar si las diferentes interpretaciones del enunciado del problema están asociadas con una posible falta de claridad en su enunciado, se realizó una reformulación del mismo, que entendemos podría mostrar más claramente la presencia de un modelo exponencial, según lo pretendido originalmente por el docente. Se resolvió el Problema 4 con el enunciado original y otro grupo, trabajó con el enunciado modificado: *Si una planta mide al comenzar un experimento 30 cm y cada mes su altura aumenta un 50 % de la altura del mes anterior, ¿cuánto medirá al cabo de 3 meses?* En esta oportunidad encontramos que en el primer grupo el 61.9 % resolvió el problema manifestando el uso de un modelo lineal mientras que este porcentaje bajó al 46.5 % en el segundo grupo. Si ahora analizamos en detalle los contextos de los problemas podemos señalar, como se indicó en la sección anterior, que se refieren a semi-realidades. Por ejemplo, un insecto no puede pesar al nacer 30 gr, tampoco puede aumentar su peso exponencialmente. Si bien ese modelo puede ser válido en un corto período de su vida esto no está informado en el enunciado del problema.

Observemos, también, que el modelo para el crecimiento en altura de un árbol, propuesto en el Problema 1, tampoco resulta realista ya que, según el mismo, el árbol demoraría 415 años aproximadamente para llegar a medir 1 m, que sería la respuesta esperada para el ítem b), lo que se constituye en una respuesta absurda en términos biológicos.

Según Skovsmose (2000) resolver ejercicios con referencia a una semi-realidad está basado en los siguientes principios: Una semi-realidad está totalmente descrita por el texto del ejercicio; ninguna otra información es relevante para la resolución del ejercicio, el único propósito de presentar el ejercicio es resolverlo. Los aspectos señalados reconocen que en los problemas antes mostrados ya que el propósito de los mismos no es estudiar modelos de crecimiento de un insecto o un árbol sino resolver un ejercicio.

De esta forma el alumno no puede efectivamente contrastar sus respuestas con la realidad biológica ya que las respuestas a estos problemas solamente tienen sentido en el contexto de la clase de Matemática para la semi-realidad planteada en el problema. Respecto a las producciones de los alumnos, los resultados que presentamos no son definitivos, sino que se constituyen en conjeturas que requieren de estudios más profundos. Debido a que las producciones analizadas son casos de sobregeneralización del modelo lineal. Esta diferencia que se manifiesta en la notación podría estar informando acerca de diferencias conceptuales.

Conclusiones

A continuación se presenta una discusión de los resultados que intentan establecer algunas conexiones con investigaciones previas para plantear algunas conjeturas que se consideran de estudio. Al analizar el texto de enseñanza y los ambientes de aprendizaje donde están inmersos los estudiantes participantes de nuestro estudio se nota la ausencia de ciertos objetos matemáticos o el establecimiento de relaciones entre algunos conceptos que podrían ayudar a suprimir el uso excesivo de modelos lineales. Los puntos que a continuación se describen son aquellos que identificamos como de interés general para la concepción de los modelos matemáticos:

- El empleo de tablas como medio con potencialidad para el análisis de funciones. Notamos que si bien las tablas están presentes como un recurso para enseñar no lo están como un objeto de enseñanza en sí mismo, siendo a lo sumo mencionadas como una forma de representación de pares ordenados de una relación. Con esto queremos decir que las tablas son utilizadas como un conjunto de pares ordenados que una vez representados en el sistema de coordenadas cartesianas contribuirán a la obtención del gráfico de la función que se pretende trazar. Una vez introducidas las herramientas del Cálculo Diferencial que nos permiten determinar los puntos extremos de una función, el cálculo de límites o el estudio de continuidad, no sólo que no se vuelve a ellas sino que además se desvaloriza su empleo frente a las nuevas herramientas, sin discutir las posibilidades que una tabla brinda como instrumento que contribuye a la comprensión de los patrones de comportamiento de ciertas funciones. En este sentido, cabe señalar que, por ejemplo, los estudios de Confrey (1991 y 1995) que contienen propuestas que apuntan a un tratamiento nuevo de las funciones exponenciales, dándole un *status* diferente al empleo de las tablas.
- La generación en las clases teóricas o prácticas una discusión acerca de aquellos fenómenos que pueden ser mejor descritos con modelos lineales y diferenciarlos de aquellos que no pueden serlo, analizando semejanzas y diferencias, más allá de las evidentes disparidades gráficas o algebraicas entre funciones.
- Mostrar las relaciones entre la estructura de la regla de tres que los alumnos aprendieron en la escuela primaria (que continúan usando intensivamente) con las expresiones algebraicas y los gráficos que representan proporcionalidad directa vistas en el curso de Matemática, explorando que alcances y limitaciones tiene esta estructura.
- Controlar cuidadosamente la selección y el enunciado de problemas e intentar mirar esos problemas desde la perspectiva del estudiante que los resolverá, sin presuponer que sus estrategias y abordajes coincidirán necesariamente con las del docente que los plantea.

Creemos que el presente trabajo contiene evidencia empírica que marca la presencia del fenómeno de extensiones de modelos lineales a contextos no lineales al resolver diversos problemas. A partir de lo anteriormente concluimos que:

- a) Utilizar tablas como instrumento para analizar diversidad de patrones de comportamiento.
- b) Reflexionar sobre la existencia de mundos lineales y no lineales y analizar semejanzas y diferencias,
- c) establecer y analizar relaciones entre la regla de tres aprendida en la escuela primaria y las diversas representaciones de las relaciones de proporcionalidad directa, serían acciones que contribuirían a la superación de intentar generalizar el modelo lineal hacia cualquier tipo de situación.

Consideramos que debemos dirigirnos hacia ambientes de aprendizaje con referencias a la realidad en donde el peso de un insecto no sea absurdo o el crecimiento de una planta no sea exponencial; donde haya espacio para

discutir la pertinencia de los modelos planteados contrastándolos con la realidad que pretende modelizar y donde, como profesores, seamos flexibles para considerar las perspectivas alternativas de los alumnos.

Trabajo a futuro

Considerando las conclusiones a las que se llegó en esta investigación consideramos que estas conjeturas merecen ser estudiadas en el futuro tanto desde la perspectiva del aprendizaje como de la enseñanza, debido a la escasa producción de investigación relacionada con este fenómeno de generalización de modelos lineales en el nivel universitario. Sin embargo, el desarrollar las acciones dentro de una estructura curricular que se enmarca en el paradigma del ejercicio, puede pasar a ser de carácter informativo o anecdótico, sin producir modificaciones relevantes. Las clases teóricas y prácticas de las cuales participaron los estudiantes involucrados en este estudio generan, como ya lo indicáramos anteriormente, ambientes de aprendizaje compatibles con el paradigma del ejercicio en los cuales los estudiantes resuelven ejercicios o problemas con referencias a la Matemática pura o a semi-realidades. Para promover este tipo de actividad es necesaria la creación de “escenarios para investigación”, esto es, ambientes que den soporte al trabajo investigativo. Tales escenarios se constituyen en ambientes de aprendizaje cuando invitan a los estudiantes a formular preguntas y buscar explicaciones y ellos asumen la responsabilidad en los procesos de exploración y explicación. Consideramos que sería deseable movernos entre diferentes ambientes de aprendizajes tanto dentro de un contexto de ejercicios como de escenarios para investigación transitando desde referencias a la Matemática pura hacia referencias a la realidad. Sin embargo, el pasaje hacia ambientes de aprendizaje investigativos implica cambios estructurales en lo curricular u organizativo que resultan difíciles en la tradición de nuestra educación matemática universitaria.

Referencias

1. Alagia, H. (1999). Mathematicians, Mathematics Teachers and Mathematical Discourse. *The Mathematics Educator*, (9), 2, 38-41.
2. Alagia, H. (1994). *El proceso de algoritmización en la Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática*. Córdoba: Facultad de Matemática, Astronomía y Física/ Universidad Nacional de Córdoba. Informe académico de proyecto de investigación CONICOR, 17.
3. Australia (1984). *Actas del Group Theory of Mathematics Educations*. Bielefeld: Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld. 33-38.
4. Bagni, G. (2000). “Simple” rules and general rules in some high school students’ mistakes. *Journal für Mathematik Didaktik* (21), 2, 124-138.
5. Balacheff, N. (1984). French research activities in Didactics of Mathematics - some key words and related references-. In: International Congress On Mathematical Education, 5,
6. Behr, M.; Hare, G.; Post, T. & Lesh, R. (1992) Rational Number, Ratio and Proportion. In: Grouws, D. (Ed.) *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Simon & Schuster Macmillan, 296-333.
7. Confrey, J. (1991) Learning to listen: a student’s understanding of powers of ten. In: Von Glasersfeld, E. *Radical Constructivism in Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 111-138.
8. Confrey, J. (1991) The Concept of Exponential Functions: a student’s perspective. In: Steffe, L. (Ed.) *Epistemological Foundations of Mathematical Experience*. New York. Springer-Verlag.124-159.
9. Confrey, J. (1994). Voice and perspective: hearing epistemological innovation in students’ words. In Bednarz, N., Larochele, M. , Desautels, J. (Eds.). *Revue des sciences de l’education*. Special issue: Constructivism in Education, (20), 1, 115-133.
10. Confrey, J. (1994). E. Exponential functions, rates of change, and the multiplicative unit. *Educational Studies in Mathematics*. (26), 31-60.
11. Confrey, J.; Splitting E. (1995). Covariation, and their role in the development of the exponential functions. *Journal for Research in Mathematics Education*, (26), 1, 66-86.
12. De Bock, D.; Von Doorem, W.; Verschaffel, L. & Janssens, D. Secondary (2001). School pupils’ improper proportional reasoning: an in-deph study of the nature and persistence of pupils’errors. En *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, (25), 2, 313-320.

13. De Bock, D.; Verschaffel, L. & Janssens, D. (1998). The predominance of the linear model in secondary school pupils' solutions of word problems involving length and area of similar plane figures. *Educational Studies in Mathematics*. (35), 65-83.
14. De Bock, D.; Verschaffel, L. & Janssens, D. (1998). The influence of metacognitive and visual scaffolds on the predominance of the linear model. En Olivier, A. & Newstead, K. (Ed.) *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME 22)*, Vol. 2. p. 240-147.
15. Fischbein, E. (1987). Intuition in science and mathematics: an educational approach. Holland: Reidel.
16. Fischbein, E. (1989). Tacit models and mathematical reasoning. For Learning of Mathematics (9), 9-14.
17. Gentner, D. (1983). Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. *Cognitive Science* (7), 155-170.
18. Karrer, M. & Magina, S. (2000). Uma seqüência de ensino para a introdução de logaritmo: estudo exploratório usando a calculadora. *Boletim de Educação Matemática*. Año 13, (14), 18-31.
19. Lincoln, Y. & Guba, E. (2000). *Naturalistic Inquiry*. SAGE Publication, 1985. Skovsmose, O. Cenários para Investigação. *Boletim de Educação Matemática*. Año 13, (14), 66-91.
20. Molina, J. G. (2004). Las concepciones que los estudiantes tienen sobre la transformación lineal en contexto geométrico. Tesis de maestría, Cinvestav.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Plataforma Web de la Revista Argos del ITS

M. Sánchez López^{1*}, B. A. Reyes Luna², A. A Domínguez Martínez³, Y D.A. Valdez Martínez⁴

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd V. Carranza 2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México

[*mary_san_lo@hotmail.com](mailto:mary_san_lo@hotmail.com)

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Se presentan las actividades realizadas por un grupo colaborativo de profesores del Instituto Tecnológico de Saltillo (ITS) del área de sistemas, dirigidas a desarrollar una plataforma web para administrar el proceso y recepción, evaluación de artículos de la Revista Argos: Ciencia y Tecnología, ofrecer una herramienta automatizada en internet para docentes e investigadores del Tecnológico y /otras instituciones de educación superior.

La problemática del comité editorial en el proceso de recepción y envío de artículos de autores y revisores para su publicación, es el desfase de tiempo en la administración de artículos, en base a los requerimientos del comité editorial de la revista, se está trabajando en el diseño de la plataforma web, se tienen limitaciones en recursos tales como: un site para montar la aplicación para realizar las pruebas, la depuración y su funcionalidad. Se muestran los resultados parciales de la aplicación Web para dar un servicio de calidad a los usuarios.

Palabras clave: Plataforma Web, publicación de artículos, administración de tareas

Abstract

We present the activities undertaken by a collaborative group of teachers Saltillo Institute of Technology (ITS) area of systems aimed at developing a web platform to manage the process and receiving, evaluating Argos Magazine articles: Science and Technology, provide Internet an automated tool for teachers and researchers of Technology and / other higher education institutions.

The problem of the editorial in the process of receiving and sending of articles from authors and reviewers for publication, is the time lag in the administration of items, based on the requirements of the editorial board of the magazine, is working on the web design platform, will have limitations in resources such as a website to assemble the application for testing, debugging and functionality. Partial results are displayed in the Web application to provide quality service to users.

Keywords: Web Platform, publication of articles, task management

Introducción

La Revista Argos en su propósito de facilitar el debate científico como un órgano de difusión de trabajos originales desde diversas perspectivas teórico-metodológicas de autores, locales, regionales y nacionales, que aporten resultados de beneficios académicos, científicos y tecnológicos producto de la práctica educativa y de la investigación, que impacte en la sociedad en general, con la finalidad de aprovechar las tecnologías de la información se planteo la propuesta, de diseñar y desarrollar un sistema de información disponible en una plataforma web para administrar el proceso de registro, envío de artículos de autores, de árbitros revisores para cumplir con los tiempos estipulados y de una forma organizada cumplir en tiempo y forma con la publicación de la revista.

Dentro de los resultados y los logros de las metas obtenidas en un proyecto anterior fue la implementación de la Revista Argos: Ciencia y Tecnología impresa, seriada, evaluada, como un medio informativo y permanente en la institución, con edición de una revista semestral de la cual se tiene el primer volumen correspondiente al

segundo semestre del 2012. Cumpliendo con la condición de ser arbitrada, se recibieron trabajos inéditos en castellano durante todo el año, así como reportes de proyectos de investigación, experiencias de la práctica educativa, que por su interés científico y académico contribuyan a la divulgación de artículos a través de publicaciones con aportaciones de investigadores del instituto y de otras instituciones educativas.

1.1 Antecedentes

En relación a las publicaciones López Órnelas y Cordero (2005) dicen “Las revistas científicas o académicas son el canal formal de comunicación de las diferentes comunidades de investigación (Ríos, 2000). Su objetivo principal es la difusión del conocimiento generado en cada campo o disciplina; cuanto más alta es la calidad de los artículos que en ellas se publican, mayor es su prestigio y su capacidad de difusión (Díaz. *et al*, 2000). Las revistas académicas cumplen otros propósitos: a) comunicar y difundir información científica; b) legitimar, almacenar y llevar el registro del conocimiento científico; c) publicar los resultados del investigador y darle la oportunidad de aumentar su estatus dentro de su comunidad académica”, (Guédon,1994; Barrueco, 2000,Ríos 2000,citado en López –Ornelas y Cordero,G. 2005).

Según aportaciones de (López Órnelas y Cordero, 2005, p.4), “la comunicación científica de los últimos años se puede clasificar en dos tipos: formal e informal”. Considerando la formal como el producto de una investigación, la cual es llevada ante un comité de arbitraje o evaluación de expertos quienes determinan si los resultados obtenidos, aportan nuevos conocimientos al campo científico, de acuerdo al área disciplinar y estas corresponden a las revistas *académicas*. En el caso de la Informal, la comunicación no requiere de una evaluación; existen diferentes medios para este tipo de comunicación, pueden ser artículos publicados en revistas de temas de interés de diversa índole: en documentales, en revistas de divulgación, periódicos, en foros de discusión por expertos localizados en internet o noticias sobresalientes en los medios de comunicación, prensa, radio, televisión etc.(Barrueco, 2000,citado por López y Cordero.2005)

Por otro lado en la actualidad existe gran variedad de revistas electrónicas. Las revistas electrónicas son publicaciones periódicas que se generan a través de elementos electrónicos. Sus características principales son la rápida difusión, el ahorro de costos y la fiabilidad para su uso, ya que un documento electrónico puede ser manipulado constantemente. Muchas son distribuidas a través de servidores mediante una clave o password, como SciencDirect.

En la tabla No.1 se describen algunas de las revistas electrónicas más destacadas en México que son desarrolladas por Universidades de gran nivel académico.

Tabla 1. Algunas Revistas Electrónicas de México

Título de la revista	Institución (es)	Observaciones
Acción Pedagógica Revista Electrónica del Depto. de Educación y formación docente	Universidad Nacional de san Luis Potosí	Tienen una variedad de más 35 revistas en el área educativa
Revista Perfiles Educativos	Universidad Autónoma de México	Variedad artículos en español e inglés
Revista Electrónica de Investigación Educativa (Redie)	Instituto de Investigación y educación , Ensenada Baja California	Redie es una fuente de información académica muy completa
Ciencia UANL, revista de divulgación científica y tecnológica	Universidad Autónoma de Nuevo León	Un vasto número de artículos educativos
Conciencia Tecnológica, revista de divulgación científica y tecnológica	Instituto Tecnológico de Aguascalientes	Variedad de artículos de diversas disciplinas

2.2 Fundamento Teórico.

Martínez Rizo (1999), citado por López-Órnelas y Cordero (2005), escribió: “Sin importar formato, la presentación, selección de textos o procedimientos para la publicación, las características generales de las revistas académicas o científicas son dos: la exigencia de calidad y mecanismos de arbitraje por pares”.

Meraz (2001) propone en su artículo “La importancia de las revistas científicas *pequeñas*”, la siguiente clasificación: a) revistas pequeñas, b) revistas grandes y c) revistas de corriente principal son las que tienen un alto factor de impacto y por pertenecer a un campo específico” (Almada, 2000), citado por López-Órnelas y

Cordero (2005, p 6-10). Cabe destacar que López-Órnelas en su artículo señala que además de lo anterior, fundamenta su estudio en otras instancias tales como: las revistas clasificadas como *revistas de procesos científicos o tecnológicos, primarias o de investigación* (UNESCO) y *revistas académicas* (ANUIES).

Sobre la conceptualización de las revistas científicas exponen López y Cordero (2005):

“Se define como revista académica o científica, aquella publicación que cuenta con una periodicidad establecida, con artículos inéditos, producto del resultados de investigación que son debidamente arbitrados por un comité editorial reconocido a nivel nacional e internacional y que además se apega estrictamente a la normativa establecida para las publicaciones cuyo principal objetivo es comunicar ciencia” (Nishikawa, 2003 y Ríos, 2000 citado en López y Cordero, 2005 p.8).

Surgimiento de las revistas electrónicas

Ramos, F(1998) argumenta que las revistas electrónicas se originan a partir del crecimiento de las redes teleinformáticas, en la década de los ochentas, las modalidades más frecuentes son en línea y en Cd-Room, en comparación con las revistas impresas, las electrónicas son más baratas porque nos permiten ahorrar costos de producción. La opinión de otros autores plantean que las revistas son electrónicas desde antes que surgiera la Word Wide Web (www), debido que en la reimpresión se utilizan medios electrónicos para dicho proceso.

El surgimiento de las revistas arbitradas electrónicas se originó a inicios de los noventa con el avance masivo del Internet, en la super carretera de la información www (Turoff yHiltz,1981). Prevaleció en el ámbito académico y se radicó más las publicaciones en revistas electrónicas, dado que en los centros de investigación y en instituciones educativas requerían dar a conocer los resultados de sus proyectos de investigación.

Por lo anterior surge la publicación arbitrada para tener más posibilidades: la impresa y la digital; posteriormente surgieron otro tipo de revistas, las de solo divulgación y las de publicación científica que requieren de una estricta evaluación.

López y Cordero (2005) señalan que: Las revistas electrónicas, al igual que las impresas, deben tener página inicial o una portada en la revista impresa: mostrar el título completo de la misma, colocar el ISSN de la publicación, describir el ámbito de la publicación, el grupo de comités implicados en el proceso, el período, el volumen y algunos otros datos (Guédon, 2000; Reyna, 2000; citados por López y Cordero, 2005).

La tabla 2, muestra algunos elementos que convergen en las revistas electrónicas académicas impresas y las revistas académicas electrónicas:

Tabla 2. Elementos editoriales en revistas académicas impresas y electrónicas;(López y Cordero,2005)

Revistas Impresas	Revistas Electrónicas
Son un medio de difusión y comunicación científica	La ventaja en el medio electrónico. Permite ser consultado en cualquier momento y lugar con acceso a Internet.
Se requiere un ISSN	Es un requisito que lo acredita propiedad intelectual (código único)
Tienen Comité Editorial y Consejo Editorial	Se requiere en ambas versiones
El arbitraje es doble ciego	Evaluación por pares, el proceso de revisión se realiza también vía Internet, los envíos por correo electrónico o en una Plataforma.
Equipo editorial	Este elemento es requerido en ambas versiones
Alto nivel de calidad científica en sus contenidos	En el medio electrónico también tiene esta capacidad
Frecuencia y continuidad según los criterios establecidos por el consejo editorial	Una desventaja: se pueden presentar problemas técnicos en internet, en el acceso a la publicación en algunas ocasiones.
Sus lectores están en su medio de trabajo	Una ventaja: acceso usuarios en todo el mundo, sin límite de tiempo.
La temática puede enfocarse a cualquier área	Está disponible en cualesquier disciplina
Acceso a través de suscripción	Las suscripciones en el medio electrónico son “automáticas”, el lector se suscribe <i>en línea</i> , registrando sus datos.
Posibilidad de ser indizadas en bases de datos de organismos privados o en bibliotecas	Al estar indizada en una base de datos, los usuarios pueden consultar la revista en cualquier buscador de Internet

En la tabla 3, se mencionan los seis elementos editoriales que, de acuerdo con Boyce (1996), citado por López y Cordero (2005), deben incluir las revistas académicas, tanto impresas como digitales.

Tabla 3. Elementos editoriales en revistas académicas impresas y electrónicas; (López y Cordero, 2005)

Componentes Editoriales	Descripción
Preparación del autor	El autor debe seguir las normas definidas y establecidas por el comité editorial para publicar sus investigaciones en la revista.
Revisión del Documento	El contenido temático de los artículos, la redacción de los mismos y la legibilidad de sus gráficas, tablas o figuras deben revisarse por un comité de arbitraje
Edición tipográfica	La claridad de la información debe ser pertinente en redacción y contenido, en un diseño legible con esquemas e ilustraciones acorde a la temática
Preparación de bases de datos en documentos electrónicos	La información debe registrarse en una base de datos, con la identificación de los artículos a publicarse, según las normas establecidas en las convocatorias..
Producción y distribución	Tanto la producción como la distribución de la revista electrónica deberán corresponder a las necesidades requeridas por los usuarios potenciales
Archivo	Las ediciones anteriores impresas se deben editar en línea para un fácil acceso a los artículos publicados por los usuarios en ediciones pasadas.

Revista científica

Una revista científica es una publicación periódica en la que se intenta plasmar el progreso de la ciencia, informando de las nuevas investigaciones. Muchas son altamente especializadas, aunque algunas de las más antiguas (como Nature y Science) publican artículos en un amplio rango de campos científicos

Las revistas científicas de prestigio y/o reconocidas son revisadas por pares dentro de la comunidad científica en un intento de asegurar un mínimo de estándares de calidad, así como validez científica; y con ello lograr el prestigio de la revista científica. Los artículos publicados en cada edición representan lo más actual en la investigación en el campo que cubre la revista. Los lectores eligen los artículos a leer, dependiendo del tipo de investigación a la que está dedicado el científico.

Hay varios tipos de artículos científicos; la terminología exacta y definición varía de una a otra revista, pero los tipos más frecuentes son cuatro:

- a) Las notas de divulgación o análisis de temas especiales de una disciplina en particular
- b) Las revisiones (o reviews) son síntesis actualizadas extensas sobre un tema en particular. Por lo general, éstas son pedidas por la misma revista a algún científico destacado en el área.
- c) Su extensión varía, desde 5 a 50 páginas dependiendo de la revista.
- d) Los artículos (o papers) son una descripción completa de los resultados de una investigación original. Suelen tener entre cinco y veinte páginas, pero hay variaciones en función de la revista y el campo de investigación. Dependiendo de la revista también pueden encontrarse, entre otros: noticias, críticas a artículos publicados, réplicas, reseñas, guías, etc.

Aplicaciones Web.

En la ingeniería de software se denomina aplicación web a aquellas aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador. Es una aplicación software que se codifica en un lenguaje soportado por los navegadores web en la que se confía la ejecución al navegador. Una página Web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información. Esto permite que el usuario acceda a los datos de modo interactivo, gracias a que la página responderá a cada una de sus acciones, como por ejemplo rellenar y enviar formularios, participar en juegos diversos y acceder a gestores de base de datos de todo tipo.

Herramientas a utilizar para el desarrollo del sistema

HTML. Siglas Hiper Text Markup Language (Lenguaje de marcas de Hipertexto) HTML, (Lenguaje de Hipertexto), es el lenguaje base para la elaboración de páginas web. Es usado para describir la estructura y el contenido en forma de texto, para complementar el texto con objetos tales como imágenes. HTML se escribe en forma de "etiquetas", rodeadas por corchetes angulares (<,>).

PHP Es un lenguaje de programación interpretado diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Es usado en interpretación del servidor(server-side scripting)o desde una interfaz de línea de comandos o en la creación de otros tipos de programas, puede ser embebido dentro de código HTML, es publicado bajo la PHP licence como software libre.

Java Script. Es un lenguaje de programación estructurada o modular porque es posible armar por partes, se usa para dar interactividad a páginas web.

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones, opera bajo licencia de software libre.

Utilización de las plataformas de revistas y libros electrónicos

Las plataformas de revistas y libros electrónicos funcionan como bases de datos bibliográficas. Para realizar búsquedas puede interrogarse por palabras o bien navegar a través de los índices. Las funciones más comunes son:

a) Acceso a los índices de las revistas conocida a través de su títulos, b) Navegación por clasificación para descubrir las publicaciones de una temática, c) Búsqueda de artículos por palabras, ordenando los resultados por relevancia (ponderación de los términos incluidos en la consulta). d) Suscripción a un servicio de alerta o a fuente RSS para recibir la publicación de los próximos números de una revista o bien de nuevos resultados de una búsqueda. También pueden permitir a los autores recibir alertas de cuando se cita su artículo en revistas de la plataforma, e) Personalización de una lista personal de revistas favoritas de cada usuario. f) Acceso a libros e Electrónicos y materiales de consulta: diccionarios, manuales, etc

Servidores

En informática, un servidor es un tipo de software que realiza ciertas tareas en nombre de los usuarios. El término servidor ahora también se utiliza para referirse al ordenador físico en el cual funciona ese software, una máquina cuyo propósito es proveer datos de modo que otras máquinas puedan utilizar esos datos. Un servidor web, este término podría referirse a la máquina que almacena y maneja los sitios web, y en este sentido es utilizada por las compañías que ofrecen hosting o hospedaje. Alternativamente, el servidor web podría referirse al software, como el servidor de http de Apache, que funciona en la máquina y maneja la entrega de los componentes de los páginas web como respuesta a peticiones de los navegadores de los clientes. En este trabajo se propone el desarrollo de una página web para administrar los artículos a publicar en la revista Argos.

Objetivo General:

Automatizar el proceso de la administración de artículos a publicar en la revista Argos a través de una plataforma web.

Metodología

Para iniciar el desarrollo de este proyecto se procedió conformar un equipo de trabajo colaborativo, el cual se integró de la siguiente forma:

- Un grupo de 4 profesores del área de sistemas, tres adscritos al departamento de sistemas y uno al departamento de conectividad
- La participación de 2 alumnos residentes del 8º y 9º, quienes aun tenían carga académica de 2 materias adicionales a la residencia en el período del proyecto.
- Los profesores participantes con carga completa de materias y actividades complementarias de apoyo a la docencia.
- Se hizo una planificación de las tareas a realizar, así como los tiempos invertidos en cada una de ellas y las reuniones pertinentes destinadas a cada etapa.
- Identificación de Usuarios Potenciales: Docentes, Investigadores, Alumnos, Personal Administrativo, Personal Directivo, Docentes e investigadores de otras instituciones.
- Identificar las necesidades o requerimientos de los usuarios que integran el comité editorial de la revista.
- Recopilar información de la infraestructura tecnológica necesaria para ofrecer servicios de internet.
- Recopilar información de plataformas tecnológicas que den soporte a revistas de divulgación científica.
- Analizar la información sobre los requisitos y criterios definidos para realizar una publicación en la revista Argos.
- Analizar la información actual y futura requerida de los candidatos a participar en las publicaciones como autores.
- Analizar la información actual y futura requerida de los candidatos a participar como parte del comité de arbitraje.

- Modelar el proceso de recepción de artículos técnico-científicos que utiliza la revista científica y tecnológica Argos.
- Modelar el proceso de evaluación y aceptación de artículos técnico-científicos que utiliza la revista científica y tecnológica Argos.
- Selección de las herramientas de desarrollo de la plataforma Web que permita satisfacer los requerimientos de la revista Argos.
- Instalación y puesta a punto de las herramientas de desarrollo.
- Diseñar base de datos que dará soporte a la plataforma Web.
- Diseñar página Web para la plataforma Web.
- Se utilizó la metodología RUP. El Proceso Unificado de Desarrollo Software o Proceso Unificado es un marco de desarrollo de software que se caracteriza por estar dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura y por ser iterativo e incremental, permite identificar todos los elementos , actores principales para modelar cada uno de los procesos de una forma organizada, aun se está trabajando en ese proceso .

Herramientas a utilizar para el desarrollo de la plataforma web:

Se utilizaron software de acceso libre para el diseño web: Html. Php, para el diseño de la base de datos se utilizó el software DBDesigner 4.0 para modelar la base de datos y MySQL, para generar las tablas que integran la base de datos.

Para desarrollar la plataforma web se utilizó la herramienta Joomla, que es un Sistema de gestión de contenidos (en inglés Content Management System, o CMS) que permite desarrollar sitios web dinámicos e interactivos. Permite crear, modificar o eliminar contenido de un sitio web de manera sencilla a través de un Panel de Administración. Es un software de código abierto, desarrollado en PHP y liberado bajo licencia GPL. Este administrador de contenidos puede utilizarse en una PC local (en Localhost), en una Intranet o a través de Internet, requiere para su funcionamiento una base de datos creada con un gestor MySQL, así como de un servidor HTTP Apache.

Resultados y discusión

El proyecto está en vías de desarrollo, se realizó el análisis de requerimientos, se diseño el sistema de recepción de artículos, se está incursionando en el diseño de la página web, se tienen algunos ensayos del diseño de los formularios que alimentan la página web y a continuación se muestran evidencias de ellos.



Figura1. Pantalla que muestra el menú principal

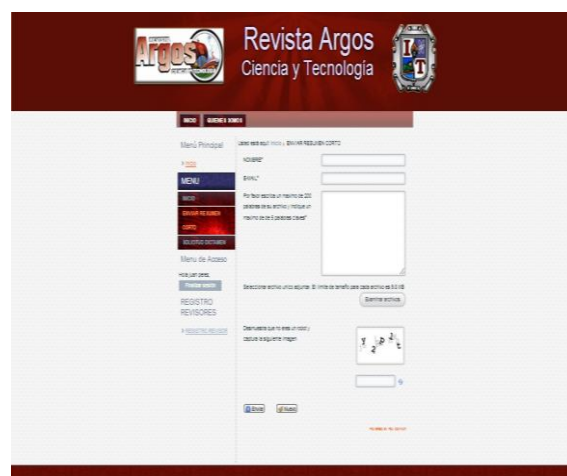


Figura2. Pantalla de un autor en proceso de alta

El autor se registra a través del formulario, ingresa su password y su contraseña y recibe un email donde se le informa que su artículo ha sido registrado



Figura 3. Formulario del registro del autor

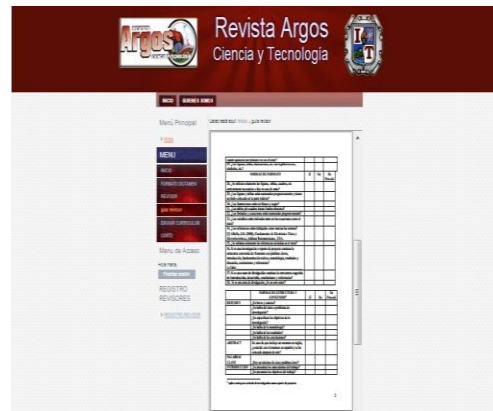


Figura 4. Formulario del revisor con formato

Solo se tienen resultados parciales del diseño de la página web que una vez ya terminada y que se realicen varios diseños de la plataforma se elegirán los mas óptimos y se montará en la página en el site que se contrate a una compañía externa a la institución.

Trabajo a futuro:

El proyecto está contemplado para llevarse a término y realizar las pruebas en la fase de implementación con el fin de de que sea funcional, opere en un sitio web para facilitar las tareas que conlleva a la recepción, evaluación de artículos para su publicación en la revista Argos y posteriormente se pretende que la revista además de ser de carácter impreso se convierta en una revista electrónica.

Conclusiones

Se considera que el proyecto es ambicioso, una vez que se realicen todas las pruebas para su implementación se tendrá disponible en internet, con el fin de que desde cualquier lugar, los autores interesados en publicar se registren y suban sus artículos que deseen someter a evaluación para que posteriormente sean publicados en la revista Argos. Por otro lado los revisores de los artículos también tendrán la oportunidad de registrarse y acceder los formatos requeridos para hacer su dictamen de acuerdo a la evaluación realizada. Es importante señalar que se hará la documentación correspondiente, los manuales de usuario, la capacitación pertinente para los usuarios de la institución y se asume el compromiso por parte de los integrantes del proyecto de diseñar un curso para los docentes principiantes, a los alumnos de posgrado para la publicación de artículos y manejo de la plataforma.

Referencias

1. Almada, M. (2000). El papel de la UNAM en el impulso y continuidad de la revista latinoamericana en medios electrónicos. En J. O. Alonso y F. R. Reyna (Eds.), Octava Reunión sobre las Revistas Académicas y de Investigación: Las revistas científicas latinoamericanas: su difusión y acceso a través de bases de datos (pp. 10-20). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Bibliotecas
2. Barrón, M. (1999, 15 de marzo). Crisis de las revistas científicas. La Jornada (Secc. Lunes en la Ciencia). Consultado el 27 de Julio de 2013 en: <http://www.jornada.unam.mx/1999/mar99/990315/cien-meza.html>
3. Barrueco, J.M. (2000, 5 de mayo). *Revistas electrónicas. normalización y perspectivas* consultado el 5 de septiembre de 2013 en la página web de la Universidad de Valencia <http://www.uv.es/~barrueco/badajoz.pdf>.

4. Boyce, P.B.)1996,19-23 de febrero). Successful electronic scholarly Journal. Trabajo presentado en ICSU Press-UNESCO Expert Conference on Electronic Publishing in Science, París.Consultado el 13 de Enero de 1999 en:
<http://aas.org/~pboyce/epubs/icsu-art.html>
5. Guédon, J.C. (2000, diciembre) Digitalizar las revistas Científicas. ¿Como garantizar el acceso Universal a la información Científica Básica? *Mundo Científico*, páginas.218,80-87.
6. López Ornelas, M. y Cordero, A.: Un intento por definir las Características generales de las revistas académicas electrónicas.*Razón y Palabra, Febrero-Marzo 2005*, Número 43. ISSN .1605-4806.Consultado el 03-08-2013.
<http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n31/mlopez.html>
7. La fuente,R. y Rosas,A.M. (19989. La publicación electrónica : ¿Un paradigma de organización digital?.Investigacion bilioyecnologica, 164-196. Latindex. (2004). Índice de Recursos electrónicos. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Consultado el 12 de septiembre 2013 en:
<http://www.latindex.unam.mx/>
8. López Ornelas, M. y Cordero, A.Un intento por definir las Características generales de las revistas académicas electrónicas. *Razón y Palabra, Febrero-Marzo 2005*, Número 43 .Consultado el 10 de agosto de 2013 y el 12 de septiembre de 2013 en:
<http://www.cem.itesm.mx/dacs7publicaciones/logos/libros/index.html>
9. Meraz, J. (2001). La importancia de las revistas científicas "pequeñas". En Loría, E. (Ed.), *Los dilemas de las revistas académicas mexicanas* (pp. 67-75). México: Universidad Autónoma del Estado de México
10. Ramos,L.F.(1997-1998).Las publicaciones electrónicas transforman el sector de la edición científica y las funciones del bibliotecario en la Universidad.Cuadernso de documentación multimedia,6-7.Consultado el 12 de septiembre de 2013 en:
<http://www.ucm.es/info/multidoc/revista/cuad6-7/ramos.html>
11. Albendin,J.R (2007),*Manual para el curso organizado de Jombla*, archivo en PDF
12. Rodriguez,J.A. (2000), *Tutorial de PHP y MySQL completo*, consultado en agosto de 2013 en:
http://es.tldp.org/Manuales-LuCAS/manual_PHP/manual_PHP/

Autorización y renuncia. *Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

GEOGEBRA COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS CONCEPTOS DEL CÁLCULO DIFERENCIAL

Micael Gerardo Bravo Sánchez^{(a)*}, María Teresa Villalón Guzmán^(a), Adriana Guzmán López^(a), Mario Calderón Ramírez.

^a Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Celaya
Av. Tecnológico y Antonio García Cubas s/n. 38010. Celaya, Guanajuato.

Teléfono: +52(461) 611-7575, Fax: +52(461) 611-7979.

Correo electrónico*: micael_bravo_sanchez@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En la actualidad es de vital importancia hacer uso de las TIC's para reforzar el aprendizaje de conceptos matemáticos. Esto se debe a que las TIC's brindan una oportunidad de abrir paso al constructivismo en la educación matemática. El uso adecuado de programas educativos como el GeoGebra permite modelar o visualizar problemas o situaciones matemáticas, ayudando a comprender a superar obstáculos presentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para lograr este objetivo se diseñó un Manual de Prácticas de Cálculo Diferencial sustentado en el uso de hojas interactivas creadas en el programa Geogebra. El objetivo del Manual de Prácticas es utilizar el software como herramienta didáctica en la impartición de la materia de Cálculo Diferencial. Este tipo de herramientas permitirá al estudiante profundizar en el entendimiento de los conceptos fundamentales del Cálculo apoyado con una herramienta que le permita visualizar los conceptos aprendidos en clase.

Palabras clave: TIC's, GeoGebra, Manual de Prácticas, Hoja interactiva.

Abstract

Today it is vital to make use of TIC's to enhance learning of mathematical concepts. This is because TIC's provides an opportunity to make way for constructivism in mathematics education. Proper use of educational programs such as GeoGebra to model or visualize math problems or situations, helping you understand overcome obstacles in the teaching-learning process. To achieve this goal we designed a Manual Differential Calculus Practices supported by the use of interactive sheets created in the program Geogebra. The purpose of the Manual of Practice is to use the software as a teaching tool in teaching the subject of differential calculus. These tools allow students to deepen their understanding of the fundamental concepts of calculus supported by a tool that allows you to visualize the concepts learned in class.

Introducción

A mediados de los años noventa, se empezó a escuchar un término denominado TIC (Tecnologías de Información y Comunicación), el cual fue el resultado de los avances en la informática, la electrónica y las telecomunicaciones. Duncombe & Heeks (1999) denominan a las TIC como el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (hardware y software), soportes y canales de comunicación relacionados con el almacenamiento, procesamiento y transmisión digitalizados de la información, que permiten la adquisición, producción, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética.

La aparición de las TIC ha sido de gran importancia hasta tal punto que la inversión en TIC ha contribuido en forma significativa en el crecimiento del PBI en muchos países durante los últimos diez años (Morrisey, 2007). También se ha mostrado un gran interés de incorporarlas en la educación, debido a que puede enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje, aprovechando así las herramientas tecnológicas con las que se cuentan en la actualidad. Así lo expresa Baeza de Oleza (1995) al decir que dentro del marco de las nuevas posibilidades

que ofrecen los recursos hiper-mediales junto con dos de sus características esenciales, la visualización y la interactividad, se desarrolla uno de los factores esenciales de la enseñanza: el aprendizaje.

Según la UNESCO en sus Estándares de Competencias en TIC para docentes (2008), en la educación las Tecnologías de la Información y la Comunicación pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar las capacidades necesarias para llegar a ser:

- Competentes para utilizar tecnologías de la información.
- Buscadores, analizadores y evaluadores de la información.
- Solucionadores de problemas y tomadores de decisiones.
- Usuarios creativos y eficaces de herramientas de productividad.
- Comunicadores, colaboradores, publicadores y productores.
- Ciudadanos informados, responsables y capaces de contribuir a la sociedad.

Entre las ventajas que ofrece el uso de TIC en el aula es la posibilidad de implementar una visión constructivista, en nuestro caso, en la enseñanza de la matemática. Investigadores han demostrado que las computadoras proporcionan un apropiado medio creativo para que los estudiantes se expresen y demuestren que han adquirido nuevos conocimientos (Hernández, 2008). Según la revista *El Educador*¹, Costa Rica, Chile, Brasil y México son los países más avanzados de América Latina con respecto a formulación de políticas para incorporar las TIC en la educación. En este proceso el docente tiene el rol más importante debe estar preparados para utilizar las TIC, es decir, debe saber cómo utilizar las herramientas tecnológicas para poder dar un apoyo adecuado en su clase.

Es necesario cambiar la concepción acerca del uso de herramientas informáticas y volverlas parte de la labor de enseñanza (Galvis, 2004) para que el alumno pueda apoyarse en estas nuevas herramientas para profundizar el aprendizaje en los conceptos matemáticos, especialmente en el Cálculo. Lamentablemente, y a pesar de que en la actualidad muchas de las carreras de educación matemática y carreras universitarias en general se centran en enseñar a utilizar software matemático, sin embargo le dan muy poco énfasis a profundizar en los conceptos matemáticos apoyados en estas nuevas herramientas.

A pesar de la amplia gama de posibilidades de paquetes computacionales para impartir clases de matemáticas estos paquetes implican grandes inversiones por parte del sistema universitario y los alumnos solo pueden emplearlo dentro de las instalaciones del centro de cómputo de la universidad o instituto. Estas son solo algunos de los factores que determinan el ritmo con el cual las TIC's se incorporan de forma sustancial al trabajo educativo. Márquez (2006) menciona los siguientes factores que dificultan la implementación de las TIC's en el ámbito educativo:

1. El ritmo de evolución de las TIC es muy rápido, y la capacidad de adaptación y reciclaje es insuficiente para poderlas manejar eficazmente.
2. Indefinición sobre los objetivos que se pretenden conseguir a través de las inversiones en TIC.
3. Contradicciones sobre la terminología, la formulación de los fundamentos teóricos sobre los que se apoyan estas tecnologías.
4. Puntos de vista divergentes sobre el adecuado empleo de las TIC en educación que, en ocasiones crea confusión y desorientación de los usuarios.

El simple hecho de considerar utilizar herramientas tecnológicas para mejorar el aprendizaje de la matemática es sinónimo de preocupación y desconocimiento por parte muchos docentes (Garrido, 2006), "por lo general, los planes de estudios para futuros docentes abundan en pedagogía y en estrategias para presentar los contenidos sin embargo, a menudo no se refieren a cómo integrar las herramientas tecnológicas para apoyar dicho aprendizaje."

Es necesario capacitar en el uso adecuado de herramientas tecnológicas a docentes, tanto en formación como a los ya formados. Biehler, R. (2003) e Inzunza, S. & Juárez, J. (2010) indican que la computadora ha demostrado un gran potencial para ayudar a los estudiantes a entender conceptos difíciles y que puede ser utilizada como una herramienta pedagógica, permiten una mejor visualización de problemas y entes matemáticos ayudando a comprender de mejor manera temas esenciales, ayudando a desaparecer algunos

obstáculos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, sin embargo debe usarse consciente de que no es sustituto de los conocimientos básicos, sino que es una herramienta que permite potenciarlos y con esto adquirir un conocimiento más profundo que permita a docentes y educandos reflexionar, razonar y resolver problemas, que son, como indica el principio de tecnología del National Council of Teachers of Mathematics (2000) en sus Principios y Estándares para la Educación Matemática, conductas deseables al emplear las tecnologías.

En este sentido el programa GeoGebra ofrece varias ventajas, pues es un software de distribución libre y totalmente gratuita, orientado a la enseñanza y aprendizaje de la matemática y que, como mostró Ferreira, N et al, (2009) es una herramienta provechosa en la formulación de hipótesis por parte de los estudiantes. Se ha observado que el GeoGebra facilita el aprendizaje del álgebra, geometría y la integración de otros contenidos matemáticos, esto mediante un ambiente colaborativo con la utilización de las TIC en el aula. Por otro lado, la demostración distingue a la matemática de otras disciplinas científicas y eliminarla del currículo es inaceptable ya que aunque no se aplica en secundaria desde el punto de vista formal, permite al estudiante justificar y comprender desde otra perspectiva la matemática. El GeoGebra es además útil para realizar comprobaciones y demostraciones visuales y numéricas de teoremas y propiedades, en donde, con actividades pertinentes y diseñadas con ayuda del software, el estudiante tiene la oportunidad de descubrir por sí mismos, pues como dice Póyla (1966), enseñar es dar una oportunidad a los estudiantes de descubrir por sí mismos. Así también lo hace ver Póyla cuando dice que enseñar es dar una oportunidad a los estudiantes de descubrir por sí mismos, siendo GeoGebra útil para realizar comprobaciones y demostraciones visuales y numéricas de teoremas y propiedades. Además, el uso del GeoGebra puede ser acompañado de material concreto, como complemento de las actividades diseñadas en este, con el fin de potenciar los resultados de su utilización durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El presente trabajo busca mostrar una implementación del uso de un Manual de Prácticas Computacionales por medio del uso del Software de Geogebra empleando el concepto de hojas interactivas para acelerar el uso de las TIC's para la enseñanza de las matemáticas a nivel universitario.

Metodología

El objetivo general es aplicar el software GeoGebra como recurso didáctico, dinámico y metodológico para el proceso de enseñanza – aprendizaje de la matemática a nivel universitario. Los objetivos específicos son: experimentar con la interfaz gráfica, las herramientas y el entorno interactivo del programa mediante construcciones de hojas interactivas que sean capaces de mostrar simulaciones y animaciones para reafirmar los conceptos de Cálculo Diferencial discutidos en clase. Las competencias matemáticas en la actualidad van adquiriendo mayor relevancia, ya que por el acelerado progreso las ciencias y tecnologías son capaces de abrirle a un individuo puertas que sin el manejo de estas herramientas se mantendrían por siempre cerradas. Conscientes de esto y en busca de una mejora en la enseñanza de la matemática, hemos tratado de integrar tecnología y matemática, por lo cual hemos tenido numerosas experiencias en las que se han incorporado elementos tecnológicos, en especial paquetes de software como GeoGebra, durante las lecciones con estudiantes universitarios en los cursos iniciales de matemática.

Algo que hemos aprendido es que muchos profesores de matemática no usan tecnología en sus clases, especialmente porque hay una ausencia de conocimientos acerca de metodologías que permitan incorporar herramientas tecnológicas y en algunos casos los profesores no cuentan con una preparación adecuada sobre el uso de la computadora, el Internet, tecnologías de la información, programas computacionales y otros; pero esto no es debido en su totalidad a una resistencia al cambio, pues en su mayoría los docentes están dispuestos a prepararse y aprender, de hecho se entusiasman con los talleres y capacitaciones en este campo pues los encuentran innovadores, útiles y muy provechosos para su quehacer docente.

Con los estudiantes nos hemos dado cuenta que se debe tener una integración coherente entre el software teniendo el cuidado de no convertir el software de un medio para la enseñanza a fin, por lo que el docente debe saber cuándo utilizar un programa de computadora u otra herramienta tecnológica ofrece una ventaja real al proceso de enseñanza aprendizaje.

Por otro lado, hemos observado que el simple hecho de introducir una herramienta computacional en un entorno escolar motiva al estudiante a buscar y construir su conocimiento, y este aprendizaje es mayor y más significativo. No obstante, el abuso de esta o cualquier otra herramienta puede causar un efecto adverso, pues su uso se reduciría a algo cotidiano. Además es preciso que al utilizar un software, este se acompañe de algún material concreto, como guías de trabajo pues estos ayudan al docente a cumplir los objetivos trazados para su lecciones y a su vez para ayudar al estudiante a seguir una línea de aprendizaje, que, a pesar de ser constructivista necesita de cierta dirección para que el estudiante logre construir su propio conocimiento.

Nuestro principal objetivo fue el diseño de un Manual de Prácticas Computacionales de Cálculo Diferencial apoyado en hojas interactivas creadas en el software Geogebra para que sirvan como una herramienta en la enseñanza de los conceptos de la asignatura de Cálculo Diferencial.

Resultados y discusión

Para la implementación del Manual de Prácticas Computacionales de Cálculo Diferencial por medio de hijas dinámicas creadas en Geogebra para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos matemáticos de esta asignatura es necesario contar con una maquina virtual de Java™ y el software GeoGebra en su versión actualizada.

El Manual de Prácticas Computacionales en Geogebra es una adaptación de otros Manuales de Prácticas de Cálculo creados por los profesores de la vocalía de Cálculo Diferencial para semestres previos, pero lo que caracteriza a este nuevo Manual es el enfoque que tiene exclusivamente al refuerzo de los conceptos de la asignatura de forma gráfica por medio de hojas interactivas. Dicho Manual está conformado por 10 prácticas que abarcan las cinco unidades en las que esta dividió el curso de Cálculo Diferencial.

Práctica No. 1 “Números Reales”
Practica No. 2 “Desigualdades Cuadráticas”
Practica No. 3 “Transformación De Funciones”
Practica No. 4 “Simetría De Una Función”
Practica No.5 “Continuidad”
Practica No. 6 “Asíntotas De Una Función”
Práctica No. 7 “La Derivada Y Su Interpretación Geométrica”
Practica No. 8 “La Derivada De Una Función”
Practica No. 9 “Análisis De Una Función”
Practica No. 10 “Optimización”

Las hojas interactivas que los alumnos diseñaron se encuentran en una blog de libre acceso para los alumnos del Instituto Tecnológico de Celaya. La dirección electrónica es: <http://tuspracticasdecualculoitc.blogspot.mx/>



En esta dirección electrónica podrán acceder a las hojas interactivas creadas con el software Geogebra para la resolver las prácticas del Manual de Cálculo Diferencial.

PRÁCTICA 1. NÚMEROS REALES



Hoja Interactiva 1:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45887>



Hoja Interactiva 2:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45928>

PRÁCTICA 2. ECUACIONES CUADRÁTICAS



Hoja Interactiva:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45929>

PRÁCTICA 3: TRANSFORMACIÓN DE FUNCIONES



Hoja Interactiva:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45930>

PRÁCTICA 4: SIMETRÍA DE UNA FUNCIÓN



Hoja Interactiva 1:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45931>



Hoja Interactiva 2:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45932>

PRÁCTICA 5: CONTINUIDAD



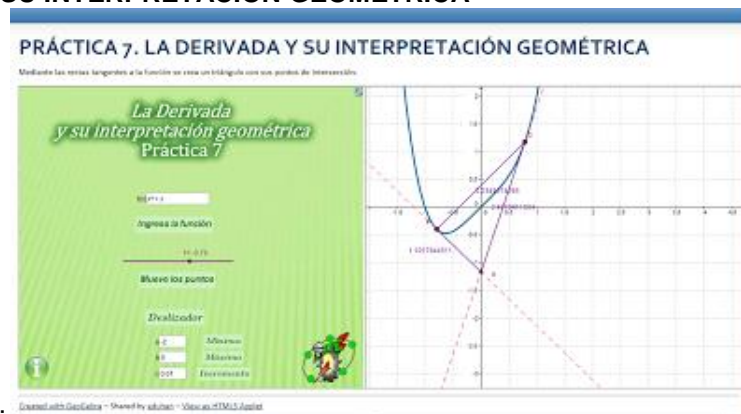
Hoja Interactiva: <http://www.geogebra.org/m/show/id/45933>

PRÁCTICA 6: ASÍNTOTAS DE UNA FUNCIÓN

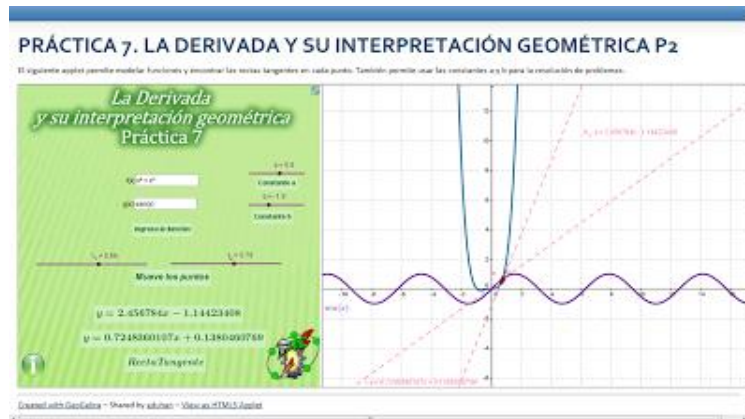


Hoja Interactiva: <http://www.geogebra.org/m/show/id/45934>

PRÁCTICA 7: LA DERIVADA Y SU INTERPRETACIÓN GEOMÉTRICA

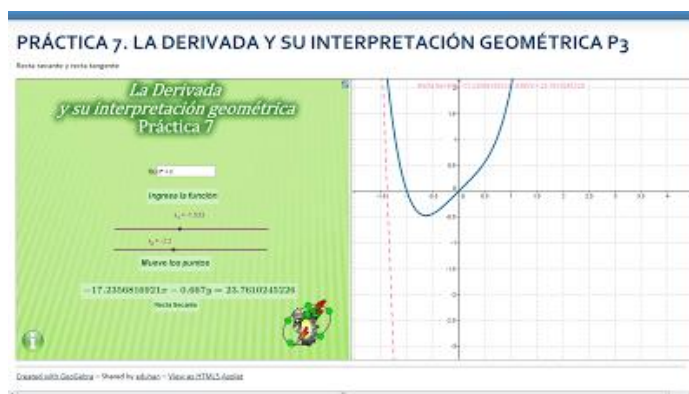


Hoja Interactiva 1: <http://www.geogebra.org/m/show/id/45937>



Hoja Interactiva 2:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45938>



Hoja Interactiva 3:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45939>

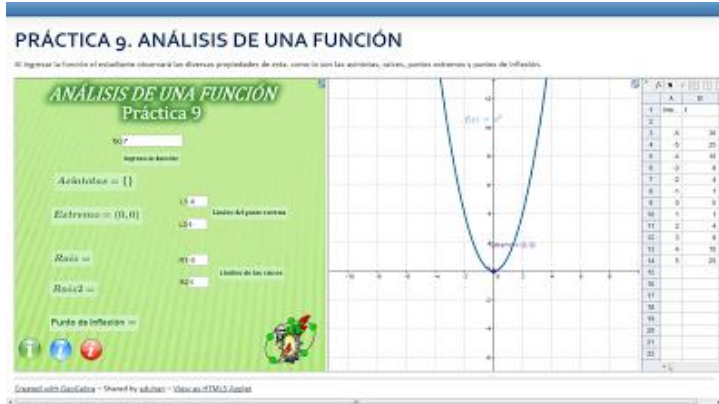
PRÁCTICA 8: LA DERIVADA DE UNA FUNCIÓN



Hoja Interactiva:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45941>

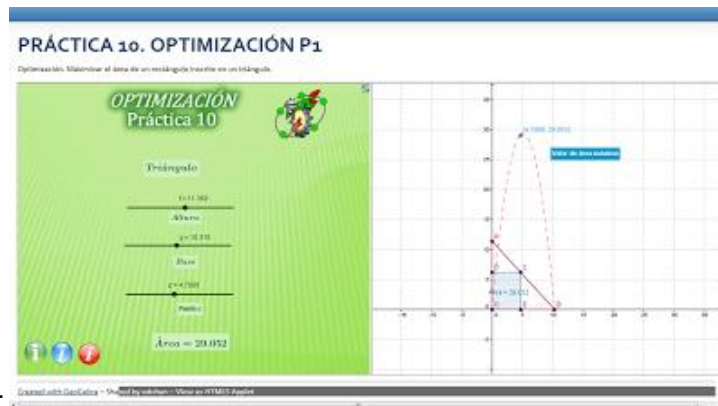
PRÁCTICA 9: ANÁLISIS DE UNA FUNCIÓN



Hoja Interactiva:

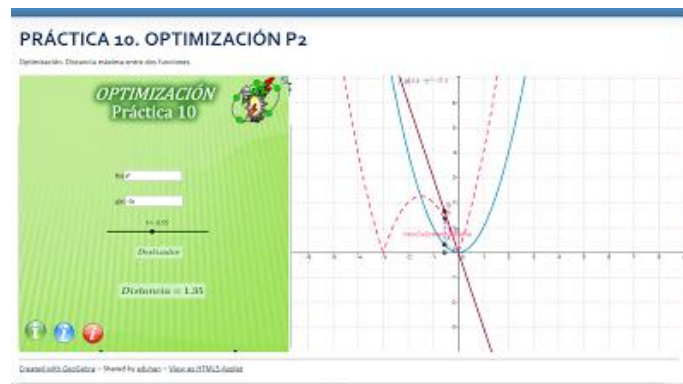
<http://www.geogebra.org/material/show/id/45943>

PRÁCTICA 10: OPTIMIZACIÓN



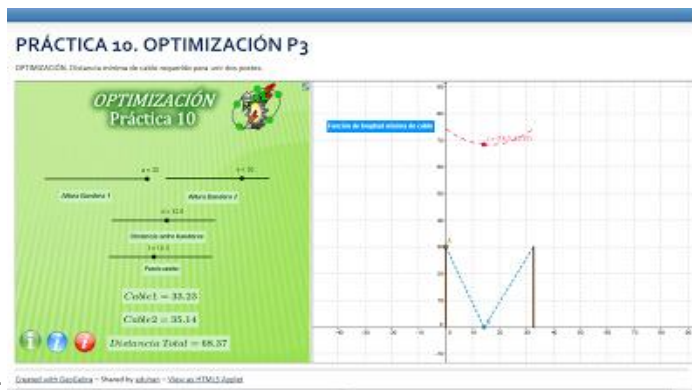
Hoja Interactiva 1:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45944>



Hoja Interactiva 2:

<http://www.geogebra.org/material/show/id/45945>



Hoja Interactiva 3: <http://www.geogebra.org/material/show/id/45946>



Hoja Interactiva 4: <http://www.geogebra.org/material/show/id/45947>

Con este material se espera reforzar los conocimientos adquiridos en la asignatura de Cálculo Diferencial por parte de los estudiantes para cumplir con los objetivos educativos.

Conclusiones

Se diseñó el Manual de Prácticas Computacionales de Cálculo Diferencial en Geogebra adaptando otros Manuales de Prácticas de Cálculo Diferencial estructurados por los profesores de la vocalía de Cálculo Diferencial para otros semestres en el Instituto Tecnológico de Celaya. Este manual está conformado por 10 prácticas que abarcan las cinco unidades en las que está dividido el curso de Cálculo Diferencial y cada una de ellas está respaldada por una hoja interactiva (dinámica) creada expresamente para trabajar en el reforzamiento de los conceptos de la asignatura.

Trabajo a futuro

El trabajo a futuro es la implementación de este Manual de Prácticas Computacionales de Cálculo Diferencial con el uso de hojas interactivas en todos los grupos de Cálculo Diferencial del Instituto Tecnológico de Celaya, actualmente solo se está empleando en una tercera parte de los grupos que presentan esta asignatura en el semestre Agosto – Diciembre 2013. Con la finalidad de realizar un estudio cualitativo que nos permita medir el impacto de este tipo de Manuales en la población estudiantil.

Referencias

1. Adelman, N., Donnelly, M. B., Dove, T., Tiffany-Morales, J., Wayne, A. y Zucker, A. (2002). *The integrated studies of educational technology: Professional development and teachers' use of technology*. Arlington, VA: *SRI International*.
2. Akey, T. M. (2006). *School context, student attitudes and behavior, and academic achievement: An exploratory analysis*. New York, NY: MDRC. Recuperado el 17 de febrero de 2009 de <http://www.mdrc.org/publications/419/full.pdf>
3. Alba, C. (2006). Una educación sin barreras tecnológicas TIC y educación inclusiva. En J. M. Sancho (Ed.), *Tecnologías para transformar la Educación*, 169-198. Madrid: UNIA/Akal.
4. Artigue, M. (2007) "Tecnología y Enseñanza de las Matemáticas: Desarrollo y Aportaciones de la Aproximación Instrumental"; *CIAEM XII-Querétaro México*.
5. Artigue, M. (2004) "Problemas y Desafíos en Educación Matemática: ¿Qué nos ofrece hoy la Didáctica de la Matemática para Afrontarlos?"; *EDUCACIÓN MATEMÁTICA*, (16), 3, 5-26.
6. Baeza de Oleza, L. (1995). *Elaboración de hipertextuales, Reflexión sobre experiencias y retos*. Palma de Mallorca, Belears, España.
7. Biehler, R. (2003). *Interrelated learning and working environments for supporting the use of computer tools in introductory courses*. En L. Weldon y J. Engel (Ed.), *Proceedings of IASE Conference on Teaching Statistics and the Internet*. Berlin: IASE.
8. Cruz, M. (2011). ¿Están preparados los profesores para integrar las TIC en el contexto escolar?. Extraído el 26 de abril de 2012 desde <http://gte2.uib.es/edutec/sites/default/files/congresos/edutec11/Ponencias/Mesa%201-anx/Est%C3%A1n%20preparados%20los%20profesores%20para%20integrar%20las%20TIC%20en%20el%20contexto%20escolar.pdf>
9. Duncombe, R. and Heeks, R. (1999). *Information, ICTs and small Enterprise: Findings from Botswana's Development Informatics Working Paper Series, Working Paper*. Institute for Development Policy and Management, Manchester, UK. Extraído el 26 de abril de 2012 desde http://www.man.ac.uk/idpm/idpm_dp.htm
10. Galvis, A. (2004). *Oportunidades Educativas de las TIC*. Extraído en 2012 desde http://www.colombiaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-73523_archivo.pdf
11. Garrido, J. et al (2006). Estándares en tecnologías de la información y la comunicación para la formación inicial docente: situación actual y el caso chileno. *Revista Iberoamericana en Educación* 7(1). [en línea] Recuperable en: http://www.comportamiento.dsm.usb.ve/revista/vol_7_1/art_3.pdf.
12. Ferreira, N. et al (2009). *Trabajo conjetural con el uso de GeoGebra (Ed.)*, Memorias del sexto Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora (CIEMAC 6). Recuperable: http://www.cidse.itcr.ac.cr/ciemac/6toCIEMAC/Ponencias/Parodi_Ferreira_Geogebra.pdf.
13. Hernández, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. Extraído el 22 de abril de 2012 desde <http://www.uoc.edu/rusc/5/2/dt/esp/hernandez.pdf>
14. Hohenwarter, Markus. *Introduction to GeoGebra*. En <http://www.GeoGebra.org/book/intro-en/>. Consultada en Noviembre, 2010.
15. Inzunza, S. & Juárez, J. (2010). *High School Teacher's Reasoning about Data Analysis in a a Dynamics Statistical Enviroment*. In C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society*. Proceedings of the Eight International Conference on Teaching Statistics (ICOTS 8). Ljubljana, Slovenia.
16. ISTE. (2008). *Estándares Nacionales en TIC para Maestros*. Extraído en 2012 desde <http://www.educarchile.cl/Userfiles/P0001%5CFile%5CTICs%20y%20Formaci%C3%B3n%20docente.pdf>
17. Karsenti, T& Lira, M. (2011). ¿Están listos los futuros profesores para integrar las TIC en el contexto escolar? El caso de los profesores en Quebec, Canadá. Extraído el 26 de abril de 2012 desde <http://redie.uabc.mx/contenido/vol13no1/contenido-karsentilira.pdf>
18. Macias, D. (2007). *Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas*. Extraído el 22 de abril de 2012 desde <http://www.rieoei.org/deloslectores/1517Macias.pdf>
19. Marqués, P. (2006). *Taller de comunicación con NTCl*. Extraído el 22 de abril de 2012 desde <http://www.ubv.lmi.es>
20. Morrissey, J. (2007) *El uso de TIC en la enseñanza y el aprendizaje. Cuestiones y desafíos*. Extraído en 2012 desde <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD30/contenido/pdf/morrissey.pdf>

21. National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principios y Estándares para la Educación Matemática*. Sevilla: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
22. Norma (2008, julio) El Mundo en un clic. El Educador. 10-11 Extraído el 26 de abril de 2012 desde <http://www.jasonohler.com/pdfs/educador14-baja.pdf>
23. Olivar, A. & Daza, A. (2007). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y su impacto en la educación del siglo XXI. Extraído el 22 de abril de 2012 desde <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=78230703>
24. Pólya, G. (1966). *Matemáticas y razonamiento plausible*. Madrid: Tecnos
25. Rojano, T. (2003) "Incorporación de Entornos Tecnológicos de Aprendizaje a la Cultura Escolar: proyecto de innovación educativa en matemáticas y ciencias en escuelas secundarias publicas de México". *Rev. IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN*; (33), 135-165.
26. UNESCO (2008). Estándares de competencias en TIC para docentes. Extraído el 26 de abril de 2012 desde <http://www.eduteka.org/pdfdir/UNESCOEstandaresDocentes.pdf>
27. Ursini, S. (2004) "Validación y confiabilidad de una escala de actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadoras". *EDUCACIÓN MATEMÁTICA*, (16), 3, 59-78.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

PROPIEDADES DE LAS RELACIONES

Ana Karen Álvarez Torres¹, Zindi Sánchez Hernández², José Luis Barragán Oropeza³, Sigifredo García Alva⁴

^{1,2,3,4}División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI)

Instituto Tecnológico de Nogales

Av. Instituto Tecnológico 911. CP. 84065

H. Nogales, Sonora, México

¹anakat@depiitn.edu.mx

²zindi.sanchez@depiitn.edu.mx

³joselbo@depiitn.edu.mx

⁴sgarcia@depiitn.edu.mx

Investigación Educativa

Resumen

El presente artículo muestra el proceso de creación y aplicación de un programa de computadora utilizado para el análisis de las propiedades de las relaciones sobre un conjunto dado. Se revisaron diversos métodos que se utilizan para realizar el proceso de análisis de las propiedades; entre ellos, Grassman - Tremblay, Kolman - Busby y Johnsonbaugh; todos ellos autores de libros de matemáticas discretas; siendo el método de Kolman - Busby el que más se facilitó para implementarlo computacionalmente. Para la implementación de la aplicación, interfaces y métodos que la componen se utilizó el lenguaje C#. La aplicación permite procesar de forma rápida un conjunto de n elementos que pueden ser alfanuméricos y presentar al usuario en tres columnas el resultado del análisis, indicando si la relación es o no un COPO. Los resultados en las pruebas realizadas fueron satisfactorios y hechos en menos tiempo que si llevaran a cabo manualmente.

Palabras clave: *Propiedades, Relaciones, COPO, Hasse.*

Abstract

This article shows the process of creating and implementing a computer program used to analyze the properties of relations on a given set. We reviewed various methods that are used to make the process of analysis of the properties, among them, Grassman - Tremblay, Kolman - Busby and Johnsonbaugh, all authors of books on discrete mathematics, being the method Kolman - Busby the most widely easier to implement computationally. For the implementation of the application, interfaces and methods that comprise the language used C #. The application allows quickly process a set of n elements can be alphanumeric and presented to the user in three columns the test result, indicating whether the relationship is or is not a COPO. The tests results were satisfactory and made in less time than if carried out manually.

Introducción

Propiedades de las Relaciones

Actualmente contamos con un sinnúmero de aplicaciones computacionales para ayudarnos con cálculos y evaluaciones de tipo matemático; ya que estos programas facilitan y agilizan uno o varios procesos de operaciones meticulosas que en tiempos remotos pudieran tomarnos bastante tiempo. Se hace cada vez más indispensable la necesidad de una herramienta que facilite el análisis de operaciones matemáticas como es en este caso el análisis de las propiedades de relaciones, en una amplia búsqueda de aplicaciones que evalúen propiedades de relaciones, no se encuentran resultados, es por ello la importancia de realizar una herramienta que aunque pequeña pueda agilizar y fomentar un avance sistematizado para apoyo de la matemática discreta.

En el área de las matemáticas existen las “Relaciones”, dichas se refieren a la correspondencia entre los elementos de dos conjuntos que forman parejas ordenadas, cuando se formula una expresión que liga dos o más objetos o más entre sí, se la conoce como relación. Existen diversas propiedades de las relaciones, las cuales se describirán a continuación: Relaciones binarias sobre un conjunto A. Dados $a, b, c \in A$ y la relación R sobre A:

- **Reflexiva.**- R es reflexiva si $(a, a) \in R$ para todo valor $a \in A$ (cada elemento de A está relacionado consigo mismo).
- **Irreflexiva o no-reflexiva.**- R es irreflexiva si $(a, a) \notin R$ para todo valor de $a \in A$ (ningún elemento de A está relacionado consigo mismo). Se puede considerar opuesta a la reflexibilidad. En la representación gráfica se verá un grafo sin bucles.
- **Arreflexiva.**- R es arreflexiva si $(a, a) \notin R$ para algún valor $a \in A$ (algún elemento de A no están relacionados consigo mismo), es decir, si no es reflexiva ni irreflexiva. En la representación gráfica se verá un grafo sin bucles en algunos nodos, pero no en todos.
- **Simétrica.**- Para todo a y b, si existe el par $(a, b) \in R$, entonces tiene que existir el par $(b, a) \in R$ (Si existe un par, existe su simétrico; si no existe el par, no existe su simétrico).
- **Antisimétrica.**- Para todo a y b, si existe el par $(a, b) \in R$ y existe el par $(b, a) \in R$, solo puede ser porque $a=b$. Si a es distinto de b, entonces solo existirá uno de los dos pares (si existe un par, no par, no existe el par, puede que exista su simétrico). No se puede considerar como la propiedad opuesta a la simétrica.
- **Asimétrica.**- Para todo a y b, si existe algún par $(a, b) \in R$ para el que no existe el par $(b, a) \notin R$ (para algún par, su simétrico no pertenece a la relación), y viceversa, si existe algún par $(a, b) \in R$ con $a \neq b$, y existe el par $(b, a) \in R$. Es decir, ni simétrica. En el diagrama se dará esta propiedad si para algún par de elementos de A no hay dos flechas contrarias.
- **Transitiva.**- Para todo a, b y c, si existe el par $(a, b) \in R$ y si existe el par $(b, c) \in R$, entonces también existe el par $(a, c) \in R$. El hecho de que no exista (a, b) o no exista (b, c) no significa que no sea transitiva.
- **Intransitiva o no transitiva.**- Para todo a, b y c, si existe el par $(a, b) \in R$ y existe el par $(b, c) \in R$ pero no existe el par (a, c) en la relación.

Ejemplo:

$$R = \{(1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (2,3), (2,4), (2,5), (4,5)\}$$

Analicemos cada uno de los pares y sus relaciones:

- Existe el par (1,2) y el par (2,3) debe existir el par (1,3). Transitivo
- Existe el par (1,2) y el par (2,4) debe existir el par (1,4). Transitivo
- Para los pares (1,3), (1,5) no existe ningún otro relacionado cuyo primer elemento del par sea 3 ó 5 respectivamente. Transitivo
- Existe el par (1,4) y el par (4,5), debe existir el par (1,5). Transitivo
- Para el par (2,3) no existe ningún par cuyo primer elemento sea 3.
- Para los pares (2,5) y (4,5) no existe ningún otro cuyo primer elemento del par sea 5

Por tanto esta relación R es transitiva.

Metodología

Con la finalidad de encontrar un método en común entre los diferentes autores de publicaciones matemáticas que coincidieran en el análisis para la evaluación y solución de los elementos de un conjunto dado y así poder determinar si dicha relación a evaluar cumple con las propiedades necesarias para ser o no un conjunto parcialmente ordenado, se llevó a cabo un comparativo entre los procedimientos de los autores, como a continuación se describe:

Grassman y Tremblay

Comienzan por examinar un grupo de propiedades importantes asociadas con las relaciones. Para ilustrarlas considera a un conjunto con números enteros, sobre este conjunto hay tres relaciones importante, que son $=$, $<$ y \leq . Una propiedad importante de la relación de igualdad es su *reflexividad*. Por esto entendemos que para cada número entero x tiene que ser $x = x$.

Esta propiedad no es compartida con la relación menor que; esto es, $x < x$ es falsa. Por otra parte, es válida $x \leq x$; es decir, la relación menor o igual que es también reflexiva. Otra propiedad de la igualdad es su simetría. Esto significa que de $x = y$ está permitido concluir que $y = x$. Esta propiedad no es compartida ni por la relación $<$ ni por la relación \leq , por tanto, $x < y$ no implica que $y < x$, y $x \leq y$ no implica que $y \leq x$. Una tercera propiedad de la igualdad es la *transitividad*. Esto significa que de $x = y$ e $y = z$ está permitido concluir que $x = z$. Esta propiedad también es válida para $<$ y \leq . En otras palabras de $x < y$ e $y < z$ está permitido concluir que $x < z$, y que se llega a un resultado similar para \leq .

Relaciones Reflexivas

Una relación binaria R sobre X es *reflexiva* si, para cada $x \in X$, el par (x, x) está en la relación. Por consiguiente, R es reflexiva $\equiv \forall x (xRx)$

Kolman y Busby

Relaciones reflexivas e irreflexivas

Una relación R en un conjunto A es **reflexiva** si $(a,a) \in R$ para todas las $a \in A$, esto es, si $a R a$ para todas las $a \in A$. Una relación R en un conjunto A es **irreflexiva** si $a \bar{R} a$ para toda $a \in A$.

Por consiguiente, R es reflexiva si cada elemento $a \in A$ está relacionado consigo mismo y es irreflexiva si ningún elemento está relacionado consigo mismo.

Es posible caracterizar una relación reflexiva o irreflexiva por su matriz como sigue. La matriz de una relación reflexiva deberá tener unos en toda su diagonal principal; en cambio, la matriz de una relación irreflexiva deberá tener ceros.

De igual manera, es posible caracterizar una relación reflexiva o irreflexiva por su grafo dirigido como sigue. Una relación reflexiva tiene un ciclo de longitud 1 en cada vértice; en cambio, una relación irreflexiva no tendrá ciclos de longitud 1. Otra manera útil de decir lo mismo es usar la relación de igualdad Δ en un conjunto A : R es reflexiva si y solo si $\Delta \leq R$, y es irreflexiva si y solo si $\Delta \cap R = \emptyset$.

Finalmente, se deberá observar que si R es reflexiva en un conjunto A , entonces $\text{Dom}(R) = \text{Cod} = A$.

Johnsonbaugh

El autor analiza las relaciones y propiedades de la misma mediante dígrafos, en la figura 1, representa la relación $R = \{(a, a), (b, c), (c, b), (d, d)\}$, sobre $X = \{a, b, c, d\}$. La propiedad reflexiva indica que una relación R sobre un conjunto X es *reflexiva* si $(x, x) \in R$ para cada $x \in X$; en la figura se puede observar que la relación no cumple con esta propiedad; porque no todos los elementos de X tienen un lazo consigo mismo.

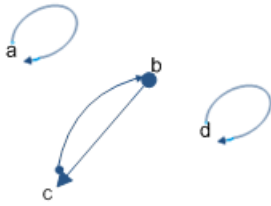


Figura 1. La digráfica de la relación sobre $X = \{a, b, c, d\}$.

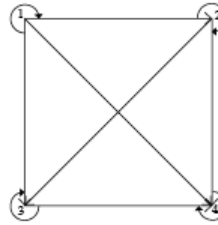


Figura 2. La digráfica de la relación R sobre $X = \{1, 2, 3, 4\}$.

La relación R sobre $X = \{1, 2, 3, 4\}$ representada en la figura 2 es reflexiva, pues para cada elemento $x \in X$, $(x, x) \in R$; específicamente, $(1, 1)$, $(2, 2)$, $(3, 3)$ y $(4, 4)$ están en R. La digráfica de una relación reflexiva tiene un lazo en cada vértice. Observe que la digráfica de la figura 2 tiene un lazo en cada vértice.

Después de analizar los métodos y descripciones de los autores; se logró definir que el procedimiento de Kolman y Busby es el más apropiado para poder implementarlo en una aplicación, debido a que los lenguajes de programación permiten la creación de matrices y manipulación de los elementos de la misma, lo que viene a facilitar la implementación de los métodos que componen la aplicación.

Por ejemplo para implementar el método que analiza la propiedad reflexiva se evalúa que todos los elementos del conjunto dado estén contenidos; es decir, hacer una búsqueda de los elementos que conforman la diagonal principal de la matriz y se verifica que solo haya números 1's. El código utilizado es el siguiente:

```
for (int i = 0; i < Relaciones.GetLength(0); i++)
    if (Relaciones[i, i] == 0)
        MotivoReflexiva = "No existe (" + SearchElement(i) + "," + SearchElement(i) + ")";
Reflexiva = false;
i = Relaciones.GetLength(1);
else
    MotivoReflexiva += "(" + SearchElement(i) + "," + SearchElement(i) + ") ";
```

Una vez evaluada esta propiedad el método obtiene los parámetros de si es o no Reflexiva, donde después ese argumento de resultado será evaluado posteriormente en el método `public string[,] IsCOPO()`, método que analiza si la relación cumple con las condiciones de ser un COPO (Conjunto Parcialmente Ordenado).

En el caso de la propiedad Irreflexiva se busca lo contrario; en ésta ningún elemento del conjunto está relacionado consigo mismo, así que lo que se evalúa es que en la diagonal principal de la matriz, se existan solamente 0's

```
for (int i = 0; i < Relaciones.GetLength(0); i++)
    if (Relaciones[i, i] == 1)
        MotivoIrreflexiva = "Existe (" + SearchElement(i) + "," + SearchElement(i) + ")";
Irreflexiva = false;
i = Relaciones.GetLength(0);
else
    MotivoIrreflexiva += "(" + SearchElement(i) + "," + SearchElement(i) + ") ";
```

Al igual que en la implementación del método anterior, teniendo los resultados de la evaluación de la propiedad; éstos, serán nuevamente evaluados para determinar junto con los demás resultados de las otras propiedades si es o no un COPO.

De forma similar se hizo la implementación de los métodos que analizan el resto de las propiedades.

Se diseñó la interfaz de la aplicación. Una interfaz que permite la introducción de elementos que pueden ser números o letras. En la figura 3 se presenta una pantalla que está mostrando la introducción de elementos numéricos del conjunto a evaluar y en la figura 4 la introducción de letras como elementos del conjunto.

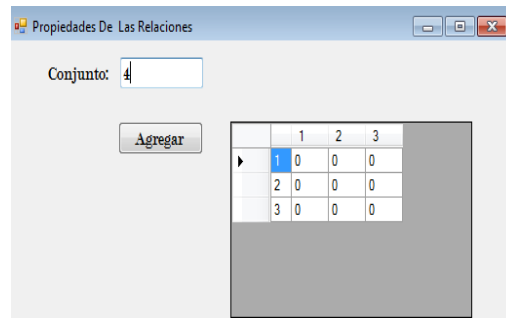


Figura 3. Sección de la interfaz donde se ingresan los elementos numéricos del conjunto a evaluar.

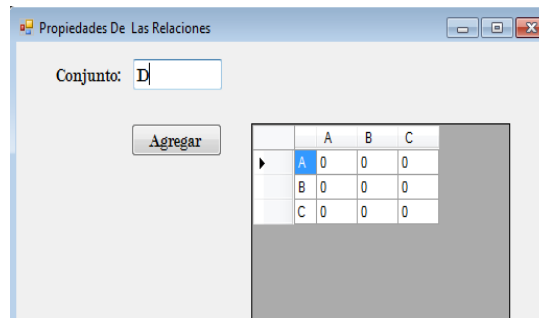


Figura 4. Sección de la interfaz donde se ingresan los elementos alfabéticos del conjunto a evaluar.

Por último se hicieron pruebas. Con conjuntos que tienen como elementos números o letras. A continuación se muestran dos de las pruebas realizadas.

Prueba con elementos numéricos. Se introdujeron los elementos del conjunto y los elementos de la relación, representados con unos y ceros en la matriz, como se puede apreciar en la figura 4.

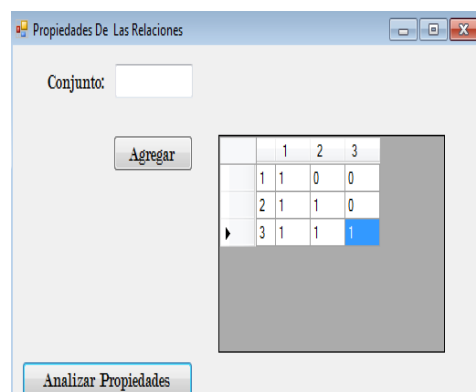


Figura 4. Introducción de los elementos de la relación $R = \{(1,1), (2,1), (2,2), (3,1), (3,2), (3,3)\}$ en la aplicación.

Una vez, ingresados los datos en la matriz, se presiona el botón Analizar Propiedades, que desplegará una tabla evaluando cada una de las propiedades. La tabla tiene tres columnas, la primera indica la propiedad, la segunda especifica si la propiedad existe o no en la relación y en la tercera se muestran ejemplos que justifican los resultados. Ver la figura 5.

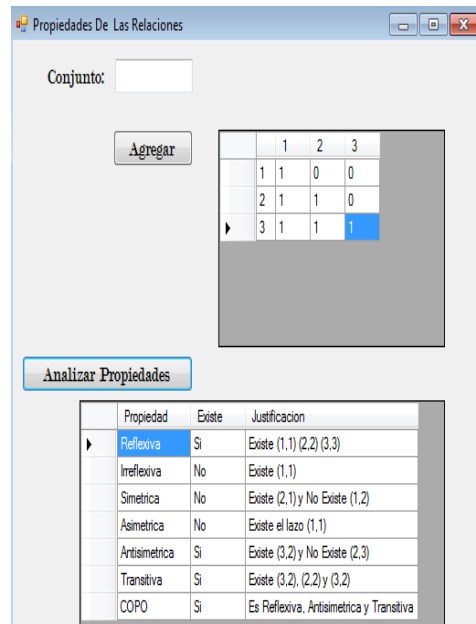


Figura 5. Resultados del análisis de las propiedades de la relación $R = \{(1,1), (2,1), (2,2), (3,1), (3,2), (3,3)\}$.

En el análisis de la figura 5, correspondiente a $R = \{(1,1), (2,1), (2,2), (3,1), (3,2), (3,3)\}$ tenemos que cumple con la propiedad **Reflexiva** ya que existen los bucles (1,1), (2,2), (3,3), en el caso de la propiedad **Irreflexiva** no existe tal relación ya que tenemos el lazo (1,1). En la propiedad **Simétrica** no cumple con ella ya que contiene (2,1) y no existe (1,2), tampoco cumple con ser **Asimétrica** ya que tiene los lazos de repetición por ejemplo (1,1). Sin embargo, cumple con la propiedad **Antisimétrica** ya que existe (3,2) y no existe (2,3); además en la propiedad **Transitiva** se tiene que también cumple con ella ya que existe (3,2), (2,2) y (3,2). De acuerdo al resultado obtenido se tiene que cumple con las propiedades Reflexiva, Antisimétrica y Transitiva y por consiguiente **SI** es un **conjunto parcialmente ordenado**.

Prueba con elementos del conjunto que son letras. De igual manera se introdujeron los elementos del conjunto (letras) y los elementos de la relación (unos en la matriz). Véase figura 6.

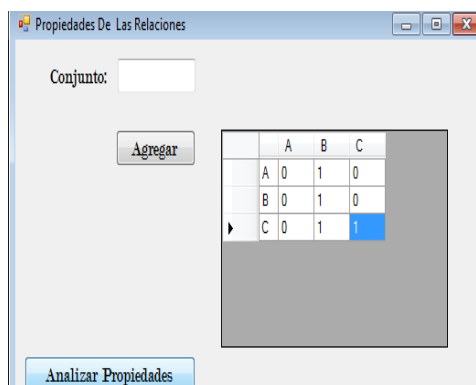


Figura 6. Introducción de los elementos de $R = \{(A, B), (B, B), (C, B), (C, C)\}$ en la aplicación. Se presionó el botón Analizar Propiedades y se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 7.

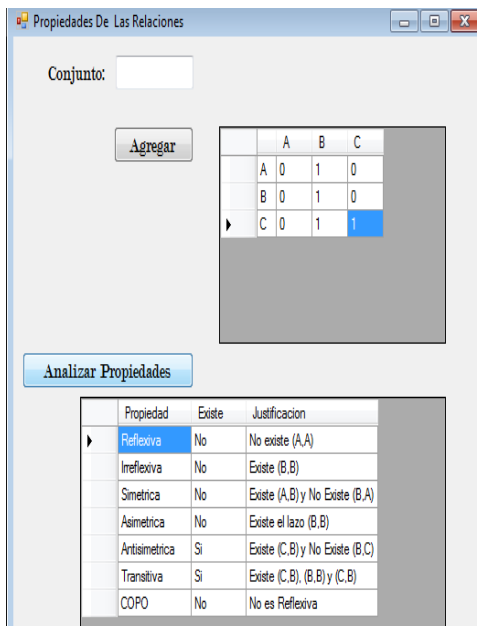


Figura 7. Resultados del análisis de las propiedades de $R = \{(A, B), (B, B), (C, B), (C, C)\}$.

En el caso de la figura 7 correspondiente a $R = \{(A, B), (B, B), (C, B), (C, C)\}$ se tiene que no cumple con la propiedad **Reflexiva** ya que no existe el bucle (A, A); dicho de otra manera, no hay un uno en la celda de la matriz en A, A. En el caso de la propiedad **Irreflexiva** no existe tal relación ya que tenemos un uno en la celda de la matriz en B, B. En la propiedad **Simétrica** no cumple con ella ya que contiene (A, B) y no existe (B, A); tampoco cumple con ser **Asimétrica** ya que cuenta con el lazo (B, B). Sin embargo cumple con la propiedad **Antisimétrica** ya que existe (C, B) y no existe (B, C); además en la propiedad **Transitiva** cumple ya que existe (C, B), (B, B) y (C, B). Analizando las propiedades anteriores se tiene que no cumple con la propiedad Reflexiva ni Antisimétrica por lo tanto **NO** es un **conjunto parcialmente ordenado**.

Resultados y discusión

Se logró la creación de una aplicación de software que permite al usuario introducir datos alfanuméricos como elementos del conjunto, analizar las propiedades de las relaciones, mostrar al usuario las propiedades con las que cumple o no cumple una determinada relación, la justificación de las respuestas dadas y además indica al usuario si la relación es o no un conjunto parcialmente ordenado. Se hicieron pruebas introduciendo al programa conjuntos que tienen como elementos números o letras; los resultados obtenidos fueron los mismos se obtuvieron al hacer el análisis manual.

Trabajo a futuro

Evaluar las propiedades de las relaciones implica hacer un análisis eficaz al momento de evaluar los datos que contiene una matriz de conjuntos alfanuméricos. Se sabe que una vez valoradas las propiedades de las relaciones se puede llevar a realizar nuevos métodos matemáticos para robustecer esta aplicación, como agregar módulos que permitan crear y visualizar la representación de las relaciones mediante dígrafos, así mismo que permita ver la representación gráfica del conjunto parcialmente ordenado, que un diagrama de Hasse.

Conclusiones

Analizar las propiedades de las relaciones de forma manual es un proceso que puede consumir mucho tiempo si los elementos de la relación son muchos. El proceso implica hacer un análisis eficaz y repetitivo de cada uno de los elementos de la relación para obtener los resultados correctos. La aplicación que se obtuvo permite al usuario liberarse de ese proceso repetitivo, sobre todo del análisis de la propiedad transitiva; dándole a ganar tiempo porque la aplicación presenta los resultados de forma instantánea. Este trabajo sirve de base para crear otras aplicaciones que puedan representar las relaciones con digrafos y los COPOS mediante diagramas de Hasse.

Bibliografía

1. Winfried Karl GRASSMANN, Jean-Paul Tremblay. *Matemática Discreta y Lógica, una Perspectiva desde la Ciencia de la Computación*. Ed. Prentice Hall, Madrid, 1998. 244-269
2. Johnsonbaugh, Richard. *Matemáticas Discretas*. Ed. Pearson. México, 2005. 91-103
3. Kolman, Bernard, C. Busby, Robert. *Estructura de Matemáticas Discretas para la Computación*. Ed. Prentice Hall, México 1997. 101-112, 124-131
4. Harvey M. Deitel (Universidad Nova Deitel y Asociados), Paul J. Deitel (Universidad Nova Deitel y Asociados), *Como programar en C#*. Ed. Prentice Hall, México 1997. 509-543

Fuentes de Información

- [de la fuente 2011] de la Fuente López, R.,J. *Matemática Discreta: Conjuntos, combinatoria y grafos* [en línea] [consulta 11-2-2013] disponible en: https://www.innova.uned.es/webpages/aconute/matematicas/documentos/Matematica_discreta_conjuntos_combinatoria_grafos_c_regis-r.pdf?
- <http://es.softuses.com/157657>
- Fast Algorithm for Building the Hasse Diagram of a Galois Lattice – CodeProject, www.codeproject.com
- Search · hasse · GitHub, github.com
- Graphviz | Graphviz - Graph Visualization Software, www.graphviz.org
- hasse - JS Classes, www.jsclasses.org
- PHP Class Scripts, Tutorials, Book reviews, Jobs, User groups, Forums, Web hosting comparisons - PHP Classes, www.phpclasses.org
- PowerBuilder Developer, sciencestage.com
- ETSIIT - Foros - Dudas LMD (Grado), etsiit.ugr.es
- C# Class Examples, www.dotnetperls.com

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

La Cyber-ludopatía en jóvenes y adultos mexicanos, un peligro latente

Hernández Hernández José Luis, Vázquez Peña Moisés, Luna García Felipe, Yuri Alicia Chávez Plazas y Hernández Hernández Mario

Academia de Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo. Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Col. Villa moderna, C.P. 39090, Chilpancingo Guerrero, México. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca en Bogotá Colombia.

tec_jlhh05@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El Internet moderno es una red de redes que suministra un foro de comunicación a nivel mundial en el que participan millones de personas en mayor o menor medida. Con el Internet se puede acceder a casi cualquier lugar a través de dispositivos móviles. Posibilita significativas ventajas para la educación, el comercio, el entretenimiento, entre otras.

Las comunidades virtuales permiten que personas con intereses comunes interactúen donde sea que se encuentren, para intercambiar ideas, conocimientos y culturas. Sin embargo, el uso excesivo de internet y sobre todo el uso de twitter, facebook, Messenger, e-mail, entre otros, ha provocado una serie de adicciones; entre ellas la cyber ludopatía que consiste en buscar juegos de azar y de apuestas en Internet.

Palabras Clave: Cyber-ludopatía, cyber-adicción, ludopatía, ludópata.

Abstract

The modern Internet is a network of networks that provides a forum for worldwide communication that involves millions of people to a greater or lesser extent. With the Internet you can access virtually anywhere through mobile devices. Enables significant advantages for education, commerce, entertainment, and more.

The virtual communities allow people with common interests to interact where they are, to exchange ideas, knowledge and culture. However, excessive use of internet and especially the use of twitter, Facebook, Messenger, e-mail, and more, it has caused a number of addictions including cyber gambling which is to seek gambling and Internet gambling.

Key words: Cyber-gambling, cyber-addiction, gambling addiction, compulsive gambler.

1. Introducción

La palabra ciber o cyber es un prefijo utilizado ampliamente en la comunidad de internet para referirse a varios conceptos relacionados con el uso de las redes de telecomunicaciones tales como: cibercultura, ciberespacio, cibernauta, cibercafé, etc. Su origen se encuentra en el lexema griego *kiber*, presente en palabras como el verbo *kibernao*, que significa pilotar una nave, y el sustantivo *kibernetes*, que significa timonel o piloto.

La adicción patológica a los juegos de azar y las apuestas se conoce como ludopatía. Esta adicción consiste en un deseo irreprimible de jugar pese a que la persona es consciente de las consecuencias.

En un sentido técnico, la ludopatía no es una adicción, sino un trastorno en el control de los impulsos, semejante a la cleptomanía (el robo compulsivo de objetos) y la piromanía (la obsesión por el fuego).

La ludopatía es diagnosticada a partir de diversos síntomas, como los pensamientos frecuentes sobre el juego, la irritabilidad cuando se intenta dejarlo o reducirlo y la utilización del juego como un mecanismo de evasión.

El ludópata tiende a intentar recuperar las pérdidas de juego con nuevas apuestas. Quienes sufren esta afección suelen mentir a sus familiares para ocultar cuánto dinero destinan al juego e incluso son capaces de pedir ayuda económica a terceros para seguir apostando.

La Cyber-ludopatía es pues una dependencia de los niños, jóvenes y adultos por navegar por el ciberespacio en busca de casinos, juegos de azar y de apuestas para participar apostando desde pequeñas hasta grandes

sumas de dinero; imaginando que en ese momento van a tener suerte y que ganarán dinero en grandes cantidades de forma fácil y rápida.

2. Fundamentos de la Cyber-ludopatía

Las relaciones educativas y las circunstancias institucionales de determinados ámbitos sociales en conflicto nos presentan, a menudo, situaciones difíciles de abordar por sus efectos sobre el bienestar (físico, psíquico, intelectual, moral o social) de las personas y de los profesionales. Las prácticas educativas en situaciones de conflicto nos enfrentan con temas tabú, con ideas, hábitos o pautas de comportamiento que socialmente están estigmatizadas. Conflictos arraigados en las costumbres de personas, instituciones y comunidades abarcando aspectos antropológicos, étnicos, históricos, políticos, legales, sociológicos, lingüísticos y económicos.

Los expertos sostienen que la Cyber-ludopatía puede derivar en otros trastornos, como ansiedad, depresión o hasta problemas cardíacos derivados del estrés. Para tratar la Cyber-ludopatía, existen grupos de autoayuda, terapias psicológicas y terapias psiquiátricas.

Es importante destacar que, cuando el juego ocasional se convierte en juego habitual, es más probable sufrir un trastorno de Cyber-ludopatía. En los hombres, la Cyber-ludopatía suele iniciarse en la adolescencia, mientras que las mujeres suelen desarrollar esta adicción entre los 20 y los 40 años.

A los familiares de un ludópata, los especialistas recomiendan que traten de explicarle objetivamente al jugador qué es lo que está pasando, la cantidad de dinero que destina a apuestas y el tiempo que no dedica a su familia. También es importante hacer notar la irritabilidad y el nerviosismo del ludópata.



Figura No. 1 Juegos en la web

3. Indicadores sintomáticos de Cyber-ludopatía

La Cyber-ludopatía, conducta persistente asociada al juego y las apuestas utilizando Internet, es cada vez más frecuente, sobre todo en hombres jóvenes y mujeres de mediana edad, afirman especialistas. Si bien no existe un registro puntual sobre la prevalencia de ese padecimiento en México, ya comienza a ser atendido por la Secretaría de Salud (Ssa).

“El problema empieza a ser visible pero hemos arrancado un protocolo de intervención para dar respuesta terapéutica profesional al fenómeno”, señaló Juan David González Sánchez, subdirector de consulta externa de los Centros de Integración Juvenil, organismos dependientes de la Ssa.

Para que una persona sea diagnosticada como ludópata normalmente tiene los siguientes síntomas:

- Obtener dinero a través del robo
- Pérdida del trabajo o relación afectiva, así como estudios debido al juego
- Carácter irritable e inquieto cuando no está jugando
- Jugar para escapar de problemas emocionales
- Apostar cada vez más para recuperar pérdidas

Las personas que tienen alguna adicción al juego, se clasifican de la siguiente forma:

- El jugador ocasional
- El jugador profesional
- El jugador problema

- El jugador patológico

Del jugador ocasional con el paso del tiempo avanza y llega a ser jugador profesional; pero sigue jugando cada vez más y llega a ser un jugador problema.

El caso más terrible es el jugador patológico que se caracteriza por una dependencia emocional del juego, una pérdida de control respecto a éste y una interferencia con el funcionamiento normal de la vida cotidiana.

Los jugadores patológicos difieren entre sí en muchos aspectos clínicamente significativos. Difieren también en los trastornos que presentan, incluyendo otros de control de los impulsos. Difieren también en la predisposición biológica, en factores psicológicos y sociológicos que contribuyen al desarrollo del trastorno.



Figura No. 2 Cyber ludópata jugando on line.

Los cyber ludópatas evolucionan por 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

- La primera fase se denominaron **fase de ganancia** donde el jugador gana y sus apuestas van aumentando progresivamente.
- La segunda etapa es la **fase de pérdida** donde el juego es utilizado como estrategia para recuperar las pérdidas, comenzarán los préstamos solicitados a familiares, amigos, compañeros de trabajo, bancos, tarjetas de crédito, prestamistas, fuentes legales e ilegales.
- La tercera fase se llama **fase de desesperación** es la continuación del cúmulo de pérdidas y deudas. Continuará pidiendo prestado dinero aunque no habrá devolución del mismo. Se incrementará el tiempo y dinero jugado pero el optimismo se desvanece por primera vez debido a la situación en que está.
- En la última **fase de desesperanza** o agotamiento; el jugador ya sabe que va a perder pero este pensamiento no le impide seguir jugando.



Figura No. 3 Sentimiento de culpa de un Cyber-ludópata.

4. Los casinos en línea.

Resulta interesante la historia de **cómo surgieron y se desarrollaron los casinos online**. Todo comenzó en 1994 cuando se aprobó el Free Trade & Processing Zone Act o Acta de Libre Comercio en un estado de las

Antillas Menores llamado Antigua y Barbuda. En el acta se autorizaba entregar licencias operativas a las empresas del territorio que deseaban abrir casinos online.

No obstante aún no se había diseñado un software que hiciera posible la materialización de un casino de este tipo. A sólo varios meses de haberse aprobado y entrado en vigor dicha acta, surgieron las empresas Microgamimng y Crypto Logic convirtiéndose rápidamente en las más significativas en el sector de los casinos on line.

Estas empresas de manera vertiginosa comenzaron a trabajar en el desarrollo del software necesario y ya en 1996 se logra inaugurar el primero de los casinos en línea. La industria dedicada a los juegos de azar alcanzó un considerable desarrollo y crecimiento durante la etapa comprendida entre los años 1996 y 1998, un hecho sin precedente. En estos años también surgió y se difundió mundialmente la Internet, marcando un hito en el desarrollo histórico de la tecnología.

Todo esto conllevó a que en breve se originara una gran explosión de nuevos casinos on line, los cuales demandaban cada vez más de determinados requerimientos para los software de los juegos a las empresas encargadas de desarrollar dichos programas. Este negocio ganó tanta fortaleza en tan breve período de tiempo que comenzaron a ganar también en números de detractores y enemigos.

5. Estrategias de atracción.

Todo inicia con un usuario de internet que puede ser un niño, joven o adulto que empieza a navegar en Internet buscando cierta información. De manera mágica en muchas de las páginas visitadas aparecen mensajes que invitan a probar un juego on line y ofrecen bonos gratis para probar el juego sin ningún compromiso.

Otra forma es que llegan correos spam a millones de usuarios, invitando a probar ciertos jugos en forma gratuita y recibiendo bonos de regalo por el simple hecho de probar el juego on line.

EL MÉTODO QUE CAMBIÓ MI VIDA
Ganar dinero desde casa de forma
duradera es más fácil que nunca.
¡Es muy sencillo! ¡Es legal! ¡Es rápido!

michelle@mtrabajo-casa.com

Hola,
me llamo Michelle. Tengo tres niños preciosos pero, lamentablemente, perdí a mi marido en un accidente de tráfico hace cinco años. Antes de esta tragedia, trabajaba como desarrolladora web en una empresa de juegos en línea. Nuestra vida era acomodada gracias a los buenos ingresos que tenía. Los niños eran felices con su papá cerca, que los ayudaba, jugaba con ellos, y les cocinaba sus platos favoritos. Yo era feliz con que mi marido se ocupara de las tareas domésticas y, lo más importante, teníamos los fines de semana para viajar y pasar tiempo juntos como una familia. Sin embargo, sucedió lo impensable, de repente, ¡y perdí al amor de mi vida!

Ganancias obtenidas por mis suscriptores en los 2 últimos meses
500,330€

¡Nuevo capítulo! ¡Nueva vida! ¡Nuevos negocios!



Figura No. 4 Ganchos para probar casinos en línea.

Aquellos que les gusta jugar en *casinos on line* llegan a experimentar la satisfacción de un rápido ritmo de juego emocionante que tiene el beneficio de ahorrar dinero. Ahorrar dinero mientras se juega, se parece un poco tonto, pero es cierto.

Cuando un cyber ludópata está jugando en un casino on line, normalmente no tiene preocupaciones o la tentación de salir a comer en un restaurante caro o hacer una compra en alguna tienda de regalos.

Algunos casinos on line muy comunes pueden apreciar en la figura no. 5



Figura No. 5 Casinos muy comunes en Internet.

Siendo todas las transacciones efectuadas de modo totalmente electrónico, es necesario certificar si está jugando en casinos honestos. Muchos sitios de juego en el Internet recurren a todos los medios para prevenir tentativas de robo y fraude, todavía hay algunos casinos de juego menos fidedignos. Es aconsejable consultar las «listas negras» para saber si cierto casino está incluido.

Los casinos honestos protegen la integridad y confidencialidad de todos los registros en línea. Porque tienen una reputación a proteger, los casinos virtuales de confianza no participan de actividades ilegales. Las repercusiones son serias para los casinos que operan sin permiso comercial, controlado y conferido por las entidades que regulan con medidas severas el juego de apuestas en línea.

6. Primera respuesta al problema

El tratamiento de la ludopatía comienza con el reconocimiento de que hay un problema. La negación es común entre aquellos que son adictos y el jugador compulsivo no es diferente.

A pesar de la aceptación y de la promoción social de la actividad, que genera una imagen de los juegos de apuestas como actividades de ocio, diversión, distracción y asociadas a alegría y fortuna, como si no provocasen efectos en la salud mental de los participantes, podemos evidenciar una primera contradicción; Las autoridades al prohibir el uso a menores de edad ya aceptan, implícitamente, la peligrosidad de los juegos de apuestas y eso quita muchas explicaciones e intentos de atribuir toda la responsabilidad al jugador, como único responsable del trastorno que padece, sea a nivel social utilizando el término vicioso para describir al enfermo, sea alegando estudios "científicos", estadísticos o razonamientos jurídicos, por parte de los beneficiarios de la actividad o de las propias administraciones.

Si reflexionamos sobre la terminología vicioso podríamos llegar a la conclusión de que está cargada de prejuicios y se puede utilizar incluso como insulto, referida a un tipo de comportamiento o actitud que no se acepta socialmente, que tiene una intensa carga moral sobre algo que, lejanamente, era pecado por el placer que producía.

Por el contrario, si le sacamos su carga religiosa e histórica y empezamos a pedir al ciudadano ejemplos de qué entiende por vicio, encontraremos muchos problemas de coincidencia. Con el ejemplo del fumar se entenderá muy bien. Hay gentes para quienes fumar es un vicio, independientemente de la frecuencia con que se haga, sea en bodas, en fiestas esporádicas, etc. Para otros existe toda vez que se haga periódicamente, hay quienes ven como vicioso a aquel que fuma más de cuatro cigarrillos diarios, otros si se fuma entre un paquete o dos.

El primer paso que deben dar los familiares es intentar resolver su propia situación emocional, posteriormente pueden intentar entender que están frente a una adicción, puesto que es demasiado fácil que la situación escape a su control y no deberían sentirse culpables.

La entereza con que planteen al jugador los objetivos y medidas a seguir, deben ir acompañadas con la comprensión de las reacciones que tiene el jugador, poniéndose emocionalmente en su situación, no sirve de nada hacer planteamientos de "si me quisieras no jugarías", es necesario demostrar respeto como personas que son mientras se ofrece el apoyo para hacer lo necesario que mantenga la abstinencia en jugar.

Aún así, se insiste en que se ponga en tratamiento, a menudo no hay conciencia de enfermedad y se niega o no se quiere tratar con el convencimiento de que podrá hacerlo solo, proponga que es la mejor solución, que es más fácil con el apoyo profesional, que se genera más confianza con una buena rehabilitación, que los afecta a todos estar pendientes de las recaídas y los hace sufrir afrontarlo solos. En definitiva, que es demasiado importante para que se repita.

Por ello, el consejo de ir a una asociación con profesionales, psicólogos o psiquiatras, con experiencia en juego patológico, es imprescindible para resolver la singular situación emocional en que se encuentran, recibir la orientación necesaria frente a los problemas que surgirán, facilitar el cumplimiento de las medidas preventivas, de los puntos no negociables, y conseguir un abordaje terapéutico del jugador y su problema, es importante comprender que la rehabilitación es un proceso largo.



Figura No. 6 Centros de rehabilitación sobre la cyber-ludopatía.

7. Estadísticas sobre Cyber-ludopatía.

Para llevar a cabo esta investigación se utilizó información proporcionada por el INEGI sobre la población de la ciudad de Chilpancingo Guerrero, encontrando que la población universo de entre 15 y 45 años (Jóvenes y adultos) es de 105, 441 personas que tienen secundaria, preparatoria, profesional o posgrado según el censo 2010.

Se aplicó la fórmula de la figura No. 7, para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{N}{1 + \left(\frac{z^2 (N-1)}{z^2 (p * q)} \right)}$$

Figura No. 7 Fórmula para determinar la muestra poblacional.

- Donde:
- z = Nivel de confianza = 1.96 (95%).
 - N = Tamaño conocido del universo o población = 105,441.
 - P = Probabilidad a favor 0.50 (50%).
 - Q = Probabilidad en contra 0.50 (50%).
 - E = Error de estimación = 0.05 (5%).
 - N = Tamaño de la muestra que deseamos conocer = Número de encuestas.

Se obtuvo que n = 383; por lo que se aplicaron esa cantidad de cuestionarios al azar en todo Chilpancingo, considerando una proporcionalidad física en todas las colonias y el centro de Chilpancingo.

La aplicación fue una cantidad proporcional tanto a hombres como a mujeres y proporcional al rango de edades de entre 15 y 45 años.

Una de las preguntas clave, es si usaba o no el Internet y se obtuvo que 302 personas si hacían uso del internet y 81 personas no lo utilizaban. Se obtuvo la gráfica que se muestra en la figura No. 8.

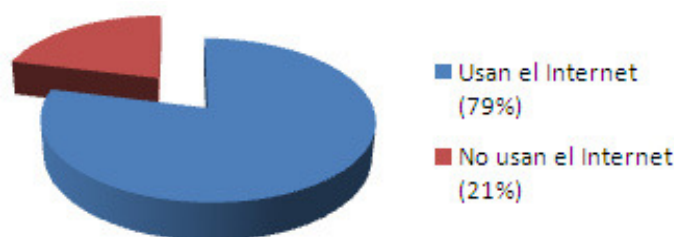


Figura No. 8 Uso del Internet en el tamaño de la muestra.

De 302 personas que hacen uso del internet, 13 personas expresaron que juegan de vez en cuando juegos de casino en Internet y 289 personas expresaron que nunca juegan en internet. Se obtuvo la gráfica que se muestra en la figura No. 9.



Figura No. 9 Cyber Ludopatía de las personas que usan Internet.

Si se hace el análisis, se tiene que:

Total de personas encuestadas (entre 15 y 45 años) = 383.
Las personas que hacen uso de internet = 302.
Personas con cyber ludopatía = 13.

8. Conclusiones

En apariencia son pocas las personas con cyber ludopatía, el problema es que las cifras están creciendo y si se considera la población a nivel México, continente americano o a nivel mundial; las cifras empiezan a ser alarmantes.

Si eres familiar o amigo de un posible jugador patológico, no se le debe apoyar en su afición por el juego. Cubrir sus deudas podría significar que no aprenda a asumir las consecuencias de jugar y sólo hará que el problema sea cada vez mayor. Las madres que cubren el problema de sus hijos en vez de afrontarlo, lejos de ayudarlo, están empeorando la situación. Hay que pedir ayuda, el problema tiene solución. Hay que acudir personalmente a consultar a un profesional sobre lo que se puede hacer para ofrecer una ayuda eficaz al jugador, o influir en él para que reconozca el problema y acepte ayuda para solucionarlo.

La persona que cayó en la cyber ludopatía necesita tratamiento, por lo que la familia debe ayudarles para que acepten su cyber adicción y acepten la ayuda; por lo que se debe considerar lo siguiente:

- No invitarles excusas
- No negar la situación
- Alentarlos a tener ayuda
- Ofrecer acompañamiento en sus reuniones
- Controlar las finanzas, y de esa manera controlar gran parte de la situación
- Pedir ayuda a los profesionales sobre el tema

9. Referencias

- [1] Diccionario de términos informáticos, <http://moheweb.galeon.com/diccinformatic.htm#C> , consultada en Abril del 2013.
- [2] Cibercultura, <http://202010cibercultura-yury.blogspot.com/2011/04/glosario.html> , consultada en Mayo de 2013.
- [3] Definición de, <http://definicion.de/ludopatia/#ixzz2KRh0TMGc> , consultada en Junio de 2013.
- [4] Periódico "Vanguardia" de Coahuila. De fecha: 19/Julio/2013.
- [5] Sandoval de Ecurdia, Juan Martín y Juan Francisco Zamudio Tadeo. "Los casinos en México y sus principales efectos sociales", Dirección General de Bibliotecas, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, DPS, 56 noviembre 2002. <http://www.cddhcu.gob.mx/bibliot/publica/inveyana/polisoc.htm>

- [6] Tejada de Luna Rafael. "Ludopatía, problema epidemiológico que producen los casinos, el bingo y todos los demás juegos de apuestas", 2008.
- [7] Santos Cansado José Antonio, "*Manual de intervención en juego patológico*", Imprenta moreno, 2011.
- [8] Mc. Cormick, R.A y Ramírez, L.F. (1988). "Pathological gambling", Ed. Modern perspectives in psychosocial pathology, pp. 135-157.
- [9] Juegos de casino, "*Una mirada a la historia de los juegos de casino*", <http://www.juegoycasino.com/2013/01/una-mirada-la-historia-de-los-juegos-en.html>, 8 de enero de 2013.
- [10] Casinos honestos, <http://www.casinoshonestos.com/>, Julio de 2013.
- [11] Vincere. Centro para el tratamiento del juego compulsivo, <http://www.centrovincere.com/> , Julio de 2013.
- [12] Fundación Nueva Luz, <http://www.fundacionnuevaluz.com.ar/sitio/inicial.php?subaction=showfull&id=1234538971&archive=%ucat=> , Agosto de 2013.
- [13] Revista argentina Alcmeón, http://www.alcmeon.com.ar/12/47/03_calero.htm, Revista No.47, Año XV, Vol.12 Nro. 3, Octubre de 2005, pp. 244 a 255.

Autorización y Renuncia.

Los autores del presente artículo, autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de Investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresando en el escrito.

Impacto académico del nivel medio superior en la UTec

A. E. Cruz Rojo¹, M. Barroso Avalos², D.M. Mendoza Muciño³, y S. Rivera Martínez⁴

División de Administración, Universidad Tecnológica de Tecámac, Carretera Federal México-Pachuca km 37.5
Col. Sierra Hermosa, Tecámac, C.P. 55770, Estado de México, México

[1crae_001@hotmail.com](mailto:crae_001@hotmail.com), [2maricarmen.barroso@hotmail.com](mailto:maricarmen.barroso@hotmail.com),

[3dalilam4@gmail.com](mailto:dalilam4@gmail.com) y [4surima15@yahoo.com.mx](mailto:surima15@yahoo.com.mx)

Área de participación: Ingeniería administrativa

Resumen (máximo 150 palabras)

Es un estudio efectuado en el 2011 para conocer el nivel académico con el que ingresan los alumnos en la División de Administración de la Universidad Tecnológica de Tecámac, siendo los sistemas y subsistemas del nivel medio superior los principales proveedores.

Una vez aplicado el Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II), se recaban los resultados obtenidos para identificar las áreas que hay que reforzar, a fin de que el alumno no se sienta agobiado por los contenidos temáticos y termine por desertar o reprobar.

Palabras Clave: EXANI-II, reprobación y deserción.

Abstract (150 words at most)

This is a study done 2011 to determine the academic level with which students enter in the Division of Administration in Tecámac Technological University, being the systems and subsystems from high school leading suppliers.

Once applied the National Examination for Admission to Higher Education (EXANI-II), the results to identify areas that should be strengthened are collected, so that the student does not feel burdened by the topics and ends up defecting or failing.

Introducción

La educación en México requiere de cambios vertiginosos que incluyan todos los niveles educativos para que de manera eslabonada se tengan mejores resultados y estos se puedan ver reflejados en el nivel superior, ya que este juega un papel de suma importancia debido a que atiende directamente las demandas y necesidades del mercado laboral. Por tal motivo las Instituciones de Educación Superior (IES) deben estar comprometidas en crear vínculos tales como: alumno-industria, cuerpos de investigación-alumnos, maestro-industria e IES-educación media superior.

El mundo atraviesa por una serie de cambios. Estamos ante un mundo cada día más pequeño, pues sus límites la globalización los ha reducido al mínimo. Como paradoja, la distancia que separa a los que todo tienen y los que carecen de lo necesario, es cada día mayor. Entre esas carencias, está la posibilidad de acceder a una educación de calidad, integral, formativa y que genere seres humanos comprometidos con la democracia, con el entorno ambiental y social.

Una preparación escolar previa deficiente caracterizada por:

- ✓ Menor dominio de la lectura y la expresión oral y escrita, ausencia de hábitos de estudio;
- ✓ Escaso apoyo familiar y urgencias económicas en el hogar;

- ✓ Contexto familiar, social y cultural con normas y valores no siempre claros ni consistentes;
- ✓ Con rasgos psicológicos desfavorables para el trabajo escolar tradicional, tal vez por influencia de la televisión, como inestabilidad, rapidez de la percepción, prioridad de lo emotivo sobre lo racional;
- ✓ Con subculturas a las que resultan extrañas las normas y valores propios de las instituciones académicas, como se refleja en la aparición de expresiones de desorden anímico.

Los altos índices de reprobación y deserción van en aumento y constituyen un foco de atención; estos problemas en la educación se dan en las instituciones de educación media superior y superior. Dichos problemas no solo es la manifestación de un bajo desempeño académico y de aprendizaje, si no que las causas que los originan son multifactoriales arrojando resultados que nos tienen como país en los últimos lugares en educación a nivel mundial; como lo muestran las últimas noticias en donde señalan que la calidad de la educación en México se encuentra en la posición 100 de 144 países que fueron evaluadas en el Reporte Global de Competitividad en el 2012, del Foro Económico Mundial (FEM), en ese mismo foro el subsecretario de Educación Superior, Rodolfo Tuirán Gutiérrez señaló que México se ubica en el lugar 71 si se mide la disponibilidad de científicos e ingenieros, 49 si se compara con la calidad de las instituciones de investigación y 42 en la colaboración de universidades con la industria. Esto deja a México por debajo de Chile, Panamá y Brasil en relación con países de América Latina.

Las Universidades Tecnológicas ofrecen a los egresados de la educación media superior el nivel 5-B de estudio de acuerdo a la clasificación de la Unesco, una formación intensiva que les permite incorporarse en dos años, al trabajo productivo con un Título y una Cédula Profesional como Técnico Superior Universitario o continuar estudios a nivel licenciatura (ya considerado en un nivel 5-A), en diversas ingenierías que se ofertan en los 61 planteles que hay en el país. La presente investigación se desarrolla en la Universidad Tecnológica de Tecámac (UTTEC), ubicada en el Estado de México.

Las aulas deben convertirse en verdaderos centros generadores del conocimiento, comprometidos con los alumnos en brindarles un aprendizaje significativo sustentado en diferentes estrategias que les facilita adquirirlo; y poder trabajar de manera colaborativa con otros entes que inciden en el aprendizaje de los estudiantes, permitiendo minimizar los indicadores de reprobación y deserción, pero es necesario puntualizar que no es un trabajo sencillo ya que requiere de un compromiso compartido. Por eso se considera de suma importancia escudriñar en las causas de dicha deserción y reprobación, por tal motivo la investigación que se realiza tiene por objetivo determinar las deficiencias académicas de los alumnos de nuevo ingreso de la UTTEC en los ciclos escolares del 2011 en la carrera de Administración área Recursos Humanos.

Metodología

La investigación se desarrolla tomando como referencia los resultados obtenidos en el Examen Nacional de Ingreso II (EXANI-II) que corresponde al nivel superior, se clasifican a los sustentantes de acuerdo con su institución de procedencia, con la finalidad de que en futuro cercano se realice un trabajo colaborativo con las instituciones en cuestión, se identifican los mejores promedios y los resultados por áreas, para así deducir cuales serían las estrategias a seguir para minimizar el rezago que se detecte.

La investigación es descriptiva al señalar las características de los resultados obtenidos por los sustentantes, se realiza desde una perspectiva cuantitativa; los datos son tomados en un solo periodo por lo que tiene una connotación transversal, éstos son tomados de las generaciones que ingresaron a la Universidad en la carrera de Administración en el año 2011, aclarando que en la universidad hay tres ciclos escolares de ingreso por año (enero - abril, mayo - agosto y septiembre - diciembre); las propuestas que se realizan se hacen con base en un análisis estadístico, sobre una muestra estratificada de 18 instituciones educativas que más alumnos nos proveen.

Con lo anterior se pretende lograr obtener información suficiente para una correcta toma de decisiones en cuanto a las estrategias a seguir para minimizar la deserción y la reprobación, con lo que permita elevar el nivel académico en la UTTEC.

Resultados y discusión

El Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II) es una prueba de selección cuyo propósito es medir las habilidades y los conocimientos básicos de los aspirantes a cursar estudios de nivel superior. Proporciona información a las instituciones sobre quiénes son los aspirantes con mayores posibilidades de éxito en los estudios de licenciatura, basándonos en esta definición proporcionada por el Ceneval, A.C. (www.ceneval.edu.mx).

Y sabiendo que está integrado por dos instrumentos: el primero, el examen de selección que representa un auxiliar en la toma de decisiones sobre el ingreso; el segundo, el examen diagnóstico que informa sobre el nivel del sustentante en el conocimiento y manejo de áreas básicas para iniciar los estudios de educación superior.

Nuestros resultados se basan en El EXANI-II de selección que es calificado en función de las respuestas correctas obtenidas por el sustentante en el examen, así Ceneval reporta la calificación global y por área de cada sustentante en Índice Ceneval (ICNE¹).

El Índice Ceneval en el examen de selección tiene como propósito ser un referente a partir del cual las instituciones toman decisiones sobre el ingreso, pues distribuye a los sustentantes de acuerdo con su resultado en áreas que miden habilidades y conocimientos necesarios para iniciar estudios de nivel superior.

Tabla 1. Calificación en índice Ceneval del examen de selección

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALORES
IRLM	CALIFICACIÓN DE RAZONAMIENTO LÓGICO MATEMÁTICO EN ÍNDICE CENEVAL	700-1300
IMAT	CALIFICACIÓN DE MATEMÁTICAS (SELECCIÓN) EN ÍNDICE CENEVAL	700-1300
IRV	CALIFICACIÓN DE RAZONAMIENTO VERBAL EN ÍNDICE CENEVAL	700-1300
IESP	CALIFICACIÓN DE ESPAÑOL EN ÍNDICE CENEVAL	700-1300
ITIC	CALIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN ÍNDICE CENEVAL	700-1300

El examen de selección indaga el nivel de apropiación de las habilidades lógico-matemáticas y verbales, así como el manejo de los conocimientos de español, matemáticas y tecnologías de información y comunicación. Se compone de 110 reactivos: 100 cuentan para la calificación que se reporta y 10 están a prueba. Estos últimos se distribuyen en todas las secciones del examen y no pueden ser identificados por el sustentante. Así como se muestra en la tabla 1. Calificación en índice Ceneval del examen de selección.

El Ceneval entrega a las instituciones dos reportes globales de resultados: uno ordenado del sustentante con mayor calificación al de menor puntaje y otro en orden alfabético; además entrega un bloque con el reporte individual correspondiente a cada sustentante.

Tomando el reporte de los 549 aspirantes que participaron en el EXANI-II 2011, seleccionamos las 18 instituciones educativas que más alumnos nos proveen, dándonos como resultado una muestra estratificada de 218.

Así presentamos la tabla 2. Mayor participación de alumnos en el EXANI-II 2011.

¹ El ICNE es una escala de entre 700 y 1,300 puntos. La puntuación mínima (o la más baja) es 700 e indica que no se obtuvo ningún acierto; la máxima (o más alta) es 1,300 puntos, y significa que se acertó en todos los reactivos de la prueba.

Tabla 2. Mayor participación de alumnos en el EXANI-II 2011

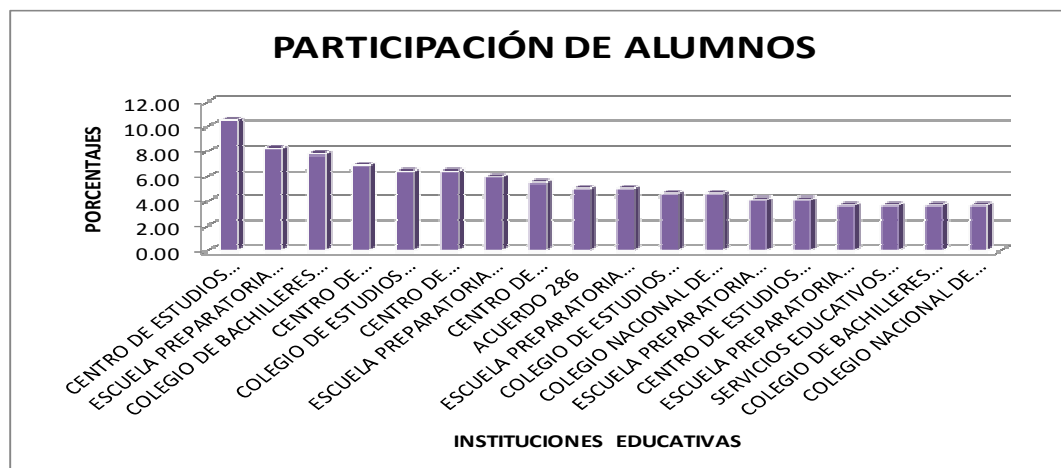
CVE_PROC	INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PROCEDENCIA	PARTICIPACIÓN DE ALUMNOS	% PARTICIPACIÓN DE ALUMNOS
138111	CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS -- NÚM. 065	23	10.55
106805	ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 022	18	8.26
220230	COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE MÉXICO -- NÚM. 019 TECAMAC	17	7.80
141380	CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO -- NÚM. 001 DR. JORGE JIMÉNEZ CANTÚ	15	6.88
210080	COLEGIO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE HIDALGO -- TIZAYUCA	14	6.42
188381	CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS -- NÚM. 202	14	6.42
245588	ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 019	13	5.96
131747	CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO	12	5.50
247098	ACUERDO 286	11	5.05
241113	ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 073	11	5.05
235500	COLEGIO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE MÉXICO -- PLANTEL NÚM. 008 ECATEPEC DE	10	4.59
155106	COLEGIO NACIONAL DE EDUCACIÓN PROFESIONAL TÉCNICA -- NÚM. 192 ECATEPEC I	10	4.59
230596	ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL ANEXA A LA NORMAL DE TECAMAC	9	4.13
122026	CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS -- NÚM. 141	9	4.13
225363	ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 037	8	3.67
221914	SERVICIOS EDUCATIVOS INTEGRADOS AL EDO MEX.	8	3.67
185734	COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE MÉXICO -- NÚM. 010 ECATEPEC NORTE	8	3.67
109973	COLEGIO NACIONAL DE EDUCACIÓN PROFESIONAL TÉCNICA -- NÚM. 223 ECATEPEC III	8	3.67
	TOTAL	218	100.00

Los alumnos de 18 instituciones suman en promedio 12 alumnos por escuela que participaron en el EXANI 2011.

Sin embargo, las que más estudiantes aportaron fueron las siguientes:

- Escuela Preparatoria Oficial Núm. 22.
- Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios Núm.65
- Colegio de Bachilleres del Estado de México Núm. 19 Tecámac

Siendo escuelas que pertenecen a los siguientes subsistemas de educación: Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria, Dirección General de Educación Tecnológica Industrial y al Sistema Nacional de Bachillerato. Como se puede apreciar en el gráfico 1.



NOM_PROG	IRLM	%	IMAT	%	IRV	%	IESP	%	ITIC	%
ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 022	982	75.51	1033	79.49	1038	79.87	980	75.38	970	74.62
COLEGIO NACIONAL DE EDUCACIÓN PROFESIONAL TÉCNICA -- NÚM. 223 ECATEPEC III	918	70.58	955	73.46	1004	77.21	963	74.04	921	70.87
CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS -- NÚM. 141	913	70.26	947	72.82	967	74.36	957	73.59	877	67.44
CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO	1055	81.15	1080	83.08	1068	82.12	1038	79.81	990	76.15
CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS -- NÚM. 065	978	75.22	993	76.42	979	75.32	945	72.71	928	71.40
CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO -- NÚM. 001 DR. JORGE JIMÉNEZ CANTÚ	972	74.77	1022	78.62	1052	80.92	1026	78.92	994	76.46
COLEGIO NACIONAL DE EDUCACIÓN PROFESIONAL TÉCNICA -- NÚM. 192 ECATEPEC I	970	74.62	976	75.08	958	73.69	994	76.46	949	73.00
COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE MÉXICO -- NÚM. 010 ECATEPEC NORTE	1019	78.37	966	74.33	1049	80.67	1004	77.21	933	71.73
CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS -- NÚM. 202	929	71.48	987	75.93	996	76.59	1000	76.92	884	68.02
COLEGIO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE HIDALGO -- TIZAYUCA	987	75.93	1002	77.09	972	74.78	991	76.26	1011	77.75
COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE MÉXICO -- NÚM. 019 TECAMAC	977	75.16	1018	78.28	1009	77.60	1004	77.19	982	75.57
SERVICIOS EDUCATIVOS INTEGRADOS AL EDO MEX.	1056	81.25	1023	78.65	1060	81.54	1038	79.81	966	74.33
ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 037	1004	77.21	1023	78.65	1008	77.50	978	75.19	910	70.00
ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL ANEXA A LA NORMAL DE TECAMAC	1087	83.59	1040	80.00	1047	80.51	1060	81.54	1043	80.26
COLEGIO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE MÉXICO -- PLANTEL NÚM. 008 ECATEPEC DE	919	70.69	946	72.77	991	76.23	910	70.00	934	71.85
ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 073	1033	79.44	1035	79.65	1016	78.18	973	74.83	910	70.00
ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL -- NÚM. 019	995	76.57	1039	79.94	1039	79.94	1014	77.99	991	76.21
ACUERDO 286	973	74.83	967	74.41	1049	80.70	1019	78.39	975	75.03

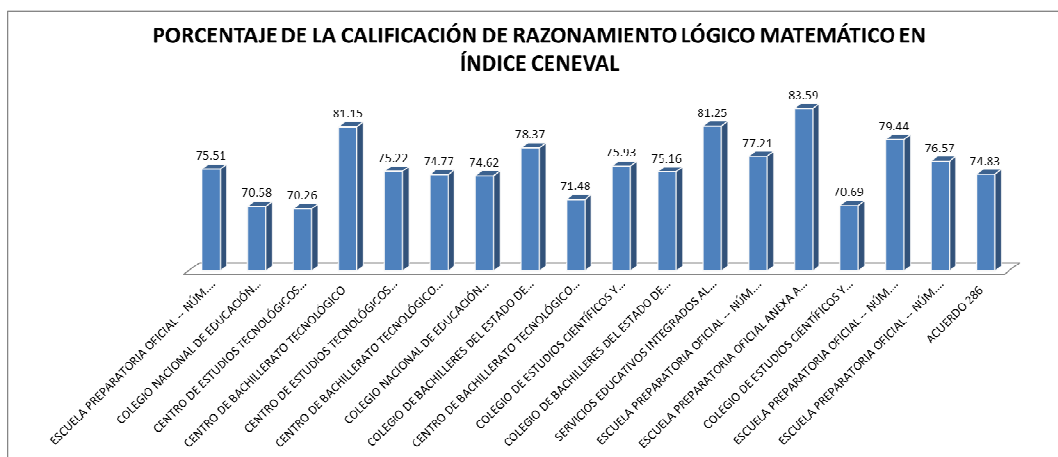


Gráfico 2. La calificación máxima de Razonamiento Lógico Matemático, la representa la Escuela Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Tecamac con el 83.59%, mientras que la mínima pertenece al Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de servicios No.141 con el 70.26%. En promedio se tiene una calificación de 75.37% de las dieciocho instituciones.

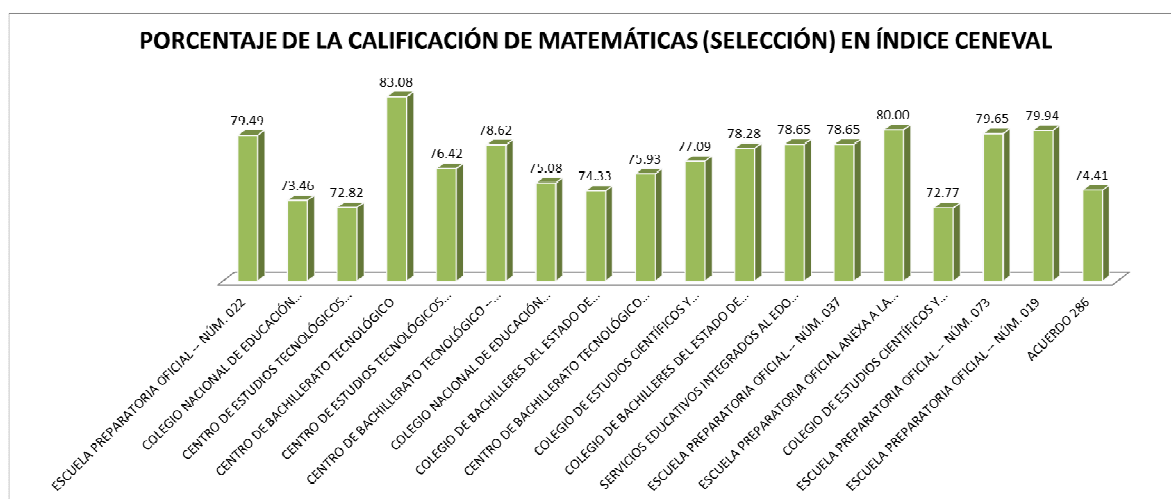


Gráfico 3. De acuerdo a los resultados obtenidos en el área de matemáticas, se puede observar que la calificación más elevada corresponde al Centro de Bachillerato Tecnológico con 83.08% y la más baja al Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Hidalgo plantel 008 con 72.77%. En promedio general se tiene una calificación de 77.15%

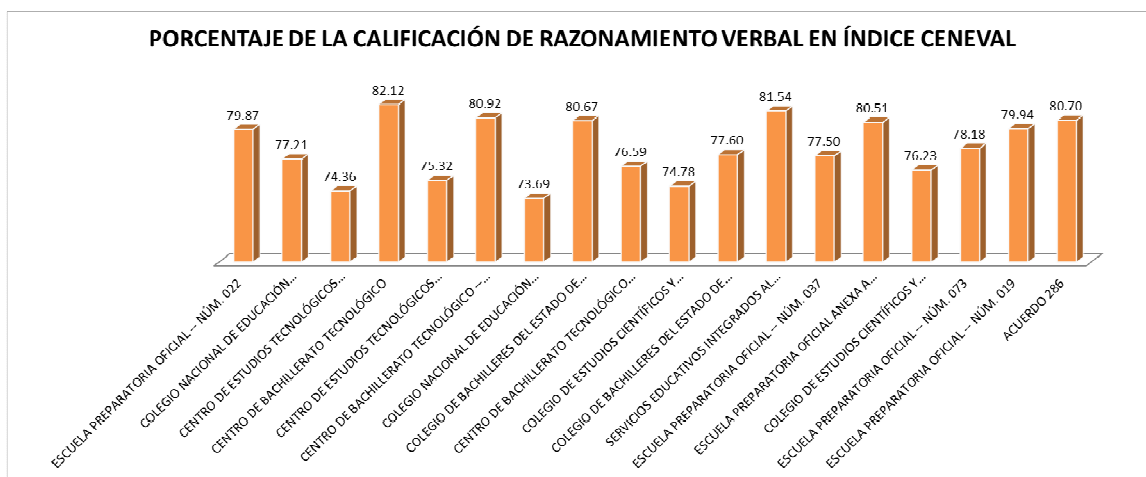


Gráfico 4. Se puede observar que la calificación máxima que se obtuvo en el área de Razonamiento Verbal, corresponde al Centro de Bachillerato Tecnológico siendo de 82.12% y la mínima al Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica No.192 con 73.69%. En promedio general de la calificación es de 77.89%

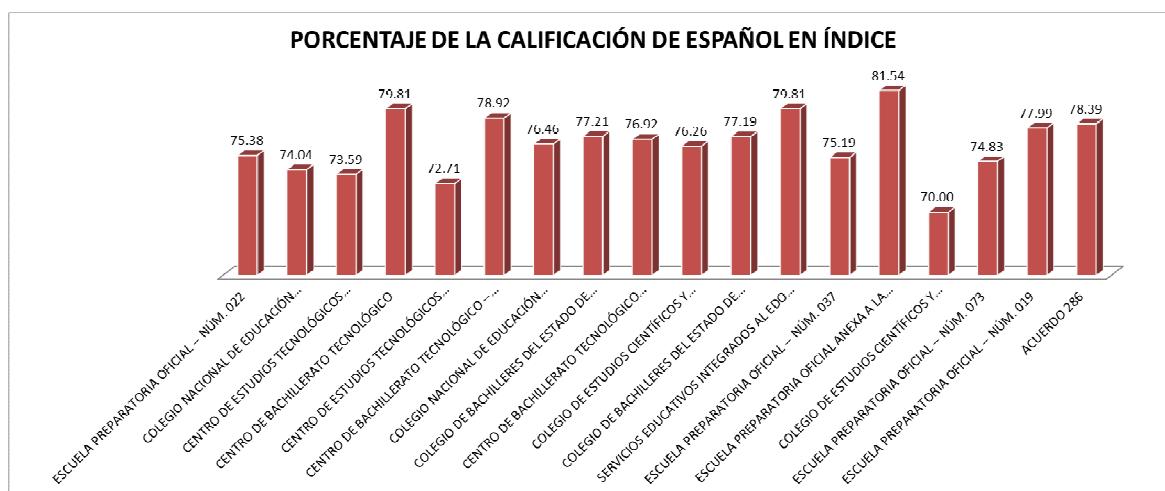


Gráfico 5. La calificación máxima en español corresponde a la Escuela Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Tecamac con una calificación de 81.54% siendo la mínima para el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México No. 008 con 70.00%. El promedio en esta área es de 76.69%.

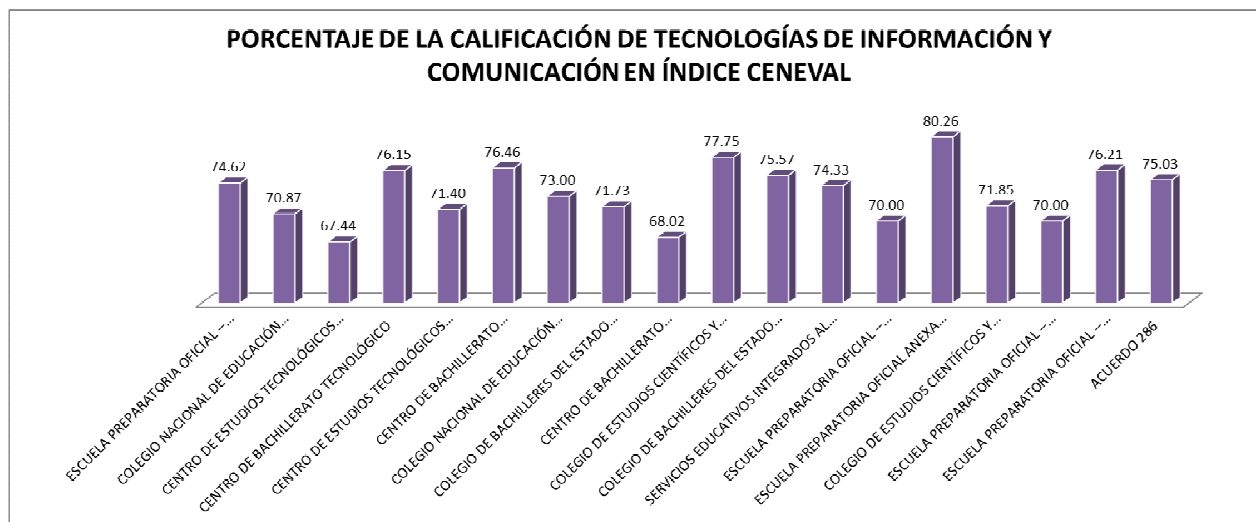


Gráfico 6. La calificación más alta de Tecnologías de Información y comunicación, corresponde a la Escuela Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Tecámac con una calificación de 80.26% y las más baja que es de 67.44% pertenece al Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios No.141. El promedio en esta área es de 73.67%.

Trabajo a futuro

La información y la respuesta que se obtenga de las Autoridades de la Universidad darán la pauta para la realización de planes generales de acción, que permiten reducir en gran medida la situación insatisfactoria que hoy vive la Universidad, en cuanto a deserción y rezago académico; que no es exclusiva de ésta, pues es una situación que se vive en forma muy parecida en otras Universidades del país. En un primer momento se planea realizar una segunda toma de datos para ver si la situación prevalece o se ha agravado.

Una vez establecidas las estrategias que la Dirección apruebe y considere pertinentes, los datos servirán como referencia para medir la efectividad de éstas; el trabajo no termina aún, y en cuanto a educación cada día hay más por hacer, en las generaciones se encuentran cargas de tendencias tecnológicas y de pensamiento que los llevan a la adopción de nuevas formas de comunicación, de uso y de costumbres, los cuales bien podemos aprovechar para canalizarlos hacia un aprendizaje más activo, que convierta a nuestros educandos en profesionistas altamente competitivos, pero para ello todavía tenemos mucho por recorrer.

Conclusiones

Con base en la aplicación del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II), en los periodos enero-abril, mayo-agosto, septiembre-diciembre de 2011, se logró identificar las áreas académicas que necesitan ser reforzadas para minimizar el alto grado de deserción y reprobación en la Universidad Tecnológica de Tecámac.

Al analizar los resultados de la investigación se concluye que los alumnos muestran un nivel académico no satisfactorio, lo anterior producto de su formación académica previa y en relación con los estadísticos descriptivos obtenidos, los cuales denotan un promedio bajo como resultado del examen de admisión. Por consiguiente se considera de suma importancia la necesidad de brindar alternativas de apoyo y orientación educativa a los alumnos durante la última fase académica del nivel medio superior y por supuesto, a lo largo de su educación universitaria, lo anterior en virtud de sus resultados académicos y de la etapa de desarrollo en la que se encuentran.

Agradecimientos

Referencias

- Babbie, Earl (1996). *Manual para la práctica de la investigación social*. Editorial Desclee de Brouwer.
- Casas, Rosalba y Matilde Luna. 1997. "Introducción general", en: Casas, Rosalba y Matilde Luna (coord.), *Gobierno, academia y empresas en México: hacia una nueva configuración de relaciones*, México, UNAM, Plaza y Valdéz.
- Selltiz, (1980). *Métodos de investigación relaciones sociales*. Ediciones Rialp, S.A.
- Van Dalen, Deobold B. y William J. Meyer (2000). *Manual de técnicas de la investigación educacional*. Ediciones Rialp, S.A
- Antecedentes de las Universidades Tecnológicas, disponible www.cgut.sep.gob.mx" última consulta 25 de julio del 2013.
- Fortalecimiento del subsistema de Universidades Tecnológicas "Su evolución al nivel de estudios 5^a"
www.utgutierrezamora.edu.mx/fortalecimiento
http://www.ses.sep.gob.mx/wb/ses/universidades_tecnologicas
www.ceneval.edu.mx
www.uttecamac.edu.mx

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Impacto físico y socioeconómico en el alumno ante una virtualización del proceso enseñanza-aprendizaje

Luna García Felipe, Martínez Zamudio María de Lourdes, Díaz Aguado José Abel,
Camargo Carrera Eduardo, Hernández Hernández José Luis
Academia de Informática, Instituto Tecnológico de Chilpancingo. Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5,
Col. Villa moderna, C.P. 39090, Chilpancingo Guerrero, México.
felipelunagarcia@prodigy.net.mx, mlmartinez_z@hotmail.com, adamo_432@yahoo.com.mx
cinfitch@hotmail.com, tec_jlhh05@yahoo.com.mx
Área de participación: Sistemas computacionales

Resumen

Las conclusiones y la fundamentación correspondiente aquí presentándose, constituyen el resultado del proyecto de investigación llevado a cabo en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo, institución perteneciente al Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, en México, cuyo propósito fue la determinación de las repercusiones físicas y socioeconómicas que podrían tenerse en los alumnos en un proceso de enseñanza-aprendizaje en su modalidad virtual, en función de la comparación de indicadores de la situación física y socioeconómica ocurriendo en el alumno en la modalidad presencial, con la que podría ocurrir en la modalidad virtual.

Para la obtención de los indicadores requeridos de la modalidad virtual, se diseñó e implementó un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje en el que participaron alumnos cursando actualmente sus estudios en modalidad presencial, produciéndose con ello indicadores de ambas modalidades de estudio, y cuya comparación permitió concluir que el efecto en la situación física y socioeconómica del alumno ante una modalidad virtual sería más positivo que negativo.

Palabras clave

Presencial, Virtual, Virtualización

Abstract

The conclusions and foundation presenting here, are the result of a research project carried out at the Instituto Tecnológico de Chilpancingo, an institution belonging to the National System of Higher Education Technology in Mexico, whose purpose was to determine the physical and socioeconomic impacts that could taken of students in the teaching-learning process in virtual mode, depending on the comparison of indicators of physical and socio-economic situation occurring in the student in the face mode with which could occur in the virtual mode.

To obtain the required indicators of virtual mode, we designed and implemented a virtual environment for teaching and learning involving students currently pursuing their studies in face mode, thereby producing indicators of both modes of study, and whose comparison has to conclude that the effect on the physical and socio-economic situation of the student to a virtual mode would be more positive than negative.

Introducción

De manera particular en México, es en los primeros años de la década pasada 2000-2010 cuando los modelos educativos de las distintas instituciones de educación superior comienzan a orientarse hacia una formación centrada en el aprendizaje, y con ello a incrementarse extraordinariamente el uso que de la Internet ya se venía realizando desde la década de los noventa, para poner a disposición del alumno documentos y otros recursos de aprendizaje digitales.

Las circunstancias ocurridas en los últimos años de la década pasada y en el inicio de la presente década que: reflejadas en una complementación en los modelos educativos centrados en el aprendizaje para concretar la formación de competencias en los alumnos y que a su vez originó la necesidad de diseñar los ambientes de aprendizaje que facilitarían la formación de dichas competencias; reflejadas en el incremento de las posibilidades y facilidades encontradas en la Internet para la aplicación de la realidad virtual en la creación de ambientes virtuales; reflejadas en una tendencia cada vez más creciente de las instituciones educativas para crear y/o utilizar plataformas que basadas en las Tecnologías de Información y de Comunicación, apoyadas en la aplicación o no de la realidad virtual, les permitan responder a los requerimientos generados como consecuencia de la puesta en operación de los nuevos modelos educativos, son las circunstancias en las que se encuentra el motivo de la investigación efectuada en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo y con la que se buscó prioritariamente estimar el impacto en las condiciones físicas y socioeconómicas que tendría en el alumno la virtualización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con la investigación antes referida, realizada en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo bajo el Proyecto de Investigación denominado “Estimación del impacto de una virtualización del proceso enseñanza-aprendizaje en las condiciones físicas y socioeconómicas de los alumnos, caso de estudio ITCH” y que es congruente con la Línea de Investigación denominada Sistemas Virtuales Educativos y autorizada para el Instituto Tecnológico de Chilpancingo, se obtuvo y estableció una fundamentación relacionada con las implicaciones en las condiciones físicas y socioeconómicas del alumno que se tendría como consecuencia de un cambio de modalidad presencial a virtual del proceso de enseñanza-aprendizaje en el que está inmerso, para con esta fundamentación contribuir al mejoramiento en la toma de decisiones en futuros proyectos de virtualización en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST), sumándose dicha fundamentación a la generada en la realización ya efectuada del proyecto denominado “Virtualización de la Academia de Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, un caso de estudio para orientar la virtualización en el SNEST”, con el que se logró arribar a una conceptualización del proceso y la finalidad de la virtualización, y que se refiere lo siguiente:

“Una mejora significativa en el grado de virtualización que se pudiera alcanzar, se puede obtener procurando constituir una entidad_en_línea, dado que esto significaría, y así debería ser entendido, disponibilidad de interacción con la entidad en todo momento, siendo esta una capacidad generalmente no presente en la entidad primaria”.

“Se debe cuidar en el proyecto de virtualización de una entidad, no realizar la difusión de la misma como virtual, en tanto no se tenga realmente virtualizada dicha entidad aunque sea en un grado mínimo, dado que la difusión realizada estaría sugiriendo que ya se encuentran disponibles a través de la entidad virtualizadora tanto las capacidades de la entidad primaria (todas las capacidades), como una o varias capacidades adicionales provistas por la entidad virtualizadora”.¹

“La virtualización de una entidad, es un proceso que debería iniciar con el objetivo de lograr que la entidad real subyacente responda total y correctamente a los requerimientos de su entorno. Esto exige que la entidad real conozca perfectamente su estructura y funcionalidad actual, a fin de determinar en cuales elementos estructurales y funcionales habría de implementarse adecuaciones”.²

Esta conceptualización fue otro de los factores que motivo a la investigación de la aquí se informa, y siendo también la que orientó, en general, la metodología que habría de aplicarse.

Metodología

La metodología que se siguió en el desarrollo del proyecto cuya publicación de resultados es el motivo del presente documento, se correspondió con los objetivos específicos establecidos para el mismo y que fueron los siguientes:

- Lograr que en el SNEST se disponga de información acerca de las implicaciones físicas y socioeconómicas que puede tener en el alumno el proceso de enseñanza-aprendizaje en su modalidad presencial.
- Lograr que en el SNEST se disponga de información acerca de las implicaciones físicas y socioeconómicas que puede tener en el alumno el proceso de enseñanza-aprendizaje en su modalidad virtual.
- Lograr que en el SNEST se disponga de conclusiones obtenidas a partir de los resultados de un estudio comparativo de las implicaciones físicas y socioeconómicas de la enseñanza-aprendizaje en su modalidad presencial, con respecto de las implicaciones correspondientes de la modalidad virtual.

En particular, la metodología que se siguió para el logro de cada uno de los dos primeros objetivos, consistió en la ejecución de las etapas consideradas en la metodología de la investigación descriptiva. Sin embargo, respecto del segundo objetivo, también se hizo uso de la metodología de la investigación experimental.

Para el logro del tercer objetivo específico se siguió las etapas consideradas en la metodología de la investigación comparativa.

Definición de las características a describir

En esta etapa se definieron las características cuya descripción constituye el primero y el segundo de los objetivos específicos antes señalados, interesando aquellas características físicas y socioeconómicas del alumno en las que un cambio de estado de la característica pudiera ocurrir como consecuencia del proceso enseñanza-aprendizaje. Esta definición de características se llevó a cabo considerando la posible influencia del proceso enseñanza-aprendizaje en su modalidad presencial, así como la posible influencia del proceso enseñanza-aprendizaje en su modalidad virtual, pero tomadas en cuenta de manera independiente.

Descripción de procedimientos de selección de muestra, y de procedimientos o técnicas de observación

Esta descripción de procedimientos se llevó a cabo tanto para lo correspondiente a la modalidad presencial, como para lo correspondiente a la modalidad virtual, efectuándose primero una recopilación de procedimientos de selección de muestra y de observación o captación de datos, sugeridas en diversas fuentes de consulta relacionadas con la investigación, para a partir de las descripciones recopiladas seleccionar aquellas que se consideró como idóneas para su aplicación en la selección de la muestra y en la recolección de datos.

En particular, respecto de la recolección de datos, se decidió la utilización de una encuesta que se aplicaría mediante una plataforma Web que operaría a través de la Internet, tanto para la recolección de los datos relacionados con la modalidad presencial, como para los relacionados con la modalidad virtual.

Se procedió primero a diseñar el cuestionario correspondiente a cada una de las modalidades, estableciéndose que el cuestionario sería de tipo estructurado y para autoentrevista, y se aplicarían preguntas cerradas de selección única.

Adicionalmente, tomando en cuenta que no se tenía una población de estudio correspondiente a la modalidad virtual, se procedió a diseñar el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje en el que temporalmente se insertaría la misma población de estudio actualmente siendo atendida en la modalidad presencial, implicando esto el diseño y la elaboración de los materiales y procedimientos requeridos, para lograr una operatividad similar a la que se podría llegar a constituir en una modalidad virtual.

Luego, se procedió a la construcción de la plataforma Web, implicando esto la instalación y configuración del servidor respectivo, y la construcción de la aplicación Web mediante la que se constituiría el sitio requerido para la aplicación de la encuesta, y para la ejecución del proceso de enseñanza-aprendizaje en su modalidad virtual.

Capacitación del equipo de recolección de datos

Una vez diseñada la encuesta y construida la aplicación Web que permitiría la recolección de datos, se procedió a capacitar a los participantes del proyecto que fungirían como entrevistadores, pero cuya función se centraría en responder a las dudas que respecto de la aplicación de la encuesta pudieran surgir en los informantes. Esta capacitación consistió en la explicación detallada del cuestionario, y consistió en la aplicación de una encuesta de prueba a través de la plataforma Web, en la que se introdujo casos de preguntas hacia los entrevistadores.

Selección de la muestra

La ejecución de esta etapa consistió en la identificación de la parte de la población de estudio que podría resultar representativa de las características de esa población, a fin de limitar el estudio a esa porción identificada. Para esta identificación, si bien se consideró que la encuesta podría aplicarse a toda la población de estudio, debido esto a que su aplicación se facilitaría al efectuarse a través de la Internet y como autoentrevista, finalmente se decidió que dicha aplicación debía limitarse a una muestra de la población, al considerar que no se tendría el control de todos los factores necesarios para lograr la participación de toda la población de estudio.

Recolección de datos

En esta etapa simplemente se efectuó la puesta en operación de la plataforma Web diseñada y construida para implementar el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje, también diseñado para establecer las condiciones experimentales a partir de las que se generarían los datos relacionados con la modalidad virtual.

Concluido el experimento, y utilizando también la plataforma Web, se procedió a la aplicación de la encuesta que permitiría la recolección de los datos relacionados con la modalidad presencial y con la modalidad virtual, aplicándose la encuesta relacionada con la modalidad presencial a los mismos alumnos que fueron sujeto del experimento efectuado.

Análisis de datos

La actividad en esta etapa consistió en efectuar el análisis estadístico de los datos relacionados con la modalidad presencial y la modalidad virtual colectados en la etapa anterior, y en producir a partir de ese análisis y la comparación respectiva, los indicadores que fundamentarían las conclusiones a las finalmente se arribó como producto de esta investigación.

Informe de resultados

En esta etapa finalmente se procedió a la elaboración y publicación del informe respectivo, siendo una de sus consecuencias la información dándose a conocer en el presente documento.

Resultados y Discusión

La ejecución de la etapa de definición de características produjo como resultados los siguientes:

Dimensión	Indicador	Variable
Componente físico	Nivel de descanso	Tiempo asignado a la actividad de aprendizaje
		Tiempo asignado a esparcimiento
	Nivel nutricional	Lugar de alimentación
		Horario de alimentación
Capacidad visual	Tiempo de uso de equipo de computo	
Componente económico	Inversión económica asociada a la actividad de aprendizaje	Gastos de alimentación
		Gastos de hospedaje
		Gastos de transporte
		Gastos de adquisición y uso de recursos computacionales
Componente social	Convivencia familiar y extrafamiliar	Tiempo asignado a la convivencia familiar
		Tiempo asignado a la convivencia extrafamiliar

La descripción de procedimientos y técnicas a utilizar se concretó en la definición del cuestionario entre cuyo conjunto de preguntas se tienen las siguientes:

<p>Respecto de la interacción con mis amigos o compañeros después del horario de clases:</p>	<input type="radio"/> La realizo principalmente a través de la Internet u otro medio <input type="radio"/> La realizo principalmente de manera presencial	
<p>Con la actividad de evaluación efectuada el día de hoy:</p>	<input type="radio"/> Me cansé de la vista más que lo habitual únicamente <input type="radio"/> Me cansé del cuerpo más que lo habitual únicamente <input type="radio"/> Me cansé tanto de la vista como del cuerpo más de lo habitual <input type="radio"/> No sentí más cansancio de lo habitual	<p>Tiempo promedio diario que hago uso efectivo (sin incluir la portación) de una computadora durante mi horario de clases en el Tecnológico</p> <input type="radio"/> Hasta 1 hora <input type="radio"/> Hasta 2 horas <input type="radio"/> Hasta 3 horas <input type="radio"/> Hasta 4 horas <input type="radio"/> Todo el tiempo del horario de estancia en el Tecnológico
<p>Respecto de mi alimentación, mi horario de clases me implica generalmente</p>	<input type="radio"/> Preparar y consumir mis alimentos en mi domicilio, oportunamente antes de ir a clases y después de regresar <input type="radio"/> Consumir alimentos hasta regreso a mi domicilio <input type="radio"/> Preparar mi desayuno en casa, pero consumirlo en el Tecnológico <input type="radio"/> Preparar mi desayuno y comida en casa, pero consumirlo en el Tecnológico <input type="radio"/> Comprar mi desayuno <input type="radio"/> Comprar mi desayuno y mi comida <input type="radio"/> Tener que regresar a mi domicilio a desayunar y luego volver a clases	<p>El gasto diario promedio que por transporte de ida y vuelta desde la localidad donde vivo hasta Chilpancingo efectúo es de:</p> <input type="radio"/> Hasta \$50 <input type="radio"/> Hasta \$75 <input type="radio"/> Hasta \$100 <input type="radio"/> Más de \$100 <input type="radio"/> No efectúo gasto alguno

En cuanto a la selección de la muestra, se decidió que esta debería quedar constituida por los alumnos que estuvieran cursando entre una y seis de las asignaturas impartándose en ese periodo semestral escolar, pero que estuvieran siendo atendidos por los docentes participando en este proyecto, con la finalidad de implementar adecuadamente el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje, y que permitiría la ejecución del experimento diseñado para producir los datos requiriéndose de la modalidad virtual.

La ejecución del experimento antes referido, y la consecuente aplicación de la encuesta, permitió la recolección de los datos proporcionados por los 42 alumnos que constituyeron la muestra.

El análisis de los datos proporcionados por los 42 alumnos a través de las respuestas que seleccionaron para cada una de las preguntas del cuestionario aplicado, y que consistió en primer instancia en el conteo de las selecciones registradas de cada respuesta para cada pregunta, y en segunda instancia en la derivación de datos adicionales producto de las relaciones entre las **variables** que se expresaron como preguntas, permitió producir los datos **indicadores** siguientes:

En el contexto de la enseñanza-aprendizaje en su modalidad presencial:

- 1) El alumno dedica a su actividad educacional 10.5 horas por día (6 horas en el ITCH, 1 hora de traslado, y 3.5 horas en extraclasses, lo que se reporta en las respuestas a las preguntas 1 a 3 del cuestionario).
- 2) El alumno tiene un descanso nocturno promedio de 6.5 horas (la tendencia en las respuestas a las preguntas 4 y 5 indica que inicia su descanso a las 11:30 y reinicia su actividad a las 6:00 hrs.).
- 3) Por consecuencia, si dedica 10.5 horas a su actividad educacional y descansa 6.5 horas, entonces dedica 7 horas a otras actividades (alimentación y esparcimiento).
- 4) El alumno hace uso de una computadora en tiempo promedio diario de 7 horas (según respuestas a preguntas 6 y 7).
- 5) Su acceso a la Internet mientras está en el ITCH no es significativo (en la mayoría de las asignaturas, los docentes no hacen uso de tecnologías de información mientras se está en el aula, además de que la velocidad de acceso disponible al alumno le resulta prácticamente inútil, lo cual está expresado en las respuestas a la pregunta 8).
- 6) Hace uso de la Internet principalmente en el horario extraclasses, teniendo un uso promedio diario de 3 horas, según respuesta a pregunta 9.
- 7) Cerca del 75% de los alumnos hacen uso de computadora propia (30 alumnos de 40 encuestados, según respuestas a preguntas 10 y 11).
- 8) Cerca del 60% de los alumnos disponen de una conexión a Internet contratada (según respuestas 3 y 6 de la pregunta 12), y cerca del 25% hacen uso de conexiones domiciliarias de vecinos, haciéndose muy poco uso de un ciber o de las instalaciones del ITCH.
- 9) Cerca del 75% compran su desayuno (16 que solo compran desayuno y 14 que además de su desayuno compran comida, lo que implica que son 30 de los 40 alumnos encuestados los que compran desayuno), y cerca del 40% compran su comida, según respuestas a la pregunta 13.
- 10) El alumno gasta \$50 diariamente al ir al ITCH, permanecer en clase, y regresar a su casa (por concepto de traslado y alimentación), según respuestas a la pregunta 14.
- 11) Cerca del 55% de los alumnos residen fuera de Chilpancingo, pero prácticamente todos estos en localidades cercanas (Petaquillas, Zumpango, Tixla, Mochitlan, Mazatlan), lo cual se deriva de las respuestas a la pregunta 15, y tienen un gasto promedio de \$50 por concepto de transporte foráneo.
- 12) Cerca del 90% de los alumnos tienen un gasto adicional de \$50 por concepto de comida (todos o un alto porcentaje de los que residen fuera de Chilpancingo, sumados a los que residen en Chilpancingo pero pagan renta de vivienda y son aproximadamente el 45%, según respuestas a la pregunta 17), según respuestas a la pregunta 16.
- 13) Cerca del 45% de los alumnos pagan más de \$700 por concepto de renta de vivienda, según respuestas a la pregunta 17.
- 14) Cerca del 80% de los alumnos interactúan con sus amigos a través de la Internet y no de manera presencial, según respuestas a la pregunta 18.

En el contexto de la enseñanza-aprendizaje en su modalidad virtual:

- 15) Cerca del 55% no experimentó durante la actividad educacional llevada a cabo de manera virtual, más cansancio del que ha experimentado con la actividad educacional presencial. Pero la mayoría de los alumnos del 45% restante, experimentaron mayor cansancio tanto visual como corporal, según respuestas a la pregunta 19.
- 16) Las respuestas a las preguntas 20 y 21 comprueban que efectivamente un 60% de los alumnos dispone de una conexión a Internet contratada, y que no habiendo necesidad de estar en las instalaciones del ITCH efectuarían la actividad educacional virtual en su casa, pero que habiendo alguna necesidad de estar en el ITCH la efectuarían en las instalaciones del mismo, trasladándose el requerimiento de acceso a Internet al presupuesto del ITCH.
- 17) Las respuestas a las preguntas 22 y 23 reflejan que el alumno participando en una actividad educacional virtual tendría insuficiente interacción con sus familiares y con sus amigos, a pesar de que pueda establecer comunicación con ellos mediante la Internet.

Partiendo de la base de que un diseño de la actividad educacional en su modalidad virtual, de acuerdo a la fundamentación establecida como resultado del proyecto relacionado con la virtualización de la Academia de Informática del ITCH, se buscaría trasladar hacia ese contexto las actividades de enseñanza-aprendizaje actualmente efectuándose en la modalidad presencial, entonces en el presente análisis se está considerando que el tiempo que alumno actualmente dedica a su actividad educacional en la modalidad presencial, será el mismo que dedicará a dicha actividad en su modalidad virtual.

La discusión efectuada en base a los indicadores generados, generó las aproximaciones siguientes:

- El alumno dedica **10.5 horas a su actividad educacional presencial**, y dedicaría **9.5 horas en modalidad virtual** (no utilizaría 1 hora para trasladarse al ITCH).
- Con esa 1 hora no utilizada para traslado desde su domicilio hacia el ITCH, podría tener **7.5 horas de descanso nocturno** en vez de 6.5, o bien 8 horas para otras actividades en vez de 7.
- El **uso de computadora** que actualmente en **modalidad presencial es de 7 horas**, aumentaría a **9.5 en la modalidad virtual**.
- El **uso de la Internet** que actualmente en **modalidad presencial es de 3 horas**, aumentaría a **9.5 en modalidad virtual**, pero ese aumento no implicaría un gasto adicional por este concepto, ya que sería parte del mismo contrato de conexión a Internet que se tiene.
- Dado que en **modalidad presencial el 70% de los alumnos expresa estar utilizando computadora propia**, en la **modalidad virtual el 100% debería usar computadora propia**, o el 30% de esa necesidad debería ser satisfecha por el ITCH.
- **El gasto en alimentación (desayuno sobre todo) y el gasto por traslado** y que en suma reportan una **cantidad de \$100** en el caso de la modalidad presencial, **no se tendría en la modalidad virtual**.
- **El 90% de los alumnos que tienen un gasto adicional de \$50 por concepto de comida**, debido a que no residen en Chilpancingo o pagan renta, podría verse suprimido si realizan su actividad educacional en su lugar de origen.
- De igual manera, **el pago por concepto de renta** y que es de **\$700**, **se evitaría en la modalidad virtual**.
- **El cansancio debido a la actividad educacional en modalidad virtual** expresado por el 45% de los alumnos, **se tendría en el 100% de los alumnos**, al aumentar el uso de computadora de 7 a 9.5 horas.
- En la modalidad presencial, el alumno ya no está interactuando con sus amigos o familiares de manera presencial, sino que lo hace a través de la Internet. El cambio hacia modalidad no

implicaría variación alguna en este aspecto, pero si actualmente el alumno manifiesta insuficiente interacción con sus familiares, el cambio hacia la modalidad virtual si tendría un efecto favorable, toda vez que el elevado porcentaje de los alumnos que ahora no reside en su lugar de origen o tiene que viajar hacia Chilpancingo, se encontrarían ahora en su casa e interactuarían más con sus familiares.

Conclusiones.

- Respecto del componente físico en el alumno:
 - La virtualización del proceso de enseñanza-aprendizaje tendría en el alumno **un impacto físico negativo**, en lo visual y en lo corporal, importante en el alumno, debido al aumento en el número de horas de uso de computadora, e independientemente de que se disponga de un tiempo adicional para descanso al evitarse la necesidad de traslado hacia el ITCH.
 - Sin embargo, al evitarse la necesidad de traslado constante, **se reduciría notablemente los riesgos de accidentes viales, así como los riesgos de inseguridad ante acciones del crimen organizado.**
- Respecto del componente económico del alumno:
 - La virtualización del proceso de enseñanza-aprendizaje tendría en el alumno **un impacto económico positivo** importante, debido a la eliminación de gastos por concepto de alimentación, traslado y renta.
- Respecto del componente social del alumno:
 - El impacto en el componente social del alumno, en el aspecto familiar, sería **positivo e importante**, toda vez que permanecería en su domicilio y lugar de origen al lado de su familia.
 - Respecto de la convivencia con nuevos amigos, el componente social del alumno se vería **impactado de manera negativa** notablemente, toda vez que ya no interactuaría con sus compañeros de estudio de manera presencial.

Referencias

1. Luna García Felipe, Hernández Hernández José Luis, "Diseño de virtualización en un caso de estudio para fundamentar la virtualización en el SNEST", Congreso Internacional de Computación México-Colombia 2012.
2. Luna García Felipe, et al, "Prototipo de virtualización de la Academia de Informática del ITCH basado en Artisteer, HTML y PHP", Primer Congreso Nacional de Tecnologías de Información y Seguridad, diciembre 2012, Chilpancingo, Guerrero, México.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

IMPACTO ACADEMICO-MOTIVACIONAL DEL AULA INTERACTIVA EN ALUMNOS DE ING. EN SISTEMAS COMPUTACIONALES DEL ITSSAT

A. F. Lule Rangel^{1*}, E. Y. Honorato Rodriguez¹, P. García Gamboa¹, S. Pelayo Vaquero², E.C. Páez Chacha

¹División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carretera Costera del Golfo KM 140+100, San Andrés Tuxtla, C.P. 95804, Veracruz, México

²División de Licenciatura en Informática, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, C.P. 95804, Veracruz, México

³División de Licenciatura en Administración, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, C.P. 95804, Veracruz, México

*analule.itssat@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Se realizó una investigación cuantitativa para medir y comparar el impacto en el rendimiento académico y motivacional en alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales que tomaron clases en el Aula Interactiva implementada en el Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla con respecto a alumnos cuya asistencia fue en Aula Tradicional. Se evaluaron las materias de Teoría de la Computación, Lenguaje Ensamblador e Inteligencia Artificial.

Los resultados obtenidos indican que acudir a clases al Aula Interactiva tiene un índice motivacional ampliamente notorio en los alumnos, sin embargo lo anterior no implica incremento en el rendimiento académico considerado relevante.

El uso de recursos audiovisuales en un Aula Tradicional es factor motivante para los alumnos, esta motivación se incrementa al asistir a un Aula Interactiva totalmente equipada con recursos computacionales, haciendo ágil el uso de software educativo, empero en ambos casos depende si el docente los usa o no.

Palabras clave: Tecnología Educativa, Aula Interactiva, Motivación, Alumno

Abstract

It was a quantitative research to measure and compare the impact on academic achievement and motivation in students of engineering in computer systems who took classes in the interactive classroom in the Higher Technological Institute in San Andrés Tuxtla regarding students whose attendance was in traditional classroom. It evaluated the materials of theory of computation, assembly language and intelligence Artificial.

The results obtained indicate that attend classes to the interactive classroom has a motivational rate widely notorious in students, however this does not imply increase considered relevant academic performance.

The use of audio-visual resources in a traditional classroom is motivating factor for students, this motivation is increased to attend an interactive classroom fully equipped with computing resources, making agile use of educational software, however in both cases depends on if the teacher uses them or not.

Introducción

El uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) como agrupación de elementos y técnicas utilizadas en el tratamiento y transmisión de la información principalmente en internet y telecomunicaciones, ha tenido un impacto directo en el sector educativo, beneficiando preponderantemente al docente al facilitarle tener información actualizada en menor tiempo y usar herramientas computacionales y software educativo con la finalidad de mejorar y agilizar el aprendizaje de los alumnos, con ello se esperaría un docente con mayor control de los mismos durante la clase, logrando despertar el interés por el contenido de la materia al utilizar métodos y medios de enseñanza distintos a los tradicionales.

Un Aula Interactiva, es un centro de Tecnología Educativa que pretende transformar el proceso de aprendizaje haciéndolo eficiente en términos de tiempo y efectivo en términos de resultados, incorporando en un solo lugar

los más vanguardistas recursos tecnológicos orientados a la educación, dado lo anterior el uso de las TIC's es obligada, convirtiéndose en una magnífica herramienta para propiciar enfoques constructivistas, aprendizajes significativos y contextualizados coadyuvando a la adopción de métodos de aprendizaje y enseñanza basada en un modelo pedagógico moderno integral acorde a la demanda del siglo XXI.

En el marco tecnológico y educativo anteriormente mencionado, el Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla que a 19 años de creación aún utiliza los métodos de educación tradicional, siendo una institución educativa tecnológica, está obligado actualizarse y adaptarse a las modernas tendencias pedagógicas y tecnológicas para obtener un mejor rendimiento académico de los alumnos. Por ello hace dos años fue promovida la implementación de un **Aula Interactiva**, la cual es un salón equipado con proyector, bocinas, red, computadoras, pizarrón interactivo, enciclomedias, en este contexto el docente tiene los recursos necesarios para llevar a cabo clases dinámicas permitiéndole interactuar más tiempo con los alumnos usando un mayor número de métodos y medios audiovisuales. Las primeras materias en impartirse en la dicha aula son: Teoría de la Computación, Lenguaje Ensamblador e Inteligencia Artificial, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El presente trabajo es la síntesis del estudio metodológico llevado a cabo para verificar el grado de impacto académico y motivacional de cursar las materias antes citadas en el Aula Interactiva con respecto a los mismos factores en Aula tradicional.

Metodología

Definición de Variables e Indicadores

Las variables seleccionadas fueron: Rendimiento Académico de los Alumnos: se usó esta variable porque es un factor cuantitativo para comparar y comprobar si el rendimiento académico ha incrementado o no, su indicador es el promedio; Motivación en los Alumnos: es otra variable importante debido a la existencia de elementos estimulantes (medios audiovisuales) incidiendo o no en el rendimiento académico, su indicador será un escala motivacional (nada, me da igual, poco, mucho); Uso de Medios Audiovisuales, el uso de estas herramientas es indispensable en un Aula Interactiva por tanto es importante su medición, se considera como indicador la cantidad de instrumentos, herramientas y software usados.

Las dimensiones para la obtención de información fueron Alumnos, Docentes y Servicios Escolares.

Variable Independiente: Uso de Medios Audiovisuales en un Aula Virtual

Variables Dependientes: Rendimiento Académico y Motivación de los alumnos.

La presente investigación se desarrolló en 2 etapas: 1) en la primera se evaluaron los alumnos de la materia de Teoría de la Computación, 2) en la segunda etapa se evaluaron los alumnos de Lenguaje Ensamblador e Inteligencia Artificial,

La elección de las materias se basó en la opinión manifiesta de varias generaciones de alumnos que consideraron los contenidos de mayor complejidad de comprensión.

Los instrumentos de evaluación se diseñaron basados en la Escalamiento tipo Likert para motivación y uso de medios audiovisuales. En ambas etapas los ítems de los instrumentos de evaluación fueron los mismos, solo hubo modificación en el formato porque en la primera etapa se evaluó una materia y en la segunda etapa se evaluaron dos materias.

En la primera etapa del proyecto se aplicaron los instrumentos a las dos últimas generaciones que cursaron la materia de Teoría de la Computación. En la segunda etapa se aplicaron los instrumentos de evaluación a dos generaciones de Lenguaje ensamblador y una de Inteligencia Artificial aplicando una **muestra de 58** alumnos encuestados de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla.

El instrumento elaborado y aplicado a los docentes que impartieron las citadas materias fue el mismo en ambas etapas, siendo un total de 3, proporcionando información sobre el comportamiento de los alumnos durante la impartición de las clases tanto en el Aula Interactiva como en una Tradicional, además se solicitó información a Servicios Escolares sobre los promedios generales obtenidos por los grupos encuestados, es este último caso

la información fue de los últimos cuatro períodos de las materias citadas obteniendo el rendimiento académico verificable sin sesgos

Dado lo anterior la muestra aplicada es **no aleatoria** eligiendo los elementos de la muestra sin intervención del azar, es decir los elementos no se seleccionaron bajo algún criterio, por lo anterior los elementos de la población fueron asignados como muestra siendo únicamente tres materias las estudiadas.

Resultados y discusión

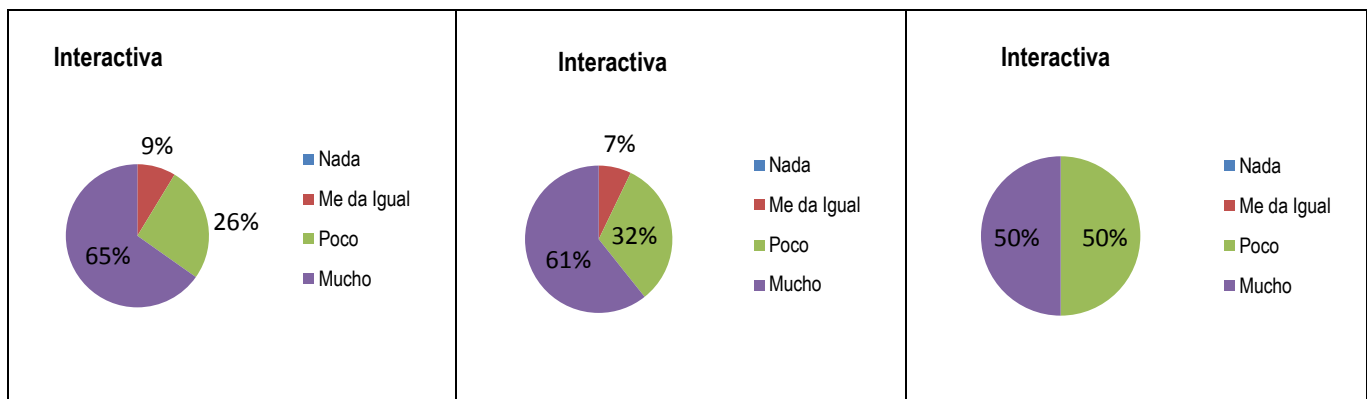
Se presentan los resultados en gráficas de pastel de algunas preguntas consideradas relevantes para, a simple vista, demostrar el impacto motivacional en los alumnos y los cuadros resúmenes obtenidos de la ponderación asignada a los ítems en el cuadro de variables diseñado.

Cuadro 1: Gráficas comparativas de respuestas

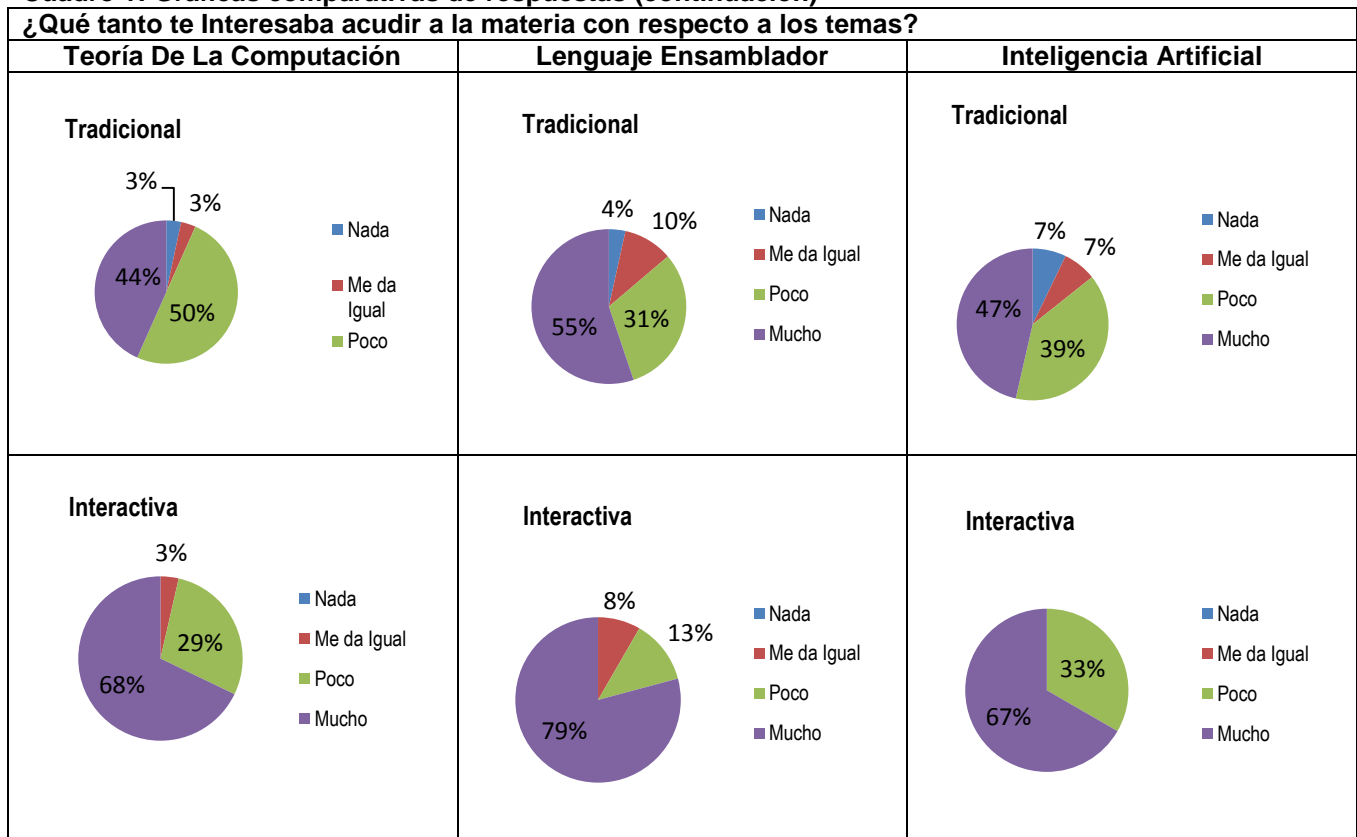
¿Comprendías los temas impartidos en el Aula?		
Teoría de la Computación	Lenguaje Ensamblador	Inteligencia Artificial
<p>Tradicional</p> <p>19% 23% 45% 13%</p> <ul style="list-style-type: none"> nada me da igual poco mucho 	<p>Tradicional</p> <p>11% 8% 33% 48%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho 	<p>Tradicional</p> <p>12% 16% 48% 24%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho
<p>Interactiva</p> <p>3% 28% 69% 3%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho 	<p>Interactiva</p> <p>4% 21% 75% 4%</p> <ul style="list-style-type: none"> nada me da igual poco mucho 	<p>Interactiva</p> <p>25% 75% 75% 25%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho

Cuadro 1: Gráficas comparativas de respuestas (continuación)

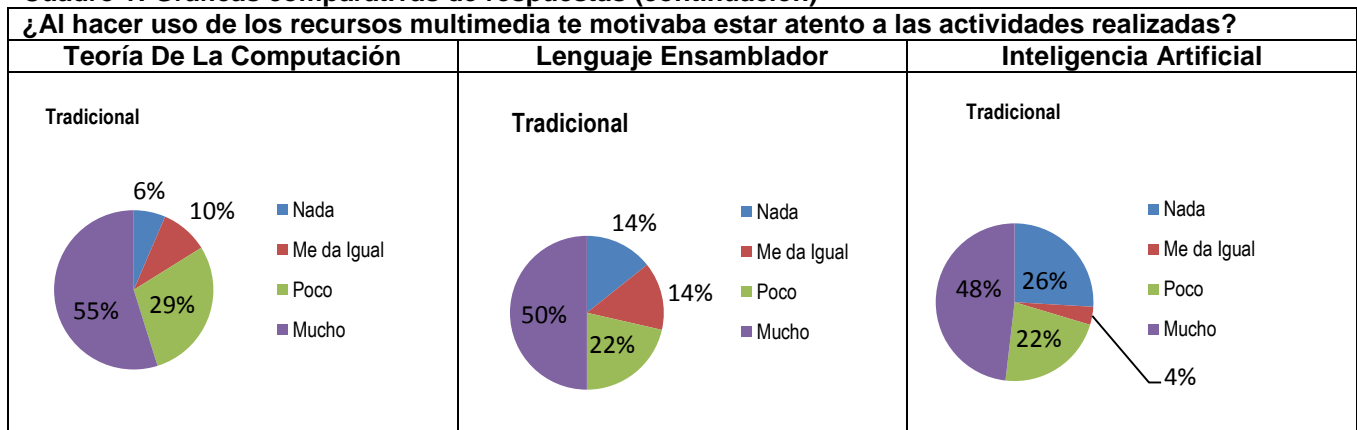
¿Te entusiasmaba acudir a clases?		
Teoría de la Computación	Lenguaje Ensamblador	Inteligencia Artificial
<p>Tradicional</p> <p>16% 32% 39% 13%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho 	<p>Tradicional</p> <p>7% 18% 54% 21%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho 	<p>Tradicional</p> <p>8% 7% 37% 48%</p> <ul style="list-style-type: none"> Nada Me da Igual Poco Mucho

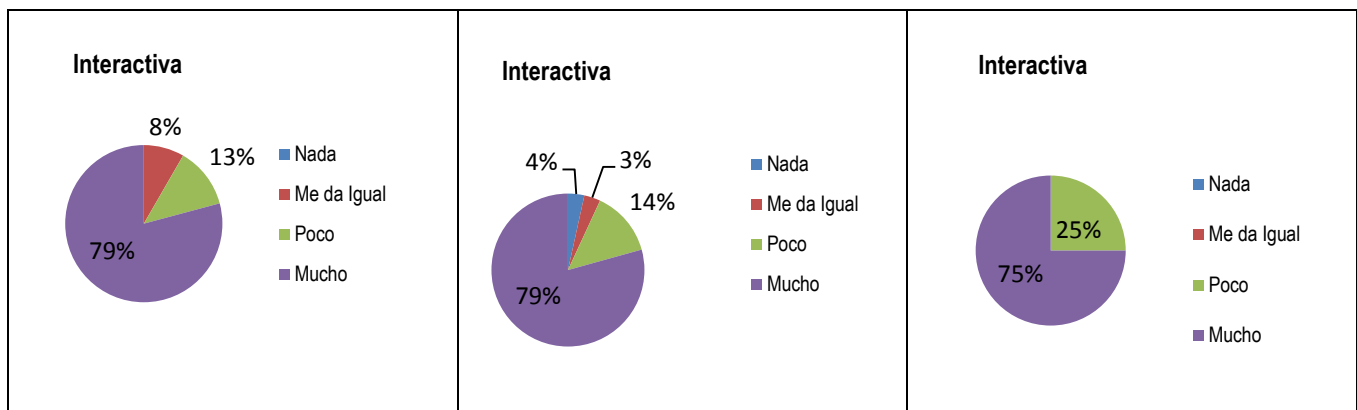


Cuadro 1: Gráficas comparativas de respuestas (continuación)

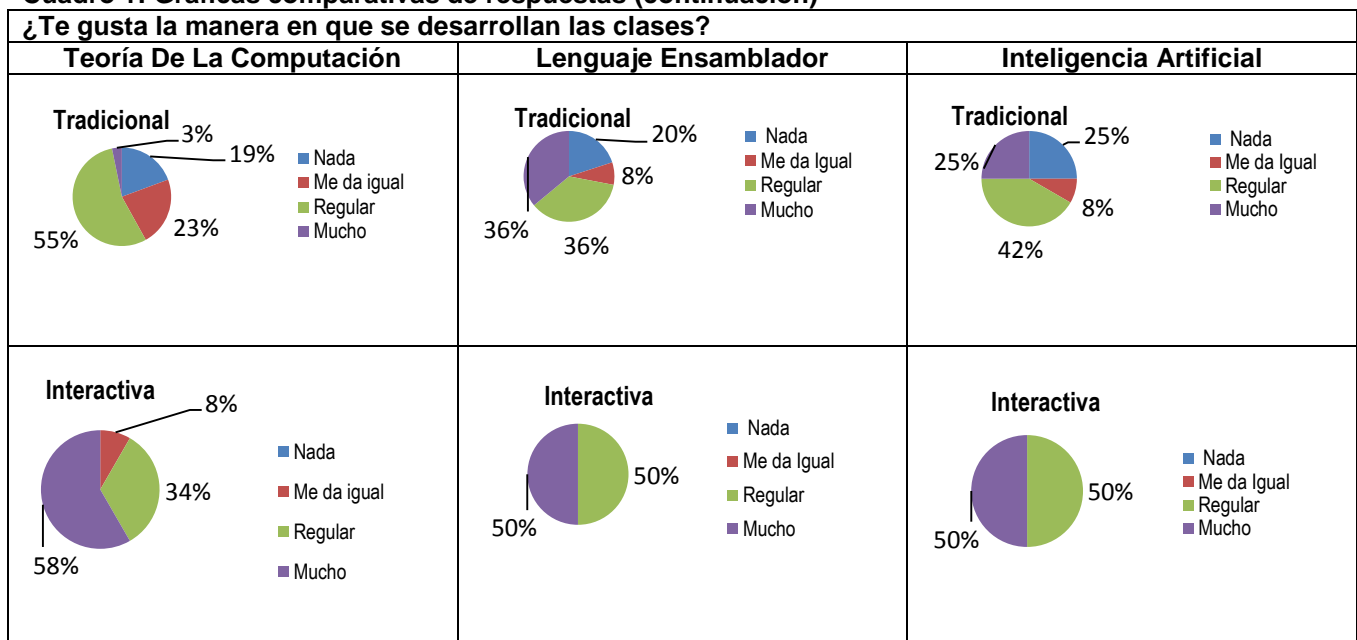


Cuadro 1: Gráficas comparativas de respuestas (continuación)

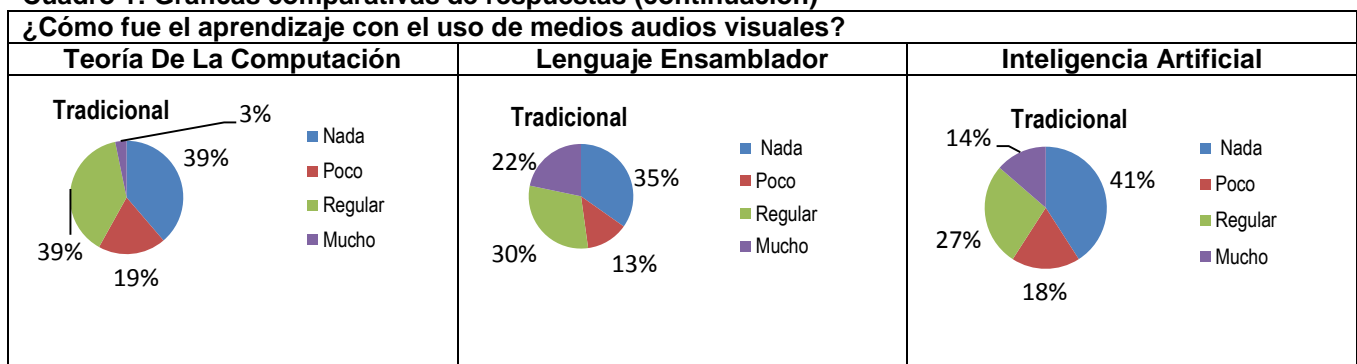




Cuadro 1: Gráficas comparativas de respuestas (continuación)



Cuadro 1: Gráficas comparativas de respuestas (continuación)



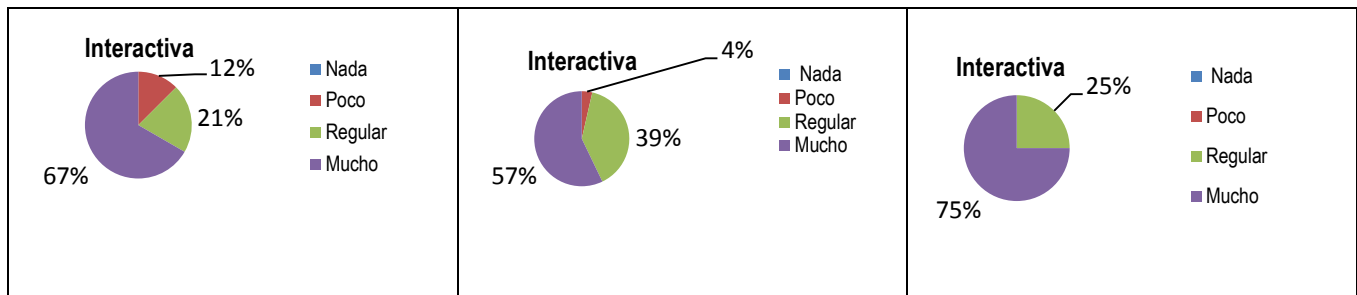


Tabla 1: Resumen Dimensión Alumnos

Materia	TEORIA DE LA COMPUTACION			LENGUAJE ENSAMBLADOR			INTELIGENCIA ARTIFICIAL		
	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación
Motivación	61.45	83.13	+21.68 +35.28%	61.36	83.66	+22.3 +36.34%	48.18	90	+41.82 +86.79%
Medios Audiovisuales	41.94	83.16	+41.22 +98.28%	36.61	70.14	+33.53 +91.58%	25	79.17	+54.17 +216%

Tabla 2: Resumen Dimensión Docentes

Materia	TEORIA DE LA COMPUTACION			LENGUAJE ENSAMBLADOR			INTELIGENCIA ARTIFICIAL		
	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación
Motivación	50.0	62.5	+12.50 +25%	55	75	+20 +36.36%		60.83	
Medios Audiovisuales	62.5	77.5	+15 +24%	50	80	+35 +70%		48.33	

Tabla 3: Resumen Promedios Obtenidos

Materia	TEORIA DE LA COMPUTACION			LENGUAJE ENSAMBLADOR			INTELIGENCIA ARTIFICIAL		
	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación	Aula Trad.	Aula Inter.	Variación
Feb-Jul09							74.85		
Ago09-Ene10				88					
Feb Jul 10	84.81						77.67		
Ago10-Ene11				82.40	87.67	+5.27 +1.06%			
Feb jul 11		84.09					70.68	83.07	+12.39 +1.17%
Ago11-Ene12					86.21				
			-0.72 -0.008%	85.2	86.94	+1.74 +1.9 %	74.4	83.07	+8.67 +11.6%

Trabajo a futuro

Realizar una investigación para determinar las razones por las cuales el incremento en el rendimiento académico fue mínimo.

Realizar una investigación para determinar cualitativamente factores necesarios para la implementación de, al menos, un aula virtual por carrera en la Institución considerando además de la infraestructura tecnológica, la diversidad de contenidos de las materias de la retícula propias de cada carrera, y con ello proporcionar a todos los alumnos la oportunidad de usar métodos y medios audiovisuales, tomando en cuenta los comentarios de algunos alumnos, emitidos durante la investigación, enfatizando nunca haber cursado materias en instalaciones de ese tipo, por lo tanto no tienen conocimiento del uso de recursos audiovisuales de esa naturaleza

Realizar una investigación sobre los métodos y herramientas pedagógicas utilizados por los docentes y su conocimiento sobre el uso adecuado de los medios audiovisuales, con la finalidad de verificar si el propio docente y el dominio de los recursos es un factor para motivar al alumno a permanecer en el salón de clases, interesándose en la materia.

Conclusiones

En los resultados de la presente investigación, se observa en los alumnos del Aula Tradicional: la comprensión de los temas fue deficiente, mostrando poco interés en las clases y apatía durante ésta, la mayoría mantuvo el promedio; en comparación, en los alumnos del Aula Interactiva: la comprensión de los temas mejora, muestran mayor interés y participación en clase, sin embargo incrementaron ligeramente el promedio, es decir en el rendimiento académico, el impacto es poco perceptible. Esto pudo deberse a distintos factores como pueden ser: los docentes son más exigentes al impartir su clase y las evaluaciones son de mayor dificultad, el alumno no se adapta al cambio haciendo mal uso de los medios, o no trabaja colaborativamente.

Específicamente, en el aspecto motivacional es ampliamente notorio el impacto en los alumnos, mostrándose más dinámicos durante el desarrollo de la clase y con mayor interés día a día para realizar sus actividades y asistir a clases con entusiasmo, mejorando notablemente la respuesta de participación; el uso de las herramientas audiovisuales les favorece a gran medida teniendo una mayor comprensión y si se tienen dudas se cuentan con la información al alcance de los alumnos.

En conclusión si hubo impacto en el rendimiento académico, aunque fue mínimo, contrastando con el impacto motivacional donde es ampliamente notoria la diferencia entre los alumnos que tomaron clases en el aula interactiva con respecto a aquellos que lo hicieron en un aula tradicional.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Referencias

1. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación, 850 pp. Mc Graw Hill 2006:(cuarta edición)
2. MEC (1993). Temas transversales y desarrollo curricular. Anaya. Madrid.
3. BUSQUETS, M^a. D. Y OTROS (1993). Los temas transversales. Claves de la formación integral. Santillana. Madrid.
4. Enciclomedias. <http://www.encyclomedia.net/aula.html>. (08/11)
5. Medios Multimedia. <http://www.pangea.org/dim/>, <http://peremarques.pangea.org/uabppgra/Mmfuncio.htm> (08/11)
6. Motivación. <http://es.wikipedia.org/wiki/Motivaci%C3%B3n/>. (11/11)
7. Rendimiento Académico. <http://definicion.de/rendimiento-academico/>. (11/11)
8. Aula Virtual. www.aulavirtualcomfenalcotolima.com/temas.php?id=. (05/12)
9. GÁMEZ ROSALBA ¿La Educación Virtual es Real?. www.Elearning.ciberaula.com/articulo/blearning/. Google.com. México 2002
10. BANET, MIGUEL, Paradojas en los entornos virtuales. (05/12)
11. RODRÍGUEZ. DIÉGUEZ. SAÉNZ BARRIO. "Tecnología Educativa y Nuevas tecnologías aplicadas a la educación". Alcoy, Marfil. www.Tecnologia/Educativas.com. (05/12)

12. ANDREONI ADRIANA 2006. "Plataformas educativas en Internet-Condicionantes tecnológicos-culturales". http://www.ateneonline.net/datos/06_3_Andreoni_Adriana_y_otros.pdf. (05/12)
13. SALINAS CASTILLO GUADALUPE, GÓMEZ VILLARREAL MA. DEL CARMEN, BECERRA PÉREZ JOSÉ ANTONIO. La enseñanza virtual como una herramienta para facilitar la recuperación de los alumnos con bajo aprovechamiento escolar. <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/colecciones/documentos/somece/08.pdf>. (05/12)
14. MENDOZA ZARAGOZA NORMA ELENA, HERRERA CORONA LAURA. Estrategias Motivacionales en el Aprendizaje apoyado por TIC'S. Cuadernos México3. NIPO (Versión electrónica): 820-11-435-9.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Perfil universitario entre objetivos y competencias

A. Durán Mendoza*, J. Soto del Ángel y M. R. Ojeda Callado

Fac. Ciencias y Técnicas de la Comunicación, Universidad Veracruzana J. Reyes Heróles No. 136

Fracc. Costa Verde C.P. 94294 Boca del Río, Veracruz, México, Tel:(229) 775-20-12

*aduran@uv.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La Universidad Veracruzana en 1999 inicia la implantación del Modelo Educativo Integral y Flexible. Ante la falta de consolidación del Modelo, en 2005 la institución realiza otra medida denominada Segunda Generación de Reformas. Sin relevantes resultados, en 2009 las autoridades universitarias realizan otro intento a través del acuerdo con la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), titulado proyecto Aula.

Pese a los avances logrados en este proyecto, no presenta un trabajo diferenciado en relación con las diversas áreas de conocimiento. Promueve un desarrollo por competencias con un plan homogéneo, no obstante la heterogeneidad que se presenta en los hechos. El planteamiento del problema que aquí se presenta es parte de la investigación documental del trabajo "Estudiantes de la Universidad Veracruzana con dis-capacidades diferentes". El tema a exponer es el proceso de formación ante los desafíos por la consolidación de su modelo educativo.

Palabras claves: educación, formación.

Abstract

The Universidad Veracruzana in 1999 started the implementation of the Comprehensive and Flexible Educational Model. Given the lack of consolidation of the model, in 2005 the institution makes another measure called Second Generation Reforms without relevant results. In 2009 the university authorities made another attempt through an agreement with the Organization of Economic Cooperation and Development (OECD) entitled Classroom project. Despite the progress made in this project, no differentiated work in relation to the various areas of knowledge. It promotes competence development with a homogeneous plan, despite the heterogeneity that occurs in the facts.

The approach to the problem presented here is part of the documentary research work "Veracruzana University students with different disabilities." The topic discussed is the formation by consolidating its educational model.

Keywords: education

Introducción

Cabe destacar que este proyecto fue sometido dentro de la Convocatoria de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos ante el Programa de Mejoramiento de Profesorado (PROMEP) y fue aprobado por la Coordinación Nacional del PROMEP. Este programa fue creado para elevar el nivel de habilitación del profesorado con base en los perfiles adecuados para cada subsistema de educación superior de la Secretaría de Educación Pública (PROMEP, 2012).

Esta investigación se desprende de la línea de investigación *Educación Superior y Comunicación* del Cuerpo Académico Estulticia de la Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación de la Universidad Veracruzana Región Veracruz. Este documento forma parte de los resultados de la investigación titulada *Estudiantes de la Universidad Veracruzana con dis-capacidades diferentes*.

Octubre 24 - 25, Orizaba, Veracruz.

Cabe destacar que la investigación en sí, comenzó desde hace cinco años. Los avances que se han tenido se han logrado con recursos propios.

Para llevar a cabo este trabajo fue necesario recopilar información histórica documental de las reformas educativas mexicanas que se llevaron a cabo en los últimos años. Este pasaje expone las características que enmarcan el perfil de ingreso de las generaciones universitarias y su complejidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Esta ruta documental se interesó por el ambiente y los métodos de enseñanza basados en el aprendizaje con énfasis en las competencias. Estos métodos abarcan tanto el ámbito general y el ámbito particular.

En el ámbito general fue necesario esquematizar información del proceso lineal que se llevó a cabo para articular la educación primaria, la educación preescolar, la educación secundaria y la educación media superior. Ello representa la transición paulatina de reformar la educación de objetivos a competencias.

En el ámbito particular, la información documental se basa en describir los intentos que la Universidad Veracruzana ha realizado para consolidar su modelo nombrado Modelo Educativo Integral y Flexible basado en competencias. El contenido de la información resume lo siguiente: después de 14 años de haber implementado el modelo por competencias, existe la práctica de operar con planes y programas bajo la premisa de objetivos. Desde su reforma universitaria los jóvenes han transitado de forma desordenada sin metas bien establecidas.

En resumen, este texto intenta exponer información documental que describe las características que hacen que los jóvenes revelen un perfil pedagógico híbrido, es decir, un perfil universitario constituido entre objetivos y competencias mientras se logra la consolidación del MEIF.

Metodología:

Enfoque teórico

La comunicación es el centro de las relaciones sociales, incluidas las que dan lugar al conocimiento científico. De allí que sea un tema recurrente de las teorías contemporáneas. Enfrenta un obstáculo importante: si el contexto determina el sentido de los mensajes y el primer contexto es la historia de cada interlocutor, su improbabilidad se hace patente. Deviene probable gracias a que los interlocutores, puesto que les resulta funcional, hallan puntos de convergencia. Ello, sin embargo, exige una atención más o menos homogénea. Cosa que no sucede cuando los estudiantes se encuentran en un contexto cuyo entorno se encuentra cambiante y sin definir al aprender entre objetivos y competencias. Documentar lo que allí pasa es tarea de nuestra investigación. Se interesa, por un entorno específico: el educativo. Es decir, aquél que supone una comunicación planeada para producir cambios en la conciencia. Incluso, más específico aún: su tema es el aprendizaje de los jóvenes en cuestión bajo métodos de enseñanza híbridos. Tal es la cadena en que se inserta el valor de la investigación respecto al área de conocimiento.

Método

Esta investigación supone dos rutas: la documental y la empírica. La primera se orienta por dos temas: el TDA/H en tanto problema de salud pública y los métodos de enseñanza basados en el aprendizaje con énfasis en las competencias. Tales métodos, además, en dos vertientes. La primera, en el ámbito general; la segunda, en el contexto de la Universidad Veracruzana (U.V.). En esta parte, el Cuerpo Académico contó con el apoyo de funcionarios del sector educativo y docentes. Cuyas experiencias, aparte de posibilitar la ubicación de los documentos, dieron lugar a testimonios significativos.

En la investigación empírica, puesto que no se trata de conocer el comportamiento de variables determinadas, sino de fenómenos unitarios, en este caso, el aprendizaje híbrido y la enseñanza centrada en el aprendizaje y en las competencias, se utilizó metodología cualitativa. Específicamente las técnicas de entrevista abierta y grupo focal a estudiantes.

Resultados parciales en la consolidación del modelo educativo

En el ámbito general fue necesario esquematizar información del proceso lineal que se llevó a cabo para articular la educación primaria, la educación preescolar, la educación secundaria y la educación media superior. Ello representa la transición paulatina de reformar la educación de objetivos a competencias.

En el ámbito particular, la información documental se basa en describir los intentos que la Universidad Veracruzana ha realizado para consolidar su modelo nombrado Modelo Educativo Integral y Flexible basado en competencias. Esta es la parte que se expone en esta ponencia.

El contenido de la información resume lo siguiente: después de 14 años de haber implementado el modelo por competencias, existe la práctica de (Veracruzana, Dirección General de Desarrollo Académico, 2013) operar con planes y programas bajo la premisa de objetivos. Desde su reforma universitaria los jóvenes han transitado de forma desordenada sin metas bien establecidas.

Parte de estos resultados documentales arrojan lo siguiente: la generación que ingresó a la Universidad Veracruzana en agosto del 2010, fue la última que estudió todos sus niveles con planes y programas basados en objetivos.

En forma paralela, la Veracruzana realiza un acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) como estrategia para consolidar el MEIF. Este trato se le bautizó como *Proyecto Aula*. La intención es realizar la reforma con un enfoque epistemológico sustentado en el Pensamiento Complejo de Edgar Morín, el desarrollo de competencias profesionales, la incorporación a la investigación y el uso de las tecnologías de la información y comunicación (Universidad Veracruzana, 2012).

Durante los acuerdos nacionales para la Educación Media Superior se estipuló la implementación de la Reforma el ciclo escolar 2008-2009, pero entró en plena vigencia en el ciclo escolar 2009-2010. Es decir, en el 2011 ingresan a la universidad la primera generación cuyos planes y programas basados en competencias estaban “a prueba”. En enero de ese año, la Universidad acababa de abrir la convocatoria para que sus docentes participaran en la implementación del Proyecto Aula. Con ello, los estudiantes transitaron su formación en plataformas inestables y se enfrentaron con un modelo atropellado. Esta generación es la primera en escuchar cátedra bajos los intentos de una formación basada en competencia. Cabe aclarar, que estos estudiantes todavía se encuentran en nuestras aulas.

Las generaciones que ingresan en el 2012 y 2013, son las últimas que terminan su educación primaria con planes y programas basados en objetivos, pero las primeras que cursan secundaria y nivel medio superior con planes y programas basados en competencias.

La estrategia para apoyar el cambio de paradigma educativo que ha llevado a cabo la U.V. se ha desarrollado en cascada. Desde el 2009 se formaron el Grupo 1 con 110 académicos, al Grupo 2 respondieron 796 respondieron y de éstos, 326 académicos aceptaron la tarea de la facilitación para la réplica al Grupo 3. Un total de 1509 docentes se integraron a este nuevo grupo los cuales 414 lograron concluir sus talleres. Como un esfuerzo adicional, en el mes de enero de 2012 se realizó un taller para aquellos docentes de los grupos 2 y 3 que deseaban retomar el proyecto, los cuales asistieron 200 docentes. De forma adicional 410 académicos participaron por primera vez en el Proyecto AULA, a este nuevo grupo se le denominó Grupo 3 Bis. Desde 2009 a la fecha han participado 3146 académicos en el Proyecto AULA; de este total, 1057 (33.59) han concluido la aplicación de su experiencia educativa, y durante el primer periodo del año de 2013, la Universidad espera que se sumen mucha más. (Veracruzana, Dirección General de Desarrollo Académico, 2013).

Tabla 1. Total del personal académico en el periodo 2012 a junio 2013

Personal académico por tiempo de dedicación¹

	Hombres		Mujeres		Total Absolutos
	Absolutos	%	Absolutos	%	
Docentes	3,327	58.06%	2,401	41.92%	5,728
Tiempo completo	1,187	58.57%	864	42.13%	2,051
Medio tiempo	25	64.10%	14	35.90%	39
Por horas	2,115	58.14%	1,523	41.86%	3,638
Técnicos Académicos	750	59.69%	518	40.31%	1,268
Tiempo completo	741	59.19%	511	40.81%	1,252
Medio tiempo	9	56.25%	7	43.75%	16
Total	4,077	58.86%	2,919	41.14%	6,996

¹Ciclo escolar 2012-2013. Incluye docentes, investigadores, personal académico en difusión, extensión y en funciones administrativas.

Fuente: Dirección General de Recursos Humanos. Ciclo escolar 2012-2013. Corte: Diciembre 2012.

Profesores de Tiempo Completo (PTC) en PE registrados en las 27 DES

	Hombres		Mujeres		Total	
	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%
Total de PTC	1,151	57.12%	864	42.88%	2,015	100.00%
Con doctorado	497	43.18%	362	42.21%	879	43.62%
Con maestría	406	35.27%	381	44.10%	787	39.06%
Con especialización	99	8.60%	43	4.98%	142	7.05%
Con licenciatura	149	12.95%	58	6.71%	207	10.27%
Con Perfil PROMEP	448	38.92%	430	49.77%	878	43.57%
Adscritos al SNA ² /SNAIC ²	204	17.72%	136	15.74%	340	16.87%
Que imparten tutoría	773	67.16%	668	76.63%	1,441	61.44%

¹ Se cuenta con 1 DES Emérita.

² Se cuenta con 10 unidades: 2 emérita y 8 actives.

Actualmente, se tienen 375 DES en la institución, considerando el total de académicos.

Fuente: Dirección General de Desarrollo Académico e Innovación Educativa. Corte: Junio 2013.

Fuente: Dirección General de Investigaciones. Corte: Junio 2013.

Conclusiones

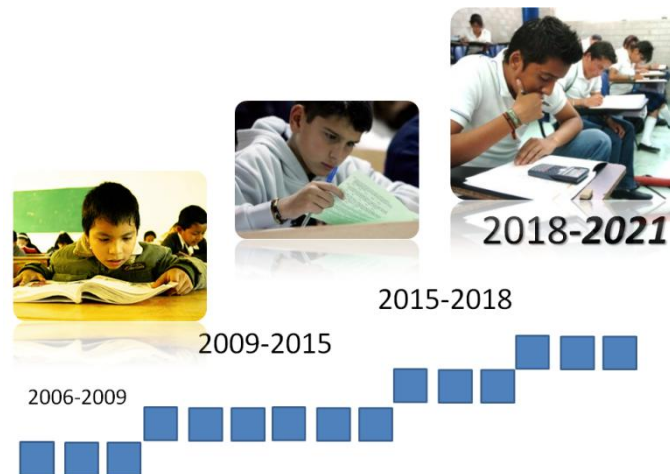
El enfoque por competencias se fundamenta en una visión constructivista, que reconoce al aprendizaje como un proceso que se construye en forma individual, en donde los nuevos conocimientos toman sentido estructurándose con los previos y en su interacción social. Se requiere de mayor compromiso por parte del docente, para la promoción de la creación de ambientes de aprendizaje y situaciones educativas apropiadas al enfoque de competencias. Tendrá que favorecer las actividades de investigación, el trabajo colaborativo, la resolución de problemas, la elaboración de proyectos educativos interdisciplinarios, entre otros. De la misma manera, deberán contar con las herramientas para evaluarlas (SEP, 2008). Y con alumnos que estén dispuestos a ser el personaje principal de la organización de su aprendizaje.

Luego entonces el proceso no ha terminado. Como resultado México se encuentra con uno de los retos mayores en el ámbito educativo. Es la organización escolar que se requiere. Se demanda una vida académica colegiada, un liderazgo académico y un equipo docente con formación adecuada, tiempo suficiente y gran disposición para trabajar colectivamente en torno a proyectos educativos pertinentes (SEP, 2008).

En consecuencia, el Programa de Educación Pre escolar 2004, la Reforma de la Educación Secundaria 2006, la Reforma Integral de Educación Básica y el Sistema Nacional de Bachillerato continúan articulándose para que todos los estudiantes se formen con planes y programas basados en competencias y la enseñanza centrada en el aprendizaje. Sin embargo, será hasta el 2021 que ingrese a la universidad la primera generación formada totalmente en ambientes de aprendizajes y situaciones educativas apropiadas al enfoque de competencias.

Octubre 24 - 25, Orizaba, Veracruz.

Tabla 2. Será hasta el 2021 cuando se concluya la Reforma Educativa



Por su parte, a la Universidad Veracruzana le ha llevado 14 años en el proceso de transformar y la consolidar una cultura institucional de innovación continua. Por lo tanto, seguirá gestionando para consolidar su modelo educativo y estar acorde a las exigencias universales. Seguirá gestionando para que en la práctica docente llegue el momento en que exista una dinámica cotidiana de trabajo entre pares académicos para la reflexión y sistematización del quehacer docente en función de las necesidades sociales y de formación de los estudiantes. Mientras tanto, la U.V. seguirá ingresando y egresando a estudiantes instruidos entre objetivos y competencias.

Referencias

1. Adicciones, C. N. (2001-2006). *Programa de Trastorno Por Déficit de Atención*. México: Secretaria de Salud.
2. Arias Lovillo, R. (2010). *Descentralización, Innovación y Sustentabilidad*. Recuperado el 02 de Mayo de 2012, de <http://www.uv.mx/universidad/doctosofi/informe2009-2010/calidad/innovacion-academica.html>
3. Diaz Barriga Arceo, F., & Otros. (2000). *Formación docente y Educación Basada en Competencias*. México: CESUUNAM.
4. Goffman, E. (2003). *Estigma. La identidad deteriorada*. Buenos Aires: Amorrortu.
5. Gratch, L. O. (2002). *El trastorno por déficit de atención (ADD-ADDH)*. Argentina: Panamericana.
6. Osorio, R. A. (2008). *Vigotsky*. Recuperado el 07 de Mayo de 2011, de http://www.vigotsky.org/articles/la_relacion_entre_el_aprendizaje_y_el_desarrollo_humano.asp
7. Secretaria de Educación Básica. (23 de Octubre de 2007). Grupo de trabajo CEAS. *Ficha Técnica*. México, Distrito Federal, México: Secretaria de Educación Pública.

Octubre 24 - 25, Orizaba, Veracruz.

8. SEP. (2008). *Competencias genéricas y el perfil del egresado de la Educación Media Superior*. Mexico: Secretaria de Educación Media Superior.
9. Solovieva, Y., & Quintanar Rojas Luis y Flores Olvera, D. (2002). *Programa de Corrección Neuropsicológica del Déficit de Atención*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
10. Universidad Veracruzana. (08 de junio de 2010). *Programa Para la Inclusión e Integración con Personas con Discapacidad a la Universidad Veracruzana*. Recuperado el 01 de Mayo de 2012, de <http://www.uv.mx/piip/> (SEP, 2008) (SEP, 2008)quienes/reto.html
11. Universidad Veracruzana. (2012). *Universidad Veracruzana Portal Académicos*. Recuperado el 01 de Mayo de 2012, de Proyecto Aula: <http://www.uv.mx/proyecto-aula/mapa.html>
12. Universidad Veracruzana. (2012). *Servicio Tecnológicos*. Recuperado el 14 de Junio de 2012, de EMINUS. <http://www.uv.mx/dgti/servicios/internos/sistemas-informacion/eminus.html>
13. Universidad Veracruzana (2013). Dirección General de Desarrollo Académico e Innovación Educativa. Recuperado el 20 de junio de 2013. <http://www.uv.mx/dgda/planes-y-programas/proyecto-aula/cobertura/>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito

El cambio social global en las Universidades Tecnológicas

J. Gómez Sánchez¹, P. R. Antonio Vidaña, Dulce Mariel Mtz. Carrera.

Programa Educativo Desarrollo de Negocios Área Mercadotecnia, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Av. Universidad no. 350, carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja Loc. Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz, C.P.94910.

¹jezago@hotmail.com

Área de Participación: Investigación Educativa

Resumen.

Dado que las Universidades Tecnológicas tienen como objetivo la capacitación y formación de individuos se propone que su modelo este inmerso en el cambio social global, cuya finalidad es ayudar a las comunidades y sociedades a resolver problemas importantes tanto sociales como económicos, formando parte del movimiento de innovación social, que pretende impulsar el nacimiento de una civilización global. A través de realizar asociaciones con organizaciones no gubernamentales, donde participen directivos, académicos, y estudiantes universitarios, en un espacio de pluralidad, cooperación y compromiso. Y que gracias a las redes generadas, trasciendan fronteras, y generen nexos tanto verticales, como horizontales que potencialice el logro de sus objetivos.

Palabras clave

Cambio social global, vinculación social, universitarios.

Abstract.

Given that Universidades Tecnológicas has as goal training individuals, this paper has as purpose that its model be immersed in global social change, which aims is help communities and society to address important issues both social and economic, as part of the social innovation movement, which should boost the emergence of a global civilization, through agreements whit nongovernmental organizations, involving managers, academics, and university students in a space of plurality, cooperation and commitment. And thanks to the networks generated, transcend borders, and create links both vertical and horizontal to potentiate achieving its objectives.

Key words

Global social change, bonding social, university.

Introducción.

Hoy en día las organizaciones tienen que ser más competitivas, sin embargo la historia no debe terminar solo en resultados, la responsabilidad social de las empresas es una necesidad y una responsabilidad como parte del mundo al cual sirven y pertenecen y que en estos tiempos se encuentran cada vez más interrelacionados (Cummings, T. et al, 2009) incluso no como una cuestión de caridad, sino como parte del ser y la razón de la misma. Es un cambio en la cultura de la empresa, en el que no sólo se busca la tecnología como mejora, sino también de una responsabilidad social.

En el presente trabajo revisaremos en un inicio a qué hace referencia el término “cambio social global”, así como las implicaciones de las organizaciones no gubernamentales; se presenta, además una breve descripción del modelo de las universidades tecnológicas, y posteriormente una propuesta sobre como insertar el cambio social global en las mismas, donde se logre insertar a toda la comunidad universitaria en estas nuevas corrientes.

Las UT's siendo universidades públicas pueden y deben contribuir en su carácter social de servicio de educación como parte de la formación integral de los alumnos y a su vez brindar servicio a la sociedad para contribuir en el cambio social global que se propone en el presente proyecto pero realmente ¿Que se necesita para generar un mundo mucho más equitativo y respetuoso en un lugar donde sea posible tener una vida digna sin dañar nuestro entorno? La comunidad universitaria tiene la oportunidad de participar en proyectos que resulten sustentables, es decir satisfaciendo necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer los recursos mundiales para atender las necesidades de las generaciones futuras y respetando los derechos de todas las comunidades y culturas. Se debe buscar un mayor acercamiento entre las diferentes instituciones para contribuir a este cambio, cada una desde sus respectivas áreas, dicha cooperación aminorará sus

limitaciones y potencializará los alcances de los proyectos en los cuales participen, siendo la sociedad la más beneficiada.

Desarrollo.

Las Organizaciones No Gubernamentales (ONG's).

De acuerdo con la CODHEM (Comisión de Derechos Humanos del Estado de México, 1995) el término ONG, emergió de la cooperación para el desarrollo entre Europa Occidental y los países del tercer mundo en las últimas décadas, y se refiere a un tipo institucional específico que merece ser distinguido y analizado por sí mismo. Podemos incluirlas como organizaciones sociales de desarrollo, organizaciones civiles, y organizaciones ciudadanas.

Comúnmente estas instituciones se ubican frente a la realidad desde tres perspectivas básicas:

1. Un grupo de Organizaciones No Gubernamentales para el Desarrollo (ONGD) que establece sus prioridades de acción en función de una población determinada, ya sea en términos geográficos (por ejemplo los campesinos de la selva de Chiapas en México).
2. Un sector más reducido de instituciones se autodefine por su especialización en un problema. Por ejemplo la educación, la comunicación, la cultura popular, etcétera.
3. Algunas instituciones de investigación social que abordan –desde un ángulo- un conjunto amplio de problemáticas, o instituciones hasta cierto punto grandes que desarrollan programas en distintos lugares y/o abordan, a través de ellos, varios problemas simultáneamente por ejemplo, la misma institución puede poseer un programa de salud campesina y uno de apoyo a talleres productivos.

Las ONG's latinoamericanas, se han dirigido en forma especial a los pobres, con una agenda de derechos civiles, concentrándose en los hogares, dando prioridad a las regiones y a las funciones que son más débiles en la estructura social, los pobres en general, los niños y las mujeres en la familia, los trabajadores rurales en el sector productivo.

La importancia de las organizaciones no gubernamentales las podemos concretar en:

1. Su inserción local y sus relaciones internacionales, unidas a la multiplicidad de iniciativas e instancias independientes, constituyen una herramienta oportuna y flexible para enlazar a la ciudadanía en un mundo heterogéneo y segmentado.
2. Los vínculos de las acciones locales se globalizan por su estilo suelto, pluralista y disperso.

Relación con gobierno. La relación con el gobierno ha variado a lo largo del tiempo, hoy en día se tiene una mayor visión de horizontal de colaboración, pero existen muchos estados intermedios en esta relación. Sin embargo, se trata de una relación difícil que debe ir madurando; difícil para el gobierno, porque está tentado a utilizar a las ONG's como correas de transmisión de sus postulados y propuesta, y porque sabe que la influencia que muchas de ellas tienen para lograr consensos; y difícil para las ONG's, porque están tentadas a arriesgar su autonomía en dependencia a costa de beneficios coyunturales, fruto de más relaciones personales que institucionales.

En la situación actual se requiere la creación de consensos entre sociedad civil y gobierno para potencializar su capacidad de acción en la lucha por el desarrollo para todos.

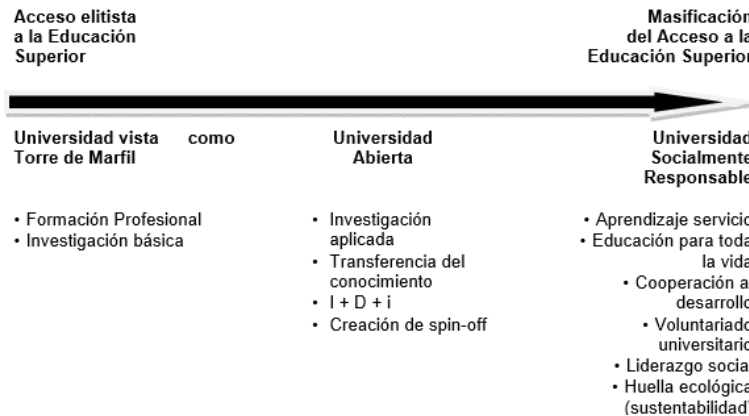
Relación Universidad vs Sociedad

De acuerdo con Gaete (2012) la figura que se muestra a continuación nos permite observar, de manera muy resumida, el recorrido histórico de la universidad en cuanto a su relación con la sociedad, transitando desde una universidad encerrada en sí misma y aislada del resto de la sociedad amparada en un acceso más bien elitista a la educación superior, avanzando hacia estadios en donde la universidad paulatinamente se va abriendo hacia una parte de la sociedad, fundamentalmente a los grupos sociales más poderosos política y económicamente.

La última etapa en la evolución de la relación de la universidad con la sociedad, nos muestra la transición hacia una universidad socialmente responsable inserta en una sociedad del conocimiento, en donde todos sus actores tienen pleno acceso a la educación superior, y en donde la universidad mantiene un abierto compromiso con la transformación social. Pocas universidades en Latinoamérica realizan trabajo formal sobre el tema, la Universidad de Concepción (Chile) muestra un reporte de sustentabilidad sin embargo, es importante reconocer que el análisis y la investigación existente acerca de la responsabilidad social al interior de las universidades como su ámbito de aplicación, es infinitamente menor que para el caso de las empresas, debido a que los académicos de las universidades que investigan estos temas, cuando ocasionalmente dirigen su

atención hacia el interior de sus propias universidades concentran el análisis en lo que enseñan, más que en analizar los comportamientos apropiados y éticos que las instituciones universitarias deben alcanzar en materia de responsabilidad social y concordamos con el autor a la hora de la búsqueda de estudios acerca de lo que realmente hace una universidad por la sociedad, se encuentran noticias pero no un programa concreto y serio al respecto como lo ha sido para el sector empresarial.

Figura N°5: Evolución de la relación de la Universidad con la Sociedad.



De acuerdo con un estudio realizado por Ruiz, et al (2013) encuesta a una muestra de bachilleratos de la zona centro del estado de Veracruz, respecto al tema específico de cuidados al medio ambiente (como parte de la responsabilidad social), el 95% de los encuestados han escuchado hablar del tema por sus maestros de ahí la importancia del papel de la universidad, y en concordancia con el estudio más aun en zonas como la estudiada, donde el nivel de educación formal se considera bajo,

Objetivos de las Universidades Tecnológicas.

Entre los objetivos de las universidades tecnológicas se encuentra el formar profesionistas de nivel superior con valores de responsabilidad, iniciativa y cooperación, así como con un sentido crítico y propositivo ante las necesidades locales, regionales y nacionales que le plantea la sociedad para impulsar su desarrollo las cuales son acordes a la finalidad del cambio social global descrito a continuación: La finalidad del cambio social global de las organizaciones, es ayudar a las comunidades y sociedades a resolver problemas importantes como desempleo, relaciones étnicas, desarrollo sustentable, falta de vivienda, hambre, enfermedad e inestabilidad política. Formando parte del movimiento de innovación social, que pretende impulsar el nacimiento de una civilización global. Y que gracias a sus redes, trascienden fronteras, y generan nexos tanto verticales, como horizontales para el logro de sus objetivos (Cummings y Worley, 2009).

¿De qué forma puede estar presente en las Universidades Tecnológicas, el cambio social global?

Las universidades tecnológicas al pertenecer al sector gubernamental tienen un objetivo puramente social, por lo que de entrada podemos decir que contribuye al cambio social global a través de la educación a jóvenes de escasos recursos, que de otra forma difícilmente podrían tener acceso a la educación, algo de lo que estamos muy orgullosos de saber es que muchos de nuestros graduados son la primera generación en sus familias con un título universitario, sin embargo no es propiamente una organización del cambio social. Pero su sola formación y modelo resulta potencial para ello.

Propuesta de mejora al modelo.

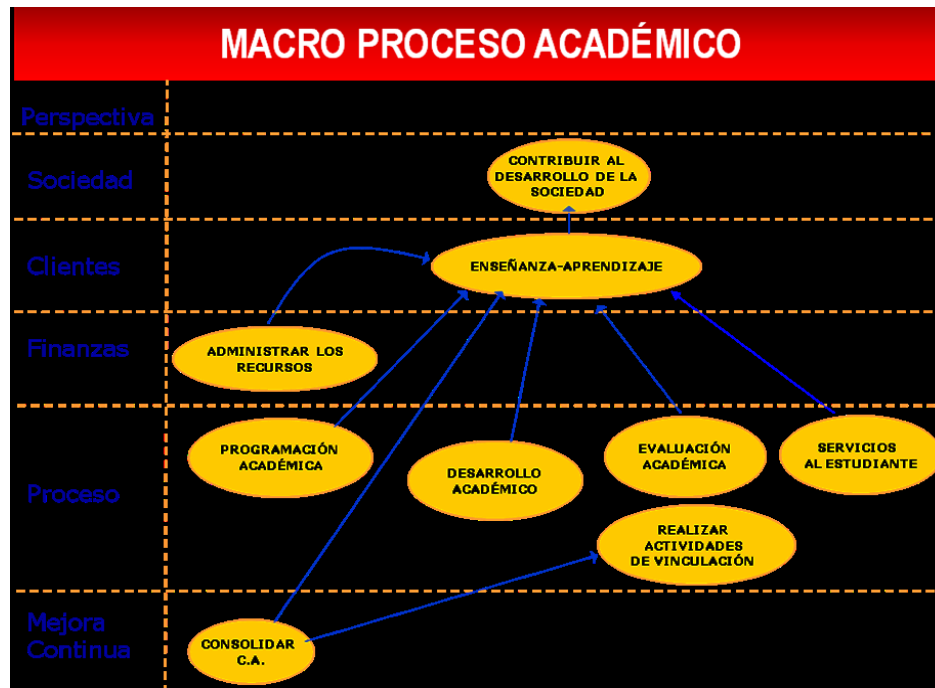
Recordando a las organizaciones, como entidades orgánicas e integradas por personas debemos estar abiertos a los cambios y de acuerdo con González (2012), los estilos para enfrentarlo son a través de la innovación, creatividad y talento; en búsqueda de nuevas formas de ser mejores. Para la universidad tecnológica como organismo que se adapta y evoluciona, es importante ser partícipe de este cambio social global, y como institución de educación pública se tienen muchos elementos para contribuir activamente en él, según Cummings (et al, 2009), la importancia de establecer redes y rebasar fronteras garantiza la sobrevivencia de los proyectos, por lo que la universidad pudiera establecer nexos con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para aumentar su participación en este ámbito.

Basado en la iniciativa de la Secretaría General de las Naciones Unidas con la creación del Pacto Global (1999/2000), y resaltando la importancia de crear redes de participación voluntaria destinadas a profundizar y

compartir experiencias prácticas sobre cultura de responsabilidad social corporativa a través de la formulación e implementación de los diez principios inspirados en el marco jurídico internacional, divulgados por mediación de “La comunicación sobre el Progreso”, vinculados a los Derechos Humanos, a estándares en el trabajo y al medio ambiente, que se proponen contribuir a que los mercados sean más sustentables con la participación voluntaria de todos (Castañeda, et al, 2007).

El Macro proceso académico.

Como podemos ver en la siguiente figura el proceso académico en las Universidades Tecnológicas está estructurado de tal manera que todo él, desemboca a la sociedad a través de la contribución al desarrollo de la sociedad, gracias a su proceso de enseñanza-aprendizaje a los clientes que son nuestros alumnos, y empresas a las cuales se les ofrece capacitación.



Fuente: Datos del departamento de Calidad UTCV.

A continuación se muestra el Modelo Educativo Centrado en el Aprendizaje (MECA), el cual está orientado en el interés de que el alumno aprenda en el marco de las diversas disciplinas, así como el valor de ese aprendizaje; no se limita al proceso de aprendizaje.

Las Universidades Tecnológicas forman tecnólogos, innovadores, creativos, con enfoque sistémico y con espíritu de mejora continua, entre otros aspectos sin embargo en este modelo de formación integral no se contempla, al menos no de manera explícita la participación de los alumnos como parte de su formación en actividades comunitarias, sociales, o en pro del medio ambiente.



Fuente: Coordinación General de Universidades Tecnológicas.

Con base al modelo mencionado, la propuesta se divide en dos partes, por un lado a través de la instauración de proyectos que tomen en cuenta la detección de necesidades de los municipios de su zona de influencia, y posteriormente la inserción de alumnos en proyectos llevados a cabo con las organizaciones no gubernamentales, el apoyo del gobierno municipal y sobre todo en beneficio de la comunidad.

Primera parte: Proyecto integrador de la zona.

Al pensar en generar un cambio en el entorno educativo, es necesario tener presente diferentes teorías que nos dan una pauta de cómo podremos implementar una mejora en dicho ámbito, por lo que González y Escudero 1987, suponen que al utilizar la palabra “cambio” suele ser en el contexto de mejora, y casi siempre ligado a proyectos de mejora de una escuela o de desarrollo profesional; el cambio educativo es una variación de las ideas, las personas y las instituciones. Como segundo punto hablaríamos de Innovación, considerando este punto como un cambio interno de la Institución que afecta aspectos tales como las ideas, prácticas y estrategias que la misma realiza e involucra a diferentes sujetos para la realización de dicho cambio.

Es por ello, que las Instituciones Educativas deben ser innovadoras al realizar proyectos que involucren no sólo a los alumnos, sino también al Estado, la sociedad y la misma Institución, haciendo con ello posible una triangulación para desarrollar y generar mejoras en diferentes entornos ya sea sociales, culturales, económicos, y cuidado del medio ambiente, para ello se planea el trabajar en los diferentes cuatrimestres impartidos por la Universidad. El trabajar en proyectos de responsabilidad social traería como consecuencia no sólo el que el sujeto se identifique con su entorno, sino también a una educación multicultural, y el compromiso de quienes trabajan en conjunto para generar resultados que sean benéficos para la sociedad, identificando las diferentes necesidades que cada Municipio tiene.

De esta manera se logrará no sólo un cambio en la Institución que contribuya a un beneficio social, sino generará un cambio social global, al ser parte medular en la formación del sujeto con una mentalidad de ayuda y compromiso. Esta parte consiste en la realización de proyectos por equipos de trabajo formado por aproximadamente cinco alumnos, preferentemente a partir de tercer cuatrimestre, se realiza un proyecto integrador donde intervienen todas las materias que ellos están cursando en ese momento y que se diseña de acuerdo a las competencias –que es como se trabaja en las UT’s- y al perfil de sus programas educativos, pero se le da un enfoque social relacionado con el conocer y crear estrategias para desarrollo y apoyo de sus municipios, la finalidad de este proyecto es sensibilizar a los alumnos de las situaciones que se viven en sus comunidades y al mismo tiempo de que conozcan más de las mismos, en la UTCV los alumnos entregan en cada parcial un avance de sus trabajos y al finalizar el cuatrimestre los alumnos realizan una exposición de sus proyectos que son evaluados por sus distintos profesores, mismos que los asesoraron durante todo el proceso del proyecto.

La recomendación es que el organismo no gubernamental de guía de las necesidades más imperiosas detectadas o se puedan replicar los modelos que ellas han aplicado exitosamente en otras comunidades, de ahí la importancia del trabajo conjunto entre los ayuntamientos, las ONG’s y las universidades en beneficio de sus comunidades.

Pavía (2008) justifica el desarrollo sustentable por la convergencia de recursos naturales limitados con una gran actividad económica regida por un criterio económico preponderante sobre la problemática medioambiental y expone, citando a Alonso (2005) la existencia de tres factores para el desarrollo sustentable: el económico, el social y el ambiental.

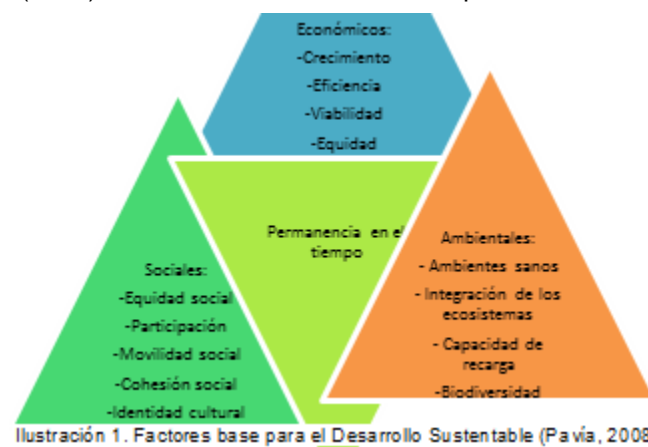


Ilustración 1. Factores base para el Desarrollo Sustentable (Pavía, 2008)

Dentro de los factores económicos considerados por Pavía, se tienen el *crecimiento, la eficiencia, la viabilidad y la equidad*. Según Antúnez (2010) el crecimiento es “un fenómeno complejo en el que, mediante la acumulación de más y mejores factores productivos y de su utilización mediante técnicas cada vez más productivas, las economías son capaces de generar una mayor cantidad de bienes y servicios.” En tanto, la viabilidad está considerada como “las relaciones que se pueden establecer entre la intervención propuesta y el medio intervenido” (Santiago Sobrero, 2009). Mokate (1999) define la eficiencia como “el grado en que se cumplen los objetivos de una iniciativa al menor costo posible” y a la equidad como “el tratamiento igual para todos los diversos grupos e individuos de la sociedad”.

Segunda parte: Participación activa de los estudiantes en ONG´s

Por otra parte la propuesta se complementa con la participación voluntaria por parte de los alumnos, para colaborar directamente con las organizaciones no gubernamentales detectadas y con las cual exista previo convenio por parte de las universidades, donde se garantice la seriedad y credibilidad de las mismas.

Debemos recordar que para que este tipo de proyectos funcione, deben estar inmiscuidos todos los niveles, pero sobre todo debe haber un alto mando que participe activamente en ello, de acuerdo con el presidente de fundación Bancomer, el Lic. Gustavo Lara (Obregón, M.,2012) si queremos que funcione se debe tomar en serio a la responsabilidad social e involucrar a la alta dirección para que las iniciativas que se realicen no nazcan muertas. Sean iniciativas exitosas y tengan eco en toda la organización; por lo que se requeriría que por parte de las universidades participen directivos, académicos, y estudiantes universitarios, así como extender la invitación a la comunidad, para conocer los temas a profundidad, y trabajar en pro de causas que impacten directamente a dicha comunidad, en un espacio pluralidad y cooperación y compromiso.

Para que finalmente el modelo quede integrado por cuatro actividades complementarias, además de actividades artísticas, culturales y deportivas, se anexan las sociales, como parte de la formación de los TSU de la siguiente manera:



En consecuencia debemos contar con un modelo que forme en y para la responsabilidad social, es allí donde la Educación Superior juega un rol protagónico: “una educación orientada por el amor hacia la humanidad y movida por la sabiduría” (UNESCO, 1.998; p. 23)

La universidad debe formar ciudadanos íntegros y que creen su propio camino, que participen en las decisiones y acciones del rubro a seguir, y fundamentada en lo que Delors (et al, 1996), ha denominado los cuatro pilares que deben regir la educación de este siglo: el aprender a conocer, hacer, ser y convivir, siendo los dos últimos las bases sólidas de la Responsabilidad Social, lo que vendría a reforzar la educación de las universidades tecnológicas que se basan en dichos pilares para la formación de nuestros alumnos.

Actualmente existe un portal de la SES (Subsecretaría de Educación Superior)- Vinculación, empresas, academia, sociedad y gobierno, el cual es un espacio de encuentro entre los sectores, privado, público, social y académico. Sus propósitos son: dar a conocer el potencial, beneficios y casos de vinculación de las instituciones de educación superior, facilitar el contacto entre actores para generar nuevos proyectos, fortalecer las estructuras y mecanismos de vinculación e impulsar una cultura de vinculación efectiva.

Para ellos se crean los Consejos Estatales de Vinculación donde como parte de los compromisos adquiridos en el Consejo Nacional de Autoridades Educativas (CONAEDU), la SEP promueve la creación y fortalecimiento de Consejos Estatales de Vinculación (CEV), lo cuales son órganos colegiados integrados por autoridades estatales y locales de los sectores educativo, productivo, gubernamental y social.

Los Consejos Estatales de Vinculación, pretenden ser un eje articulador que ponga en la misma mesa a los actores clave del entorno estatal, con la finalidad de consensuar acciones que permitan una mayor pertinencia educativa del sistema de educación superior, facilitar condiciones para la inserción laboral de los profesionistas, así como el impulso de la competitividad y productividad de las empresas. Actualmente se encuentran los consejos constituidos en 14 estados¹.

Conclusión.

Ante estos cambios y el nacimiento de nuevos problemas, que en principio son individuales pero que a la larga se convierten en colectivos, la universidad como parte integrante de la sociedad comparte estos problemas y dificultades, por lo que tiene que ser ella, desde el lugar privilegiado que ocupa, la que ha de plantear y ayudar a la resolución de los problemas sociales mediante el estrecho diálogo y cooperación con las demás entidades sociales, económicas, culturales y políticas (Castañeda, 2007) y el relacionarse con organizaciones no gubernamentales y gubernamentales en beneficio de causas comunes la ayudará a dar solución a dichos problemas y a formar mejores individuos para la sociedad, a encauzar el sentido y el espíritu de dichos individuos y a fomentar la participación de estos en problemas comunes que los lleven hacia un sentido de cambio social global, ya que comunidades como donde se encuentra nuestra casa de estudios (UTCV) suele ser el medio más potente de conocimiento, sensibilización y cambio.

Ahora como nunca adquieren relevancia las ONG's por el provecho que se puede sacar de sus programas y acciones exitosas impulsados, no sólo para su réplica a nivel local, sino para hacer de ellas políticas sociales públicas, es decir, que el gobierno y aún otros actores de la sociedad las asuman e impulsen como alternativas viable para enfrentar los problemas sociales, es por ello que su papel es de suma importancia hoy en día y pueden realizar importantes binomios o trinomios hoy en día.

Se puede y deberían aprovecharse los espacios abiertos para este tipo de actividades como el espacio que presenta la Subsecretaría de Educación Superior, a través de la página de Vinculación, elaborada por la Universidad Tecnológica de León, una muestra más del trabajo que se puede realizar en conjunto y aportar cada uno desde sus propios medios.

Sin olvidar que los mundos globales en los que vivimos solo dan margen para el cambio, por lo que debemos buscar nuevas formas de administrar el cambio en las organizaciones, como instituciones y sociedad debemos estar atentos al mundo externo y preocuparnos y ocuparnos por él, ver qué sucede e involucrar a los que formamos parte de él, que nos lleve a repensar qué tenemos, cómo debemos cuidar nuestro trabajo y mantener respeto a las normas que nos dicta el hacer las cosas pensando en todos los involucrados, lo que al final puede generarnos bienestar y felicidad no solo como institución sino como individuos en armonía con nuestro entorno (González, 2012).

Referencias.

- Alonso Marbán, E. (2005). Ciudades Sustentables. Recuperado el 18 de Enero de 2013, de Episteme.
- Castañeda, G., Ruiz, M., Vitoria, O., Castañeda, R., y Quevedo, Y. (2007); EL ROL DE LAS UNIVERSIDADES EN EL CONTEXTO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL; Revista NEGOTIUM / Ciencias Gerenciales; Consultado el 17 de noviembre de 2012, de: <http://www.revistanegotium.org.ve/pdf/8/Art4.pdf>

¹ Puebla, Sinaloa, Tabasco, Querétaro, Aguascalientes, Chihuahua, Baja California Sur, Sonora, Nuevo León, Jalisco, Veracruz, Coahuila, Quintana Roo y Estado de México.

- CINU (Centro de Información de las Naciones Unidas), 2010; Lista de ONG de América Latina y el Caribe; consultado el 25 de diciembre, de 2013, de: <http://www.cinu.mx/docs/ONGs%20Oficiales%20DPlok.pdf>
- CODHEM (Comisión de derechos humanos del Estado de México), 1995; Organismos No Gubernamentales: Definición, Presencia y Perspectivas, Doctrina; consultado el 11 de diciembre de 2012, de: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/derhum/cont/28/pr/pr35.pdf>
- Cummings, T. y Worley, C. (2009); Desarrollo Organizacional y Cambio. 8ª Edición. Editorial Cengage Learning Editores, S.A. México.
- Delors, J., Mufti, A., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., et al (1996). La Educación Encierra un Tesoro: Santilla Ediciones UNESCO; consultado el 17 de noviembre de 2012, de: http://www.unesco.org/pv_obj_cache/pv_obj_id_420FABF525F4C4BBC4447B3D78E7C24EC1311100/filename/DELORS_S.PDF
- Gaete, R. (2012). RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA: UNA UEVA MIRADA A LA RELACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON LA SOCIEDAD DESDE LA PERSPECTIVA DE LAS PARTES INTERESADAS. TESIS DOCTORAL. España: Universidad de Valladolid. Consultado el 6 de septiembre de 2013, de: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/923/1/TESIS148-120417.pdf>
- González, R. (2012); Tendencias del desarrollo organizacional; Video ITESM; Consultado el 12 de noviembre de 2012, del material semana 10, del curso Desarrollo Organizacional, ITESM virtual.
- Mokate, K. (1999). EFICACIA, EFICIENCIA, EQUIDAD Y SOSTENIBILIDAD: ¿QUÉ QUEREMOS DECIR?; Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe – CEPAL; Recuperado el 16 de Enero de 2013, de: http://www.eclac.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/gover_2006_03_eficacia_eficiencia.pdf
- Obregón, M. (2012); Entrevista con el Lic. Gustavo Lara de Fundación Bancomer; Universidad virtual ITESM; Consultado el 1 de noviembre de 2012, del material de recursos de apoyo, semana 8, curso Seminario de dirección y gobierno corporativo.
- Pavía G. (2008). Antecedentes y Marco Conceptual. México, México.
- Ruiz, C. y Antonio, P. (2013); Análisis situacional de la cultura del reciclado en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz; pag. 27; ECORFAN Ciencias Administrativas y Sociales.
- Santiago Sobrero, F. (2009). ESTUDIOS DE VIABILIDAD LA CENICIENTA DE LOS PROYECTOS DE INVERSION; Asociación Argentina de Estudios en Administración Pública; Recuperado el 16 de Enero de 2013, de: http://www.aaep.org.ar/ponencias/congreso5/ponencias_completas/Sobrero,%20Francisco%20-%20ESTUDIOS%20DE%20VIABILIDAD%20LA%20CENICIENTA%20DE%20LOS%20PROYECTOS%20DE%20INVERSION.pdf
- Universidad de Concepción (2010); Tercer reporte de sustentabilidad; consultado el 5 de septiembre de 2013, de: http://www2.udec.cl/rsu/images/stories/doc/reporte_3.pdf
- Vázquez B, A. (2000). Revista de la CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); Recuperado el 16 de Enero de 2013, de www.eclac.org/publicaciones/xml/1/7791/LCL1549E_cap01.pdf
- Vinculación, Empresas, Academia, Sociedad, Gobierno; SES (Subsecretaría de Educación Superior); página en internet; consultado el 22 de enero de 2013, de: <http://www.vinculacion.ses.sep.gob.mx/>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Evaluación de competencias para fomentar una cultura ambientalista en comunidades de alta marginación en Veracruz

V. Alcántara Méndez^{1*}, L. Hernández Alcázar²

¹Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba 94290
Boca del Río, Veracruz, México.

²Asesor Legislativo de la Presidencia de la Comisión de Protección Civil,
LXII Legislatura, Congreso del Estado Veracruz, Llave.

*dravirginiaalcantara@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

El enfoque de competencias implica cambios y transformaciones profundas en los diferentes niveles educativos y seguir este enfoque es comprometerse con una docencia de calidad, buscando asegurar el aprendizaje de los estudiantes. El propósito de esta investigación fue evaluar las competencias genéricas y específicas para fomentar una cultura ambientalista en comunidades de alta marginación del municipio de Ixmattlahuacan, Veracruz durante el periodo junio 2012- junio 2013.

Se incorporaron 20 profesores de ambas comunidades para desarrollar el tema: cultura ambientalista. Los resultados demostraron efectividad con valores del 40 a $\geq 80\%$ para el nivel de construcción y manejo indicadores en la elaboración de rúbricas, listas de observación y de cotejo que permitieron a los docentes elaborar sus portafolios con evidencias acordes al tema, a la competencia desarrollada y a las evaluaciones diagnóstica, de seguimiento y sumativa correspondiente.

Abstract

Competences approach implies changes and profound transformations in the different educational levels and follow this approach is to engage with a quality teaching, looking to ensure student learning. The purpose of this research was to assess the generic skills and specific to promote an environmental culture in communities of high marginalization of the municipality of Ixmattlahuacan, Veracruz during the period June 2012 - June 2013. 20 Teachers from both communities joined to develop the theme: environmental culture. The results showed effectiveness with values of 40-80% to the level of construction and management indicators in the preparation of headings, lists of observation and comparison that allowed teachers develop their portfolios with evidence in accordance with the theme, developed competition and the evaluations it is diagnosed, follow-up and summative corresponding.

Palabras clave: Competencias, evaluación, cultura ambiental.

Keywords: Competences, evaluation, environmental culture.

Introducción

El enfoque de la formación basada en competencias se encuentra insertado en la política educativa mexicana en sus diversos niveles y esto hace necesario que todo docente aprenda a desempeñarse con idoneidad en este enfoque porque las competencias constituyen la base fundamental para orientar el currículo, la docencia, el aprendizaje y la evaluación desde un marco de calidad, ya que brinda principios, indicadores y herramientas para hacerlo, más que cualquier otro enfoque educativo.

Las competencias son un enfoque para la educación, porque sólo se focalizan en unos aspectos específicos de la docencia, del aprendizaje y de la evaluación, como son: 1) la integración de los conocimientos, los procesos cognoscitivos, las destrezas, las habilidades, los valores y las actitudes en el desempeño ante actividades y problemas; 2) la construcción de los programas de formación acorde con los requerimientos disciplinares, investigativos, profesionales, sociales, ambientales y laborales del contexto; y 3) la orientación de la educación por medio de estándares e indicadores de calidad en todos sus procesos. En este sentido, como bien se expone en Tobón (2005), el enfoque de competencias puede llevarse a cabo desde cualquiera de los modelos pedagógicos existentes, o también desde una integración de ellos. El enfoque de competencias implica cambios y transformaciones profundas en los diferentes niveles educativos y seguir este enfoque es comprometerse con una docencia de calidad, buscando asegurar el aprendizaje de los estudiantes.

Considerando los puntos antes mencionados fueron diseñados cuatro cursos enfocados hacia las competencias para los profesores que laboran en comunidades de alta marginación. El propósito de esta investigación fue evaluar las competencias para fomentar una cultura ambientalista en las comunidades de Chicalpextle y Mozapa del municipio de Ixmatlahuacan, Veracruz durante el periodo junio 2012- junio 2013.

Planteamiento del problema

En las comunidades de alta marginación del Municipio de Ixmatlahuacan en el estado de Veracruz, una meta recurrente en la agenda municipal ha sido la implementación de programas para la educación ambiental. Es desde aquí donde surge la necesidad de capacitación del profesorado para fomentar una cultura ambientalista en sus estudiantes y en la propia comunidad.

Con base en lo anterior se propone la formación por competencias de los profesores de las comunidades de Chicalpextle y Mozapa para cubrir las necesidades educativas y sociales para promover una conciencia con actitudes, valores y acciones compatibles con el desarrollo sustentable, promover la capacitación en educación ambiental y fomentar así una cultura ambientalista. Lo cual permite la articulación del tema a desarrollar y las competencias con el pensamiento complejo.

La pregunta general a responder fue:

¿Cuál es la efectividad de la formación por competencias de los profesores para fomentar una cultura ambientalista en comunidades de Ixmatlahuacan, Veracruz?

Preguntas específicas:

¿Cuáles son los niveles de entrada, de la formación por competencias de los profesores en la evaluación diagnóstica?

¿Cuáles son los niveles de apropiación, de la formación por competencias de los profesores en la evaluación de seguimiento?

¿Cuáles son los niveles de empoderamiento, de la formación por competencias de los profesores en la evaluación sumativa?

Objetivo General

Evaluar la eficiencia de la formación por competencias de los profesores para fomentar una cultura ambientalista en comunidades de Ixmatlahuacan, Veracruz

Objetivos Específicos

- Determinar cuáles son los niveles de entrada, para lograr la formación por competencias de los profesores en la evaluación diagnóstica.
- Determinar cuáles son los niveles de apropiación, para lograr la formación por competencias de los profesores en la evaluación de seguimiento.
- Determinar cuáles son los niveles de empoderamiento, para lograr la formación por competencias de los profesores en la evaluación sumativa.

Justificación

Desde mediados de la década de los años noventa esta concepción de las competencias también ha sido implementada en instituciones educativas de varios países, buscando con ello formar personas con ciertas competencias que les permitan un mayor impacto en la inserción laboral.

La línea disciplinar psicolingüística y la psicología cultural enfatizan en la competencia como un concepto que está en la base de la interacción de la persona con el entorno. En una vía diferente, pero también con un enfoque contextual, están los aportes de la psicología cultural que tienen como principal representante a Vigotsky (1985) y que han sido planteados por autores como Torrado (1995, 1998). En esta línea básicamente se ha propuesto que las competencias “son acciones situadas que se definen en relación con determinados instrumentos mediadores” (Hernández et al., 1998, p. 14).

Son acciones situadas en el sentido de que tienen en cuenta el contexto en el cual se llevan a cabo. Ahora bien, dichas acciones se dan a partir de la mente; la mente se construye en relaciones sociales y es actualizada por la cultura (Vigotsky, 1985; Bruner, 1992). En general, la psicología cultural le ha aportado al concepto de competencias el principio de que la mente y el aprendizaje son una construcción social y requieren de la interacción con otras personas, estando la idoneidad influenciada por el mismo contexto (Tobón, 2006).

De los referentes anteriores, en esta investigación se propone la formación por competencias de los profesores; con el propósito que incorporen las competencias propuestas con el contexto social para promover una conciencia con actitudes, valores y acciones compatibles con el desarrollo sustentable, promover la capacitación en educación ambiental y fomentar así una cultura ambientalista en las comunidades de Chicalpextle y Mozapa. Por lo que es un proyecto pionero e innovador.

Desarrollo del proyecto

Tipo de Investigación.- El estudio fue una investigación de carácter cuasiexperimental (Cea, 2004), con estatus principal cuantitativo y complemento secundario cualitativo que implicará un diseño complementario DICO.

Etapas cuantitativa.- La acción cuantitativa presentó como marco de referencia las acciones fueron realizadas durante los cursos de capacitación en competencias, donde fue aplicada la estrategia para la evaluación y se generó la recolección de los datos.

A través de este análisis se explicó el efecto de nivel de construcción y manejo de competencias para el proceso diagnóstico, de seguimiento y sumativa para el aprovechamiento de los procesos de saberes para la cultura ambientalista

Variable independiente VI.- Evaluación de competencias.

Variable dependiente VD: Desarrollo y habilidades para la elaboración de competencias genéricas y específicas

Indicadores.-

Proceso Diagnóstico.- activación de conocimientos (nivel de entrada)

Proceso de Seguimiento.- eco de conocimientos (nivel de apropiación)

Proceso Sumativo.- respuesta de preguntas y problemas (nivel de empoderamiento)

Etapa cualitativa.- la acción cualitativa presentó como marco de referencia el interés del proceso visto desde la conducta humana (de los profesores), su marco de referencia es desde lo ético, sémico, dinámico, y polifacético. Las etapas del dato cualitativo, la sensibilización, la descripción, la transcripción, el análisis y la interpretación fueron un papel importante en el contexto del fenómeno estudiado.

Lo cual permitió observar el contexto social para promover una conciencia con actitudes, valores y acciones compatibles con el desarrollo sustentable, promover la capacitación en educación ambiental y fomentar así una cultura ambientalista.

Categorías.-

Procesos: los procesos son acciones que se llevan a cabo con un determinado fin, tienen un inicio y un final identificable. Implican la articulación de diferentes elementos y recursos para poder alcanzar el fin propuesto. Con respecto a las competencias, esto significa que estas no son estáticas, sino dinámicas, y tienen unos determinados fines, aquellos que busque la persona en concordancia con las demandas o requerimientos del contexto.

Complejos: lo complejo se refiere a lo multidimensional y a la evolución (orden desorden reorganización).

Las competencias son procesos complejos porque implican la articulación en tejido de diversas dimensiones humanas y porque su puesta en acción implica muchas veces el afrontamiento de la incertidumbre.

Desempeño: se refiere a la actuación en la realidad, que se observa en la realización de actividades o en el análisis y resolución de problemas, implicando la articulación de la dimensión cognoscitiva, con la dimensión actitudinal y la dimensión del hacer.

Idoneidad: se refiere a realizar las actividades o resolver los problemas cumpliendo con indicadores o criterios de eficacia, eficiencia, efectividad, pertinencia y apropiación establecidos para el efecto. Esta es una característica esencial en las competencias, y marca de forma muy importante sus diferencias con otros conceptos tales como capacidad (en su estructura no está presente la idoneidad).

Contextos: constituyen todo el campo disciplinar, social y cultural, como también ambiental, que rodean, significan e influyen una determinada situación.

Las competencias se ponen en acción en un determinado contexto, y este puede ser educativo, social, laboral o científico, entre otros.

Responsabilidad: se refiere a analizar antes de actuar las consecuencias de los propios actos, respondiendo por las consecuencias de ellos una vez se ha actuado, buscando corregir lo más pronto posible los errores. En las competencias, toda actuación es un ejercicio ético, en tanto siempre es necesario prever las consecuencias del desempeño, revisar cómo se ha actuado y corregir los errores de las actuaciones, lo cual incluye reparar posibles perjuicios a otras personas o a sí mismo. El principio en las competencias es entonces que no puede haber idoneidad sin responsabilidad personal y social.

Actividades

Durante junio 2012 y junio 2013 fueron implementados cuatro cursos dirigidos a 20 profesores de las comunidades de Mozapa y Chicalpextle en el municipio de Ixmiquilpan, con el objetivo de capacitarlos en el enfoque por competencias. Los cursos incluyeron: introducción hacia el concepto de competencias; estrategias de aprendizaje y de enseñanza por competencias; elaboración de instrumentos para los procesos diagnósticos, de seguimiento y sumativo; y el significado y ejemplos de culturas ambientalistas.

Cada profesor/a adquirió su libreta personal que contenía su plan de trabajo, la cual se dividió en tres secciones: *Proceso diagnóstico*, *Proceso de formación* y *Proceso Sumativo*; en cada sección se incluyeron seis interrogantes ¿qué?, ¿para qué?, ¿cómo?, ¿con qué? ¿cuándo? y ¿quién? Los planes individuales fueron revisados y retroalimentados durante los cuatro cursos.

Recolección y Tratamiento de los Datos

Los datos fueron colectados semanalmente de las libretas, formatos y ejercicios de los profesores. La información fue dividida para la fase cuantitativa y la cualitativa. Al final de cada curso los profesores entregaron:

- a. El programa para fomentar una cultura ambientalista e impartirlo a los estudiantes y a la comunidad.
- b. Rubricas para evaluación de actividades.
- c. Formatos de evaluación diagnostica, de formación y sumativa.
- d. Portafolios de evidencias.
- e. Libretas con su plan de trabajo.

En la fase cuantitativa los datos fueron capturados una matriz dividida en seis partes para anotar el avance en los indicadores propuestos. También fueron realizadas graficas de comparación de los procesos de entrada, apropiación y empoderamiento.

En la fase cualitativa los datos fueron colectados en una matriz dividida para el número de categorías propuestas para evaluar el interés desde el marco ético, sémico, dinámico o polifacético y la última parte referida a la interpretación del fenómeno estudiado.

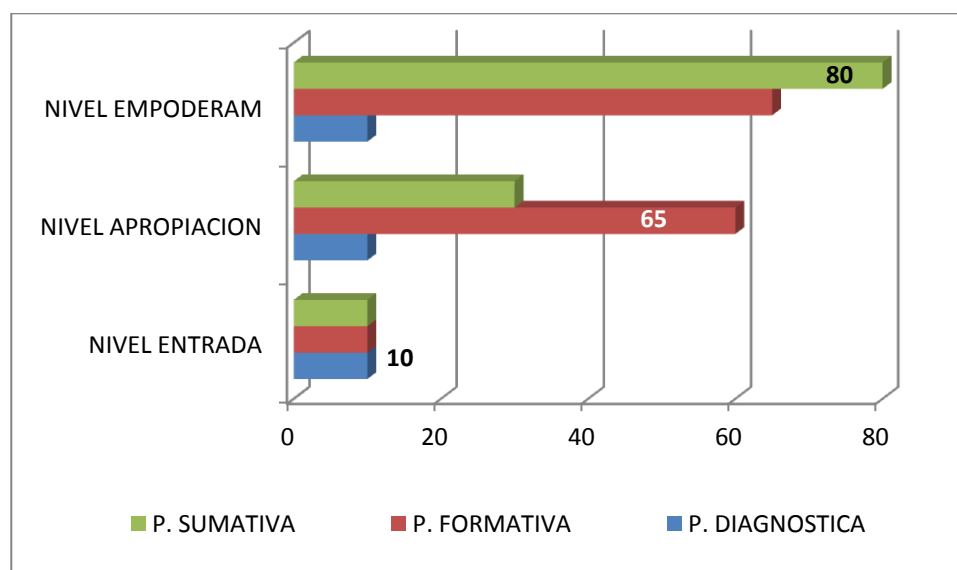
Para el tratamiento de los datos fue utilizada t-student con 95% de confiabilidad para encontrar los valores de la evaluación de competencias de los profesores en los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento. También fueron elaborados triángulos topológicos para cada evaluación (diagnostica, formativa y sumativa) y su relación con: a) el proceso de enseñanza-aprendizaje, b) valores, actitudes y conductas y c) evaluación de las habilidades y destrezas, compatibles con el desarrollo sustentable, la capacitación en educación ambiental y fomentar así una cultura ambientalista.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos permitieron evaluar la eficiencia de la formación por competencias de los profesores para fomentar una cultura ambientalista en comunidades de Ixmatalhuacan, Veracruz.

El grupo presentó avances significativos que demostraron sus competencias como un potente instrumento de mejora educativa.

La gráfica 1, muestra los niveles de entrada apropiación y empoderamiento de la evaluación durante el proceso de formación por competencias durante los cuatro cursos impartidos. Los resultados fueron: evaluación diagnostica 40% (nivel de entrada), evaluación formativa 45% a 65% (nivel de apropiación) y evaluación sumativa 55% al 80% (nivel de empoderamiento) Lo cual indica los procesos para el desarrollo y habilidades para la elaboración de competencias genéricas y específicas.



Gráfica 1 Niveles de entrada, apropiación y empoderamiento y su relación con los procesos de evaluación

En los formatos 1 y 2 se muestran el desarrollo de las competencias en el tema denominado la ética y el medio ambiente. El formato 1, presenta los resultados que el profesor/a toma en cuenta al inicio de su sesión o clase; para determinar una evaluación diagnóstica de los saberes con los que cuentan sus estudiantes para planificar las siguientes clases.

En el mismo se ha subrayado y coloreado las retroalimentaciones hechas por el instructor a cada docente, por ejemplo en el formato 1, se indica en color amarillo la falta de complementariedad y en verde la omisión de la competencia: toma de decisiones. Asimismo se explica que los temas propuestos en el programa elaborado, se deben “desmenuzar” para ir de lo particular a lo general, esto permitió que hubiese relación y co-relación entre lo que se toma en cuenta en cada clase. Lo que permite que no exista confusión de la elaboración y entrega de evidencias para cada momento en la evaluación.

Formato 1. Elementos que tomo en cuenta en mi trabajo para el desarrollo de competencias

ÉTICA Y MEDIO AMBIENTE	Número de sesiones al semestre: 4/16	Horas por sesión: 2 Horas totales durante el semestre: 32
-------------------------------	---	--

Competencia específica a desarrollar y/o formar desde mi asignatura:

Realiza dinámicas y actividades del quehacer profesional para eficientar la toma de decisiones operando bajo un orden legal en el cuidado del medio ambiente.

Subdivisión de competencias a desarrollar y/o formar por unidad de aprendizaje:	¿QUÉ LES PIDO QUE HAGAN? (En clases o fuera de ellas)	¿QUÉ VALOR TIENE CADA ACTIVIDAD? (¿Tiene valor o no?)	¿RETROALIMENTO EL DESARROLLO DE CADA ACTIVIDAD? ¿CÓMO?	¿CON QUÉ OTRAS COMPETENCIAS SE RELACIONA CADA ACTIVIDAD?
Resuelve problemas de dilemas morales para identificar el terreno de lo ético en la vida profesional y su relación con el medio ambiente.	a) Solicito que formen equipos de trabajo de tres personas para realizar el análisis de los dilemas morales. b) Se entrega el material que incluye dos dilemas morales. c) En esta sesión analizaremos la importancia de identificar la parte ética en la vida profesional. d) Los aprendices identifican la situación y toman su decisión argumentando si están de acuerdo o no y porque.	a) Trabajo en equipo de tres integrantes para revisar los dilemas morales 10% b) Trabajo en equipo para analizar los dilemas morales 10% c) Debate y defensa de argumentos en macrogrupo 25% d) Entrega de análisis individual 20% e) Entrega del Análisis grupal 25%	a) x b) X c) La retroalimentación del debate se hace durante el trabajo en equipo de tres estudiantes, cuando están analizando sus dilemas morales. d) La retroalimentación de su trabajo individual se hace en cada documento cuando se entrega su documento. e) La retroalimentación de su trabajo grupal se hace cuando están analizando sus dilemas morales en el debate.	Se relaciona con competencias de actitud, ya que esta asignatura se imparte en primer semestre a) Saber escuchar y tomar notas. b) Ser tolerante a los comentarios de los demás. c) Ser respetuoso con el trabajo de los demás. Trabajo en equipo d) Análisis de contexto e) Planificación de trabajo

Por otra parte al relacionar los resultados de los niveles de entrada se percibe que los docentes mantienen un 10/100 de en el proceso diagnostico, lo que indicó que al inicio de cada curso la estrategia aplicada fue incluir en la planeación un resumen de lo aprendido y un ejercicio para retroalimentación. Siempre anotando cada proceso en su libreta personal. Con ello se reforzaron competencias sistémicas, competencias procedimentales y competencias actitudinales.

En el formato 2, se presenta la evaluación formativa de las competencias a desarrollar, en el cual fueron consideradas las preguntas ¿qué?, ¿para qué?, ¿cómo?, ¿con qué?, ¿cuándo? y ¿quién? para que a los docentes focalizaran cada momento y construir la competencia adecuada, esto les permitió una integración de las categorías para el contexto, la complejidad, la idoneidad, la responsabilidad, el desempeño y los procesos que se llevaron a cabo en cada fase del binomio enseñanza-aprendizaje.

Formato 2. Evaluación formativa de competencias a desarrollar

Tema: LA ETICA Y EL MEDIO AMBIENTE	Número de sesiones al semestre: 4/16	Horas por sesión: 2 Horas totales durante el semestre: 32
------------------------------------	--------------------------------------	---

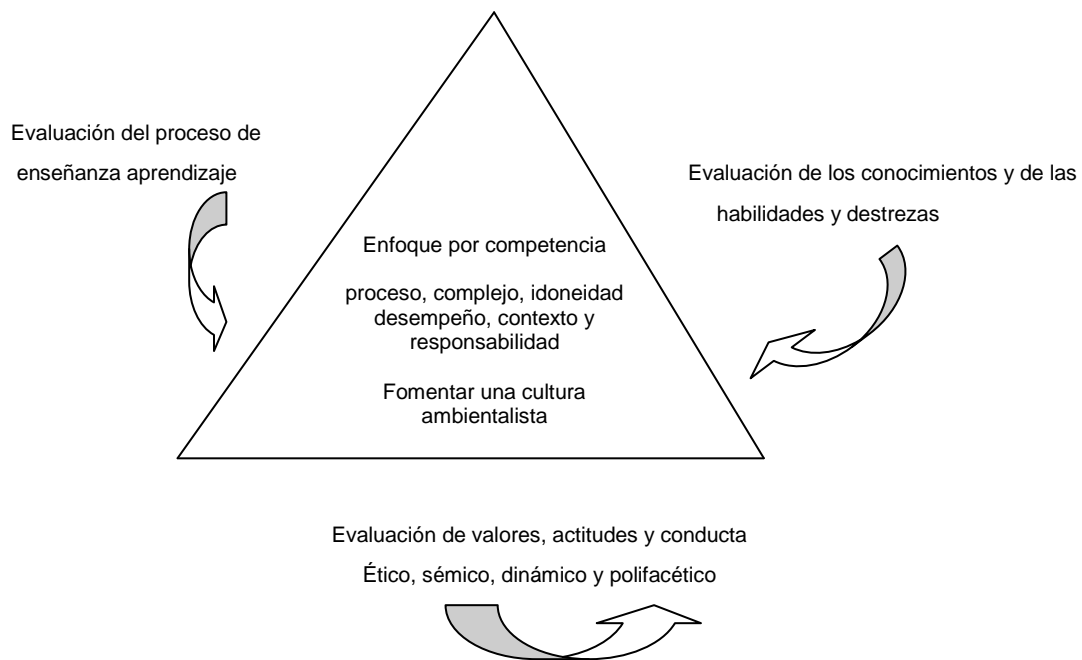
Competencia específica a desarrollar y/o formar desde mi asignatura:

Realiza dinámicas y actividades del quehacer profesional para eficientar la toma de decisiones operando bajo un orden legal en el cuidado del medio ambiente

Competencias a desarrollar y/o formar desde mi asignatura por unidades de aprendizaje: (incluyendo tanto competencias específicas, genéricas y básicas)	¿QUÉ?	¿PARA QUÉ?	¿CÓMO?	¿CON QUÉ?	¿CUÁNDO?	¿QUIÉN?
<p>1ª UNIDAD</p> <p>Resuelve problemas de dilemas morales para identificar el terreno de lo ético en la vida profesional y su relación con el medio ambiente.</p> <p>Saber escuchar y tomar notas.</p> <p>Ser tolerante a los comentarios de los demás.</p> <p>Ser respetuoso con el trabajo de los demás</p> <p>Trabajo en equipo</p> <p>Análisis de contexto</p> <p>Planificación de trabajo</p>	<p>a. Análisis de la importancia de identificar la parte ética en la vida profesional.</p> <p>b. Análisis de la importancia de relacionar la ética y el cuidado del medio ambiente.</p>	<p>a. Para resolver problemas de dilemas morales e identificar la parte ética en la vida profesional</p> <p>b. Para resolver problemas de dilemas morales y relacionar la parte ética con el cuidado del medio ambiente</p>	<p>a.1 Trabajo en equipo de tres integrantes para revisar los dilemas morales</p> <p>a.2 Trabajo en equipo para analizar los dilemas morales</p> <p>a.3 Debate y defensa de argumentos en macrogrupo</p>	<p>a.1 Entrega de análisis individual</p> <p>a.2 y a.3 Entrega del Análisis grupal en por decisión en debate</p>	<p>a.1 Durante la unidad</p> <p>a.2 y a.3 Al final de la unidad</p>	<p>a.1 El facilitador</p> <p>a.2 los alumnos</p> <p>a.3 El facilitador y los alumnos</p>

Los resultados de los niveles de apropiación de 45/100 a 65/100 en su proceso formativo, son contundentes ya que demuestran significativamente el avance para construir la competencia correspondiente al tema, es importante destacar que en este proceso intermedio los profesores/ras delimitaron correctamente la competencia y realizaron toma de decisiones para integrar evidencias concretas para competencias básicas y específicas.

La acción cualitativa, fue validada desde los procesos enseñanza-aprendizaje en el desarrollo de competencias por parte de los profesores/ras. El triángulo topológico 1, presentado en el telón del centro se integra por el enfoque por competencias desde la construcción de éstas en sus fases de proceso, complejo, idoneidad, desempeño, contexto y responsabilidad para fomentar una cultura ambientalista. En sus laterales se encuentran como base el interés hacia los contenidos la ética y su relación con el medio ambiente, con la evaluación del proceso enseñanza y aprendizaje, su interpretación desde lo ético, sémico, dinámico y polifacético; finalmente la evaluación de las habilidades y destrezas en el desarrollo de competencias para la realización de la evaluación desde un marco de calidad.



Triángulo topológico 1. Evaluación de competencias

La motivación permanente fue otro de los puntos fuertes en la investigación, ya que ésta les brindó a los profesores/ras desarrollar la competencia de emprendimiento al logro de intereses que permitieron equilibrar lo académico y la realidad en la que están inmersos; con la oportunidad de integrar a cada proceso diagnóstico, formativo y sumativo con la posibilidad de ser analizados y confrontados con nuestras ideas o las de otros, lo anterior favoreció el empoderamiento de los conocimientos y la apropiación de la experiencia con logros en sus posibilidades de comunicación y desarrollo personal. Con ello los profesores/ras se permitieran desaprender y aprender por competencias.

Trabajo a futuro

El proyecto, actualmente implementa la propuestas para el cambio de perspectiva: formación en competencias a iniciar en otras comunidades.

Conclusiones

La formación en competencias para los aspectos de la docencia, el aprendizaje y la evaluación demostró resultados contundentes porque fomentan la reflexión, el pensamiento creativo, análisis y responsabilidad en cada competencia construida.

Enseñar y aprender bajo el enfoque por competencias permitió a los profesores/ras participantes fomentar una cultura ambientalista que consideró la necesidad de asumir la responsabilidad civil de la comunidad por la protección del medio ambiente, con un motivo primordial y una actitud favorable frente al medio ambiente como un deber con su patria.

El programa elaborado integró en sus contenidos a través de ejercicios y problemas la competencia de advertir no solo el daño que las personas pueden ocasionar al medio ambiente, sino además, la actitud apática e indiferente a la que se puede llegar por actuar con una conducta que conlleve a acciones de deterioro, también destacó las bases humanísticas y en ella fueron incluidas las relaciones del ser humano con la naturaleza. El manejo de complejidades para utilizar racionalmente los recursos y su desarrollo combinado que proporcione la sustentabilidad.

Las competencias orientan la formación de los profesores/ras hacia el desempeño idóneo en contextos sociales y de desarrollo sustentable, la creatividad de las evidencias permitió el desarrollo de habilidades cognoscitivas y metacognitivas, la actuación, el desempeño, la enseñanza de los procesos de aprendizaje y su contextualización de su formación.

Referencias

1. Bustamante, G. (2003). El concepto de competencia III. Un caso de recontextualización: Las "competencias" en la educación colombiana. Bogotá: Sociedad Colombiana de Pedagogía.
2. Gardner, H. (2007). Las estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples. México: Fondo de Cultura Económica.
3. Hernández, C.A., Rocha, A., y Verano, L. (1998). Exámenes de Estado. Una propuesta de evaluación por competencias. Bogotá: ICFES.
4. Tobón, S. (2004). Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Bogotá: ECOE.
5. Tobón, S. (2006). Aspectos básicos de la formación basada en competencias Talca: Proyecto Mesesup. Colombia.
6. Tobón, S. (2006). Las competencias en la educación superior. Políticas de calidad. Bogotá: ECOE.
7. Torrado, M.C. (1995). La naturaleza cultural de la mente. Bogotá: ICFES.
8. Torrado, M.C. (1998). De las aptitudes a las competencias. Bogotá: ICFES.
9. Vigotsky, L. (1985). Pensamiento y lenguaje. Buenos Aires: La Pléyade.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Célula de desarrollo de software, un enfoque de enseñanza aprendizaje

M. Soria García^{1*}, R.M. Sánchez Durán¹, N.G. Reyes Avila¹, C. González Esqueda¹, A. Aranda López¹.

¹Área de Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica de León, Blvd. Universidad Tecnológica 225, Col. San Carlos, C.P. 37570, León Guanajuato, México

*msoria@utleon.edu.mx

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

Ante la necesidad de contar con centros de educación superior con formación profesional tecnológica y de vanguardia, por parte del gobierno del estado se impulsa el programa de fomento al desarrollo de la industria del software, motivo por el cual la Universidad Tecnológica de León (UTL) se une a dicho programa participando con la célula de desarrollo de software y con el área de sistemas informáticos.

La célula se enfoca al desarrollo de proyectos internos con el apoyo de profesores, líderes y estudiantes, teniendo como objetivo la generación de recursos humanos que al momento de egresar, cuenten con la experiencia necesaria en el desarrollo de proyectos reales lo cual impactará en su formación profesional.

Actualmente la célula se orienta a proyectos con enfoque en investigación, teniendo como beneficio profesores que están inmersos en la industria y en la universidad, además de que se generan recursos humanos más competentes.

Palabras clave: Células de desarrollo de software, CMMI, Proyectos

Abstract

Given the need for institutions of higher education with professional training and cutting-edge technology, by the state government is promoting the program to promote the development of the software industry, reason why Universidad Tecnológica de León (UTL) joins the program involved with a cell of software development and the information systems area.

The cell is focused on the development of internal projects with the support of teachers, leaders and students, aiming at the generation of human resources at the time of graduation, with the necessary experience in developing real projects which will impact on their professional training.

Currently, the cell aims to focus on research projects, with the advantage that teachers are involved in the industry and in the college, plus generated most competent human resources.

Introducción

La Universidad Tecnológica de León empezó labores el 26 de septiembre de 1995. Tuvo su origen con la petición del Consejo Coordinador Empresarial (10 cámaras empresariales del estado de Guanajuato) al Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, quien fungía en ese tiempo como titular de la Secretaría de Educación. [5]

Esta iniciativa se dio por la necesidad de contar con un Centro de Educación Superior y Formación Profesional Tecnológica, que estuviera vinculado al sector productivo de la localidad, además, que se especializara en la capacitación profesional de los mandos intermedios de las empresas.

Una de las estrategias de las Universidades Tecnológicas (UT) consiste en aplicar el denominado AST "Análisis

Situacional del Trabajo”, el cual sirve para comprobar si una carrera es pertinente en su región. Es un método que permite identificar el propósito, tareas, actividades clave, recursos, entre otros, de una empresa en un área de competencias, logrando de esta manera determinar parte del contenido curricular de la carrera. [6]

Dentro de la UTL se tienen áreas académicas con diferentes especialidades, una de ellas es el área de TIC “Tecnologías de la información y Comunicación”, la cual cuenta con tres especialidades: Redes y Telecomunicaciones, Multimedia y Comercio Electrónico y la tercera Sistemas Informáticos. En el contenido de este trabajo, nos referiremos a la tercer área de TIC.

El perfil de un egresado de la carrera de Sistemas Informáticos consiste en ser un profesional que tenga la capacidad para analizar, diseñar, desarrollar, evaluar e implementar software a la medida. Esto debido a que al egresar puede desarrollar sistemas para entornos de Escritorio, Web o Móviles. Además de trabajar en forma individual o en equipos interdisciplinarios de manera ordenada y sistemática.

A lo largo del tiempo, se ha logrado sustentar a la carrera con bases metodológicas de las mejores instituciones de las ciencias informáticas y de redes a nivel mundial, como lo son: iCarnegie y Cisco Systems.

Metodología

Células de desarrollo de software en la UTL.

En el 2006, surge la iniciativa por parte del CONCYTEG de integrar células de desarrollo de *Software* en el estado de Guanajuato, para lo cual patrocinó la capacitación para profesores de la región en las mejores prácticas de la Ingeniería de *software*, así como en el modelo de calidad de reconocimiento mundial como lo es el CMMI. [3]

Es así que, durante el año 2007, en la carrera de sistemas informáticos se abre una Célula de desarrollo de *software* integrada por 3 profesores y 5 estudiantes. Así mismo, dentro de la universidad, el área de Sistemas informáticos se une al proyecto de certificación en CMMI nivel 2, el cual se obtuvo en febrero del 2010.

Uno de los principales objetivos de la célula de desarrollo fue participar en proyectos internos de tipo administrativos, los cuales ayudaron a la consolidación de la misma, debido a que con ello se probaron estándares de calidad, se ajustaron estilos de trabajo y se definieron procesos de desarrollo, de gestión de proyecto y de convivencia.

Es importante mencionar que ésta sinergia se logra con la participación de profesores, líderes, estudiantes y clientes. Los profesores que participan dentro de célula son expertos en el modelo de calidad y se encargan de mantenerlo siempre en mejora continua y de difundir su actualización. Además los profesores son los que coordinan la creación de cada célula.

Los líderes son auxiliares de laboratorio quienes son responsables de gestionar cada proyecto que se abre y de administrar sus recursos. Por otro lado, los alumnos son los recursos que participan en los proyectos, éstos adquieren varios roles según sus habilidades, las cuales son identificadas en una previa captación al ingreso a célula. Esta capacitación es para que los alumnos puedan lograr un desempeño eficaz.

Finalmente los clientes son los dueños de los procesos administrativos de la universidad que buscan la mejora de sus respectivas áreas a través de la automatización de sus actividades. Cuando se desarrolla un nuevo proyecto para nuestro cliente interno, éste se adhiere al sistema Integral Táctico Operativo de la universidad (SITO).

Aprendizaje Vivencial (basado en proyectos reales)

El modelo enseñanza-aprendizaje de las Universidades Tecnológicas (UT) consta de 30% teoría y 70% práctica. Por tal motivo se busca que en base a las experiencias en el sector productivo de los profesores el alumno adquiera conocimientos técnicos derivados de esta vivencia del profesor. [4]

En el área de TIC's los dos primeros cuatrimestres son tronco común, a partir del tercer cuatrimestre el estudiante elige área de especialidad, llevando materias pertinentes a cada área. En el caso de sistemas informáticos, se trabaja fuertemente con los cuerpos académicos para producir material práctico, aplicando tecnologías que sean congruentes en la región, recordando que esto se deriva del estudio AST antes mencionado. [6]

En la UTL los profesores siempre estamos en busca de casos reales para llevarlos al aula y tener un adecuado sustento que afirme de mejor manera los conocimientos por la asociación entre la teoría y la práctica. Y por su parte, el estudiante busca comprobar la veracidad del conocimiento a través de ejemplos o prácticas que le permitan construir su aprendizaje.

Tomando como base lo anterior, la célula de desarrollo de software representa una oportunidad de enseñanza – aprendizaje para el estudiante, debido a que en ésta se implementa un entorno real de trabajo a través de las siguientes experiencias:

- Reclutamiento y selección.
- Capacitación.
- Involucramiento en roles de trabajo.
- Registro de tiempos.
- Apego a los estándares de calidad.
- Capacidad de seguir indicaciones.
- Trabajo en equipo.
- Estándares de programación.
- Bases de datos.
- Liderazgo.

Por medio de una encuesta a egresados que estuvieron en célula de desarrollo se obtuvieron comentarios como los siguientes:

- “Aprendí sobre la administración de proyecto, cómo tratar con clientes y desarrollo de habilidades técnicas profesionales”.
- “Aprendí el uso del modelo CMMI”.
- Fue una excelente experiencia.

Creación de una generación de célula en la UTL

En base a la demanda de proyectos se analiza la posibilidad de abrir una nueva generación de célula. Si ésta es aprobada, se toma la decisión de convocar estudiantes para que realicen su estadías en la célula de desarrollo, en algunas ocasiones, si el proyecto es muy grande se invita a estudiantes desde el tercer cuatrimestre o bien se realiza con dos o más generaciones de célula.

En un comité formado por el director de carrera, coordinadores y líder de producción se analizan los proyectos a desarrollar para decidir la cantidad de estudiantes que se necesitan, a que grupos se invitarán y de ser necesario se revisa que materias serán revalidas por la capacitación y toda la práctica que tendrán con el proyecto asignado. Además, se hace un plan de captación que incluye publicidad en cartel, invitación directamente a los grupos, tiempo de registro, fechas para las distintas evaluaciones y publicación de resultados. Se reservan los recursos necesarios y se pide el apoyo a profesores que formaran parte en alguna de las etapas. Todo esto tiene una duración de 15 días aproximadamente. Los tipos de evaluación consisten en:

- Examen de programación y base de datos, el cuál es principalmente de diagnóstico para identificar el grado de conocimientos y capacidad para resolver problemas en un tiempo dado.
- Entrevista, la cuál ayuda a identificar la intención del estudiante al formar parte de la célula, cómo se siente trabajando en equipo, si tiene algún problema que pueda poner en riesgo su estancia en la célula, entre otras.

- Recomendaciones de maestros, para evaluar las actitudes de los estudiantes con respecto a responsabilidad, compromiso y respeto.
- Evaluación de habilidades sociales, con el apoyo de la psicóloga del área, dos líderes de proyecto y dos profesores se aplican dinámicas en equipo. La psicóloga lleva el control de las dinámicas y los líderes y profesores observan a cada participante y evalúan el manejo de estrés, liderazgo e involucramiento.

Todo este proceso de evaluación nos permite conocer mejor a los estudiantes que colaborarán en la célula y saber en que se les debe capacitar para que cubran con los programas académicos de las materias que se revalidarán, además de que tendrán una capacitación en el nivel 2 del modelo CMMI, pues es el modelo que se aplica en todos los proyectos que se generan. A parte de la capacitación, el líder da seguimiento personalizado a dudas que vayan surgiendo a lo largo del proyecto.

Consideramos que todo esfuerzo encaminado a mantener y mejorar la célula de desarrollo es un trabajo bien retribuido pues los estudiantes que aceptan el reto de participar obtienen buenos resultados, debido a que es un primer acercamiento a los proyectos y ambiente de trabajo que tendrán en la industria, adoptan una disciplina de trabajo y ven aplicadas las buenas prácticas de desarrollo de software, lo cual les da seguridad para que al egresar puedan involucrarse inmediatamente en un trabajo.

Como primera opción de trabajo, el estudiante cuenta con la fábrica de desarrollo de software INNWARE, la cual surge como resultado de la certificación del área de sistemas informáticos quienes trabajan con el mismo modelo de calidad CMMI y cuenta con una estructura de trabajo similar a la de la célula de desarrollo. Esto se ha logrado, por la participación de ambas entidades en el mantenimiento y mejora de dicho modelo de calidad.

La célula de desarrollo y la investigación

Actualmente la célula de desarrollo ha tomado un nuevo enfoque respecto al tipo de clientes que atenderá ya que existe la necesidad de impulsar la investigación en la universidad y por lo tanto se tomarán proyectos que contribuyan a trabajos de investigación de cualquier área que así lo requiera.

Aunado al nuevo enfoque de investigación tenemos el compromiso de lograr el nivel 3 de certificación del CMMI, enfrentándonos a nuevos retos de conocimientos, estructuras de trabajo, adopción de integrantes, para lo cual se requiere capacitaciones especializadas en la nueva versión y nivel 3 de CMMI, además de las capacitaciones que se requieran para el tipo de proyectos que se decida realizar.

Resultados

Algunos de los logros que se han obtenido como célula de desarrollo de software son:

- 2008 - I_SITO_BOLTRA – Sistema de Bolsa de Trabajo para alumnos y egresados de la universidad tecnológica de León.
- 2009 - I_SITO_CIEM_MOD1 – Módulo 1 del sistema de gestión de la incubadora de proyectos de la UTL.
- 2010 - Certificación en CMMI N2 v. 1.2.
- 2010 - I_SITO_Difusion – Sistema para el departamento de difusión, el cual ayuda en la gestión de actividades de promoción de la universidad, solicitudes de diseño, reportes cuatrimestrales.
- 2010 - I_SITO_Difusion_MOD2 – Sistema para gestionar macro eventos institucionales, organizando fechas, contactos, cantidades y tipos de invitados por cada evento.
- 2010 – I_SITO_Tutoreo – Sistema para asignar tutores a grupos, registro de actividad tutorial como: canalización de alumnos, factores de riesgo, información de ingreso, seguimiento grupal, incidencias y reportes cuatrimestrales.
- 2011 – Segundo lugar en la Expo Proyectos del 1er. Congreso Internacional de TI de las UUTT y 2º. Foro estatal TI-Chiapas.
- 2012 - I_EvaluacionDesempeño – Implementación del modelo EDECO 360. El sistema permite ingresar un instrumento de evaluación de una organización, para evaluar el desempeño de sus empleados por medio de competencias profesionales.
- 2013 - I_CMMI_MetricasEstimacion - Estimador V4, con esta aplicación se logró realizar mejoras a la versión anterior de estimación para los proyectos de desarrollo de software.

- 2013 - I_SITO_Tutoreo_Mod2 – Sistema para gestionar el seguimiento al tutor, registro de actividades grupales, individuales, evaluación del coordinador de tutoreo, mejora en canalizaciones y reportes del departamento psicopedagógico.
- En proceso – I_SITO_VisOrg – Gestionará el proceso de Visitas a Organizaciones del departamento de Prácticas y Estadías de la Universidad Tecnológica de León.

Otro logro es que nuestros egresados de célula han podido colocarse en empresas en el área de desarrollo como lo son:

- INNXWARE
- SOFTTEK
- ANDREA
- Caja Popular Mexicana
- Getechnologies

De manera más puntual hemos podido constatar en base a una encuesta aplicada a estudiantes que han participado en célula de desarrollo, los siguientes beneficios (Figura 1), impacto (Figura 2) y conocimientos (Figura 3).



Figura 1. Respuestas de beneficios.

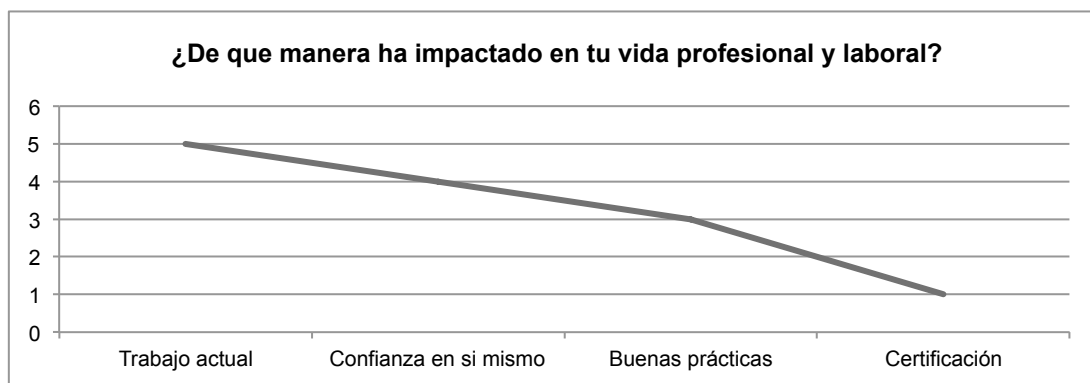


Figura 2. Respuestas de impacto.

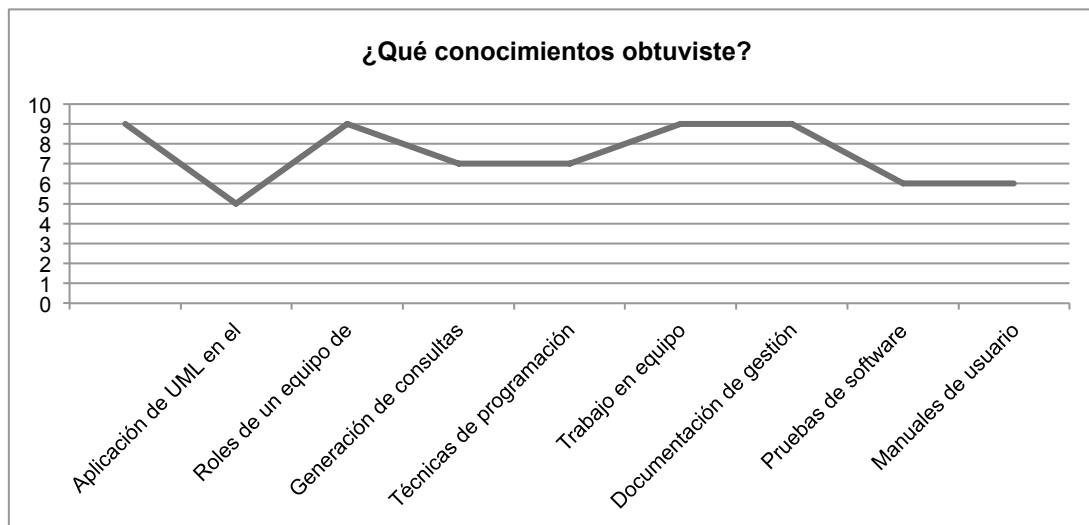


Figura 3. Respuestas de conocimientos adquiridos.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en estos siete años de trabajo en el desarrollo de proyectos con el apoyo de estudiantes, se puede concluir los siguientes:

- La vinculación con el sector productivo se ha podido cumplir ya que los resultados muestran que los alumnos se han colocado efectivamente en empresas aún fuera de la región.
- Los conocimientos adquiridos han sido un factor fundamental para que los alumnos sobresalgan al ser evaluados para una contratación.
- La producción en célula ha traído beneficios a la universidad, debido a que los proyectos generados han solucionado necesidades internas con excelentes resultados, tanto que, actualmente se venden a otras universidades.

Referencias

1. CMMI Institute. What is CMMI? [en línea]. CMMI Institute. Recuperado en 2013, de <http://cmmiinstitute.com>
2. Dirección de Vinculación y Cooperación. Coordinación General de Universidades Tecnológicas [en línea]. Coordinación General de universidades Tecnológicas y Politécnicas. Recuperado en 2013, de <http://cgut.sep.gob.mx>
3. Gobierno del estado de Guanajuato. Primer informe de Gobierno [en línea]. Gobierno del Estado. Recuperado en 2013, de <http://www.guanajuato.gob.mx/gestiones/romerohicks/primero/unaeducacionparatodalavida/concyteg.htm>
4. Romero, M; Mendoza, D; Castro, G.; Colín, N; . Universidades Tecnológicas Mexicanas ante el cambio del nivel 5B al 5ª, Cuadernos de educación y desarrollo [en línea]. Revista académica semestral. Recuperado en 2013, de <http://www.eumed.net/rev/ced/06/gmca.htm>
5. Universidad Tecnológica de León. Conoce la UTL, Historia [en línea]. Universidad Tecnológica de León. Recuperado en 2013, de http://www.utleon.edu.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=88

6. Universidad Tecnológica de Tehuacán. Más Noticia, Empresarios se reúnen con la Universidad Tecnológica de Tehuacán [en línea]. Universidad Tecnológica de Tehuacán. Recuperado en 2013, de <http://www.uttehuacan.edu.mx/noticia.php?id=28>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Cuantificación de la brecha digital mediante Modelo ASETA-2002 en escuela Primaria Multigrado de Teziutlán, Puebla

A. Pérez López¹, M. Montiel Martínez², H. Vicenteño Rivera³

¹Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Informática. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73800, Teziutlán, Puebla, México

²Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Mecatrónica. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73800, Teziutlán, Puebla, México

³Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73800, Teziutlán, Puebla, México

*adriana.perez@itsteziutlan.edu.mx

Area de Participación: Investigación Educativa

Resumen

En el presente trabajo, el Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos ITESTEZCA-1, perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, en colaboración con la escuela Primaria Multigrado "Gregorio Torres Quintero", se propone determinar el rezago tecnológico que existe en el área de influencia de la Institución de educación básica. El área de estudio se estableció a través de la información obtenida a partir del desglose por Áreas Geoestadísticas Básicas, pertenecientes al Municipio de Teziutlán, Puebla. Con la información adquirida de las bases de datos del INEGI, se estimaron los valores de los componentes principales, propuestos en el Modelo ASETA-2002 a fin de determinar un valor cuantitativo de la brecha digital. Finalmente se propone como trabajo futuro, la implementación de un aula de cómputo con un enfoque abierto y sustentable, al reutilizar computadoras con software libre, con el fin de revalorar el efecto de ésta sobre la brecha digital.

Palabras clave: Brecha Digital, Rezago Tecnológico, Sociedad de la Información

Abstract

In this paper the Quality and Continuous Improvement in Technology Services Academic Group ITESTEZCA-1 belonging to the Instituto Tecnológico Superior de Teziutlan, in collaboration with Multigrade Primary School "Gregorio Torres Quintero", proposes to determine the technological lag that exists in the area of influence of the basic education Institution. The study area was established through information obtained from the breakdown by basic geostatistical areas belonging to the Municipality of Teziutlan, Puebla. With the information acquired from the INEGI database. were estimated the values of the main components proposed in the model ASETA-2002 to determine a quantitative value of the digital gap. Finally, the proposal of future work, is the implementation of a computing classroom with an open and sustainable approach, reusing computers with free software, in order to reassess the effect of this on the digital gap.

Keywords: Digital Gap, Technological Lag, Information Society.

Introducción

En la actualidad, ya no es algo fuera de lo común expresar la idea de globalidad, los elementos clave que han sido factor de esta realidad, son la Internet, y sobre todo la WEB 2.0 quienes han acortado las distancias entre los diferentes actores que participan dentro de las nuevas sociedades (redes sociales). Esto ha generado oportunidades en diversas vertientes, tales como la educación a distancia (o educación sin distancia), trabajo sin salir de casa ("Freelancers"), relaciones humanas, sociales y de negocios.

Sin embargo, (Agostini & Willington, 2010; Sánchez et al., 2011; Santoyo & Martínez, 2003; Tello, 2007) son múltiples los trabajos donde se menciona que la brecha digital es una consecuencia natural del hecho de que

no todos los habitantes, pueden alcanzar los beneficios que trae consigo la tecnología y formar parte de la denominada Sociedad de la Información.

Como consecuencia, la exclusión no solo es digital, sino laboral, de género (Castaño, Martín, & Martínez, 2011), e inclusive ha afectado a los centros de información y recopilación de documentos, (del Carmen Negrete, 2008).

Dada la creciente llegada de lo que hoy se conoce como nativos digitales (estudiantes de nueva generación tecnológicamente hablando), en los diferentes niveles educativos, es importante que en las escuelas de educación básica se cuente con los medios necesarios para facilitar la transmisión y aprehensión del conocimiento (Martín, 2009), sin embargo, antes de introducir tecnología en las escuelas es importante medir la brecha digital en el área de influencia, específicamente de la Escuela Primaria Multigrado “Gregorio Torres Quintero”, que es el objeto de estudio.

En el año 2002 la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la comunidad Andina (ASETA) “ propone un modelo matemático para cuantificar y evaluar la brecha digital de un país, provincia, ciudad, comunidad u organización social”; tal valoración, está conformada por los índices de Desarrollo Humano, Telecomunicaciones Básicas, Acceso a Internet y Desarrollo Competitivo (ASETA, 2004a).

El modelo matemático se determinó mediante la aplicación de la técnica conocida como análisis de componentes principales, esto a fin de encontrar las variables correlacionadas que representaran de una manera mas objetiva, a una población, desde un punto de vista cuantitativo.

$$Brecha\ Digital = 1 - (\alpha_1 * IDH + \alpha_2 * ITB + \alpha_3 * IAI + \alpha_4 * IDC)$$

Ecuación 1 Modelo matemático ASETA 2002

Los coeficientes de óptimos α de las componentes principales de acuerdo al trabajo expuesto por ASETA (2004a) fueron calculados a partir de los valores y vectores propios de la matriz de correlaciones de las variables.

Aunque esta cuestión es fuertemente cuestionada por Tourdet (2013) ya que menciona desde su punto de vista que el origen de la brecha digital solo está centrada en el rezago tecnológico y no se realiza un análisis profundo del problema real, el cual de acuerdo a su trabajo, es la pobreza, situación que por igual se ve reflejada con el modelo matemático propuesto por ASETA (2004a, 2005), ya que para esta organización, la definición de Brecha Digital “ no se relaciona solamente con aspectos de carácter tecnológico, es el reflejo de una combinación de factores: socioeconómicos, culturales, políticos y de infraestructura de telecomunicaciones e informática”.

Metodología

A continuación se describe la metodología para la elaboración del estudio sobre la cuantificación de la brecha digital en el área de influencia de la escuela primaria multigrado de Teziutlán, Puebla.

1. Elaboración de Encuestas.

El desarrollo de las encuestas a aplicadas fueron dirigidas a los estudiantes de la escuela Primaria Multigrado.

La entrevista es enfocada al proceso cualitativo, siendo este más flexible y abierto; a través de preguntas y respuestas se logra la comunicación y la construcción conjunta de significados respecto al tema a investigar, considerando la clasificación propuesta por Mertens (2005), se utilizaron tipos de preguntas en conocimiento, y de acuerdo a Grinnel (1997) preguntas generales y de estructura. (Hernández, Fernández-Collado, & Baptista, 2006)

Se realizaron 18 preguntas enfocadas a los cuatro indicadores encontrados en el modelo de cuantificación de la brecha digital ASETA-2002, pero con el objetivo de conocer la situación social, económica, cultural y tecnológica de cada uno de los encuestados, quienes tienen edades que van de 6 a los 12 años de edad.

2. Aplicación de Encuestas.

Con el apoyo de alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, se aplicaron las encuestas de forma individual, intentando aislar a los entrevistados de ruidos, distracciones o ambientes que propiciaran alguna respuesta influenciada, los medios utilizados fueron las encuestas impresas y teléfonos celulares o cámaras fotográficas, para que en el momento de hacerles las preguntas, todo quedara grabado y posteriormente capturar las respuestas para aplicarles el análisis correspondiente.



Ilustración 1: Aplicación de Encuestas
Fuente: Elaboración Propia

3. Análisis de las Encuestas.

Las encuestas aplicadas en la escuela “Gregorio Torres Quintero” a finales del mes de Junio, arrojaron datos que permitieron obtener un panorama general del acceso de los integrantes del plantel a las Tecnologías de la Comunicación e Información.

Estos datos se presentan en la Tabla 1: Concentrado de encuestas, donde se puede destacar que en general, aquellos integrantes que cuentan con casa propia, doce cuentan con acceso a Internet y con línea telefónica.

Grado de estudios de los padres	Sabén que es internet		viven en casa Propia		cuentan con acceso a Internet en casa		Promedio de celulares existentes en casa	Promedio de televisores en casa	Tienen teléfono en casa		Tienen Computadora en casa		Usan internet				
	Si	No	Si	No	Si	No			Si	No	Si	No	Si	No			
Desconoce	21		40		29		12	Prom	2.68	Prom	1.97		20		12		31
Primaria	5	No	4	No	15	No	32			No	24	No	32	No	13		
Secundaria	9																
Bachillerato	6																
Universidad	3																
Posgrado	0																

Tabla 1: Concentrado de encuestas
Fuente: Elaboración Propia

Es importante añadir, que la penetración de la comunicación telefónica celular supera a la telefonía convencional, ya que existen en promedio 2.68 celulares en cada casa, por cada 0.45 líneas telefónicas declaradas en las encuestas.

4. Definición del área de influencia.

La unidad que se utilizó para medir el área de influencia actual de la institución objeto de estudio, se toma de la establecida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía durante el censo de Población y vivienda 2010, la cual se denomina AGEB (Área Geoestadística Básica) (INEGI, 2010a), ésta se define como “la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales”. Es importante aclarar que el término AGEB, a la vez se subdivide en AGEB urbana y AGEB rural. La definición de las áreas de influencia se establece mediante encuesta directa, al preguntarles a los estudiantes de la escuela la zona donde ellos radican.

De los resultados obtenidos de la encuesta aplicada, se define que los estudiantes viven en las cercanías de la escuela primaria, abarcando dos áreas geoestadísticas básicas, la 211740001011A y la 2117400010393. (Ilustración 2: AGEBS dentro del área de influencia)

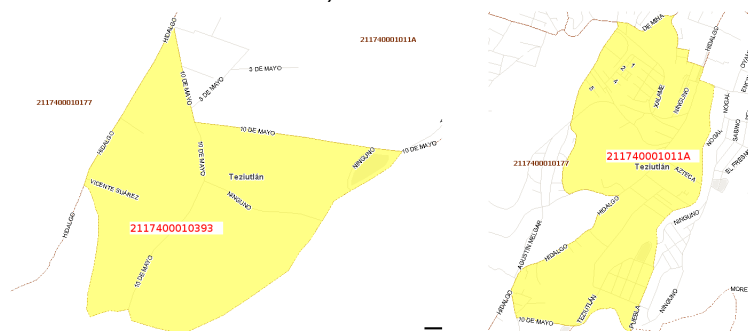


Ilustración 2: AGEBS dentro del área de influencia
Fuente:(INEGI, 2012a)

Resultados y Discusión

De acuerdo a los valores determinados de las consultas en los AGEBS (INEGI, 2003, 2009, 2010a, 2010a, 2010b, 2011) influenciados por la escuela Primaria Federal “Gregorio Torres Quintero”, y sustituyendo estos valores en la ecuación que describe el modelo ASETA – 2002 para la cuantificación de la Brecha Digital se tiene la valoración de los indicadores propuestos en este modelo, se obtienen a partir de cantidades de referencia presentadas y los datos observados en las áreas de influencia de la escuela primaria Gregorio Torres Quintero, expresado esto mediante la ecuación:

$$Indice = \frac{Valor_{observado} - Valor_{mínimo}}{Valor_{máximo} - Valor_{mínimo}}$$

Ecuación 2: Estandarización de variables

Fuente: (ASETA, 2004b)

A continuación se muestran los valores normados entre cero y uno, con respecto al modelo ASETA-2002, donde la primera columna de cada tabla representa los pesos óptimos de la primera componente, de acuerdo al modelo de cuantificación, la segunda columna muestra el valor observado en forma centrada y reducida (Ecuación 2: Estandarización de variables), y finalmente el resultado de la tercera columna, corresponde al producto del peso óptimo y el valor de la variable estandarizada. (ASETA, 2004b)

IDH			
0.295074052	0.6666666667	0.19671603	Esperanza de Vida
0.296166504	0.959	0.28402368	Tasa de Alfabetización
0.3112289001	0.5647	0.17575096	Tasa bruta de matriculación
0.259363662	-0.0012830508	-0.00033278	PIB per cápita
		0.65615790	

Tabla 2: Índice de Desarrollo Humano en AGEBS bajo observación
Fuente:Elaboración Propia

La Tabla 2: Índice de Desarrollo Humano en AGEBS bajo observación, muestra un valor de superior con respecto al valor medio (0.5) que propone el modelo ASETA.

ITB			
0.367927414	0.6000000000	0.22075645	Penetración de telefonía fija
0.370276453	0.5935422602	0.21977472	Penetración de telefonía móvil
0.347699813	0.0050549901	0.00175762	Consumo de electricidad
0.44228879			

Tabla 3: Índice de Telecomunicaciones Básicas en AGEBS bajo observación

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los datos obtenidos a partir del cálculo del ITB (Tabla 3: Índice de Telecomunicaciones Básicas en AGEBS bajo observación) el valor final de 0.44228879 se ubica en la posición 33 al área bajo la influencia de la escuela primaria bajo observación, lugar que puede ser observado en la tabla 20 del documento de Modelo para la cuantificación de la brecha Digital. (ASETA, 2004a)

IAI			
-0.122044376	-0.000111505	0.00001361	Tarifa de Internet
0.242821204	1.000000000	0.24282120	Banda ancha
0.279868955	0.347417840	0.09723147	Usuarios de Internet
0.279227937	0.127824859	0.03569227	Densidad de PC
0.249878518	1.2827694E-006	0.00000032	Direcciones IP
0.37575887			

Tabla 4: Índice de Acceso a Internet en AGEBS bajo observación

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al índice de acceso a Internet (Tabla 4), es posible verificar que se ocupa la posición 29 de la tabla 31 siendo esto un comparativo a nivel mundial.

IDC			
0.247697032	0	0	Patentes concedidas a residentes
0.266300246	0	0	Ingreso recibido por conceptos de regalías y licencias
0.368195589	0	0	Índice Macroeconómico (No disponible)
0.366591715	0	0	Índice de Instituciones Públicas (No disponible)
0			

Tabla 5: Índice de Desarrollo Competitivo en AGEBS bajo observación

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar, que de acuerdo a los valores consultados en el INEGI, en la zona, no existen registros de Patentes, ni ingreso por regalías; de igual forma, es prudente mencionar que los valores de índice macroeconómico e índice de Instituciones públicas, no se encuentran disponibles para las AGEBS bajo estudio.

Finalmente, con estos índices determinados, es posible obtener el valor de la brecha digital, el cual se presenta en la Tabla 6: Brecha digital en el área de Influencia.

BD	1	0.271203	0.1779519896	IDH
		0.29547	0.1306830689	ITB
		0.294859	0.1107958854	IAI
		0.254955	0	IDC
Nivel de Desarrollo Digital (NDD)			0.4194309439	
Brecha digital			0.5805690561	

Tabla 6: Brecha digital en el área de Influencia

Fuente: Elaboración Propia

Trabajo a Futuro

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación dentro de las AGEBS citadas; se contempla la planeación, diseño e implementación de un aula de cómputo con un enfoque abierto y sustentable en la Esc. Prim. Fed. "Gregorio Torres Quintero" ubicada en el AGEB 211740001011A con la intención de medir la reducción de la brecha digital identificada; esto a través del reuso de computadoras con sistemas operativos de libre distribución; pues "pese a los beneficios innegables de la tecnología, esta situación se torna alarmante, considerando la cantidad de desechos tecnológicos que se registran anualmente en el mundo entero, lo que no impacta únicamente el tema ambiental, sino que al ámbito social, pues cientos de comunidades de varios países del mundo trabajan diariamente en el reciclaje de basura electrónica sin tener una regulación al respecto" (Valdiviezo, 2011)

Conclusiones

De lo expuesto anteriormente los valores arrojados por esta investigación muestran que en las AGEBS objeto de estudio 2117400010393 y 211740001011A, poseen un rezago tecnológico considerable, esto, con base a los valores presentados en el modelo matemático ASETA-2002 que toman como referencia de una amplia brecha digital el valor uno y cero como una brecha digital nula.

A través del análisis de los datos obtenidos en las encuestas aplicadas con el apoyo de alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, en la Esc. Prim Multigrado "Gregorio Torres Quintero" y la búsqueda de datos estadísticos sobre las variables de estudios dentro de las AGEBS de influencia en el INEGI, se comprueba lo que a simple vista se había observado, que es, la necesidad de proporcionar a los jóvenes estudiantes herramientas tecnológicas que contribuyan al desarrollo personal, social, económico y profesional en sus comunidades, buscando reducir la brecha digital detectada.

Referencias

1. Agostini, C., & Willington, M. (2010). Radiografía de la brecha digital en Chile: ¿Se justifica la intervención del Estado? *Estudios Públicos*, 119, 5-32.
2. ASETA. (2004a). *MODELO PARA CUANTIFICACIÓN DE LA BRECHA DIGITAL*. Perú. Recuperado a partir de http://gollum.math.epn.edu.ec/phocadownload/Publicaciones/Andrade_Jaime/Brecha_Digital.pdf
3. ASETA. (2004b). Capítulo 4- Cuantificación de la brecha Digital. En *Modelo para la cuantificación de la brecha digital* (pp. 37-141). ASETA.
4. ASETA. (2005, febrero). *Modelo para la cuantificación de la brecha digital*. Ponencia presentado en Reunión Temática de la cumbre mundial sobre la sociedad de la información: «Medición de la sociedad de la Información», Ginebra, Suiza. Recuperado a partir de http://www.itu.int/md/dologin_md.asp?lang=en&id=D02-ISAP2B.1.1-C-0034!!PPT-S
5. Castaño, C., Martín, J., & Martínez, J. L. (2011). La brecha digital de género en España y Europa. medición con indicadores compuestos. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 136, 127-140. doi:10.5477/cis/reis.136.127
6. Del Carmen Negrete, M. (2008). Tensiones en el desarrollo de colecciones ante la brecha digital. *Ibersid*, 15-22.
7. Hernández, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2006). Capítulo 14 -Recolección y análisis de los datos cualitativos. En *Metodología de la Investigación* (cuarta., pp. 581-684). México: MC GRAW HILL - Iberoamericana.
8. INEGI. (2003). Ingresos por transferencia de Tecnología y regalías. Banco de Información Económica. Recuperado a partir de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/default.aspx?idserPadre=11601290011000200040#D11601290011000200040>
9. INEGI. (2009). Consulta Interactiva de datos - Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Recuperado a partir de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.aspx?p=16859&c=17383&s=est&cl=3#>
10. INEGI. (2010a). Consulta: Censos y Conteos de Población y Vivienda - Censo de población y vivienda 2010. Recuperado a partir de http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Ag Burbana/entidad_indicador.aspx
11. INEGI. (2010b). Información nacional, por entidad federativa y municipios. *México en cifras*. Recuperado 11 de junio de 2013, a partir de

- <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21>
12. INEGI. (2010c). Cuadro resumen - Indicadores sobre actividades científicas y tecnológicas, 2008 a 2010. *Ciencia y Tecnología*. Recuperado 31 de julio de 2013, a partir de <http://www3.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=19007>
 13. INEGI. (2010d). Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios. *México en Cifras*. Recuperado 31 de julio de 2013, a partir de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21>
 14. INEGI. (2011). Patentes solicitadas y concedidas en México según nacionalidad de los titulares, 1990 a 2011. Recuperado a partir de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=etec09&s=est&c=19169>
 15. INEGI. (2012a). *Sistema para la Consulta de Información Censal 2010*. México: INEGI. Recuperado a partir de <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>
 16. INEGI. (2012b). El ingreso y el gasto público en México 2012. Recuperado a partir de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/igpm/2012/igpm-2012.pdf
 17. Martín, O. (2009). Educación 2.0 Horizontes de la innovación en la Escuela. *Revista TELOS Dossier Educación 2.0*. Recuperado 10 de septiembre de 2013, a partir de <http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/telos/articulocuaderno.asp?idarticulo=1&rev=78.htm>
 18. Sánchez, S., Rodríguez, R., Romero, I., Chávez, M., Trujillo, B., Sánchez, R., & Garcíamorenó, C. (2011). La Brecha Digital. *PAAKAT*, 0(1). Recuperado a partir de <http://www.udgvirtual.udg.mx/paakat/index.php/paakat/article/view/159>
 19. Santoyo, A. S., & Martínez, E. M. (2003). Capítulo 1 Brecha Digital. En *La brecha digital: mitos y realidades* (pp. 7-30). México: UABC. Recuperado a partir de http://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=nw8PLfm4Ma4C&oi=fnd&pg=PA5&dq=La+brecha+digital,+mitos+y+realidades+arturo+serrano+santoyo&ots=_7V_qLXTz&sig=hmlKDFg4ovRU0Y1eFgzmiSNzzBQ
 20. Tello, E. (2007). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, RUSC*, 4(2), 5.
 21. Toudert, D. (2013). La brecha digital en los contextos de marginación socioterritorial en localidades mexicanas: exploración y discusión. *Comunicación y Sociedad*, 1(19), 153-180.
 22. Valdiviezo, A. (2011). Los residuos tecnológicos, un problema social y ambiental. ELAC2015. Recuperado a partir de <http://www.eclac.org/socinfo/noticias/paginas/9/30389/newsletter14.pdf>

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Implementación de la asignatura de Fundamentos de Programación usando un entorno tridimensional.

A. A. Domínguez Martínez^{1*}, Y. Mexicano Reyes²

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza 2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México

²Departamento de Desarrollo Académico, Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza 2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila., México

*adominguez@its.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Tradicionalmente las carreras profesionales en el área de computación trabajan el desarrollo de competencias de programación haciendo uso de un lenguaje de programación de alto nivel, tal como C, C++ o Java. Así mismo, actualmente el paradigma de programación con el que se introduce a los futuros profesionales del área de sistemas, es el de orientado a objetos, sustituyendo a la programación estructurada. Sin embargo cuando se trata de estudiantes sin experiencias previas en el ámbito de la programar computadoras, puede resultar muy complicado alcanzar el éxito en sus primeras asignaturas del área de programación.

Nuestra propuesta es utilizar Alice 3.0 adecuando los ejercicios de cada tema del programa de estudios de Fundamentos de Programación, en este trabajo se muestran los resultados de aplicar esta estrategia con dos grupos pilotos durante el semestre Enero-Junio 2013.

Palabras clave: enseñanza de la programación, Alice, Fundamentos de programación.

Abstract

Traditionally careers in computer work area skills development programming language using high-level programming, such as C, C + + or Java. Also, currently the programming paradigm is introduced to future systems professionals, is to object-oriented, structured programming replaces. However, when it comes to students with no previous experience in the field of computer programming, can be very difficult to achieve success in their first programming subject area.

Our proposal is to use Alice 3.0 adapting the exercises for each topic of the study program Fundamentals of Programming, this paper shows the results of applying this strategy with two pilot groups during the semester January to June 2013.

Keywords: teaching programming, Alice, Programming Fundamentals.

Introducción

Este caso de estudio para su desarrollo metodológico implicó el diseño de varias actividades que permitieran desarrollar la asignatura de Fundamentos de Programación basándose en el software educativo Alice 3.0, así como la generación de ejercicios particulares para cada tema del programa de la asignatura, que permitieran el desarrollo de competencias de programación en aquellos estudiantes que no cuentan con experiencias previas en el área de programación. A continuación se describen las actividades realizadas para su implementación incluidas en este documento.

En primer lugar se da a conocer el marco teórico utilizado en el desarrollo que incluye la descripción de los problemas y soluciones propuestas en la enseñanza de la programación con estudiantes novatos en estas habilidades como una justificación del porqué de la propuesta, tomando en cuenta en qué casos las

características de Alice 3.0 inciden con una de las soluciones genéricas para resolver el problema. El objetivo es desarrollar de la mejor manera las habilidades de programación en los estudiantes para que les sirva de herramienta para los siguientes cursos de su carrera.

Posteriormente se describen las características del entorno gráfico tridimensional que proporciona Alice 3.0 con el que se desarrolló la investigación. Las etapas de desarrollo realizadas incluyen, el análisis del programa de la asignatura de Fundamentos de programación cuyo resultado es la obtención de los temas específicos que pueden ser considerados para generarles ejercicios a realizar en el software. Para la creación de cada ejercicio se especifican un conjunto de requerimientos que permitan al alumno ubicarse rápidamente en el problema que se resolverá mediante la creación de un programa en Alice. Luego se describe como se realizaron los ejercicios por parte de los grupos de alumnos y los elementos que decidieron observarse y los hechos más significativos que se encontraron durante su desarrollo.

Finalmente se expone los resultados obtenidos con la implementación de la estrategia por parte del docente, inclusive considerando las experiencias vividas por los alumnos participantes. También se incluyen los posibles temas a considerar en trabajos futuros sobre esta línea de investigación.

Finalmente se comentan los resultados obtenidos, las conclusiones y los posibles trabajos futuros que pudieran desarrollarse en la misma línea de investigación.

Marco Teórico.

La programación es una habilidad muy útil para un profesionalista y puede ser muy gratificante. En los últimos años la demanda de los programadores se ha incrementado y por supuesto también el interés de los estudiantes por cursar carreras relacionadas con la programación. Los cursos introductorios de programación se han vuelto cada vez más populares en las diversas carreras universitarias y el paradigma de programación orientado a objetos es el que prevalece en la actualidad.

Sin embargo el aprender a programar no parecer ser una tarea fácil, muchos programadores principiantes se enfrentan a una amplia gama de dificultades y deficiencias, lo que ha causado que se considere a los cursos de programación como algo difícil, cosa difícil de negar si consideramos que muchas veces son los que poseen las tasas más altas de deserción escolar y reprobación. Generalmente se considera que se requiere de unos 10 años de experiencia para que un programador novato pueda convertirse en un programador experto. Ante esta aseveración, la duración promedio de una carrera profesional, no representaría tiempo suficiente para lograr ser dicho programador experto. [Winslow, 1996]

Para algunos, el considerado “arte” de la programación incluye el conocimiento de herramientas y lenguajes de programación, resolución de problemas, habilidades y estrategias efectivas para el diseño y ejecución de programas. [Ala Mutka, 2001]

Un planteamiento común en la enseñanza de la programación, en las carreras de nivel Licenciatura, es proporcionar, primero los conceptos básicos de un lenguaje de programación y guiar a los estudiantes hacia las estrategias eficaces para el proceso de programación, que irán desarrollándose a lo largo de un conjunto de asignaturas en los primeros semestres de su carrera. Por lo tanto, el aprendizaje de los conceptos básicos a menudo forma la base para el desarrollo de habilidades más avanzadas, que serán de gran importancia para desarrollar las competencias de egreso marcadas en el plan de estudios vigente, en las diversas instituciones de educación superior.

Metodología.

Características de los programadores novatos.

Anthony Robins en su artículo “El aprendizaje y la enseñanza de la programación una revisión y Discusión” considera varios cuestionamientos interesantes sobre la enseñanza de la programación en las escuelas de nivel superior, entre los que podemos mencionar los siguientes:

- ¿Es posible identificar entre programadores principiantes (novatos) eficaces e ineficaces?
- ¿Qué caracteriza a un programador principiante eficaz?
- ¿Es posible identificar las deficiencias específicas de los principiantes ineficaces y ayudar a convertirlos en aprendices efectivos de la programación?
- ¿Qué recursos y procesos involucrados en la creación o la comprensión de un programa?
- ¿Por qué es difícil de aprender la programación?
- ¿Cuáles son los requisitos cognitivos de la tarea?
- ¿Existen estrategias exitosas y no exitosas de los alumnos?
- ¿Qué podemos hacer como maestros para apoyar más eficazmente a los programadores novatos?

La respuesta a estos cuestionamientos puede ser muy amplia y diversa de acuerdo con el contexto en que se trabaje, por lo que generalizando podemos establecer los problemas más comunes y las alternativas para solucionarlos.

Los problemas más comunes que podemos encontrar en la enseñanza de la programación en una carrera universitaria, sea o no afín al área de sistemas computacionales, documentados ampliamente por docentes e investigadores son entre otros:

- Falta de conocimientos previos relacionados con el tema.
- Desconocimiento de la materia.
- Carencia de habilidades y lógica para programar.
- Ausencia de disciplina para trabajar en programación.
- Falta de interés por la materia en particular.
- Desvinculación de programación y lenguajes de programación.

Entre las posibles soluciones para resolver dichos problemas, tanto desde perspectivas generales o particulares según sea el caso, hacen referencias a:

- Utilizar distintos lenguajes de programación, que afortunadamente existen en abundancia y diversidad.
- Utilizar distintas herramientas y entornos de desarrollo, donde cada uno proporciona distintos modos de soporte y ayuda integrada para el desarrollo de proyectos de programación.
- Aplicar diagnósticos a los estudiantes para conocer su nivel de conocimiento de programación.
- Concientizar a los alumnos de la importancia de la programación en su perfil profesional y su área de trabajo.
- Trabajar por separado la programación, usando algoritmos, y la escritura de programas en algún lenguaje de programación

Descripción del entorno.

A continuación daremos a conocer algunas de las características que presenta Alice con la finalidad de poder atender los problemas y soluciones antes mencionados.

El proyecto ALICE es una iniciativa de varias universidades encabezado por la Universidad de Carnegie Mellon, existe un "Alice Team" dentro de esta misma, dicho equipo, es una colaboración entre el profesorado, personal y estudiantes.



Figura 1. Programa de Alice

Alice se define como un entorno innovador de programación 3D que hace que sea fácil crear una animación para contar una historia, crear un juego interactivo, o un video para compartir en la web. Hasta este momento podrías decir que suena divertido y pareciera no tener relación con la programación como la has conocido tradicionalmente, pero el primer punto a favor es precisamente ese, que resulte atractivo para los estudiantes y que los impulse, a través de su curiosidad, a conocerlo, pero sobre todo, a usarlo.

Alice es una herramienta de enseñanza de libre disposición, es decir, es gratuita y disponible en el Internet para todo el mundo con mínimos requisitos de hardware y software capaz de ser ejecutada en cualquier sistema operativo.

Esta herramienta ha sido diseñada para ser la primera exposición de un estudiante de programación orientada a objetos, dicho estilo de programación en uno de los de más influencia en la actualidad, aunque no el único, que se apega más al funcionamiento del mundo real como lo conocemos, por lo que facilita la programación de soluciones a problemas de cualquier tipo. De hecho el entorno permite elaborar programas que funcionen en un escenario, previamente seleccionado por el estudiante, como el desierto, la luna, etc; a dicho escenario deben incorporarse los objetos que a través de su interacción, operación y manipulación permitirán solucionar un problema preestablecido a través de un programa.

Permite a los estudiantes para aprender los conceptos fundamentales de programación en el contexto de la creación de películas animadas y juegos de vídeo de manera fácil. En Alice, objetos 3-D (por ejemplo, personas, animales y vehículos) pueblan un mundo virtual y los estudiantes crean un programa para animar los objetos.

En la interfaz interactiva de Alice, los estudiantes para crear un programa solo deben de arrastrar y soltar bloques gráficos, cada bloque corresponde según las instrucciones empleadas a las declaraciones estándar en un lenguaje de programación orientado a objetos, tales como Java, C++ y C#. De esta forma el estudiante no requiere inicialmente conocer todas las reglas de un lenguaje de programación para realizar programas y si podrá ir comprendiendo el funcionamiento y comportamiento de los diferentes elementos disponibles para cada objeto que haya integrado a su mundo virtual.

Alice permite a los estudiantes para ver de inmediato cómo sus programas de animación se ejecutan, lo que les permite comprender fácilmente la relación entre las declaraciones de la programación y el comportamiento de los objetos en su animación. Siendo una de las primeras barreras al utilizar la programación, el lograr la ejecución de un programa, aquí sucede casi instantáneamente ya que puede ejecutar el programa elaborado en cualquier momento, sin riesgos de que no compile o peor aún que le aparezcan mensajes de error complicados de interpretar y corregir



Figura 2. Entorno de Programación con Alice

Mediante la manipulación de los objetos en su mundo virtual, los estudiantes adquieren experiencia con todas las construcciones de programación que típicamente se enseñan en un curso introductorio a la programación. Aquí nos referimos a que de forma gráfica y simultánea el estudiante puede ver las diferentes estructuras de programación, tales como: decisiones, secuencias de instrucciones, ciclos, pausas, mensajes, etc.

Creación de ejercicios de programación.

Dentro de los contenidos establecidos en el programa de estudio de la materia de Fundamentos de programación, se identifican los siguientes:

- Características del lenguaje de programación
- Estructura básica de un programa.
- Ejecución de un programa.
- Elementos del lenguaje(datos, literales y constantes, identificadores, variables, operadores)
- Entrada y salida de datos.
- Estructuras secuenciales.
- Estructuras selectivas (simple, doble y múltiple).
- Estructuras iterativas(repetir mientras, hasta, desde)
- Diseño e implementación de funciones

En cada tema indicado debe establecerse una descripción de una situación de fácil comprensión que involucre un problema específico, lo que permitirá al alumno emplear el concepto teórico y aprovechando las características del entorno tridimensional de desarrollo, pueda cada estudiante generar una solución personalizada para cada uno de ellos.

Consideremos, por ejemplificar el tema de "estructuras secuenciales", en este caso se estableció como situación para desarrollar su ejercicio, elaborar un "mapa del tesoro". La estrategia para desarrollar este ejercicio consiste en pedirle al alumno en inventar o localizar un mapa del tesoro, que contenga al menos 5 elementos distintivos y las instrucciones necesarias para de un determinado punto de partida, podamos encontrar el lugar donde se encuentra el tesoro enterrado.

El escenario para el mapa, puede ser cualquiera, que el entorno tridimensional permita, se puede sugerir, entre otras cosas, una playa, un bosque, dentro de una casa, el antiguo Egipto, un pueblo. Cada alumno deberá

contar con un mapa particular y luego deberá desarrollar el programa, para que siguiendo las instrucciones del mapa puede ubicar a un personaje justo encima del tesoro enterrado.

De esta forma la batería de ejercicios debe ser significativa y de fácil apropiación por el grupo de estudiantes, por lo que las situaciones seleccionadas deben ser fáciles de identificar por cual estudiante que inicia la carrera de sistemas computacionales.

Realización de ejercicios en el entorno tridimensional

Una vez que se definido el ejercicio de cada tema, el docente procede a solicitar a sus alumnos, la realización de un programa en Alice que permita resolver el problema y muestre gráficamente los resultado esperados para solucionar el problema indicado en el ejercicio. Durante esta práctica el docente auxiliará al grupo de alumnos, en la realización de los ejercicios.

Durante esta etapa, se aplica una evaluación, donde se pide a los alumnos expresar sus experiencias a lo largo del desarrollo de cada uno de los ejercicios. Debe considerarse, las características de la situación seleccionada, las facilidades del uso del entorno tridimensional para realizar el ejercicios, las características de la solución generada y la aplicación de los conocimientos teóricos objeto del ejercicio.

Resultados y discusión

Una vez que se han realizado los ejercicios en los temas considerados podemos mencionar como resultados interesantes:

- Inicialmente el uso del entorno, resulta muy atractivo para los estudiantes.
- En algunos casos, la gran diversidad de elementos y variedad de personajes disponibles para incluir en cada escenario o mundo virtual, torna un poco difícil la selección de los mismos. En este punto el intercambio de experiencias entre los mismos estudiantes, motiva a una ampliación, en escudriñar toda la biblioteca de elementos y personajes.
- Una vez que realizan el primer ejercicio, cada alumno va definiendo un escenario propio, ya que se observa una tendencia a repetirlo o reutilizarlo en cada nuevo ejercicio, hasta donde sea posible. Esto puede interpretarse en primer lugar como una identificación personal con el entorno de desarrollo, crenado una situación de confort y confianza, de la cual se parte para resolver los nuevos problemas planteados.
- El logro de la solución de cada ejercicio aumenta la confianza en los alumnos, ya que se observa un aumento en la disponibilidad de presentar en plenaria la solución generada en forma individual. Así mismo, mejora el intercambio de experiencias y conocimientos al observar la forma particular que ha empleado su compañero y la que ha empleado cada estudiante para el mismo ejercicio.

Trabajo a futuro

Con los resultados obtenidos, se identifica que falta profundizar en ejemplos que cuenten de manera particular un solo nuevo concepto, con la finalidad de ofrecer al estudiante, una focalización en un determinado contenido de aprendizaje. Así como resulta conveniente aumentar la disponibilidad de ejercicios en cada elemento de aprendizaje con la finalidad de aumentar la posibilidad de auto ejercitarse en la resolución de programas, de acuerdo a contextos cotidianos, contenidos académicos de ingeniería y propios del futuro desempeño profesional.

Conclusiones

El uso del entorno de programación Alice representa una efectiva y atractiva alternativa para la enseñanza de la programación orientada a objetos en las instituciones de educación superior, ya que con sus características propias permite abandonar de manera efectiva el contexto abstracto de la programación de computadoras al

llevar al estudiante a la creación de programas partiendo de realidades conocidas, realidades con las que se puede identificar o mundos virtuales, limitados solo por su imaginación y la amplia biblioteca de personajes y objetos que puede incluir al desarrollar programas, donde puede experimentar la ejecución de los mismos, todo ello facilitado por un ambiente sencillo de utilizar y atractivo para los alumnos, quienes en la actualidad disfrutan de hacer uso de la computadora pero aún no encuentran la estrecha relación que su carrera tiene con la programación de las mismas para el perfil de egreso de una carrera profesional.

Referencias

1. Ala-Mutka, Kirsti, Instituto de Sistemas de Software, Universidad Tecnológica de Tampere, Finlandia recuperado el 5 de junio de 2013 de http://www.cs.tut.fi/~edge/literature_study.pdf
2. Robins, Anthony, Rountree, Janet y Nathan Rountree Computer Science, University of Otago, Dunedin, New Zealand recuperado el 4 de julio de 2013 de <http://folk.uio.no/christho/inf3240/downloads/RobinsRev.pdf>
3. Winslow, L. E. "Programming pedagogy – a psychological overview," SIGCSE Bulletin, vol. 28, no. 3, Septiembre 1996..
4. <http://www.alice.org> consultado el 3 de julio de 2013

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Estudio descriptivo y modelos matemáticos de la competencias genéricas sistémicas en ingeniería industrial

P. Montes Utrera¹, G. Pérez González¹ y A.E. Márquez-Ortega¹.

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. Cuerpo Académico de Biotecnología e Ingeniería de Procesos. C. Primavera s/n, Col. Santa María Nativitas, Chimalhuacán, Estado de México. C.P. 56330, Tel. (55) 5044 7020.

E-mail: bascan_2000@yahoo.es

aemo1977@hotmail.com

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

El programa de Ingeniería Industrial en el Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán tiene más de diez años y en el ciclo escolar 2010-2011, la educación se centró en Competencias Profesionales. Así que se revisaron las competencias de cada profesionista que impartía clases, a partir de la apreciación estudiantil sobre las competencias genéricas sistémicas definidas por el proyecto Tuning, generando modelos matemáticos con mínimos cuadrados que relacionan las variables que integraron la competencia del proceso de aprendizaje, y donde el alumno consideró que los docentes que imparten asignaturas en Ingeniería Aplicada sólo el 46.9% posee esta competencia. Sin embargo, los porcentajes en las competencias interpersonales y valor sociocultural son parecidos entre las áreas de conocimientos. Finalmente, el mejor modelo matemático fue donde el docente utilizó ejemplos útiles en la clase como la variable respuesta y las variables causales se conformaron con la teoría, la práctica y los conocimientos transmitidos por el docente.

Palabras clave: Competencias, Tuning, Aprendizaje, Regresión

Abstract

The Industrial Engineering program at the Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán has over ten years and in the school year 2010-2011, education focused on Professional Skills. So we reviewed the responsibilities of each professional who taught classes, from student appreciation of systemic generic skills defined by the Tuning project, generating least squares mathematical models that relate the competence variables integrated in the learning process, and where students felt that teachers who teach subjects in Applied Engineering only 46.9% have this competition. However, the percentages in interpersonal skills and cultural value are similar between areas of knowledge. Finally, the best mathematical model where the teacher was useful examples used in class as the response variable and the causal variables conformed to the theory, the practice and the knowledge transmitted by the teacher.

Introducción

El país se encuentra, inmerso en un proceso de transformación. En los sectores productores de bienes y servicios, se percibe la necesidad de renovar sus esquemas de organización; de adecuar sus procesos de manufactura y mejorar los estándares de calidad de producción: a fin de alcanzar los niveles que les permitan competir en el mercado internacional. Asimismo, en las actividades científico-tecnológicas se están generando transformaciones sin precedente, que inciden en las prácticas de las profesiones, producto creciente desarrollo en ciertas áreas del conocimiento; donde la capacidad de aprender, de aplicar conocimientos, de colaborar y de resolver problemas se han vuelto competencias profesionales estratégicas (DEGEST, 2009).

Las competencias genéricas de acuerdo al proyecto Tuning se definen como las habilidades necesarias para el empleo y la vida del profesional. Estas son importantes independientemente de la carrera. El proyecto Tuning las clasifica en competencias genéricas que se refieren a atributos generales de los sujetos y que pueden ser manifestadas en sus diferentes desempeños en diferentes escenarios, además estas competencias se clasifican en los siguientes tres grupos: instrumentales, interpersonales y sistémicas (proceso aprendizaje, habilidades interpersonales, contexto internacional y valor social).

Las competencias instrumentales “son aquellas que tiene una función instrumental, entre ellas se comprenden habilidades cognoscitivas, capacidades metodológicas para manejar el ambiente, destrezas tecnológicas y destrezas lingüísticas” (Tuning, 2008). Las competencias interpersonales, “son aquellas capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios sentimientos, habilidades críticas y de autocrítica. Estas son competencias que tienden a facilitar los procesos de interacción social y cooperación” (Tuning, 2008). A estas competencias Argudín (2005), igualmente las define como aquellas que permiten mantener relaciones humanas y laborales con fluidez; y las competencias sistémicas como las define el proyecto Tuning, “son las destrezas y las habilidades que conciernen a los sistemas como totalidad. Suponen una mezcla de la comprensión, la sensibilidad y el conocimiento que autoricen a la persona ver cómo las partes de un todo se relacionan y se agrupan. Estas capacidades incluyen la habilidad de planificar los cambios de forma que se puedan hacer mejoras en los sistemas y diseñar nuevos sistemas, además las competencias sistémicas ó integradoras como base la adquisición previa de competencias instrumentales e interpersonales”.

Las competencias específicas se conectan con el área de conocimiento específico de un campo de formación en particular y tienen que ver con los atributos cognitivos que deben desplegar los estudiantes en relación con el conocimiento específico de un área de formación.

Metodología

Es parte de la investigación realizada en el programa educativo de Ingeniería Industrial acerca de la apreciación de los estudiantes con respecto a la competencia del docente, en este caso se analizó la competencia genérica Proceso de aprendizaje de manera esquemática y con modelos de regresión lineal simple y múltiple, además las competencias genéricas valor sociocultural e interpersonal.

El tipo de investigación es una Encuesta (Méndez, 1894), usando como instrumento al cuestionario (Hernández, R., *et al*, 2006) y mediante el paquete SAS, Excel y SPSS se realizaron los análisis estadísticos.

La competencia genérica Proceso de Aprendizaje se evaluó a través de las siguientes variables: El docente integra teoría y práctica al impartir su clase, Utiliza ejemplos útiles, Posee experiencia en la asignatura que imparte, Está actualizado, Posee Conocimiento avanzado; y Sabe transmitir su conocimiento.

La competencia genérica Valor Sociocultural se integró por las variables: Sensibilidad ante la diferencia cultural y respeto a todos sus alumnos.

La competencia Interpersonal se analizó mediante las variables: el docente es receptivo y abierto a nuevas ideas, es entusiasta por su asignatura y promueve la participación de sus alumnos.

Las asignaturas se distribuyeron en áreas de conocimiento: Ciencias Básicas, Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada, Ciencias Sociales y otros cursos (CACEI, 2009).

Los datos se obtuvieron en promedio de porcentaje y al realizarles la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) todas las variables que componen el Proceso de Aprendizaje resultaron no normales por lo que se tuvo la necesidad de realizar transformación de los datos.

Las variable usadas para obtener los modelos matemáticos tienen una distribución binomial porque representan porcentaje de éxito y por consecuencia el complemento porcentaje de no éxito por lo que se utilizó la transformación $\sin^{-1}(y^{1/2})$ donde \sin^{-1} es la función arcoseno y y es el promedio en porcentaje de la variable observada (Draper, 1998).

Los parámetros para determinar los mejores modelos de ajuste fueron: Normalidad de los datos, varianza (cuadrado medio del error CME), desviación estándar, prueba de F para el modelo, coeficiente de determinación (R^2), Coeficiente de Variación (C.V.) y prueba de t para los estimadores.

Una vez realizada las respectivas transformaciones se realizó una vez más la prueba de Shapiro-Wilk para normalidad, dando resultados convenientes para aplicar las regresiones lineales a través de mínimos cuadrados.

Resultados y discusión

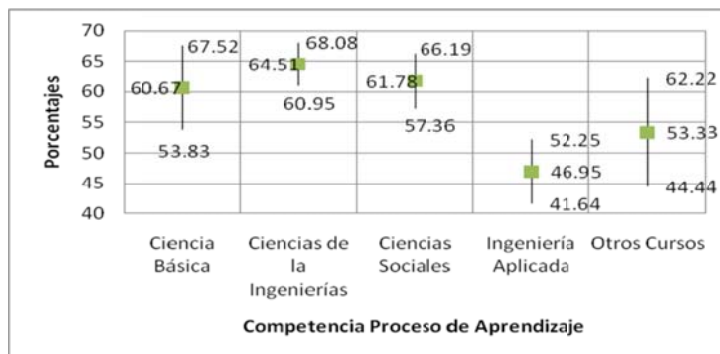


Figura 1. Porcentajes de los alumnos que consideran que el docente que imparte clases en Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán posee la Competencia Proceso de Aprendizaje separada en las diferentes áreas de conocimiento que conforman el programa académico.

En la Figura 1, se observa que sólo el 46.95% de la población que estudia la carrera de Ingeniería industrial considera que el docente está capacitado para el proceso de aprendizaje, esto es, integrar teoría y práctica, utilizar ejemplos útiles, tener experiencia en la asignatura, que está actualizado, que posee un conocimiento avanzado de lo que imparte y además tiene la capacidad de transmitir el conocimiento, en el área de conocimiento Ingeniería Aplicada. Esta situación resulta compleja porque esta área es una o la más importante porque en ella se conjugan todos los conocimientos de las demás áreas que conforman el programa académico.

En las asignaturas que conforman Ciencias Básicas, Ciencias de la Ingeniería y Ciencias Sociales los porcentajes fueron muy similares y en la parte intermedia se ubicaron las asignaturas que conforman otros cursos.

Se manifiesta el acuerdo de los estudiantes en el respeto que el docente que imparte clases en la carrera de Ingeniería Industrial manifiesta a sus estudiantes porque como se observa en la figura 2 los porcentajes están por arriba del 60% de la población que considera que le docente tiene esta competencia genérica.

Los docentes del área de Ciencias de la Ingeniería resultaron ser los más respetuosos y los más sensibles ante las diferencias culturales. Por otro lado los docentes del área de Ingeniería Aplicada obtuvieron los menores porcentajes en poseer la competencia valor sociocultural.

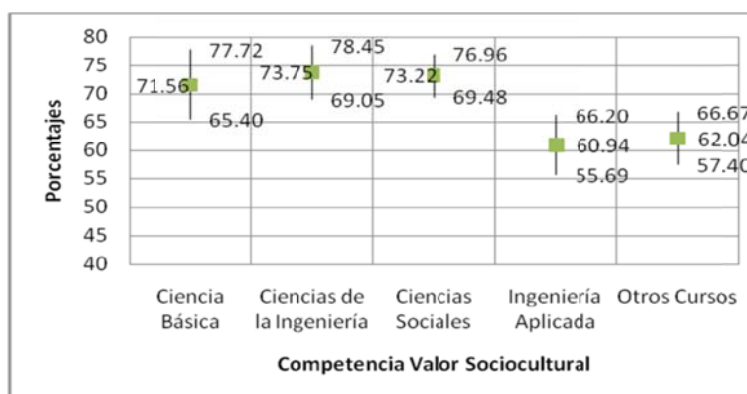


Figura 2. Porcentajes de los alumnos que consideran que el docente que imparte clases en Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán posee la Competencia Valor Socio cultural separada en las diferentes áreas de conocimiento que conforman el programa académico.

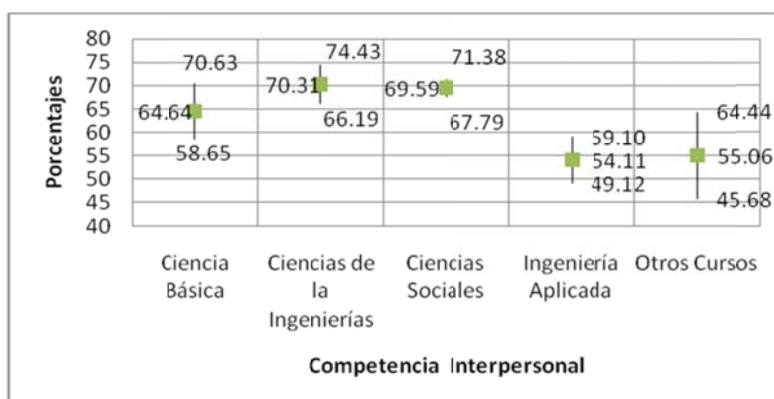


Figura 3. Porcentajes de los alumnos que consideran que el docente que imparte clases en Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán posee la Competencia Interpersonal separada en las diferentes áreas de conocimiento que conforman el programa académico.

En la competencia genérica Valor Interpersonal que hace referencia al carácter del docente como entusiasta en su asignatura que imparte, promover la participación del estudiante y abierto y receptivo a nuevas ideas, se observa en la figura 4 que de acuerdo a la apreciación estudiantil el que menos posee esta competencia es el docente que pertenece al área Ingeniería Aplicada y el que obtuvo mayor porcentaje fue el de Ciencias de la Ingeniería.

Estos resultados no se apegan a las características de un profesional competente porque debe de tener las siguientes características: Poseer un conocimiento específico, tener un reconocimiento social, poder ser generador de conocimiento y tecnología y por lo tanto cumplir con una función social.

MODELOS DE REGRESIÓN LÍNEAL APLICADOS A COMPETENCIAS GENÉRICAS

Variables:

X₁: El docente integra teoría y práctica al impartir su clase.

X₂: Utiliza ejemplos útiles.

X₃: Posee experiencia en la asignatura que imparte.

X₄: Está actualizado.

X₅: Posee Conocimiento avanzado.

X₆: Sabe transmitir su conocimiento.

Tabla 1. Modelos matemáticos que relacionan las variables que caracterizan a la Competencia Genérica Proceso de Aprendizaje.

Modelo	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de F	R ²	C.V.	Prueba de t
$X_1 = 0.08 + 0.86X_2$	0.0164	0.1274	<0.0001	0.76	15.16	<0.0001
$X_2 = 0.14 + 0.89X_1$	0.017	0.1304	<0.0001	0.76	14.65	<0.0001
$X_2 = 0.3 + 0.69X_6$	0.0252	0.1587	<0.0001	0.65	17.82	<0.0001
$X_2 = 0.11 + 0.62X_1 + 0.3X_6$	0.132	0.115	<0.0001	0.81	12.92	<0.0001 <0.0002
$X_3 = 0.0008 + 0.98X_5$	0.016	0.1286	<0.0001	0.80	14.77	<0.0001
$X_4 = 0.09 + 0.84X_5$	0.024	0.1544	<0.0001	0.67	18.66	<0.0001
$X_4 = 0.17 + 0.73X_2$	0.034	0.1865	<0.0001	0.52	22.53	<0.0001
$X_5 = 0.22 + 0.80X_4$	0.023	0.1512	<0.0001	0.67	17.15	<0.0001
$X_5 = 0.17 + 0.81X_3$	0.013	0.1169	<0.0001	0.80	13.26	<0.0001
$X_5 = -0.10 + 0.89X_3 + 0.57X_4 - 0.34X_3 * X_4$	0.01	0.1019	<0.0001	0.86	11.56	<0.0001

Los modelos matemáticos de la tabla 1, nos muestran una relación causal entre las variables que integran la Competencia Genérica Proceso de Aprendizaje. En la mayoría de los modelos representan una regresión lineal simple con una relación causal directa, esto es, si aumentamos en cierta cantidad el factor causal será la respuesta de la variable dependiente. Las varianzas son pequeñas junto con la desviación estándar, es de esperarse este resultado por la transformación que se aplicó a los datos para que se distribuyeran de manera normal las variables. El coeficiente de determinación en todos los modelos es adecuado, se podría decir que es poco probable problemas de colinealidad entre los datos, aunque no se hicieron estas pruebas, los valores de este coeficiente no están cercanos a uno.

Resultaron dos modelos múltiples teniendo como variable respuesta a el docente utiliza ejemplos útiles y como variables causales a integra teoría y práctica y sabe transmitir su conocimiento; y el modelo donde la variable respuesta es el docente sabe transmitir su conocimiento y como variables causales posee experiencia en la asignatura que imparte, está actualizado y la interacción entre ambas.

La relación causal de manera lineal entre las variables que componen el proceso de aprendizaje coinciden con Gagné en su aportación sobre las condiciones del aprendizaje porque lo describe como una secuencia de fases o procesos, cada uno de los cuales requiere se cumplan ciertas condiciones para que el aprendizaje tenga lugar, esto es una instrumentación del aprendizaje y lo podemos observar en los modelos y la relación entre las variables por ejemplo si el docente tiene la capacidad de integrar teoría y práctica esto dependerá de de que tenga capacidad de que use ejemplos útiles al impartir su clase o viceversa como se observa en los dos primeros modelos de la tabla 1, también si utiliza ejemplos útiles dependerá de que pueda comunicarse de manera clara.

Coincide, de nueva cuenta, con la teoría de Gagné que señala que para que el aprendizaje tenga lugar es necesario que se la estimulación sea recibida, el sujeto debe atender al estímulo, lo que significa que el docente debe saber comunicar el conocimiento ya sea de con ejemplos útiles o siendo experto en los temas que imparte, una vez que se da la atención viene la motivación, implica que el docente debe desempeñarse de manera competente (Arancibia, 1999), exponiéndoles a los alumnos una expectativa de lo que obtendrán como resultado del aprendizaje, lo que significa que debe de comunicarse de manera clara que es lo que reflejan los modelos.

Conclusiones

Los docentes que imparten asignaturas en el área de Conocimientos de Ingeniería Aplicada el 63.1% de los estudiantes de la población considera que no posee la competencia genérica sistémica Proceso de Aprendizaje.

La relación entre alumno y profesor de la carrera de Ingeniería Industrial es cordial y respetuosa porque en general en las áreas de conocimiento obtuvieron porcentajes mayores al 60% en la competencia valor sociocultural.

Los docentes que imparten asignaturas en ingeniería aplicada solo el 54% de los estudiantes consideran que el profesor es receptivo, entusiasta y promueve la participación.

El modelo matemático de mejor ajuste de acuerdo a los parámetros establecidos fue aquel en el cual la variable dependiente fue utiliza ejemplos útiles y como variables causales integra teoría y práctica y sabe transmitir su conocimiento.

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán la oportunidad de implementar la línea de investigación en educación y a los estudiantes por sus respuestas en los cuestionarios aplicados.

Referencias

1. Arancibia, V., P. Herrera y K. Strasser. Teorías cognitivas del aprendizaje. En: Psicología de la Educación. México, Alfaomega. 1999, 91-98.
2. Argudín, Y. *Educación Basada en Competencias, Nociones y Antecedentes*. Trillas. México. 2005.
3. CACEI. Manual 2004. Consejo para la Acreditación de Enseñanza en la Ingeniería. 2009.
4. Draper, N. R. and H. Smith Applied Regression Analysis. 3th Edition. Wiley-Interscience Publication, New-York., 1998, 47-70.
5. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Guía para la instrumentación de los programas de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales. 2009,10-13.
6. Hernández, S., C. Fernández C. y P. Baptista L.. Metodología de la Investigación. Cuarta Edición, Editorial Mc Graw Hill. México.2006.
7. Méndez, R. I.; D. Namihira G., L. Moreno A. y C. Sosa de Martínez.. El Protocolo de Investigación. Editorial Trillas, México.1984.
8. PROYECTO ALFA TUNING AMERICA LATINA. (2006d). Competencias Genéricas. Obtenido el 16 de Mayo de 2008, de <http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=content&task=view&id=217&Itemid=246>.

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Modelo para la representación de la motricidad fina en niños con síndrome down

L.A. Morales Rosales^{1*}, M. Lobato Báez², A. Prezas Ruiz¹, H.E. Tejeda Rodríguez¹,

¹Departamento de Posgrado, Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Loma del Cojolite s/n, C.P. 93821, Misantla Veracruz,

*lamorales@itsm.edu.mx

²Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Insitituto Tecnológico Superior de Libres, 01219, México D. F., México

*elegancia_14@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En este artículo, la investigación se enfoca en el desarrollo de un modelo que abstrae el comportamiento de la solución a un ejercicio planteado en una computadora, efectuada por niños con Síndrome de Down. En particular, se centra en la medición de la motricidad fina e intelectual de los niños con Síndrome de Down utilizando relaciones causales difusas para representar el escenario de la solución que el infante realizó. Para realizar la medición de la motricidad fina, se utiliza una interfaz táctil que permite extraer variables del tipo lógico (orden de las acciones), físico (tiempos) y espaciales (localización y posición de trazos). Estas variables son representadas en un escenario y son utilizadas por un control difuso para recomendar terapias logopedicas que permitan mejorar la motricidad fina de los niños.

Palabras clave: Síndrome de Down, Motricidad Fina, Sistema Difuso.

Abstract

In this article, the research focuses on developing a model that abstracts the behavior of the solution to an exercise raised on a computer, made by children with Down syndrome. In particular, it focuses on measuring fine motor skills and intellectual progress of children with Down syndrome by using fuzzy causal relations to represent the stage of the infant made solution. To measure fine motor skill, this work we use a touch screen in order to obtain logical variable (order of actions), physical variable (time of the actions), and special variables (localization and position of the traces). These variables allow to represents inside a multimedia scenario the fine motor skill and use a fuzzy control to recommend logopedic therapies that help to improve the fine motor skills of children with down syndrome.

Introducción

La educación en México es un derecho que toda la población necesita ejercer. Sin embargo, para el sector infantil con Síndrome Down el acceder a programas educativos resulta una tarea no del todo fácil. Uno de los problemas de esta población es la falta de apoyo de material didáctico de calidad para que se facilite su aprendizaje. Los niños con síndrome de Down son personas que tienen un grado de deficiencia en la memoria para captar y memorizar imágenes, palabras y números, esto conlleva a un tipo de aprendizaje limitado, por lo que el proceso de adquisición de conocimientos es más lento que el de un niño con capacidades regulares. Por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias, métodos y herramientas que permitan mejorar su rendimiento académico. La tecnología hoy en día juega un papel importante, sobre todo con el fin de aumentar la calidad de vida humana, en este sentido, auxilian a los docentes dedicados en la labor de la educación especial. La mayoría de las aplicaciones están desarrolladas mediante la lógica convencional (booleana) o lógica común la cual se basa solo en lo falso o incorrecto, y en lo verdadero o correcto, de cómo se realizan las actividades y ejercicios mostrados a los niños con SD, lo que significa que no describen el comportamiento de la solución de actividades y ejercicios. Por otro lado, la lógica difusa es un aspecto importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje como apoyo a los docentes al momento de evaluar y realizar recomendaciones de manera automática. Para ello se emprendió un proyecto denominado "Sistema de Asistencia Inteligente para el Aprendizaje Básico en Personas con Capacidades Diferentes".

Este sistema es una aplicación que proporciona una asistencia inteligente a los niños con SD, para mejorar sus capacidades de motricidad fina. Esta aplicación se desarrolló bajo una interfaz táctil teniendo la mayor interacción con el infante. Dentro de esta aplicación se encuentra el módulo llamado “Representación de Escenarios”, el cual abstrae el comportamiento de la resolución de los ejercicios mostrados por la aplicación. Para este módulo se propuso la construcción de un modelo basado en relaciones causales difusas que le permite a la aplicación ser capaz de reconstruir los escenarios que se manifiesten en la interacción de la aplicación y el niño con SD. El modelo es capaz de medir, la forma espacial de como interactúa con el entorno y los objetos de trabajo mostrados en un ejercicio, la forma lógica de la secuencia que realizó el niño cuando resolvió ese ejercicio; y el tiempo para saber cuánto se tardó y que retardos tuvo al resolver el ejercicio.

Estado del arte

En esta sección se presentan los trabajos más relevantes con respecto a la evaluación inteligente a través de software para niños con capacidades diferentes.

Krause et al. en [1] proponen un sistema cuyo objetivo sea el de trazar la actuación de un niño con Síndrome de Down ante un problema planteado en modo de juego de ingenio donde fundamentalmente deberá hacer uso de habilidades Lógico-Matemáticas y Espaciales, que ayudando al niño en forma interactiva, lo irá guiando en el aprendizaje de sus reglas. El trazado de la actuación del niño se registrará como una decisión tomada y podrá ser analizado posteriormente con otras herramientas de software y dicha información podrá ser de utilidad para los investigadores del área educativa a fin de poder adaptar los métodos de enseñanza centrándose en las fortalezas de los niños con necesidades educativas especiales. El alumno interactuará con el sistema a través del mouse o del teclado. Por el momento se está evaluando en un ámbito adecuado en el que se puedan realizar experiencias en una etapa inicial y se explora la posibilidad de obtener una causística apropiada para realizar el análisis de los datos realizados a través de técnicas estadísticas o de minería de datos en un futuro. Las desventajas que puede presentar este sistema son:

- El hardware con el que se interactuará con el sistema no permitirá que el infante realice las actividades como es debido ya que la mayoría de niños con síndrome de Down presentan deficiencias en la motricidad fina y /o gruesa.
- El sistema no realiza ninguna recomendación de acuerdo a las variables que se obtienen de la interacción del niño con el infante.
- El sistema aún no se ha probado en niños con síndrome de Down o capacidades diferentes sólo se ha expuesto a una serie de pruebas con personas promedio.
- El infante tiene que tener nociones básicas del uso de un ordenador para la utilización del sistema.

Loba et al. en [2] presentan un proyecto de investigación y desarrollo orientado a ofrecer nuevas oportunidades de interacción, estimulación y creación interactiva a personas afectadas de parálisis cerebral en grados moderados a severos. Se basan en las técnicas de visión artificial, que permiten capturar los gestos de un usuario y transformarlos en imágenes, sonido y vibración acordes al gesto. Entre los objetivos que presenta esta investigación se encuentran los sistemas de visión artificial que permitan la interacción adecuada y las metodologías de análisis que permitan mostrar y mejorar la efectividad del sistema. Por el momento se cuenta con un prototipo capaz de generar sonido mediante un gesto y el procesamiento de las emisiones orales de los participantes para añadirles los efectos digitales. El sistema aún no se cuenta con las asociaciones de las terapias musicales y multisensoriales ya que se debe de tener un corpus lo suficientemente grande para cubrir todos los posibles gestos de los personas con parálisis cerebral.

Metodología

Las aplicaciones existentes hoy en día, específicamente para el SD, solo sirven como herramientas estáticas de apoyo para los educadores que solo les muestran series de ejercicios a los niños con SD para que estos los resuelvan.

Sin embargo, con el avance y desarrollo de la tecnología, esto se puede cambiar para que las aplicaciones pasen de ser herramientas estáticas a dinámicas. Se busca que las aplicaciones no solo muestren problemas sino que reconstruyan los eventos y acciones que sucedan al momento que el niño resuelva los ejercicios.

En este trabajo se contempla la construcción de un modelo de escenarios multimedia para representar la motricidad fina en niños con SD. El modelo es capaz de reconstruir escenarios multimedia basados en relaciones causales difusas con el fin de que la aplicación obtenga las variables necesarias para llevar a cabo una evaluación inteligente de la motricidad fina y generar recomendaciones de terapias logopédicas.

Los escenarios multimedia son creados a base de juegos interactivos para una interfaz táctil de una computadora, lo que permite una mayor interacción con los niños con SD. El modelo multimedia es capaz de obtener los valores que describen el comportamiento de los trazos de la motricidad fina realizados por el niño. Al crear este modelo se debe tener en cuenta el tipo de variables que se generan. Los valores de las variables la podemos discretizar para realizar un grafo que represente las variables: físicas (e.g. tiempo de solución), lógicas (e.g. orden y causalidad) y espacial (e.g. coordenadas, localización, distancias) de la motricidad fina llevada a cabo por el niño

Por lo tanto, estos valores de comportamiento son transformados en conjuntos difusos los cuales son fuzificados mediante funciones de membresía. Estas funciones de membresía son utilizadas por un control difuso para conocer en que medida el infante llevo acabo el trazo (motricidad fina) para resolver los ejercicios planteados. La salida del control difuso consiste en la recomendación de una terapia logopedica que indique a los padres y maestros los tipos de ejercicios que se deben realizar para mejorar la motricidad fina del niño. Existen 16 terapias propuestas por expertos del centro de atención multiple localizado en la ciudad de misantla que pueden ser elegidas por el control difuso.

Preliminares

Relación causal difusa

La relación causal difusa denotada como " $a \xrightarrow{\lambda} b$ ", se basa en una noción de "distancia" entre eventos. La distancia, de acuerdo al problema dirigido, se puede establecer considerando tres principales dominios: espacial, temporal (hablando físicamente) y/o lógico. Usando la noción de distancia, la relación causal difusa establece un grado de causa-efecto indicando "hace cuanto" un evento a sucedió antes de un evento b [5].

La distancia entre los eventos se determina por relación difusa $DR: E \times E \rightarrow [0, 1]$, la cual se establece de la unión de un conjunto de funciones de membresía, R_S (espacial), R_T (temporal) y R_L (lógico), teniendo un conjunto para cada dominio. La distancia se define a continuación:

$$DR(a,b) = R_S \cup R_T \cup R_L \text{ Donde:}$$

$$R_S = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_o$$

$$R_T = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_r$$

$$R_L = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_s$$

El número de funciones de membresía, R_j , para cada dominio se determina de acuerdo al problema a resolver. El operador difuso unión para intra e inter dominios es el operador $\max(R_1, \dots, R_k)$. La unión y el operador máximo determinan la máxima relación causa-efecto que existe entre los eventos. Lo que significa, que el operador refleja la máxima distancia entre los eventos de acuerdo a los dominios que se elijan.

Con la aplicación de la relación causal difusa, se establece que la relación difusa crece uniformemente y es directamente proporcional las distancias espaciales, temporales y/o lógicas entre un par de eventos. Esto significa, por ejemplo, que una relación difusa entre los eventos a y b , es decir $DR(a,b)$, con un valor tendiendo a cero indica que los eventos a y b son "cercaños".

Es importante remarcar que la DR no puede determinar dependencias de precedencia entre eventos, solo indica cierta distancia entre ellos. Por ejemplo, el valor de la distancia entre los eventos a y b dan un valor igual para $DR(a,b)$ o $DR(b,a)$ porque la relación distancia no se considera la precedencia entre ellos. Por lo tanto, la relación causal difusa establece un grado de causa-efecto (precedencia difusa) entre los eventos mediante el uso de valores de la DR , es decir:

La relación causal difusa (RCD) " $\xrightarrow{\lambda}$ " en un conjunto de eventos satisface las siguientes condiciones:

$$a \xrightarrow{\lambda} b \quad \text{Si } a \rightarrow b \quad \wedge \quad 0 \leq DR(a,b) < 1$$

$$a \xrightarrow{\lambda} c \quad \text{Si } \exists b \mid a \rightarrow b \rightarrow c \quad \wedge \quad DR(a,b) \leq DR(a,c) : DR(a,b), DR(a,c) < 1$$

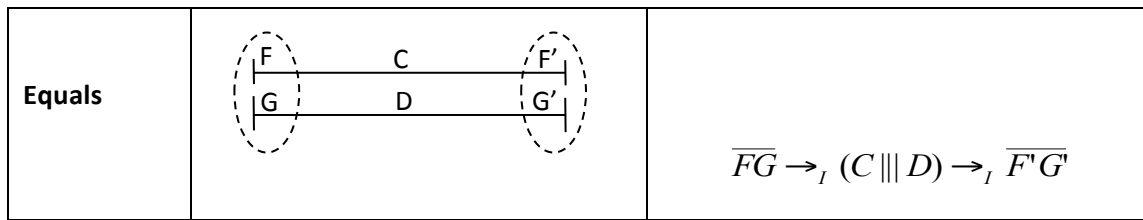
La primera condición establece que dos eventos (a,b) tienen una relación causalmente difusa si a sucedió antes que b , y el valor de la $DR(a,b)$ es mas pequeño que uno. La segunda condición es la propiedad

transitiva, la cual establece que dos eventos (a,c) tienen una relación causalmente difusa si existe un evento b tal que a sucedió antes que b , y b sucedió antes que c . Además los valores para $DR(a,b)$, $DR(a,c)$ crecen uniformemente y ambas son menores que uno. Si cualquiera de estas condiciones se satisface, el valor de la $DR(a,b)$ determina el grado de causa-efecto entre el presente par de eventos, y esto se representa a través de la $RCD(a,b)$. En cualquier caso cuando el valor de la $DR(a,b)$ es igual a uno, esto significa que los eventos no tienen una relación de causa-efecto.

Modelo de representación

El modelo de representación de relaciones causales difusas permite determinar mediante intervalos un mapeo lógico entre las interacciones que tiene el usuario con la interfaz. El modelo se muestra en la tabla 1. El modelo construye relaciones basadas en puntos de sincronización y permite almacenar el historial causal de todas las interacciones. Con la historia causal es posible visualizar el orden de los eventos.

Relaciones	Ejemplo	Mapeo lógico
After		$A \rightarrow_I B$
Meet		$A \rightarrow_I \overline{EF} \rightarrow_I B$
Overlaps		$A \rightarrow_I \overline{FG} \rightarrow_I (C \parallel D) \rightarrow_I \overline{F'G'} \rightarrow_I B$
Starts		$\overline{FG} \rightarrow_I (C \parallel D) \rightarrow_I \overline{F'G'} \rightarrow_I B$
Finishes		$A \rightarrow_I \overline{FG} \rightarrow_I (C \parallel D) \rightarrow_I \overline{F'G'}$
During		$A \rightarrow_I \overline{FG} \rightarrow_I (C \parallel D) \rightarrow_I \overline{F'G'} \rightarrow_I B$



Una de las partes interesantes al realizar la evaluación inteligente es la selección de las variables significativas del juego unión de puntos. Cada una de ellas se describen a continuación.

Tiempo total: Es el tiempo en que el infante realiza el ejercicio por completo si lo termino antes del tiempo acordado, si no se toma el tiempo predestinado como tiempo total. Este tiempo da a conocer como es la capacidad de abstracción del niño.

Tiempo muerto: Tiempo en que el niño no realiza nada, es decir, que no haya ninguna interrupción en el sistema. En la realización del ejercicio, de un momento a otro el niño deja de trabajar, el lapso de tiempo en que se tarda en regresar al ejercicio se toma como tiempo muerto.

Sentido: Dirección de la trayectoria que toma el infante al realizar el trazo, ya sea de izquierda a derecha o en sentido contrario. Se utiliza para conocer cuál es la independencia izquierda-derecha que tiene el niño y enseñarle a trabajar en un sentido o en los 2, cuando corresponde.

Rotación del trazo: Movimiento de giro realizado en un trazo. Se interpreta cuando el infante realiza un trazo en forma de onda de un lado a otro.

Error de trazado: Se refiere al tipo de línea que realiza el infante, si esta no la hace recta o que se note mucha distorsión en el trazo. Se puede tomar en cuenta en un intervalo de 0 y 1.

Contador errores (unión): Los errores se contarán cuando el niño trate de relacionar con el punto equivocado.

Contador aciertos (conexiones): Los trazos correctos se verán reflejados en la unión de puntos, cada vez que se unan será un acierto. El número de aciertos se contabilizará mediante las interconexiones que se tengan en ejercicio.

Tiempo total: Es el tiempo en que el infante realiza el ejercicio por completo si lo termino antes del tiempo acordado, si no se toma el tiempo predestinado como tiempo total. Este tiempo da a conocer como es la capacidad de abstracción del niño.

Estas variables se utilizan como entrada en un control difuso del tipo Mamdani para determinar la salida y elegir el tipo de terapia logopédica a recomendar de acuerdo a lo observado del modelo de representación de la motricidad fina.

$$R(NC(a), FCC_p(a), \mu) = \bigvee_{i=1}^9 (A_i(NC(a)) \wedge B_i(FCC_p(a)) \wedge C_i(\mu))$$

Pruebas del Modelo

A continuación se muestra una imagen con respecto a la aplicación utilizando el modelo de representación de escenarios multimedia basado en relaciones causales difusas el cual fue elaborado sobre el lenguaje de programación Python.

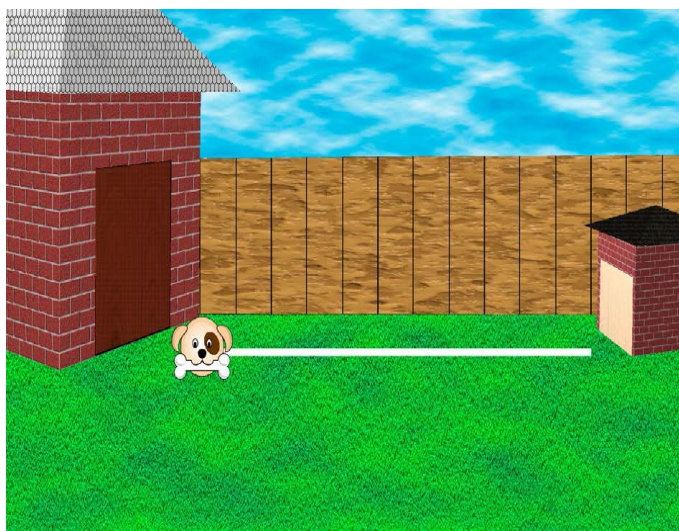


Figura 1. Escenario base del ejercicio "unión de puntos".

La figura 1, muestra la aplicación desarrollada, el cual generó un escenario donde el infante interactúa con ella, de tal manera que resuelva el ejercicio planteado mostrando en cierta manera la secuencia de acciones que él realizó. El ejercicio, es del tipo unión de puntos con base a la Metodología para el Desarrollo Motor Fino y Cognitivo en Niños con Síndrome de Down Basada en TIC, el cual le indica al infante que la mascota "Tobi" debe seguir el camino mostrado para llegar a su casa. La línea blanca es el camino que el infante debe seguir, la idea de este ejercicio es que debe mantener presionado a la imagen para que esta se mueva, de tal manera que si el infante deja de tocar la imagen o "pierde" la posición de la misma, se note la diferencia. Para esto se seleccionó el color rojo como correcto cuando el infante arrastra la imagen y azul en caso contrario, recordando que cada levantamiento del dedo significa el fin la acción.

La siguiente (Figura 2.) muestra el recorrido que una persona sin probable discapacidad alguna llega a realizar para resolver el ejercicio planteado, donde se nota que existen menores errores e interacciones obtenidas por la aplicación dando resultados positivos sobre la solución al ejercicio a través de la evaluación inteligente.

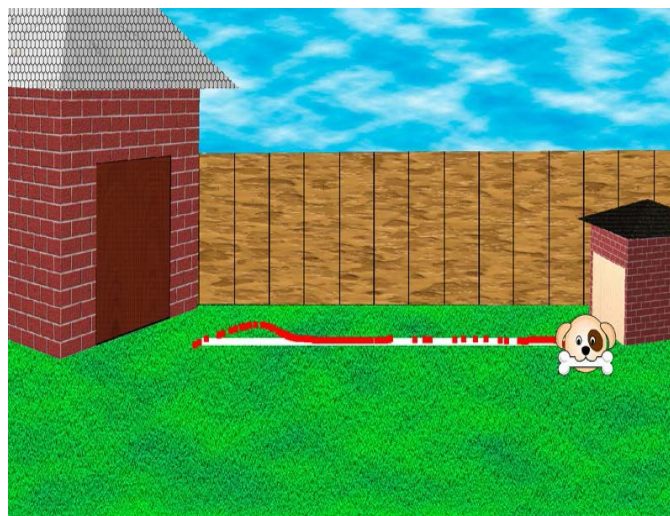


Figura 2. Ejercicio resuelto por una persona sin discapacidad.

La siguiente imagen muestra como es el escenario que un niño con SD realiza, notando la diferencia entre las acciones correctas (rojas) e incorrectas (azules).

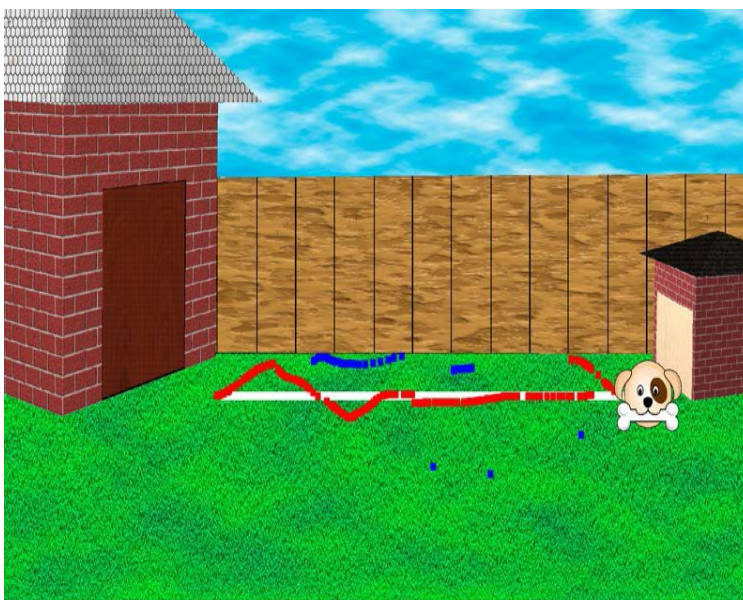


Figura 3. Ejercicio resuelto por un niño con Síndrome de Down.

Resultados

Al presentarse errores sobre la solución del ejercicio así como la cantidad de interacciones que realizó el infante, obtenidas por la aplicación se dieron resultados negativos a través de la evaluación inteligente. Con base a la imagen anterior, como ejemplo se presentan el conjunto de valores del tratamiento obtenidos por la aplicación para ilustrar a fondo los cálculos internos por la aplicación (explicados anteriormente) y visualizar el tratamiento que se le dio al infante al finalizar el ejercicio.

Rotación = 1
Error de Conexión=1.0
Error de Diseño=0.0204992059855
Independencia Izquierda-Derecha = 1
Máxima Consistencia Causal Difusa = 1
Valores del Tratamiento = [5, 2, 5, 5, 5]
Tratamiento = 6

El resultado obtenido de la evaluación inteligente de dicho escenario a través de la utilización del modelo de representación de escenarios multimedia basado en relaciones causales difusas, muestra que debido al poco desarrollo de las capacidades intelectuales del infante, se le recomienda realizar el tratamiento 6.

Trabajo futuro

Se pretende que el modelo de representación de escenarios multimedia basado en relaciones causales sea una extensión de aplicaciones educativas, cuyo objetivo sea medir el progreso de diferentes capacidades además de las intelectuales a niños con diferentes necesidades educativas especiales además del Síndrome de Down. También se tiene como objetivo la aplicación del modelo en una interfaz multitáctil para que exista concurrencia de eventos de diferentes tipos de eventos, así como la concurrencia de eventos del mismo tipo.

Conclusiones

La implementación del modelo causal difuso sobre una interfaz táctil, muestra muy buenos resultados en la reconstrucción de escenarios multimedia creados de las acciones y secuencias que realizaron los infantes con SD a través la interacción y manipulación de dicha interfaz. Las formas de evaluación para los dominios manejados (físico, lógico y espacial) funcionaron muy bien debido a que los métodos utilizados mostraron resultados favorables a las distintas pruebas realizadas a los algoritmos.

El proceso para evaluar el Error de Diseño fue el único que tiene que calcular al final de la solución del ejercicio debido a la utilización de la red neuronal por el tiempo computacional que se necesita, siendo así el más complicado para ser evaluado en el menor tiempo posible. La codificación del modelo al lenguaje de

programación Python, permitió de manera sencilla y rápida la utilización de operaciones con conjuntos, que son primordiales para la utilización de las relaciones causales difusas. La aplicación no indica si la solución del ejercicio es correcta o no, sino que reconstruye el escenario de la solución, realiza la evaluación inteligente del ejercicio, mide el progreso de las capacidades intelectuales (aun cuando su educador no esté presente) e indica cual es el tratamiento recomendado que debe realizar el infante.

Referencias

1. W. O. Krause, P.V. Britos, R. García-Martínez, "Trazado del Aprendizaje de las Reglas de un Juego de Ingenio por Parte de Niños con Síndrome de Down", Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Escuela de Postgrado. ITBA Buenos Aires. Argentina, rgm@itba.edu.ar.
2. Loba Cesar Mauri, González-Sama Mabel García, Bagés Rubí Joan, "Terapia musical y multisensorial mediante las nuevas tecnologías: proyecto SATI (Sistema Audiovisual Terapeutico Interactivo)".
3. Inalvis Pérez Benítez, María Elena Bello Lamar, "La capacitación de las ejecutoras para el desarrollo de la motricidad fina."
4. Belkis Pentón Hernández, "Ejercicios para el desarrollo de la motricidad fina en los niños(as) de sexto año de vida".
5. Distributed Multimedia Synchronization Based on Fuzzy Causal Relations; Morales Rosales Luis Alberto, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Sta. Ma. Tonantzintla, Puebla. 2009, PP. 113

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Estudiantes de alto rendimiento académico de la carrera de Ingeniería Mecatrónica

María de Jesús Oregán Silva ^{1*}, Ramón Matías López², Juan Carlos Vásquez Jiménez ¹, Alejandro Espinosa Salazar².
Serafín Reyes García¹, ¹ Departamento de Metal – Mecánica, Sistemas y computación², Instituto Tecnológico de Tehuacán, domicilio conocido s/n Santa María Coapan.

*maoregansilva@hotmail.com

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo identificar los diversos estilos de aprendizaje y habilidades de estudio, que predominan en los estudiantes con promedio general de 80 a 100 de calificación de los diferentes semestres de la carrera de ingeniería Mecatrónica del I.T. de Tehuacán, considerados de alto rendimiento académico en las diferentes áreas tales como la mecánica, la eléctrica, la electrónica, sistemas computacionales, administración, sistemas digitales, y ciencias básicas. Además que en el aula, presentan habilidades en la solución de problemas reales, de diseño de sistemas, mantenimiento, redacción y expresión.

Para identificar las estrategias de aprendizaje se aplicaron instrumentos de evaluación dentro programa de tutorías, tales como: estilos de aprendizaje (auditivo, visual y kinestésico) y el de habilidades de estudio (organización, técnica y motivación). En los resultados se puede apreciar que los educandos presentan equilibrio tanto en los estilos de aprendizaje como en el de habilidades de estudio.

Palabras clave: Estilos, Aprendizaje, Rendimiento

Abstract

The research Project's objective is to show the diversity of predominant learning styles and study skills of high academic performance students with point average from 80 to 100 from different terms of Mechatronic Engineering Program of Technologic Institute of Tehuacan considered high performance on different areas like: mechanic, electric, electronic, computer systems, administration, digital systems and basic sciences. Students with real solution problems of system design, maintenance, essay and expression skills.

The research methodology consisted in applying evaluation tools inside mentoring program, such as: learning styles (auditory, visual and kinesthetic sense) and study skills (orderliness, technique and motivation). The results do not show a specific tendency of the students in its majority, on the contrary they show an equilibrium between learning styles and study skills.

Keywords: Styles, Learning, Performance

Introducción

El programa de tutorías contempla varios instrumentos de evaluación por lo que se utilizaron dos, los cuales son: los de estilos de aprendizaje (visual, auditivo y kinestésico) y el de habilidades de estudio (organización, técnica y motivación), por lo cual surge la inquietud de detectar las estrategias que utiliza el alumno de alto rendimiento académico de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Tehuacán.

Se considera a los estudiantes de alto rendimiento académico a aquellos que han mostrado su desempeño en el aula en forma activa, tales como: participación en la solución de problemas, diseño de equipos didácticos, realización de prácticas, en la forma de relacionar sus trabajos extraclase en forma precisa y acertada, etc., y de los cuales se detectaron que contaban con un promedio general de 80 a 100 de calificación, en forma constante en cada una de los semestres cursados de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

El instrumento utilizado en la investigación es el de estilos de aprendizaje elaborado por Metts Ralph y enfocado al modelo PNL, el cual está diseñado para propiciar a que se descubra cual es la manera preferida de aprender. Consta de 24 preguntas pero se dividen en 7 preguntas para cada estilo de aprendizaje, visual, auditivo y/o kinestésico.

El otro instrumento es el de habilidades de estudio, el cual consta de tres breves cuestionarios de 20 preguntas, para detectar la organización del estudio, la técnica de estudio y la motivación por el estudio.

Para el estudio se consideraron estudiantes de la retícula del 2005 y la del 2010, con una población estudiantil de 397, de los cuales 157 estudiantes de diferentes semestres presentaban un promedio general de 80 a 100 de calificación. Para realizar la investigación se consideró en forma aleatoria una muestra representativa de 40 estudiantes

Posteriormente se procedió a aplicar los instrumentos de evaluación, en donde los resultados muestran que los estudiantes en su mayoría presentan un equilibrio en el estilo de aprendizaje (visual auditivo y kinestésico), lo que representa que son estudiantes que relacionan las figuras, las analizan, leen para poder participar en clase, son buenos en la redacción y en la forma de expresión oral, les gusta estar en contacto con la práctica, esto es, saben relacionar la teoría y la práctica, por lo que es funcional para alcanzar un promedio de 80 a 100 de calificación en una carrera de ingeniería.

En cuanto a los resultados de habilidades de estudio el 42.5% de los estudiantes investigados presentaron un equilibrio en cuanto a la organización, técnica y/o motivación por el estudio, en su mayoría se detectó que estudian con días antes del examen, leen mucho, participan en clase, resuelvan problemas en menos tiempo, relacionan los conceptos, entregan tareas, leen en forma ordenada, son personas que sus apuntes están ordenados, repasan temas que tienen dudas, son investigadoras, dedicadas y tienen metas y están motivados.

Los estudiantes que no alcanzaron el equilibrio en los dos tipos de encuestas, se les aplicaran estrategias de aprendizaje tales como: realizar lecturas y elaborar mapas conceptuales, escuchar música y que describan lo que entendieron, que vean películas y realicen un resumen, que realicen prácticas y resuelvan problemas como parte de la práctica. Pero esta actividad será de acuerdo al estilo que le haga falta reforzar y será otra propuesta de investigación.

Metodología

Materiales

Para detectar el estilo de aprendizaje en cuanto a lo auditivo, visual y kinestésico y las habilidades de estudio en cuanto a su organización, técnica y motivación para el estudio, se utilizaron instrumentos de evaluación considerados en el programa de tutorías. Los cuales ayudarán a identificar que estilo y habilidades para el aprendizaje y el estudio presentan los educandos que cursan la carrera de Ingeniería Mecatrónica, para que logren tener un promedio general de 80 a 100 de calificación.

Si se identifican las cualidades que presentan los educandos con las características antes mencionadas, entonces será una parámetro para motivar a los estudiantes a desarrollar algunas estrategias de aprendizaje en cuanto a los estilos y las habilidades de estudio, para lograr un mejor rendimiento académico.

Como bien se sabe las habilidades de estudio son inseparables de las habilidades de la vida. La organización, el buen uso del tiempo, la concentración y las habilidades de lectura y escritura que caracterizan a un buen estudiante, pueden aplicarse en toda la vida.

Preparación de la información

Se solicitó al jefe de departamento la relación de los estudiantes de todos los semestres de la carrera de Ingeniería Mecatrónica con sus respectivos promedios, los cuales fueron utilizados del periodo enero – junio 2013. Los estudiantes seleccionados fueron al azar en las listas de los programas del siglo XXI (retícula 2005) y por competencias (retícula 2010) pero también porque en su mayoría ya se les conocía por su desempeño en la carrera.

Resultados y discusión

La carrera de Ingeniería Mecatrónica contempla varias área tales como: las ciencias básicas, la mecánica, la eléctrica, la digital, la industrial, sistemas computacionales y la electrónica, las cuales los estudiantes tienen que manejar y desarrollar las habilidades para su manejo y aplicación, por lo que se considera una carrera compleja, por tal motivo durante la investigación se consideraron promedios de calificación general de la carrera de 80 en adelante.

Los estudiantes considerados para la investigación fueron de acuerdo a la retícula del 2005 con un total de 120 estudiantes, y de acuerdo a la retícula del 2010 se tiene una población estudiantil de 277 estudiantes, considerando

un total de 397 estudiantes, de los cuales 157 estudiantes cuentan con un promedio general de calificación de 80 a 100. De aquí parte que se tomó una muestra del 25. 47% o sea 40 estudiantes a investigar.

Retículas	Estudiantes inscritos	No de estudiantes con promedio de 80 - 100	No. de estudiantes con promedio de 80-89.9	No. De estudiantes con promedio de 90 - 100
2005	120	67	63	4
2010	277	90	71	19
Totales	397	157	134	23

Tabla 1. Esta tabla muestra en forma desglosada el número de estudiantes por promedio, de acuerdo a cada una de las retículas vigentes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, correspondiente al periodo enero – junio del 2013.

Dentro del programa de tutorías existen encuestas de las cuales se utilizaron las de estilos de aprendizaje (visual, auditivo y kinestésico) y las de habilidades de estudio (organización, técnica y motivación por el estudio). Dichas encuestas se analizaron pregunta por pregunta para evitar errores en su aplicación y lograr los resultados lo más acertados.

Se procedió a aplicar las encuestas tanto en forma electrónica como en forma física, durante el semestre agosto – diciembre del 2012 y enero – junio del 2013.

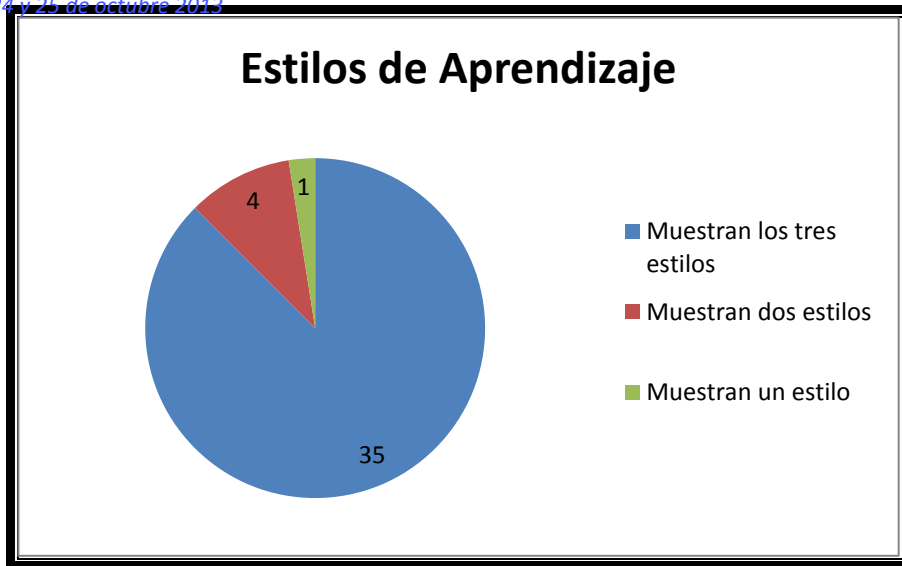
Aplicación y resultados de las encuestas de estilos de aprendizaje

El formato de estilo de aprendizaje de acuerdo a Metts Ralph consta de 24 preguntas, utilizando los estilos visual, auditivo y kinestésico para poder identificar en los estudiantes cuál es su preferencia de aprendizaje. Las preguntas dirigidas en la encuesta para determinar el estilo de aprendizaje son los siguientes:

Estilos de aprendizaje	No. de Preguntas						
VISUAL	1	3	6	9	10	11	14
AUDITIVO	2	5	12	15	17	21	23
KINESTESICO	4	7	8	13	19	22	24

Tabla 1. Representa el número de preguntas dirigida a cada estilo de aprendizaje de acuerdo a la propuesta de Metts Ralph

De los 40 estudiantes con promedio general de 80 a 100 de calificación, los resultados obtenidos es que presentaron el dominio de los tres estilos de aprendizaje (Visual, auditivo y kinestésico), con un porcentaje del 87.5% esto es que presentan un equilibrio en el manejo de los estilos. Ver gráfica 1



Gráfica 1. Se puede apreciar que son 35, considerando el 87.5% muestran un equilibrio en el manejo de los estilos de aprendizaje, el 10% dominan dos estilos y el 2.5% presenta un solo estilo

Los estudiantes que presentaron una inclinación a solo dos estilos de aprendizaje normalmente fueron enfocados al kinestésico – Visual o al Kinestésico – Auditivo, solo fueron 4 y uno que presentaba bajos valores en los tres estilos.

Para identificar el dominio de los estilos de aprendizaje de los estudiantes con promedio 80 a 89.9 y de 90 a 100, se tienen los siguientes resultados, de los 40 estudiantes de muestra, 14 estudiantes presentaron un promedio mayor a 90, donde 11 estudiantes presentan equilibrio de los tres estilos, y 2 estudiantes se tiene el manejo de dos estilos y un alumno presentan la inclinación de un solo estilo. Ver la tabla 2

Estudiantes con promedio de 90 a 100	Dominio de estilos de aprendizaje		
	3	2	1
14 estudiantes	11	2	1
35%	78.6%	14.3%	7.1%

Tabla 2. En su mayoría los estudiantes con promedio general de 90 a 100 también presentan en su mayoría un equilibrio de los tres estilos de aprendizaje.

Los estudiantes que reflejan un promedio de 80 a 89.9, fueron 26 estudiantes de los 40, y de igual manera en su mayoría presentan un equilibrio en los estilos de aprendizaje y solo 3 presentaron el dominio de 2 estilo. Ver la tabla 3

Estudiantes con promedio de 80 a 89.9	Dominio de estilos de aprendizaje		
	3	2	1
26 estudiantes	23	3	0
65%	88.5%	11.5%	0%

Tabla 3. El 65% de los estudiantes presentan un promedio general del 80 al 89.9 (26 estudiantes) de los cuales en su mayoría presentan un equilibrio en el manejo de los tres estilos de aprendizaje.

Por lo general se conoce que los estudiantes con estilos de aprendizaje presentan las siguientes características:

Los estudiantes con estilo de aprendizaje **visual**, entienden el mundo como lo ven; al recordar algo lo hacen en forma de imágenes, al imaginar el futuro, lo visualizan. Se caracterizan por su organización; les gusta controlar las cosas para asegurarse que estén en su lugar correcto. Sus movimientos corporales son rápidos. Al caminar voltean hacia

varios puntos del trayecto, dando la impresión de que están buscando algo. Poseen voces de tonos altos. Utilizan frases como: “ya veo”, “me imagino” etc. Visten muy bien, de manera limpia y arreglada.

Los estudiantes **auditivos**: hablan de cómo se oyen las cosas. Aprenden de una manera mucho más fácil cuando deben **escuchar una lección**, y luego repetirla con sus propias palabras. En su mayoría les gusta leer y son buenos en la redacción. Por lo general mantienen un tono controlado y suave, dominan muy bien el lenguaje y pueden ser muy persuasivos. Tienden a ser aventureros en su pensamiento. Hablan un poco más lento que los visuales y respiran con tranquilidad desde la parte baja del pecho. Casi siempre deja una impresión de buen gusto en su manera de vestirse y desenvolverse. Puede inclinar la cabeza a un lado mientras escucha atentamente. Esto lo hace para “prestar oído” y desenfocar los ojos a fin de concentrarse más en los sonidos que el interlocutor produce al hablar. A los auditivos les irritan mucho los ruidos y sonidos y voces desagradables. Son sedentarios, cerebrales y de mucha vida interior. Generalmente prefieren hablar de algo que les interesa en lugar de mostrarlo. Son grandes conversadores y tienen la capacidad de organizar sus ideas en medio de un debate lógico.

Los estudiantes Kinestésicos demuestran su sensibilidad y expresan espontáneamente sus sentimientos. Es muy importante para estas personas la comodidad física. Miran generalmente hacia abajo para calibrar sus sentimientos. Son personas en quienes predomina el tacto, el olfato y el gusto. Se trata de individuos que registran sus experiencias con el mundo exterior a través de alguno o varios de estos tres sentidos y, por supuesto, se expresan con predicados verbales acorde a ello.

Son individuos con un nivel de energía más calmo y tranquilo que los visuales, por lo cual suelen ser también más serenos y sedentarios. Tienen, en general, un aspecto arreglado y más bien conservador; no les gusta llamar la atención y cuidan mucho lo que dicen. También recuerdan muy bien lo que escuchan. Siempre hacen gala de un excelente manejo del lenguaje, tanto oral como escrito.

Se les dan especialmente bien todas aquellas profesiones y oficios en los que el manejo del lenguaje sea un componente primordial. Tienen facilidad de palabra y tienen la habilidad de estar en contacto con lo práctico para entender mejor las cosas.

En general suelen ser personas con un alto nivel de energía (eventualmente, hiperkinéticos), que hablan en una velocidad más bien rápida, que siempre están haciendo algo.

Aplicación y resultados de las encuestas de Habilidades de estudio

La encuesta está formada por tres breves cuestionarios, cada uno de ellos con 20 preguntas, en donde solo los estudiantes pueden responder si o no. Los que contesten no serían los que presentan una forma adecuada de actuar sobre el modo de actuar y actitudes personales respecto al estudio.

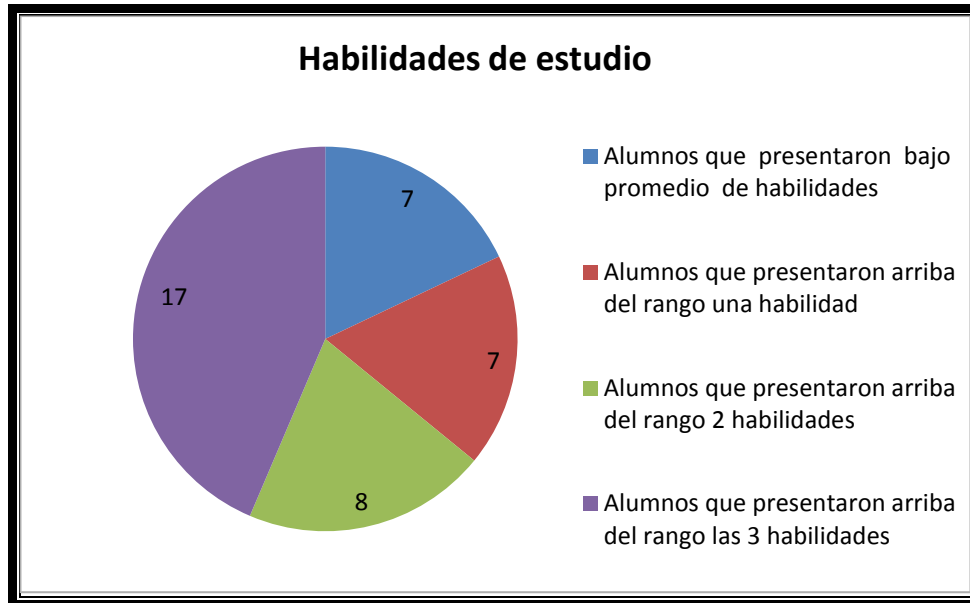
Para identificar la interpretación de los resultados de las encuestas de habilidades de estudio, existe una tabla al final de la encuesta donde se consideran las siguientes calificaciones.

Habilidades de estudio			Calificación total	Interpretación
Organización	Técnica	Motivación		
20	20	20	57-60	Muy alto
19	18-19	19	52-56	Alto
18	17	18	50-51	Por encima del promedio
16-17	16	17	48-49	Promedio alto
14	14-15	16	43-47	Promedio
12-13	13	15	39-42	Promedio bajo
11	12	13-14	37-38	Por debajo del promedio
10	11	12	34-36	Bajo
0-9	0-10	0-11	0-33	Muy bajo

Tabla 4. Donde se reflejan calificaciones de acuerdo al estilo de aprendizaje.

La interpretación a considerar para identificar a los estudiantes que cuentan con las habilidades de estudio, fue el de **promedio** hasta el de **muy alto promedio**, los estudiantes que presentan una calificación general de 38 para abajo son los estudiantes que requerirán de atención para el manejo de las habilidades.

En cuanto a los resultados obtenidos de los 40 estudiantes, el 42.5% presentan el manejo de las tres habilidades de estudio, el 20% domina dos habilidades, el 17.5% domina una habilidad, y el 17.5% le falta reforzar las habilidades de estudio en cuanto a la organización, técnica y motivación.



Gráfica 2. Reflejo de los estilos de aprendizaje predominantes en los estudiantes de alto rendimiento

Los estudiantes con promedio de 90 a 100, fueron 14 estudiantes de 40, de los cuales el 43% presentaron el dominio de los tres habilidades de estudio, el 14% el dominio de dos habilidades, el 36% el manejo de una habilidad y el 7% no cuenta con el dominio de las habilidades.

No. de Habilidades de estudio	3	2	1	0
No. de estudiantes	6	2	5	1

Tabla No. 5 Estudiantes con alto promedio con el manejo de habilidades de estudio con promedio general de 90 a 100 de calificación.

En los estudiantes con promedio de 80 a 89.9, el 42% presentaba el dominio de las tres habilidades, el 23% el dominio de 2 habilidades, el 8% el dominio de una habilidad y el 27% le falta reforzar las habilidades.

No. de Habilidades de estudio	3	2	1	0
No. de estudiantes	11	6	2	7

Tabla No. 6 Estudiantes con alto promedio con el manejo de habilidades de estudio con promedio general de 80 a 89.9 de calificación

Los estudiantes presentaron un porcentaje del 47.5% son persona cumplidas, participativas que suelen dejar para lo último día para preparar sus trabajos,

Trabajo a futuro

El nombre del tema para la nueva investigación es: “Estrategias de aprendizaje para alcanzar los estilos y las habilidades elevando el nivel de competencia en la carrera de ingeniería Mecatrónica”

La investigación estará enfocada para los estudiantes que presenten una calificación baja en algún estilo de aprendizaje y/o de habilidades de estudio, se proponen estrategias para reforzar sus habilidades.

Las estrategias consistirán en la aplicación lecturas donde realizaran el subrayado, posteriormente elaboraran mapas conceptuales y resúmenes, esto permitirá a ordenar sus ideas y lo inducirá a la escritura. También realizaran una crítica, de los temas esto permitirá que se logre mejor conocimientos. Escucharan música y describirán lo que entendieron. Que analicen películas y que realicen un escrito. Que realicen prácticas y resuelvan problemas como parte de la práctica.

Conclusiones

El alumno que estudia la carrera de Ingeniería Mecatrónica debe tener la habilidad de manejar las áreas de electrónica, eléctrica, mecánica, programación, industrial, control, matemáticas, etc., haciendo más complejo lograr un que un alumno alcance un promedio general de 100 de calificación, por tal motivo se consideraron a los estudiantes de alto rendimiento académico los que alcancen un promedio general a partir de 80 de calificación.

Los estudiantes que se seleccionaron para realizar la investigación son estudiantes que se conocían de las habilidades que presentaban en el aula, tanto en su participación, el de realizar las tareas, el de pasar a resolver problemas en el pizarrón, los que terminaban primero en resolver problemas, los que trabajaban en equipo, los que realizan prácticas y tenían creatividad en el diseño de proyectos. Por lo que llamó la atención realizar una investigación para conocer que habilidades presentaban tanto en estilos de aprendizaje, como de habilidades de estudio los tipos de estudiantes mencionados.

De acuerdo a la retícula del 2005 se observa que solo existe un promedio general a partir del 92 de calificación para bajo y en la retícula del 2010 existe un alumno con promedio de 97.84, y de ahí del 94. 65 para abajo de calificación.

En cuanto a la investigación se pudo apreciar que los estudiantes en su mayoría presentan un equilibrio en el estilo de aprendizaje (visual auditivo y kinestésico), lo que representa que son estudiantes que relacionan las figuras, las analizan, leen para poder participar en clase, son buenos en la redacción y en la forma de expresión oral, les gusta estar en contacto con la práctica, esto es, saben relacionar la teoría y la práctica, por lo que es funcional para alcanzar un promedio de 80 a 100 de calificación en una carrera de ingeniería.

En cuanto a los estudiantes que les hace falta alcanzar un equilibrio en los estilos de aprendizaje es del 12.5%, por lo que se atenderán con estrategias tales como, realizar lecturas y elaborar mapas conceptuales, escuchar música y que describan lo que entendieron, que vean películas y realicen un resumen, que realicen prácticas y resuelvan problemas como parte de la práctica. Pero esta actividad será de acuerdo al estilo que le haga falta reforzar.

En cuanto a los resultados de habilidades de estudio el 42.5% de los estudiantes investigados presentaron un equilibrio en cuanto a la organización, técnica y/o motivación por el estudio, en su mayoría se detectó que estudian con días antes del examen, leen mucho, participan en clase, resuelvan problemas en menos tiempo, relacionan los conceptos, entregan tareas, leen en forma ordenada, son personas que sus apuntes están ordenados, repasan temas que tienen dudas, son investigadoras, dedicadas y tienen metas y están motivados.

Sin embargo los estudiantes que no presentan algún manejo de las habilidades de estudio es necesario trabajar con ellas para aplicar estrategias de mejora, de tal manera que practiquen con lecturas de interés de su área y se les dé la técnica de cómo lo tienen que realizar en forma organizada las lecturas no sin antes que conozcan la técnica de como hacer una lectura, realizar el subrayado elaborar un resumen, técnica para desarrolla la memoria, realizar trabajos en forma escrita todo lo que se haga es porque estén convencidos de su carrera. También se canalizaran vía internet con un especialista de la institución que les aplique estrategias para lograr elevar la motivación por el estudio.

El reto de la investigación es elevar la motivación en el alumno para que pueda alcanzar sus metas de su carrera de ingeniería Mecatrónica, elevando las habilidades de estudio y estilos de aprendizaje, para que alcancen las competencias y su desempeño académico sea más competitivo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo a los estudiantes encuestados en esta investigación.

Referencias

1. Cómo descubrir si una persona es visual, auditiva o cinética. (Dominfo 21 de Febrero de 2010). Recuperado el Viernes de Agosto de 2013, de <http://juliochaic.blogspot.uk/2010/02/como-descubirr-si-una-persona-es-visual.html>
2. Aprender Aprender. (Viernes de Agosto de 2013). Obtenido de <http://galeon.com/aprenderaprender/general/>
3. PNL Visual, Auditivo y Kinestésico. (Viernes de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/13652232/PNL-Visual-Auditivo-y-Kinestesico.html>
4. A., S. (2005). Mejora tus conocimientos y tus relaciones. GRAO, de IRIF, S.L.
5. Barry, T. B. (1996). El libro de los mapas conceptuales. Recuperado el viernes de Agosto de 2013, de <http://www.mind-map.com>
6. DGEST, A. (2013). Manual del tutor del SNIT. México: DGEST.
7. Técnicas de Estudio. (s.f.). Agosto de 2013, de Psicología de la educación para padres y profesionales: www.psicopedagogia.com/tecnica-de-estudio/

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO) para publicar el escrito en el libro electrónico del coloquio de investigación multidisciplinaria, en su edición 2013. El ITO o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.