EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ISSN 3122-4806

REVISTA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
SEMESTRE ENERO - JULIO 2026

Volumen 3 - No. 1 - 2026

CINTILLO LEGAL

REVISTA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA, volumen 3 - número 1 - 2026, enero - julio 2026, es una publicación semestral editada por el Tecnológico Nacional de México, Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, teléfono 5536002511 Ext. 65092, correo

d_vinculacion05@tecnm.mx, a través del Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 no. 852 Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320. Orizaba, Veracruz, México. Contacto: 272 110 5360, riim.responsable.general@ito-depi.edu.mx, http://orizaba.tecnm.mx/revistaojs. Editor Responsable: Eduardo Mael Sánchez Coronado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2023-091910590800-102, otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN 3122-4806 ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, División de Estudios de Posgrado, Ofelia Landeta Escamilla, Avenida Oriente 9 no. 852 Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320. Orizaba, Veracruz, México. Fecha de la última modificación: 10 de agosto de 2024.

Queda prohibida la reproducción total o parcial en cualquier medio, del contenido de la presente revista electrónica, sin contar con la autorización del Instituto Tecnológico de Orizaba.

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Oscar Báez Sentiés **Responsable General**	**riim.responsable.general@ito-depi.edu.mx**
Dr. Fernando Ortiz Flores **Responsable Técnico**	**riim_soporte@orizaba.tecnm.mx**
Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado **Editor en jefe**	**riim.editor@ito-depi.edu.mx**
Dra. Araceli Ortiz Celiseo **Responsable de Ing. Química**	**riim.quimica@ito-depi.edu.mx**
Dr. Víctor Ricardo Castillo Intriago **Responsable de Ing. Administrativa**	**riim.administrativa@ito-depi.edu.mx**
Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez **Responsable de Ing. Industrial**	**riim.industrial@ito-depi.edu.mx**
Dr. José Luis Sánchez Cervantes **Responsable de Sistemas Computacionales**	**riim.sistemas@ito-depi.edu.mx**
Dra. María G. Balderrábano Saucedo **Responsable de Investigación Educativa**	**riim.educativa@ito-depi.edu.mx**
Dr. Ignacio Herrera Aguilar **Responsable de Ing. Mecánica y Mecatrónica**	**riim.mecatronica@ito-depi.edu.mx**
Dr. Gerardo Águila Rodríguez **Responsable de Ing. Eléctrica y Electrónica**	**riim.electronica@ito-depi.edu.mx**
Dr. Miguel Josué Heredia Roldán **Responsable de Logística**	**riim.logistica@ito-depi.edu.mx**
Dr. Mauricio Romero Montoya **Responsable de Logística Técnica**	**riim.logistica.tecnica@ito-depi.edu.mx**
MC. Enrique Alejandro Cuellar Cortes **Webmaster**	**riim.webmaster@ito-depi.edu.mx**
Dr. Guillermo Alfredo Arrioja Carrera **Diseño editorial**	**riim.diseno@ito-depi.edu.mx**

1 **Hongos Extremófilos aislados de nixtamal con Potencial biotecnológico** 5-13
Saavedra-Cruz Nubia; Cruz-Leal Miriam S.; Rivas Moreno Frida K.; Vidal-García Gabriela; Aguilar-García Eric.

2 **Aprendizaje basado en problemas mediante el uso de CHATGPT en la asignatura de informática y programación** 14-23
Saavedra-Cruz Nubia; Cruz-Leal Miriam S.; Rivas Moreno Frida K.; Vidal-García Gabriela; Aguilar-García Eric.

3 **Evaluación de los objetivos educacionales del Programa de estudio de ITICS's** 24-34
García-Belmont Reyna; Calderón-García Erika Concepción; Puente-Pérez María Del Consuelo; Ríos- Caballero Eliezer; Rodríguez-López Marcela.

4 **Impacto del aprendizaje basado en proyectos en materias de física para estudiantes de Ingeniería** 35-44
Palomino-Rojas Luis A.; Galindo-López Víctor; García-Cruz José A.; Zenteno-Mateo Benito, Saavedra-Cruz Nubia.

5 **Evaluación de riesgos ergonómicos de una estación de trabajo mediante el método RULA** 45-53
Rodríguez-Bustos Norma; Ríos-Barreto Adrian.

6 **Marketing digital y posicionamiento de marca en una empresa de servicios en Coatzacoalcos, Veracruz** 54-62
Antonio-Pacheco Belizario; Ordaz-Hernández Mónica Berenice, Sainz-Barajas Ma. Teresa De La Luz; Chiñas-Valencia Juan José; Bautista-Antonio Yeni Feranda.

7 **Aplicación de hoja de ruta bajo economía circular en la industria metalmecánica: Caso México** 63-79
Flores Galindo Diana; Gil Herrera Richard de Jesús.

8 **Chatbots como herramienta didáctica en la enseñanza de la programación para estudiantes de nivel licenciatura** 80-89
Montes-Almanza Ma. Elena; Montes-Almanza María Luisa; Frias-Maldonado Ma. Del Consuelo; Guzmán-Rivera Miguel Ángel; Ramírez Pedro Celestino.

9 **Implementación de Criptografía asimétrica de firma electrónica mediante sistema web** 90-100
Viramontes Rodríguez Luis Alfonso; García Castañón Alfredo; Torres Hernández Luis Eduardo; Márquez Martínez Luis Enrique;
Reyes Rodríguez José Antonio.

10 **Análisis de la enseñanza en el sistema de referencia Cartesiano** 101-113
Wilmar Epifanio Gómez Moyano, José Andrés castillo Hernández

HONGOS EXTREMÓFILOS AISLADOS DE NIXTAMAL CON POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

*Alejandra García-Pérez[1], Yadeneyro de la Cruz Elizondo[1], Benito Hernández-Castellanos[1], Oscar Carmona-Hernández[1] y José Armando Lozada-García[1]**
[1] Facultad de Biología Xalapa, Universidad Veracruzana, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Col. Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México C. P, 91097; ydelacruz@uv.mx, benihernandez@uv.mx, ocarmona@uv.mx, aloza-da@uv.mx

Área de participación: **Ingeniería Química**

Resumen

Las enzimas producidas por organismos extremófilos son un tema relevante para los biotecnólogos; por que poseen actividad hidrolítica y son útiles para la ingeniería industrial, agrícola y alimentaria. Muchos de estos organismos se encuentran en ambientes extremos, como es el caso del nixtamal que por su naturaleza se considera un ambiente alcalino extremo. En este sentido se aislaron hongos extremófilos de nixtamal y nejayote. Se evaluó la actividad enzimática y antagónica ante hongos mesófilos. Se colectaron muestras de nixtamal en comunidades rurales de Perote, Veracruz. Se aislaron diferentes morfotipos en medio Agar Papa Destroxa a partir de granos de maíz y nejayote. Se determinó la actividad proteolítica, amilolítica, celulolítica, lipídica y la capacidad antagónica contra *Trichoderma harzianum, Fusarium oxysporum, F. solani, Aspergillus niger* y *Colletotrichum gloeosporioides*. De las ocho cepas aisladas, FBX008 presentó mayor actividad antagónica contra las especies confrontadas y FBX004 fue activa contra *T. harzianum* y *F. oxysporum*.

Palabras clave: *actividad enzimática, hongos extremófilos, antagonismo.*

Abstract

Enzymes produced by extremophilic organisms are a relevant topic for biotechnologists because they possess hydrolytic activity and are useful for industrial, agricultural, and food engineering. Many of these organisms thrive in extreme environments, such as nixtamal, which by its nature is an extreme alkaline environment. In this regard, extremophilic fungi were isolated from nixtamal and nejayote. Their enzymatic and antagonistic activity against mesophilic fungi was evaluated. Samples of nixtamal were collected from rural communities in Perote, Veracruz. Different morphotypes were isolated on Destroxa Potato Dextrose Agar from corn grains and nejayote. Proteolytic, amylolytic, cellulolytic, lipolytic activities, and antagonistic capacity against *Trichoderma harzianum, Fusarium oxysporum, F. solani, Aspergillus niger* and *Colletotrichum gloeosporioides* were determined. Among the eight isolated strains, FBX008 exhibited the highest antagonistic activity against the tested species, and FBX004 was active against *T. harzianum* and *F. oxysporum*.

Key words: *enzymatic activity, extremophilic fungi.*

Introducción

Recientemente, la industria se ha valido del uso de microorganismos y sus biocatalizadores para aumentar la eficiencia en sus procesos. La mayoría de estos son mesófilos, es decir, que crecen en

condiciones con pH neutros o ligeramente ácidos y temperaturas igualmente moderadas (25 - 45°C). Sin embargo, el uso de enzimas producidas por estos microorganismos está restringido debido a su limitada estabilidad y poca tolerancia a condiciones extremas de temperatura, pH, presión y salinidad [1], provocando que su proliferación y desarrollo sea fácilmente corrompida por el crecimiento de otros organismos indeseados dando pie a disrupciones por contaminación.

Las enzimas que éstos producen no suelen ser las más adecuadas para las condiciones en procesos industriales, ya que no tienen la estabilidad necesaria requerida y son fácilmente desnaturalizadas. Lo cual se traduce como bajas en la cantidad y calidad de productos controlados de tipo alimenticio, farmacéutico o producción de energía [2-3].

En este sentido, se vuelve destacable el uso de biocatalizadores aislados de organismos de ambientes considerados extremófilos, ya que las enzimas que éstos producen tienen ventajas sobre las extraídas de organismos mesófilos por su mayor capacidad de soportar condiciones presentes en los procesos industriales [4], además de soportar condiciones no moderadas, el tener una mayor resistencia frente a diversos agentes químicos, una vida media más prolongada, la viscosidad de los medios de reacción es menor cuanto más se eleva la temperatura, aumenta la solubilidad de sustratos y productos, la posibilidad de reducir la necesidad de refrigeración y una menor contaminación por estar a temperaturas muy altas. Lo anterior se debe al desarrollo de fuerzas adaptativas que les confieren la capacidad de sobrevivir en ambientes “inhóspitos”, es así como proliferan a altas temperaturas, con ingentes cantidades de sal y/o bajo exposición de pH extremos [3-6], siendo notoria la diferencia con los mesófilos, los cuales no soportan vivir en dichas condiciones.

Al decir que un organismo es extremófilo, nos referimos a que es capaz de vivir en una sola condición extrema o también a una combinación de diferentes condiciones [7]. Lo anterior les adjudica una bioquímica peculiar con gran potencial de búsqueda de nuevas fuentes biotecnológicas con fines industriales [3-6]. Las extremoenzimas producidas por estos organismos que recientemente se han robado el foco de atención de los biotecnólogos son las de carácter hidrolítico, tales como celulasas, proteasas, lipasas y amilasas, puesto que han demostrado ser enzimas útiles para la fabricación de diversos productos útiles para industria. Éstos tienen ventajas sobre organismos mesófilos en procesos industriales y biotecnológicos ya que producen enzimas con mayor estabilidad en condiciones extremas, por lo que están siendo cada vez más estudiadas como biocatalizadores.

Particularmente, los hongos de tipo filamentosos llegan a ser competitivos en la ingeniería agrícola e industrial por su gran potencial de secreción de enzimas hidrolíticas, así como por su tolerancia a baja actividad del agua y su resistencia a condiciones de alta presión osmótica, sin mencionar su bajo costo de producción [8].

Una vez que definimos el carácter de organismos que pueden crecer en ambientes extremos, podemos hablar del nixtamal, el cual es una preparación tradicionalmente usada en América para el consumo de maíz, tanto, que en comunidades rurales se sigue preparando, siguiendo fielmente los métodos tradicionales. La nixtamalización consiste en someter el grano de maíz a altas temperaturas para su cocción, con la adición de cal que propicia un medio alcalino al preparado [6-9]. Así, los hongos que en este medio pudieran encontrarse posterior a su preparación, pudieran tener características de ser de tipo extremófilo. Algunos de ellos pueden ser especies de hongos filamentosos capaces de inhibir el crecimiento de hongos mesófilos [10-14]. Por dichas razones, en el presente trabajo se valió del nixtamal como una fuente poco explorada para la búsqueda de hongos productores de enzimas de interés biotecnológico, con actividad proteolítica, amilolítica, celulolítica, lipídica y actividad antagonica contra *Trichoderma harzianum, Fusarium oxysporum, F. solani, Aspergillus niger* y *Colletotrichum gloeosporioides*.

Metodología

Aislamiento y purificación de cepas fúngicas

Se visitaron las comunidades rurales del “El Conejo” y “Los Pescados” del municipio de Perote, Veracruz, donde actualmente se sigue realizando el proceso de nixtamalización de manera tradicional y cotidiana para el consumo familiar, con el fin de obtener la información necesaria para conocer cómo se elabora el nixtamal; ambiente que estaría fungiendo como nuestra fuente primaria de hongos filamentosos extremófilos.

Para el aislamiento de hongos extremófilos se colectaron muestras en condiciones asépticas de nixtamal y nejayote, las cuales fueron trasladadas al laboratorio de Biotecnología y Productos Naturales de la Facultad de Biología, Región Xalapa, Veracruz, donde se incubaron a 27 ° C hasta que hubo presencia de micelio, el cual fue sembrado en medio Papa Dextrosa Agar (PDA) (BD Bioxon©) con antibiótico (Ampicilina), todo lo anterior se hizo por triplicado.

Pruebas hidrolíticas de hongos extremófilos aislados

La actividad proteolítica, amilolítica, celulolítica y lipídica se realizaron conforme se muestran en la Tabla 1, con algunas modificaciones [15]. Estas pruebas se hicieron en medio triptona de agar (10 g triptona (BD Bioxon©), 5 g NaCl (Mayer©), 12 g agar (BD Bioxon©) + 10 g de celulosa/almidón/leche baja en grasas/azúcares/ aceite minetal). Se colocó un inóculo del micelio sobre el centro de las placas de agar con tres repeticiones por cada prueba. Consecutivamente se incubaron a 27 °C durante 24 horas, para verificar la actividad enzimática, la presencia de halo se consideró positiva (+) y la ausencia de este se consideró negativa (-), cada ensayo se realizó por triplicado.

Tabla 1. Pruebas utilizadas para evaluar la actividad enzimática.

Actividad enzimática estudiada	Sustrato	Revelador/Indicador
Amilolítica	Almidón (Meyer©)	Lugol
Proteolítica	Leche baja en grasas y azúcares (Alpura ©)	Halo
Lipolítica	Aceite mineral (Sigma Aldrich©)	Halo
Celulolítica	Celulosa	Rojo Congo

Antagonismos de cepas extremófilas contra hongos mesófilos

Se realizaron confrontaciones *in vitro* contra cinco cepas de hongos que crecen en condiciones mesófilas: *Trichoderma harzianum, Fusarium oxysporum, Fusarium solani, Aspergillus niger* y *Colletotrichum gloeosporioides*, para evaluar su capacidad antagónica, siguiendo la metodología de Cubilla-Ríos y colaboradores [16]; cada prueba se realizó por triplicado.

Las pruebas se realizaron en placas de PDA, se tomaron discos de 0.5 cm de diámetro del micelio correspondiente a cada cepa fúngica, a una distancia de 7.5 cm enfrentando cada cepa correspondiente. Se incubaron a 27 °C durante 72 horas para evaluar sus porcentajes de inhibición cada prueba se realizó por triplicado. Para determinar dicho porcentaje se utilizó la Ecuación 1:

$$\%I=((ABCc-ABCe))/ABCc \times 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de Inhibición. Donde, %I es el porcentaje de inhibición. ABCe es el área del crecimiento del micelio enfrentado al antagonista. ABCc es el área del crecimiento del control no enfrentado con el antagonista.

Análisis de datos

Para el análisis de los resultados se realizó una prueba de Kruskall Wallis de comparaciones múltiples, seguida de una prueba post hoc de Dunn en el software SPSS 26. Se consideró actividad antagónica positiva cuando el porcentaje de inhibición fue igual o mayor al 60%.

Resultados y discusión

Cepas fúngicas extremófilas aisladas

Se aislaron ocho morfotipos procedentes del nixtamal y de nejayote, que permanecen bajo resguardo en el Laboratorio de Biotecnología y Productos Naturales de la Facultad de Biología, Xalapa de la Universidad Veracruzana y se denominaron con las siglas FBX001, FBX003, FBX004, FBX005, FBX006, FBX007, FBX008 y FBX011.

Pruebas de actividad enzimática

La actividad enzimática amilolítica fue la predominante en todas las cepas, seguida de la proteolítica y celulolítica (Tabla 2). Las cepas FBX001 y FBX005 fueron las que presentaron la menos tres de las cuatro actividades enzimáticas analizadas. De la cepa FBX-008 no se obtuvieron resultados ya que no proliferó en el medio utilizado para la evaluación enzimática.

Tabla 2. Actividad enzimática para hongos extremófilos aislados del nixtamal.

Cepa	Amilolítica	Proteolítica	Lipolítica	Celulolítica
FBX001	+	+	-	+
FBX003	+	-	-	+
FBX004	+	-	-	+
FBX005	+	+	-	+
FBX006	+	+	-	-
FBX007	+	+	-	-
FBX011	+	+	-	-

Actividad enzimática presente (+), actividad enzimática ausente (-)

La actividad lipolítica estuvo ausente en todas las cepas estudiadas. La razón de esto puede deberse a que el medio original de estas cepas es el nixtamal y/o nejayote, donde el almidón presente en el maíz es su principal fuente de energía. Lo cual puede ser parte de diferentes estrategias adaptativas, para aprovechar la mayor cantidad de carbono como fuente de energía, seguido de otras biomoléculas presentes en el maíz como las proteínas y la celulosa, en contraste con los lípidos, que son menos abundantes en el nixtamal [17]. Así mismo, puede ser que el aceite mineral sea de mayor dificultad para degradar comparado con el aceite vegetal.

Es así como la producción de enzimas hidrolíticas en hongos es influida por factores clave como la disponibilidad nutricional y las condiciones ambientales entorno a su medio. De manera particular esto ha sido caracterizado en hongos filamentosos que a diferencia de los aquí presentados cuyo crecimiento se da en un medio rico predominantemente de almidón, viven en entornos ricos en material vegetal. Es el caso de los hongos endófitos de las palmeras *Euterpe precatoria*, cuya constitución principal de sus hojas es la celulosa y el almidón [18]. Por lo que la producción enzimática de los hongos es compleja y está configurada por diversos factores como el pH, temperatura y condiciones ambientales específicas, así como por el carácter de las biomoléculas energéticas del medio en el que proliferan.

En la industria, los hongos son ampliamente usados por sus enzimas como potenciadores de productividad, tal es el caso de *Aspergillus oryzae* y *A. niger* aislados de cultivos ricos en almidón como lo son los de trigo, arroz, papa, y maíz. Dichas enzimas se han usado ampliamente en la industria para la producción enzimática de amilasas útiles en reacciones de sacarificación. Particularmente en la obtención de glucosa a partir del almidón en la industria alimentaria, método que actualmente provee el 90% de la producción del jarabe de fructosa [19]. No obstante, a pesar de que las amilasas de estas cepas son capaces de soportar relativamente altas temperaturas de hasta 60 °C, se ha manifestado la necesidad de amilasas con mayor termoestabilidad para mejorar la capacidad productiva disminuyendo los tiempos de reemplazo de las enzimas por su rápida desnaturalización.

Es en dicha área donde las cepas aisladas de nixtamal podrían resultar útiles en la obtención de un mejor rendimiento en los procesos de sacarificación, usando específicamente sus enzimas de tipo amilolíticas.

También se ha señalado la importancia de las enzimas amilasas producidas por los hongos mesófilos *C. gloeosporioides* cultivados en medio de arroz semi sólido en fermentación. Para lo cual las cepas aisladas del nixtamal en este trabajo serían una mejor opción puesto que son termoestables, soportando temperaturas de hasta 100 °C por las características de su medio de origen, el nixtamal. En contraste con las amilasas producidas de *C. gloeosporioides*, cuyas condiciones óptimas de producción son de 30 °C. Dichas situaciones son un motor de búsqueda de enzimas con potencial industrial, cuya termoestabilidad es el principal factor de importancia. Además, en el contexto mexicano, resultaría más accesible el aislamiento de los hongos del nixtamal, producto étnico, en comparación con el medio de fermentación de arroz para *C. gloeosporioides* [20].

Pruebas de antagonismo in vitro

Se observó que la cepa FBX008 logró antagonizar con una tasa mayor al 60% a cuatro de los cinco hongos mesófilos (Figura 1). *C. geosporoides* y *A. niger* fueron las cepas más sensibles ante todos los

morfotipos aislados. FBX001 y FBX007 fueron los morfotipos que presentaron mayor antagonismo contra *C. geosporoides*, en más del 50%.

La cepa FBX008 presentó mayor actividad contra *A. niger*, con un porcentaje de inhibición superior al 60%. *F. solani* fue la cepa menos sensible a todos los morfotipos aislados, excepto a FBX008, que la inhibió con un porcentaje mayor al 50. FBX004 y FBX008 redujeron entre el 65% y 80% el crecimiento de *F. oxysporum* y *T. harzianum* respectivamente; mientras que el resto de las cepas presentaron un porcentaje de inhibición inferior al 30%, pata todos los casos se encontraron diferencias significativas.

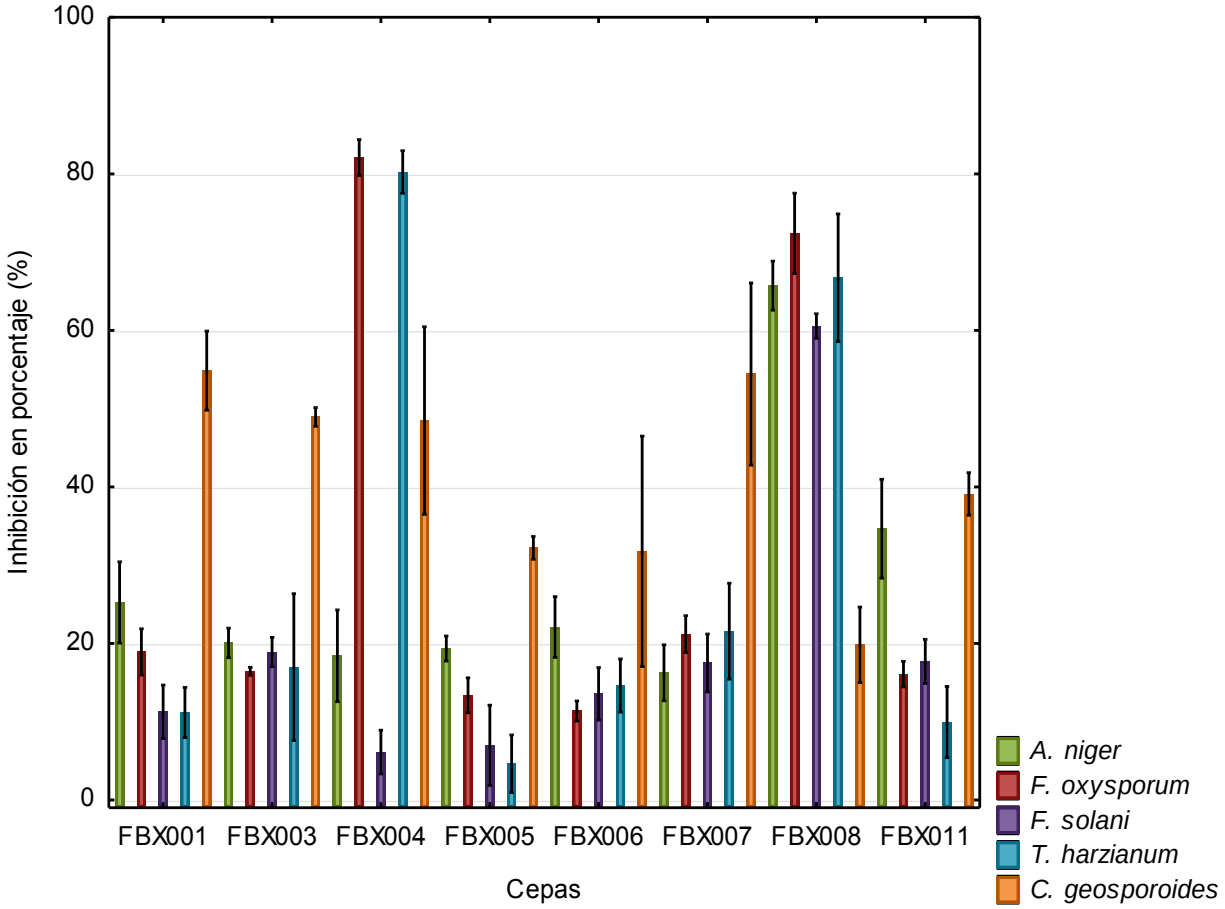


Figura 1. Antagonismo de los morfotipos extremófilos aislados contra hongos mesófilos (KW=P<0.05)

En la mayoría de los reportes se registra que algunos géneros de hongos son antagonistas a otros hongos, como ejemplo está el género *Trichoderma*, que es usado como agente antagonista para *Fusarium* spp [21]. Dicho ejemplo se llevó a cabo con dos especies de hongos mesófilos, mientras que en este estudio se evaluó el efecto antagonista de dos hongos extremófilo contra *F. oxysporum*, resultando las cepas FBX004 y FBX008 la de mayor actividad antagónica, lo cual sugiere que producen enzimas y metabolitos con interés biotecnológico y con un posible uso industrial. Caso parecido ocurrío con las cepas FBX007, FBX008 y FBX011 que fueron antagonistas contra *C. gloeosporioides*.

Esta inhibición de crecimiento a ciertos hongos mesófilos, aunado a la producción de ciertas enzimas hidrolíticas es particularmente destacable considerando que los hongos filamentosos comerciales más importantes por su amplia producción de celulasas son del género *Trichoderma*, particularmente de la especie *Trichoderma reesei* ha sido considerada por largo tiempo como una opción para degradar celulosa. No obstante, a pesar de este rendimiento, su condición de hongos mesófilos con crecimiento óptimo de 25-20 °C lo limita a realizar los procesos en condiciones de fácil contaminación, por lo que ha provocado la valoración de nuevas alternativas con el mismo rendimiento celulolítico adicionado de una mayor resistencia a condiciones de procesamiento industrial [22].

Entre ellos se han sugerido algunas especies de *Penicillium* como *P. verruculosum* y *P. funiculosum* que soportan temperaturas de hasta 50°C [23]. Es en este sentido, sugerimos como una posible alternativa, las cepas extremófilas con actividad enzimática hidrolítica de tipo celulasa en las cepas FBX001, FB003, FBX004 y FBX005 extraídas del nixtamal preparado en las comunidades rurales de Perote, Ver. Particularmente destacando FBX004, que inhibió de manera importante el crecimiento de *Trichoderma harzianum* [24].

Trabajo a futuro

Realizar la identificación molecular de las cepas, así como una caracterización química más amplia. En el mismo sentido se propone un estudio en campo para evaluar el antagonismo contra hongos patógenos de cultivos de importancia, así como la evaluación de su capacidad para degradar carbohidratos en la industria alimentaria.

Conclusiones

Se aislaron ocho cepas de las comunidades de Perote, Veracruz, provenientes del proceso de nixtamal, considerado un ambiente extremófilo por su proceso de elaboración. Las cepas FBX001 y FBX005 presentaron tres de cuatro tipos de actividades enzimáticas estudiadas (amilolítica, proteolítica y celulolítica), mientras que las demás sólo presentaron dos tipos. Ninguna presentó actividad lipolítica.

En las pruebas de antagonismo, sólo dos cepas obtuvieron un mayor crecimiento ante hongos mesófilos: La cepa extremófila FBX004 vs *F. oxysporum* y *T. harzianum*. y la cepa FBX008 vs *A. niger, F. Oxysporum, F. solani* y *T. harzianum*. Siendo FBX004 la que obtuvo los mayores porcentajes de inhibición y por ende de crecimiento, y FBX008 que inhibió a tres de cinco hongos mesófilos. Dado que las cepas fueron aisladas de un medio extremófilo, se considera que las enzimas que estos hongos producen pueden ser una fuente de interés y uso industrial.

Referencias

[1] A. G. González y R. P. y. Terrón, “Importance of extremophilic microorganisms in biogeochemical cycles”, *GSC Adv. Res. Rev.*, vol. 9, núm. 1, pp. 082–093, 2021.

[2] A. K. Wani et al., “Contribution of yeast and its biomass for the preparation of industrially essential materials: A boon to circular economy”, Bioresour. *Technol. Rep.*, vol. 23, núm. 101508, p. 101508, 2023.

[3] G.-Q. Chen y X.-R. Jiang, “Next generation industrial biotechnology based on extremophilic bacteria”, Curr. Opin. Biotechnol., vol. 50, pp. 94–100, 2018.

[4] C. Schröder, C. Burkhardt, y G. Antranikian, “What we learn from extremophiles”, *ChemTexts,* vol. 6, núm. 1, 2020.

[5] R. S. Thombre, P. A. Vaishampayan, y F. Gomez, “Applications of extremophiles in astrobiology”, en *Physiological and Biotechnological Aspects of Extremophiles*, Elsevier, 2020, pp. 89–104.

[6]R. M. Oliart-Ros, Á. Manresa-Presas, y M. G. Sánchez-Otero, “Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico”, *CienciaUAT*, vol. 11, núm. 1, pp. 79–90, 2016.

[7] M. Blackwell, “The Fungi: 1, 2, 3 … 5.1 million species?”, *Am. J. Bot.,* vol. 98, núm. 3, pp. 426–438, 2011.

[8] I. Gutiérrez-Rojas, N. Moreno-Sarmiento, y D. Montoya, “Mecanismos y regulación de la hidrólisis enzimática de celulosa en hongos filamentosos: casos clásicos y nuevos modelos”, *Rev. Iberoam.* Micol., vol. 32, núm. 1, pp. 1–12, 2015.

[9] M. Ibrar, M. W. Ullah, S. Manan, U. Farooq, M. Rafiq, y F. Hasan, “Fungi from the extremes of life: an untapped treasure for bioactive compounds”, *Appl. Microbiol. Biotechnol*., vol. 104, núm. 7, pp. 2777–2801, 2020.

[10] J. J. Coleman, “The Fusarium solani species complex: ubiquitous pathogens of agricultural importance”, *Mol. Plant Pathol*., vol. 17, núm. 2, pp. 146–158, 2016.

[11] M. I. Infanzón-Rodríguez, J. A. Ragazzo-Sánchez, S. del Moral, M. Calderón-Santoyo, y M. G. Aguilar-Uscanga, “Production and characterization of an enzyme extract with cellulase activity produced by an indigenous strain of *Fusarium verticillioides* ITV03 using sweet sorghum bagasse”, *Biotechnol. Lett*., vol. 42, núm. 11, pp. 2271–2283, 2020.

[12] S. S. Saha, S. R. Saha, y A. K. Sen, "Colletotrichum gloeosporioides: An anthracnose causing pathogen of fruits and vegetables," *Biotech. Asia*, vol. 12, no. 2, pp. 316-323, 2019.

[13] H. Allaga et al., “Members of the Trichoderma harzianum species complex with mushroom pathogenic potential”, *Agronomy (Basel)*, vol. 11, núm. 12, p. 2434, 2021.

[14] G. Leon-Revelo, M. C. Cujilema-Quitio, L. Baryolo, E. Rosero Delgado, J. Córdova, y L. B. Ramos-Sánchez, “Determinación de la temperatura óptima para la producción de celulasas con *Aspergillus niger* en fermentación sólida”, *Centro Azúcar*, vol. 45, núm. 3, pp. 1–13, ene. 2018.

[15] M. Andlar, T. Rezić, N. Marđetko, D. Kracher, R. Ludwig, y B. Šantek, “Lignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation”, *Eng. Life Sci.,* vol. 18, núm. 11, pp. 768–778, 2018.

[16] A. A. Cubilla-Ríos, D. D. Ruíz-Díaz-Mendoza, M. C. Romero-Rodríguez, M. E. Flores-Giubi, y J. E. Barúa-Chamorro, “Antibiosis de proteínas y metabolitos en especies de *Trichoderma* contra aislamientos paraguayos de *Macrophomina phaseolina*”, *Agronomía Mesoamericana*, vol. 30, núm. 1, pp. 63–77, 2019.

[17] O. Paredez-López, F. Guevara-Lara, y L. A. Bello-Pérez, “La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz”, *Ciencias*, vol. 92, pp. 60–70, 2009.

[18] B. N. Batista, R. R. Matias, R. L. e. Oliveira, y P. M. Albuquerque, “Hydrolytic enzyme production from açai palm (*Euterpe precatoria*) endophytic fungi and characterization of the amylolytic and cellulolytic extracts”, *World J. Microbiol. Biotechnol*., vol. 38, núm. 2, 2022.

[19] A. G. Patil et al., “Fungal amylases and their industrial applications”, en *Fungal Biology, Cham:* Springer International Publishing, 2021, pp. 407–434.

[20] S. B. Onofre, “Amylolytic enzymes produced by the fungus Colletotrichum gloeosporioides in rice semi-solid fermentation”, *J. Yeast Fungal Res*., vol. 2, núm. 3, 2011.

[21] R. Cabrera, S. Palafox-Félix, y I. Valenzuela Quintanar, “Estrategias para el control del hongo fitopatógeno Fusarium en el sector agrícola: del control químico al control biológico”, *Frontera Biotecnológica*, vol. 12, núm. 1, pp. 19–26, 2019.

[22] F. Zhang et al., “Regulation and production of lignocellulolytic enzymes from Trichoderma reesei for biofuels production”, en *Advances in Bioenergy*, Elsevier, 2019, pp. 79–119.

[23] K. K. Manathunga, N. W. Gunasekara, M. K. Meegahakumbura, P. B. Ratnaweera, T. K. Faraj, y D. N. Wanasinghe, “Exploring endophytic fungi as natural antagonists against fungal pathogens of food crops”, *J. Fungi (Basel)*, vol. 10, núm. 9, p. 606, 2024

[24] J. A. Ferreira Filho, M. A. C. Horta, L. L. Beloti, C. A. dos Santos, y A. P. de Souza, “Carbohydrate-active enzymes in *Trichoderma harzianum*: a bioinformatic analysis bioprospecting for key enzymes for the biofuels industry”, *BMC Genomics*, vol. 18, núm. 1, 2017.

Aprendizaje Basado en Problemas mediante el uso de ChatGPT en la asignatura de Informática y Programación

Saavedra-Cruz Nubia[1], Cruz-Leal Miriam S.[1], Rivas Moreno Frida K.[1], Vidal-García Gabriela[1], Aguilar-García Eric[2]
[1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería, C.U., Blvd. Capt. Carlos Camacho Espíritu y Av. San Claudio S/N Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México.
nubia.saavedra@correo.buap.mx, miriam.cruz@correo.buap.mx, frida.rivas@correo.buap.mx, gabriela.vidal@correo.buap.mx

[2]Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional
Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Colonia San Pedro Zacatenco, C.P. 07738, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México.
eric.aguilargarcia@gmail.com

Área de participación: ***Investigación Educativa***

Resumen

El objetivo de este trabajo fue introducir, de manera guiada, a los estudiantes al uso de ChatGPT para la generación de códigos de programación en lenguaje Python aplicado en la materia de Informática y Programación, en conjunto con la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Para esta investigación se trabajó con grupos de estudiantes de ingeniería, a quienes se les asignaron ejercicios de programación con tres niveles de complejidad: bajo, medio y alto, de acuerdo con el tipo de instrucciones a utilizar en el algoritmo. Posteriormente, se les pidió responder una encuesta de percepción para conocer sus opiniones sobre el uso de esta herramienta basada en Inteligencia Artificial (IA). De acuerdo con los resultados, los estudiantes mostraron mayor interés por el uso de esta herramienta, mejoraron la redacción de prompts y expresaron interés en seguir utilizando ChatGPT no sólo en esta asignatura, sino también en sus demás materias.

Palabras clave: *aprendizaje, programación, ChatGPT*

Abstract

The objective of this work was to introduce, in a guided way, students to the use of ChatGPT for the generation of programming codes in Python language applied in the subject of Informatics and Programming, using the Problem Based Learning (PBL) technique. For this research we worked with groups of engineering students, who were assigned programming exercises with three levels of complexity: low, medium and high, according to the type of instructions to be used in the algorithm. Subsequently, they were asked to answer a perception survey to know their opinions about the use of this Artificial Intelligence (AI) based tool. According to the results, students showed greater interest in the use of this tool, improved the writing of prompts and expressed interest in continuing to use ChatGPT not only in this subject, but also in other disciplines.

Key words: *learning, programming, ChatGPT*

Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) es la capacidad que tiene un sistema computacional para simular el comportamiento del cerebro humano, su potencial ha tenido un avance significativo en las últimas décadas, facilitando diferentes ámbitos de nuestra vida. En el ámbito de la educación, sin la IA no hubiera sido posible la educación virtual [1] ya que facilita la actividad docente y reduce tiempos en actividades que se pueden automatizar, mejora el aprendizaje personalizado, la tutoría inteligente, la calificación automatizada, la accesibilidad, la inclusión y disminuya la deserción estudiantil [1] [2].

La comunidad académica coincide en que no es conveniente ignorar o prohibir el uso de la IA, sino eficientar su uso de forma correcta y ética mediante una capacitación adecuada, en donde, mediante un diseño pedagógico centrado en las personas, se desarrolle el pensamiento crítico, se construyan relaciones de confianza entre los estudiantes y el proceso de evaluación forme parte del proceso de aprendizaje [3].

El ChatGPT por sus siglas en inglés “Chat Generative Pre-Trained Transformer” es una plataforma de IA que tiene la capacidad de producir textos que se asemejan al lenguaje humano, esta tecnología actualmente supera los 100 millones de usuarios, siendo considerada una de las aplicaciones con crecimiento más rápido de todos los tiempos [4]. Desde su aparición en noviembre de 2022, el ChatGPT ha sido una herramienta versátil, su modelo de IA le permite procesar textos, comprender preguntas, proporcionar respuestas en lenguaje natural, lo que ha impulsado su uso en una gran variedad de aplicaciones, ya que posee capacidad de adaptarse a la imaginación del usuario; su precisión es tal que es muy utilizado en tareas como la creación de códigos de programación. Sin embargo, a pesar de su uso y popularidad, el conocimiento del ChatGPT como un motor de búsqueda está limitado a eventos anteriores a 2021 [5]. Algunas de las críticas entorno al uso del ChatGPT radican en la credibilidad y el plagio, por lo tanto, algunos autores sugieren desarrollar marcos de gobernanza sólidos que permitan garantizar el uso de esta herramienta para resolver desafíos actuales de manera responsable [6].

El uso del ChatGPT en la educación puede ser una alternativa hoy en día para desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico y mejorar su redacción debido a que, es necesario escribir el prompt clara y detalladamente para obtener el resultado deseado. Aktay et al. [7] incorporaron el uso del ChatGPT para la búsqueda de información, con estudiantes de nivel primaria y posteriormente se realizó una encuesta de percepción sobre su uso. Observaron que los estudiantes mostraron un mayor interés por el uso del ChatGPT ya que encontraron que esta forma de aprendizaje resultó divertida para ellos, además de que incrementó su habilidad de redacción,

En lo que refiere a las estrategias de enseñanza-aprendizaje con potencial para implementar el uso del ChatGPT, se encuentra el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), este se caracteriza por ser una metodología que promueve el aprendizaje autónomo, trabajo colaborativo y habilidades de investigación, en este sentido la solución de problemas impacta en el desarrollo cognitivo de los estudiantes [8].

En esta investigación se pretende introducir al estudiante al uso del ChatGPT mediante el ABP, de forma responsable y crítica para construir códigos en Lenguaje Python que les permita resolver problemas para la asignatura de Informática y Programación.

Metodología

La asignatura de Informática y Programación impartida a nivel superior es de tipo teórico-práctico, es decir, a los estudiantes se les enseñan las bases teóricas que requieren para comenzar con la programación, por ejemplo, uso de conectivos lógicos, condicionales, estructuras selectivas, entre

otros; después, mediante ejercicios aplicados aprenden la utilidad de la teoría, ya que la implementan en la solución de problemas. En consecuencia, la habilidad de programar se adquiere con la práctica constante.

Sin embargo, con la llegada de la IA es inevitable que los estudiantes la utilicen para obtener soluciones a tareas en la asignatura de Informática y Programación, por tal razón, se implementó el ABP con la finalidad de que los estudiantes aprendan a utilizar adecuadamente el ChatGPT al programar en Python, en pro de su aprendizaje, sin sentir que incurren en prácticas tramposas y desleales. Posteriormente, se les aplicó una encuesta de percepción, con el objetivo de conocer su opinión sobre su desempeño. A continuación, se describen las etapas relacionadas con su implementación:

Etapa 1 - Solución de ejercicios sin IA

En clase presencial, con ayuda del docente, se realizaron los ejercicios de la Tabla 1, se clasificaron en tres categorías según el nivel de complejidad: el fácil se diseñó para el uso de operaciones aritméticas y el de complejidad media, empleando estructuras condicionales anidadas y/o múltiples, y el difícil con estructuras repetitivas, arreglos, librerías y funciones creadas por el usuario. La idea de realizar los ejercicios en clase tuvo por objetivo comparar las diferencias y similitudes con las que los alumnos realizaron sus programas, generando el dialogo y trabajo en equipo.

Tabla 1. Ejercicios aplicados en clases sin IA.

Complejidad	*Ejercicio*	*Características*	*Contenido temático*
Fácil	Dadas 5 calificaciones por el usuario, calcular el promedio de estas e imprimir el resultado	Uso de operaciones aritméticas, no se requiere el uso de librerías y/o funciones creadas por el usuario	Operadores de asignación y operadores aritméticos
Media	El dueño de una fábrica pretende entregar un bono por antigüedad a los trabajadores con base a lo siguiente: si tienen un año, se les dará $1000; si tienen 2 años, $2000, y así sucesivamente hasta los 5 años. Para los que tengan más de 5, el bono será de $7000. Calcular el bono que le toca a cada empleado	Uso de estructuras condicionales, no se requiere el uso librerías y/o funciones creadas por el usuario	Estructuras condicionales anidadas y múltiples
Difícil	Dada una pelota que se suelta desde una altura inicial indicar la altura a la que llega después de n cantidad de rebotes y el recorrido vertical total de la pelota; la altura del rebote n se calcula como 2/3 del rebote anterior	Uso de estructuras repetitivas y/o arreglos (unidimensionales o bidimensionales), librerías y funciones creadas por el usuario	Estructuras repetitivas, estructuras de datos (arreglos) y funciones creadas por el usuario

Etapa 2 – Uso de IA en clase

Es esta etapa se les solicitó a los alumnos que utilizaran la IA, específicamente, el ChatGPT. El docente pidió a los estudiantes escribir un prompt las indicaciones necesarias para que el ChatGPT realizara cada uno de los ejercicios de la Tabla 1, haciendo énfasis en que entre más específica sea la redacción la IA contará con más información para dar respuesta al ejercicio planteado. Luego se les indicó que, si los resultados obtenidos no eran los esperados, es decir, existieran dudas sobre cualquier elemento del código, debían volver a preguntar y/o sugerir cambios, repitiendo este procedimiento las veces que fuera necesario hasta obtener un código que no solo cumpliera con las características estipuladas para los ejercicios, sino que también fuera compresible en su totalidad. Por último, probaron el código obtenido en el intérprete de Python, de este modo se pudieron identificar las diferencias y similitudes entre el código realizado sin IA.

Etapa 3 - Realización de ejercicios fuera de clase

En esta ocasión fue turno de los estudiantes, ya que tuvieron que trabajar por cuenta propia con la programación de ejercicios con y sin ayuda del ChatGPT. Específicamente, se les solicitó realizar ejercicios similares a los de la Tabla 1, es decir, con los mismos grados de complejidad (2 de dificultad fácil, 2 de media y 2 difíciles), características y contenido temático. Esta etapa, también contempló que los estudiantes enviaran evidencia del trabajo que realizaron, la cual incluyó capturas de pantalla acompañadas de descripciones.

Etapa 4 - Encuesta de percepción

Al finalizar la etapa 3 se les pidió a los estudiantes que respondieran una encuesta de percepción, con la finalidad de obtener información de la estrategia de enseñanza-aprendizaje implementada. Esta incluyó las siguientes preguntas:

1. ¿Con anterioridad había utilizado el ChatGPT para realizar alguna actividad o tarea en alguna asignatura? Respuestas: Sí o No.
2. ¿Considera que sabe usar el ChatGPT? Respuestas: Sí o No.
3. Con base al nivel de complejidad, ¿Cuáles ejercicios le resultó difícil resolver sin ayuda del ChatGPT? Respuestas: Ejercicios fáciles, Ejercicios de dificultad media, Ejercicios difíciles, Ninguno y Todos
4. Con base al nivel de complejidad, ¿Cuáles ejercicios no pudo resolver sin ayuda del ChatGPT? Respuestas: Ejercicios fáciles, Ejercicios de dificultad media, Ejercicios difíciles, Ninguno y Todos
5. ¿En la realización de esta actividad consideró las características requeridas (p.ej. variables, funciones propias librerías y arreglos)? Respuestas: Sí o No.
6. ¿Considera que aprendió algo nuevo del lenguaje de programación Python al utilizar el ChatGPT para resolver los ejercicios? En una escala del 1-5 indique su nivel de aprendizaje, 1 es poco y 5 mucho. Respuestas del 1-5.
7. ¿Volvería a utilizar el ChatGPT en actividades similares a esta? Respuestas: Sí o No.

Resultados y discusión

Etapa 1

A partir de las sesiones de clases donde se aplicó el ABP de la mano del docente y sin ayuda de la IA, se observó que los estudiantes desarrollaron por completo las actividades planteadas, la evaluación de estas se midió sólo como “entregado” y “no entregado”. En esta etapa se identificó una gran

participación, ya que los estudiantes contaron con ayuda no sólo del docente, sino también de sus compañeros de clase.

Etapa 2

En sesiones con supervisión del docente al solicitarle a los estudiantes escribir el prompt al ChatGPT por medio de un enunciado que plantee el problema, se observó una respuesta rápida por parte de la herramienta. Después, la respuesta obtenida se comparó con la desarrollada sin usar IA, se identificó que la herramienta resolvió de forma parecida, pero con instrucciones de programación avanzadas; lo anterior permitió replantarle solicitudes más específicas, hasta que se llegara a respuestas casi idénticas a las resueltas sin ayuda de IA, para que los estudiantes reconocieran y dominaran las instrucciones de programación. La evaluación en esta etapa también se consideró como "entregado" y "no entregado". Asimismo, es destacable que todos los estudiantes tuvieron que replantear más de una vez el prompt, principalmente porque los códigos resultantes tenían elementos del lenguaje de programación en Python que desconocían y que solicitaron a la IA que se los explicaran.

Etapa 3

Los estudiantes haciendo uso del ChatGPT resolvieron por su cuenta ejercicios aplicados donde el objetivo principal fue que identificaran las instrucciones de programación en la respuesta que les dio la IA y por supuesto que la solución al problema fuera correcta. En comparación con semestres anteriores, donde no se utilizó el ChatGPT, se observó que un mayor número de estudiantes entregaron los ejercicios, ya que contaron con una herramienta útil que les permitió identificar sus errores y aciertos, así como áreas de oportunidad que contribuyeron en su aprendizaje.

Etapa 4

En la encuesta de percepción se obtuvieron 185 respuestas de 265 estudiantes, equivalente al 70%. En la Figura 1, se muestran las réplicas a la pregunta "¿Con anterioridad había utilizado el ChatGPT para realizar alguna actividad o tarea en alguna asignatura?", donde 126 estudiantes respondieron "Sí" y 59 respondieron "No"; esto confirma que el 68.1% de los estudiantes han usado previamente el ChatGPT para sus asignaciones.

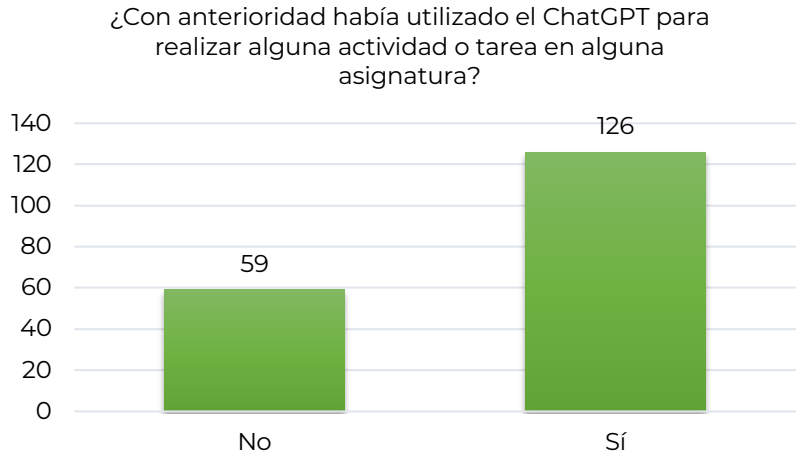


Figura 1. Gráfica que muestra la respuesta al uso previo de ChatGPT.

Para la pregunta "¿Considera que sabe usar ChatGPT?" (ver **Figura 2**), el 54.6% de los encuestados respondió que "Sí", es decir 101 estudiantes; mientras que 45.4% respondió que "No", es decir 84 estudiantes. De la mano con la pregunta anterior, demuestra cierta experiencia en el uso de ChatGPT aunque no necesariamente indica el uso correcto.

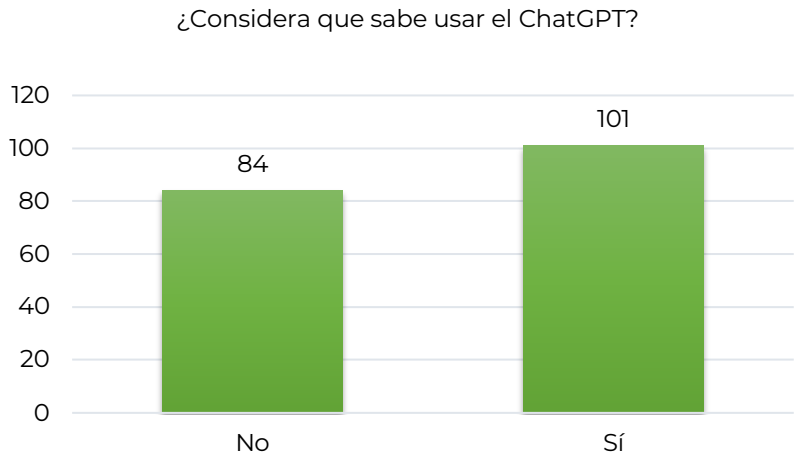


Figura 2. Gráfica que indica la respuesta a la precepción propia de saber usar ChatGPT.

En cuanto a la percepción de complejidad al momento de resolver los ejercicios de forma independiente y sin ayuda de ChatGPT se les planteó la pregunta: "¿Cuáles ejercicios le resultó difícil resolver sin ayuda del ChatGPT?", en la Figura 3 se observa que 10 encuestados respondieron que los ejercicios de complejidad fácil, 24 los de complejidad media, 137 los de mayor dificultad, 8 que ninguno se les dificultó y 6 se les dificultaron todos. Según la gráfica, el 74.1% de los estudiantes tuvieron complicaciones para resolver los ejercicios de mayor dificultad, porque estos plantean un mayor razonamiento y conocimientos matemáticos avanzados, los cuales no poseen ya que se encuentran en los primeros semestres de su formación académica universitaria y hasta este punto solamente han llevado matemáticas básicas.

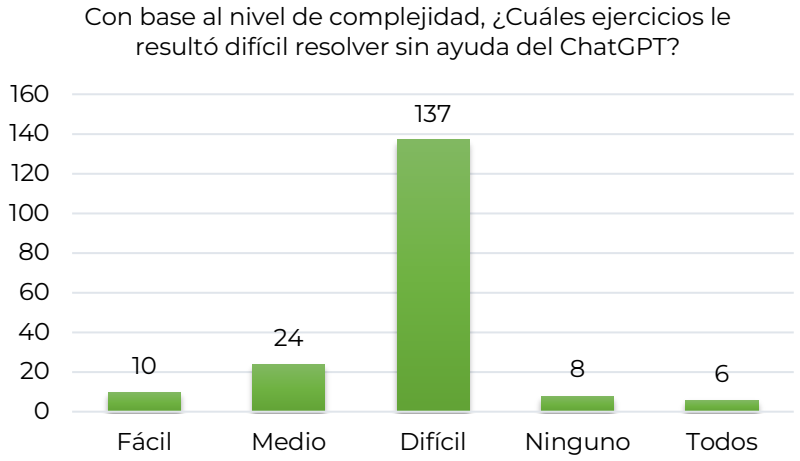


Figura 3. Gráfica que muestra el grado de complejidad percibido al resolver ejercicios.

Complementando la pregunta anterior, a la interrogación "¿Cuáles ejercicios no pudo resolver sin ayuda de ChatGPT?" (ver Figura 4), 8 estudiantes respondieron que los de grado fácil, 11 los de grado medio, 144 los de grado difícil, 19 ninguno y 3 todos; es decir el 77.8% de los estudiantes no pudieron resolver los ejercicios de grado difícil, 5.9% los de grado medio, 4.3% los de grado fácil, 10.3% ninguno y el 1.6% todos los ejercicios lo que coincide con las respuestas de la pregunta previa.

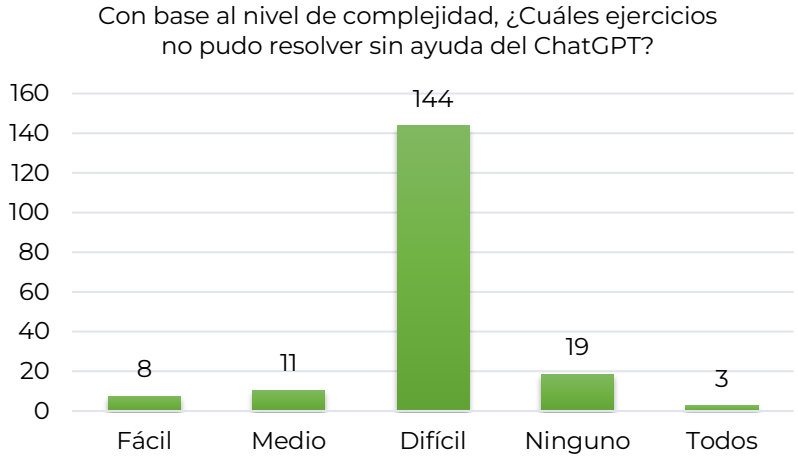


Figura 4. Gráfica que indica que ejercicios de forma independiente o pudieron resolver sin ayuda de ChatGPT.

Para conocer si cumplieron con las características mínimas requeridas se les preguntó "¿En la realización de esta actividad consideró las características mínimas requeridas (p.ej. variables, funciones propias, librerías y arreglos)?". En la Figura 5 se muestra que 171 encuestados indicaron que "Sí", 14 dijeron que "No", estos resultados exponen que el 92.4% cumplieron con los requisitos y el 7.6% no cumplieron lo solicitado. Estos resultados reflejan que si bien gran parte de los estudiantes se encuentran familiarizados con el contenido temático de la asignatura, existe un porcentaje mínimo que no reconoce los distintos elementos de programación abordados en clase, lo cual dificulta que puedan reconocerlos en las respuestas obtenidas con el ChatGPT.

Figura 5. Gráfica que presenta si los estudiantes cumplieron con los requisitos solicitados.

A la pregunta de autocrítica y percepción "En una escala del 1-5 indique su nivel de aprendizaje" (ver Figura 6), donde 1 representa poco nivel de aprendizaje y 5 un nivel de aprendizaje alto, 6 respondieron 1, 16 respondieron 2, 44 respondieron 3, 86 respondieron 4 y 33 respondieron 5. Resumiendo, la información, 64.3% de los estudiantes consideran que su nivel de aprendizaje fue alto. Esto demuestra que, si bien en clase se les enseñan los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para comenzar a programar, los estudiantes deben participar activamente en la construcción de su aprendizaje por cuenta propia, mediante la práctica constante con o sin ayuda de IA.

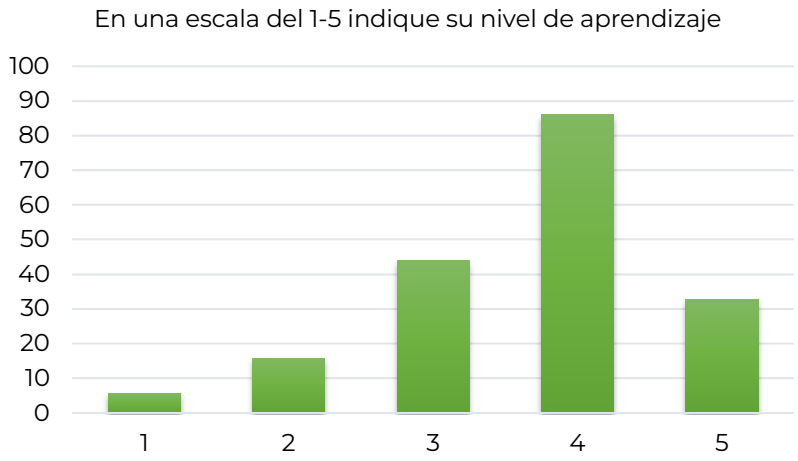


Figura 6. Gráfica que muestra el nivel de aprendizaje que los estudiantes consideran obtuvieron.

Para conocer si lo estudiantes seguirían usando la herramienta ChatGPT se les preguntó "¿Volvería a utilizar el ChatGPT en actividades similares a esta?", en la Figura 7 se observa que 19 estudiantes respondieron "No" y 166 respondieron "Sí", lo que indica que el 89.7% de los estudiantes pretenden seguir usando la herramienta. Lo cual es una buena idea, siempre que se emplee adecuadamente, es decir, que involucre un razonamiento que conlleve al aprendizaje.

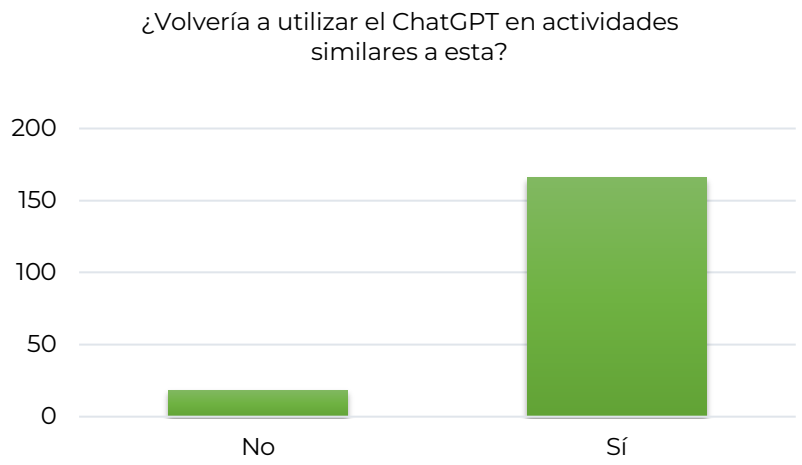


Figura 7. Gráfica que muestra si los estudiantes utilizarían la herramienta en otras actividades.

Podemos observar en los resultados la aceptación de los estudiantes hacia la herramienta de ChatGPT, con la cual se apoyaron para poder resolver problemas con grado de complejidad alto. Resalta también que al usar el ABP los educandos conocen la aplicación en situaciones a las que se podrían enfrentar para darle importancia a la materia en cuestión.

Trabajo a futuro

Dado que la metodología ABP, es una técnica de aprendizaje que basa la enseñanza en la resolución de problemas complejos del mundo real y promueve la participación estudiantil para resolver los retos planteados, se pretende que en futuras intervenciones los ejercicios involucren desafíos enfocados en la carrera formativa de los alumnos, abordando temas con los que se encuentran en interacción constante, esto para favorecer el entorno de aprendizaje y con ello promover el desarrollo del pensamiento crítico y creativo. Asimismo, se pretende aplicar la metodología previamente descrita en pequeños grupos, con miras a desarrollar habilidades de trabajo en equipo, de comunicación asertiva y evaluación por pares.

Conclusiones

La IA ha impactado en muchos sectores, incluyendo la educación, es innegable que el uso de esta tecnología representa desafíos en la comunidad académica y estudiantil, principalmente en temas de prácticas deshonestas y plagio. Sin embargo, los beneficios que esta tecnología puede ofrecer a través de su uso responsable son evidentes, algunos ejemplos son; la creación de ambientes de aprendizaje creativos, mejorar prácticas pedagógicas, tutorías virtuales personalizadas y como generador de fuentes de ideas.

En este trabajo se estudió el impacto de ChatGPT como herramienta innovadora de aprendizaje, para examinar la efectividad y eficiencia al resolver problemas de programación en Lenguaje Python para así fomentar su uso responsable y ético.

A través de los resultados obtenidos en la encuesta de percepción se logra constatar que la mayoría de los estudiantes que participaron en este estudio (70%) reconocen haber hecho uso previo de IA, y es notable que, para la resolución de los problemas con alto grado de dificultad el 77.8% de los participantes recurrió a la herramienta ChatGPT, evidenciando que sin la ayuda de esta herramienta la solución de estos ejercicios fue compleja.

Cuando el Internet se empezó a usar en la vida académica, en su momento era un problema parecido al que se enfrenta la sociedad actual con la IA, se está usando sin que los estudiantes analicen si la respuesta es correcta o no, solo copian y pegan. La IA llegó para quedarse, por lo tanto, es importante que orientemos y enfaticemos a los educandos a su uso correcto y razonado.

Referencias

[1] F. A. I. Flores, D. L. C. Sanchez, R. O. E. Urbina, M. Á. V. Coral, S. E. V. Medrano, and D. G. E. Gonzales,"Inteligencia artificial en educación: una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales," Apuntes universitarios, vol. 12, no.1, pp. 353-372, 2022. ISSN:2304-0335 doi:https://doi.org/10.17162/au.v12i1.974.

[2] M. Martínez-Comesaña, X. Rigueira-Díaz, A. Larrañaga-Janeiro, J. Martínez-Torres, I. Ocarranza-Prado, and D. Kreibel, "Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: revisión sistemática de la literatura," Revista de psicodidáctica, 2023. [En línea]. doi: https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.06.001.

[3] F. J. García Peñalvo, F. Llorens Largo, and F. J. Vidal García, "La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa," RIED. Revista iberoamericana de educación a distancia, 2024. doi: https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716.

[4] Kieran West , “Insights 2024: Attitudes to AI”, Elsevier, 13 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://assets.ctfassets.net/o78em1y1w4i4/6BWRibyJNQLYkKWwKw7SVf/64c04b53ca9cc0795ac811f583f7eebb/Insights_2024_Attitudes_To_AI_Full_Report.pdf.

[5] J. L. Reyes, "Chat GPT: ¿cuáles son sus alcances y limitaciones?," Ciencia UNAM-DGDC, 9 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://unamglobal.unam.mx/global_revista/chat-gpt-cuales-sonsus-alcances-y-limitaciones/

[6] A. Casheekar, A. Lahiri, K. Rath, K. S. Prabhakar and K. Srinivasan, "A contemporary review on chatbots, AI-powered virtual conversational agents, ChatGPT: Applications, open challenges and future research directions," Computer Science Review, vol. 52, pp. 100632, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100632.

[7] S. Aktay, S. Gök and D. Uzunoğlu, “ChatGPT in education,” Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal), vol. 7, no. 2, pp. 378-406, 2023. doi: https://doi.org/10.29329/tayjournal.2023.543.03.

[8] V. J. Guamán Gómez and E. E. Espinoza Freire, “Aprendizaje basado en problemas para el proceso de enseñanza-aprendizaje,” Revista Universidad y Sociedad, vol. 14, no. 2, pp. 124-131, 2022. ISSN 2218-3620.

EVALUACIÓN DE LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES DEL PROGRAMA DE ESTUDIO DE ITIC'S

García-Belmont, Reyna [1], Calderón-García, Erika Concepción[2], Puente-Pérez, María del Consuelo[3], Ríos- Caballero, Eliezer[4], Rodríguez-López, Marcela[5],*
[1]Tecnológico Nacional de México / IT de Tlalnepantla-reyna.gb@tlalnepantla.tecnm.mx, [2]Tecnológico Nacional de México / IT de Tlalnepantla-erika.cg@tlalnepantla.tecnm.mx, [3]Tecnológico Nacional de México / IT de Tlalnepantla-maria.pp@tlalnepantla.tecnm.mx, [4]Tecnológico Nacional de México / IT de Tlalnepantla-eliezer.rc@tlalnepantla.tecnm.mx, [5]Tecnológico Nacional de México / IT de Tlalnepantla- marcela.rl@tlalnepantla.tecnm.mx

Área de participación: **Investigación Educativa**

Resumen

En el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, se genera información de diversas fuentes que permite obtener datos que representan la situación actual que se guarda en diferentes ámbitos y contextos relacionados con los alumnos, docentes y empresas, los cuales debieran ser utilizados para encontrar mejoras en el diseño y desarrollo de los programas educativos. Sin embargo, la falta de planeación causa que dicha información sea aislada, lo que dificulta el levantamiento y coordinación de esta. Partiendo de esta necesidad el presente trabajo muestra una aplicación que permite la medición de los objetivos educacionales del programa educativo de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, la propuesta implica el uso de la ciencia de datos a fin de contar con una herramienta que facilite la evaluación periódica de las necesidades de las empresas del entorno y grupos de interés, a través de la identificación de indicadores que contribuyan a la calidad educativa.

Palabras clave: *Calidad educativa, Ciencia de datos, Objetivos educacionales, Instrumento de medición.*

Abstract

At the Technological Institute of Tlalnepantla, information is generated from various sources that allows obtaining data that represents the current situation that is kept in different areas and contexts related to students, teachers and companies, which should be used to find improvements in the design and development of educational programs. However, the lack of planning causes this information to be isolated, which makes it difficult to collect and coordinate it. Based on this need, the present work shows an application that allows the measurement of the educational objectives of the educational program of Engineering in Information and Communication Technologies, the proposal involves the use of data science to have a tool that facilitates the periodic evaluation of the needs of companies in the environment and stakeholders. through the identification of indicators that contribute to educational quality.

Key words: *Educational quality, Data science, educational objectives, Measurement instrument.*

Introducción

Las tendencias de la educación en Ingeniería del Tecnológico Nacional de México (TecNM), en particular en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla (ITTla), se basan en el desarrollo de competencias y habilidades que aseguren la inserción en el mercado laboral y el desempeño exitoso de una profesión. En el caso del Programa Educativo (PE) de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (ITIC's), la práctica profesional va cambiando de manera acelerada, impulsada por las necesidades del entorno laboral, el avance tecnológico y la competencia, partiendo de la anterior premisa, se advierte la necesidad de evaluar los objetivos educacionales de forma periódica, con el fin de identificar la pertinencia de estos; considerando como marco de referencia los criterios señalados por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, Asociación Civil (CACEI), el cual incorpora tendencias y estándares internacionales establecidos por el Washington Accord [1], así como los requisitos establecidos en el Marco General para los Procesos de Acreditación de Programas Académicos del Nivel Superior, 2016, del COPAES [2].

Actualmente se desconoce hasta qué punto el proceso de ajuste en el campo laboral se está desarrollando de manera efectiva para los egresados de la carrera de ITIC's, siendo dable el presente trabajo con el fin de contar con un proceso sistemático que permita valorar el desarrollo y logro de los atributos de egreso de los estudiantes de ITIC's y así evidenciar la situación actual que se guarda en diferentes ámbitos y contextos relacionados con los egresados, buscando la oportunidad de incorporar mejoras en el diseño y desarrollo del PE [3], representando con ello una ventaja competitiva para los egresados, identificando con ello:

- ¿Qué competencias están siendo cubiertas por un ITIC en el mercado laboral?
- ¿Cuáles son las demandas de las empresas del entorno?
- ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de los programas de estudio de un ITIC?

Para medir la efectividad del PE de ITIC's, se requiere la participación de grupos de interés: estudiantes, profesores, egresados y empleadores, sin embargo, como primera instancia se considera el diseño de evaluación dirigida a egresados, utilizando para la recolección de datos el instrumento de medición para la evaluación de los objetivos educacionales de un ITIC's del ITTLA [4], lo anterior debido a que los instrumentos son indispensables para recoger y documentar los aspectos a verificar, los resultados facilitan el soporte para el registro de las evidencias [5].

Las competencias profesionales permiten a una egresado desenvolverse de la mejor manera posible en su trabajo, siendo la de mayor relevancia las competencias del "Ser" y "Saber hacer" [6].Las variables que determinan las competencias del "Ser" fueron definidas a partir de la ideología del ITTla [7] y de las características solicitadas en las empresas del entorno; por otro lado, las competencias del "Saber hacer" están basadas en el perfil profesional de egreso, considerando los conocimientos especializados que conforman el PE actual, el puntaje asignado depende del número de reactivos aplicados a cada variable. Los indicadores definidos en la Tabla 1, describen los elementos cualitativos que se analizan con el fin de encontrar la calidad de aspectos específicos del PE de ITIC's.

El presente trabajo inserta la ciencia de datos como una herramienta orientada al análisis de datos, con el fin de representar la información de manera gráfica y visualizar el comportamiento de los datos, analizando con ello tendencias y valores atípicos [8], abriendo con ello un abanico de posibilidades y oportunidades de mejora apegadas a las necesidades reales de las organizaciones, evaluando los factores que inciden en los saberes de un profesionista, para sentar las bases de una propuesta que permita a los egresados enfrentar eficientemente los retos en su ejercicio profesional [9].

Tabla 1. Identificación de variable e indicadores para la determinación de competencia
Adaptado de [4].

Competencias del ser			**Competencias del saber hacer**		
Variable	Indicador	Puntaje Asignado	Variable	Indicador	Puntaje Asignado
Pertinencia	• Docencia • Plan de estudio • Investigación • Infraestructura	20	Redes	• Aplicar normas de seguridad en redes • Aplicar normas de calidad en redes • Aplicar técnicas de diseño de redes • Aplica técnicas de configuración de redes	10
Compromiso	• Actitud • Lealtad • Competencia • Proactividad	25	Desarrollo de software	• Programación • Bases de datos • Desarrollo Web • Aplicaciones móviles	30
Responsabilidad	• Fiabilidad • Cumplimiento	15	Seguridad	• Legalidad • Consultoría • Auditoria • Protección de activos e integridad de datos	25
Honestidad	• Coherencia • Sinceridad • Integridad	15	Administración	• Empresa de TI • Administrar proyectos	15
Respeto	• Consideración • Dignidad • Prudencia • Honorabilidad • Justicia	15			
Disciplina	• Orden • Perseverancia	10			
Total		100			80

Metodología

Dada la naturaleza del trabajo, donde se desea una integración tecnológica para hacer dinámico el intercambio de información, promover entornos que favorezcan la calidad de los datos y contribuir con la transformación de la información en conocimiento; se adoptó la metodología de Desarrollo Rápido de Aplicaciones (Rapid Application Development, o RAD), que se centra en gestionar servicios de “Entregar valor al negocio” [10]. Para definir la forma de trabajo se aplicaron las siguientes fases [11]:

- Modelado de gestión
- Modelado de datos
- Modelado de proceso
- Generación de aplicaciones
- Pruebas de entrega

Modelado de gestión

El flujo de información entre las funciones de gestión se modela, de forma que responda a las siguientes preguntas: ¿Qué información conduce el proceso de gestión? ¿Qué información se genera? ¿Quién la genera? ¿A dónde va la información? ¿Quién la proceso?, como se muestra en la Figura 1.

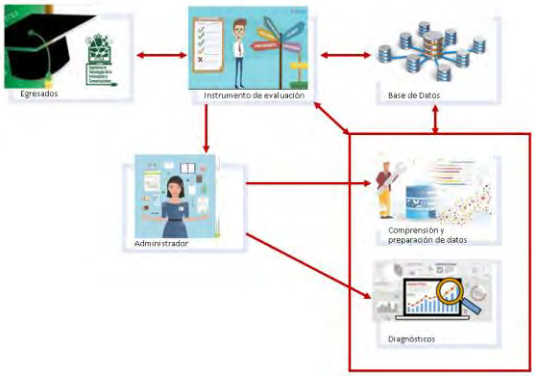


Figura 1. Modelado de gestión.
Adaptado de [11]

Como se observa en el flujo de información, el egresado colabora en responder un instrumento de medición de indicadores, los datos obtenidos se almacenan en una base de datos diseñada en MySQL, el administrador prepara los datos y genera los diagnósticos correspondientes, los cuales servirán en un futuro para teorizar estrategias de mejora. En la tabla 2 se muestran algunos de los requerimientos identificados para la configuración y operación de la aplicación.

Tabla 2. Identificación de variable e indicadores para la determinación de competencia
Adaptado de [12].

Área	Función	Descripción
Arquitectura de Aplicación	Aplicación	Tener información del modelo de datos: con las entidades y sus relaciones.
	Aplicación	La arquitectura de la aplicación debe tener la capacidad de ser configurable.
	Tecnología de Desarrollo	Incluir información de la tecnología de lenguajes de programación utilizados.
Integración de Datos	Datos	La aplicación debe validar todas las transacciones y proporcionar información inmediata al usuario.
	Archivos	La aplicación debe tener la capacidad de intercambiar datos y / o archivos (importación / exportación) con otras fuentes de información.
	Análisis	La aplicación debe tener mediciones de calidad y consistencia de los datos para ser analizados en el sistema.
Conectividad	Software Cliente	El software orientado al cliente debe permitir la conectividad, inalámbrica o por red móvil desde un dispositivo inteligente, o desde una página web.

Modelado de datos

El modelado de datos en la metodología RAD (Rapid Application Development) es un paso crucial dentro del ciclo de desarrollo iterativo, donde se enfoca en definir las estructuras de los datos necesarios para cada uno de los objetos y las relaciones entre estos objetos, como se observa en la figura 2.

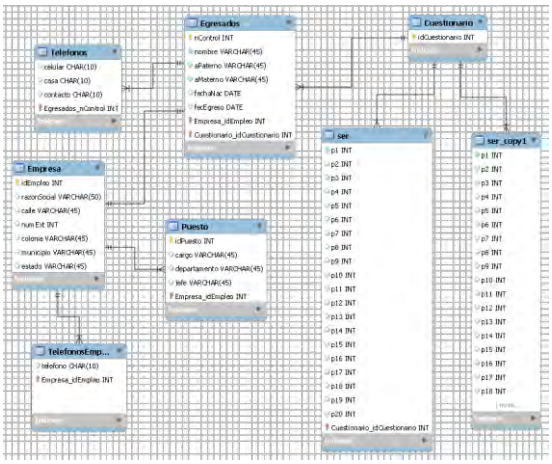


Figura 2. Modelado de datos.

Modelado de proceso

Se enfoca en definir y estructurar cómo interactúan los diferentes procesos del sistema para lograr los objetivos; se busca modelar los procesos de manera que reflejen las operaciones y flujo de información requerido, facilitando su adopción y uso (Figura 3).

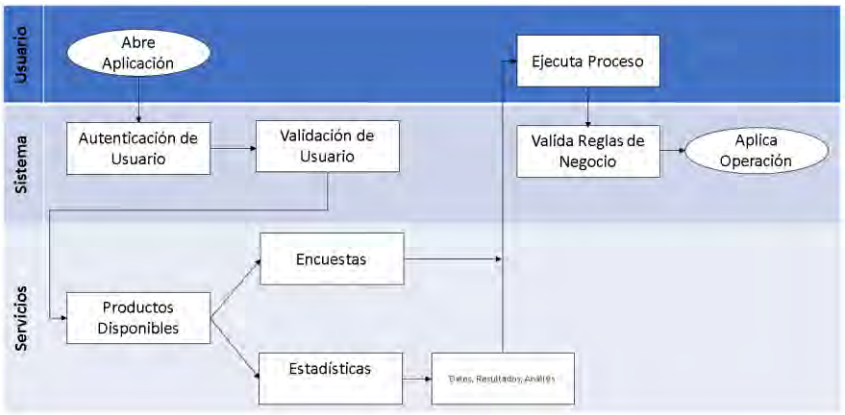


Figura 3. Modelado de proceso.

La obtención, consolidación, administración y resguardo de datos se realizan a través de un sitio web, considerando la importancia de que el internet es un lugar para todos y permite una presencia siempre disponible para quien desee colaborar; el almacenamiento se realiza en la nube, para prevenir el volumen de información y no depender de la arquitectura de una computadora y así evitar futuros problemas en la implementación.

Generación de aplicaciones

La generación de aplicaciones se basa en la planificación, la cual garantiza que los recursos se coordinen adecuadamente para cumplir las especificaciones del diseño, así como minimizar el impacto en las incidencias del servicio que se presta al usuario. En primera instancia aparece la página principal (https://indicadores.org/public/index.php), donde se hace un preámbulo sobre la importancia de contar con la participación de los grupos de interés y se cuenta con el acceso a la encuesta dirigida a egresados. Para la elaboración de la aplicación se utilizó PHP, MySQL, Python, con fin de garantizar que los recursos se coordinen adecuadamente para cumplir las especificaciones del diseño, así como minimizar el impacto en las incidencias del servicio que se presta al usuario.

Prueba de entrega

Es una fase clave en la que la aplicación se somete a un conjunto final de pruebas para asegurar que cumple con los requisitos del usuario y que está listo para ser implementado. Esta etapa tiene lugar después de múltiples iteraciones y prototipos funcionales que ya han sido revisados y validados parcialmente, por lo que el foco se centra en comprobar la estabilidad y la funcionalidad de acuerdo con las exigencias establecidas. En el módulo de usuario se muestra una pantalla de registro, lo único que se tiene que hacer es indicar correo y contraseña asignada, para ingresar a la función correspondiente (Figura 4).

Figura 4. Inicio de sesión.

En el módulo de Cliente, la opción de egresados muestra la encuesta correspondiente, la cual podrá ser visible en cualquier dispositivo, en ella se podrán plasmar los datos necesarios para realizar un diagnóstico y estar en contacto con los egresados (Figura 5).

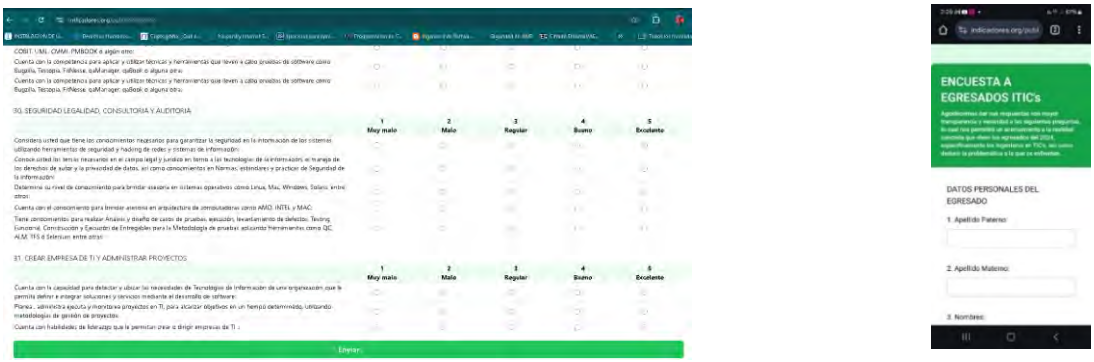


Figura 5. Vista de encuesta a egresados del PE de ITIC's en PC y móvil.

El módulo de Servicios y/o Productos es esencial para el egresado y administrador, ya que tiene una relevante importancia en establecer y promover los resultados bien documentados para brindar credibilidad y tomar decisiones basadas en evidencias.

Resultados y discusión

La analítica gira en torno a la agregación de datos procedentes de la aplicación del instrumento de evaluación para reflejar la situación actual de los egresados, pero sobre todo busca visualizar nuevos enfoques que permitan enriquecer las prácticas educativas [13].

Para este apartado se realizaron pruebas con una muestra de 59 encuestas aplicadas a egresados de diversas generaciones, los datos obtenidos se sometieron a evaluación haciendo uso de código Python para el proceso de carga y limpieza de datos con datos de prueba (Figura 6).

Figura 6. Preparación de datos a partir de Python.

El conjunto de datos preparado pasa por un proceso de análisis a través de código Python, dando como resultado la interpretación de las competencias evaluadas con el apoyo de gráficos como se muestra en la Figura 7 [14].

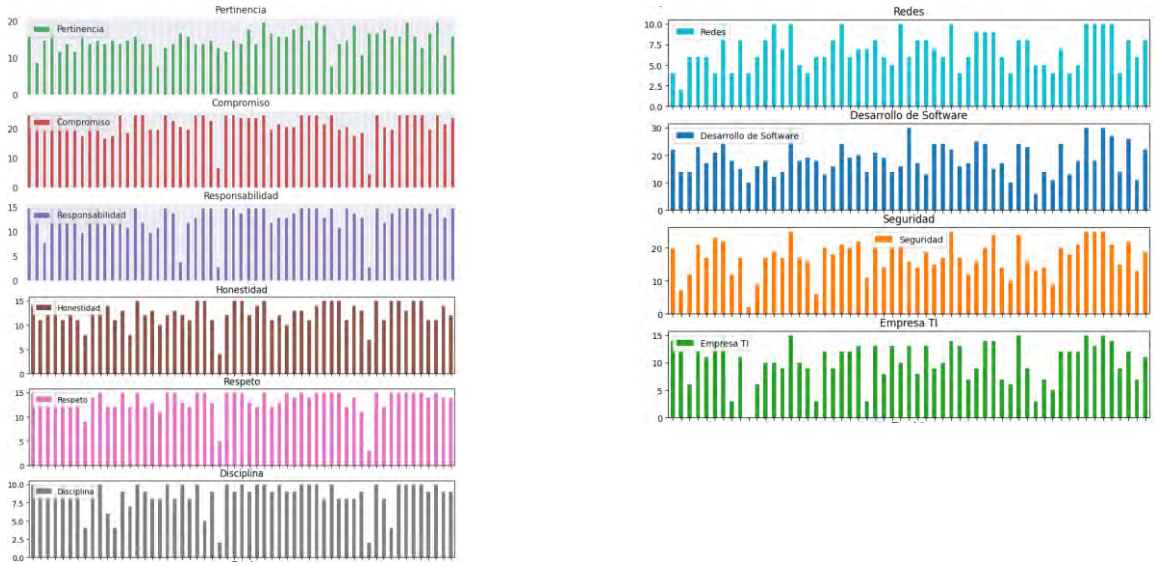


Figura 7. Interpretación de competencias del Ser y Hacer a partir de Python.

En el gráfico de la evaluación del "Ser", se observa que la mayor frecuencia de respuesta de los egresados recae en un rango de 75 a 95 puntos, ubicando entre el logro regular y bueno en compromiso, responsabilidad, honestidad, respeto y disciplina, lo que indica cómo los egresados perciben su formación a lo largo de la carrera, destacando que estas competencias son relevantes para afrontar retos laborales, adaptarse a los cambios y crecer profesionalmente. Sin embargo, en la evaluación de las competencias del "Saber hacer" la frecuencia de las respuestas varía, reflejando con ello una anomalía. En la tabla 3 se muestra a detalle de cómo están funcionando nuestros procesos educativos en la formación de ingenieros y hasta qué punto las competencias desarrolladas por nuestros egresados son adecuadas y en cuales fallan, considerando los datos de prueba.

Tabla 3. Identificación de variable e indicadores para la determinación de competencias

Competencias del "Ser"				**Competencias del "Saber Hacer"**			
Variable	**Puntuación Máxima**	**Puntuación Promedio**	**Nivel de Logro**	**Variable**	**Puntuación Máxima**	**Puntuación Promedio**	**Nivel de Logro**
Pertinencia	20	15	75%	Redes	10	6	60%
Compromiso	25	22	88%	Desarrollo de Software	30	12	40%
Responsabilidad	15	13	87%	Seguridad	25	15	60%
Honestidad	15	12	80%	Administración	15	8	53%
Respeto	15	13	87%				
Disciplina	10	9	90%				
Total	**100**	**84**	**84%**	**Total**	**80**	**41**	**51%**

El puntaje obtenido revela que los conocimientos y actitudes no siempre avanzan en forma paralela y coherente, la capacidad de actuar del egresado como profesionista y los valores éticos son positivos hacia la carrera profesional, sin embargo, el dominio de conocimientos de la carrera no es alto; situación que invita a realizar un estudio de mayor profundidad y con relación a diversos factores para explicar este hecho.

La aplicación del instrumento de medición para la evaluación del perfil de egreso de un ITIC's tiene la intención de captar una serie de habilidades y competencias que no necesariamente pueden ser

evaluadas por medio de calificaciones de cursos, sino por una serie de características con las cuales se desempeña como profesionista y a partir de un análisis de diagnóstico verificar los resultados de acuerdo con las competencias del "Ser" y "Saber hacer" para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos educacionales y en su caso generar estrategias para la mejora continua del programa educativo de ITIC's [5].

Trabajo a futuro

El alcance de este trabajo abarca una estrategia de análisis de los objetivos educacionales de un ITIC's en el I.T.Tla, por lo que se recomienda trabajar a futuro:

- La Implementación de la aplicación de evaluación a través de los canales formales de la institución
- Considerar los criterios necesarios para mejorar la calidad de datos obtenidos
- Diseñar los instrumentos de evaluación de los objetivos educacionales de un ITIC's dirigido a estudiantes y empleadores
- Implementar en la aplicación los instrumentos de evaluación correspondientes a empleadores y estudiantes

Conclusiones

La definición de los objetivos educacionales son el inicio de todo el sistema académico, por lo que es necesario fortalecer los vínculos con los grupos de interés (estudiantes, egresados, empleadores y organismos acreditadores) para su adecuada definición y actualización, es por ello que, la inclusión de analíticas en la evaluación sea constante ya que es una forma de realizar una revisión de habilidades a partir de nuevos objetivos educacionales que se lleguen a integrar al PE en sintonía con los cambios que demandan los grupos de interés, de tal forma que se logre el éxito en el impacto que se busca del programa educativo de ITIC's, teniendo como desafío la mejora de la educación a través del uso de la ciencia de datos, para así identificar y comprender los problemas académicos y formalizar evidencias de evaluación que permitan:

- Visibilizar las competencias laborales
- Conocer las fortalezas y áreas de mejora en el desempeño laboral de los egresados en ITIC's
- Mejorar sus condiciones de empleabilidad
- Profesionalizar su función
- Orientar mejor una trayectoria formativa o de desarrollo de carrera

La implementación del instrumento de evaluación servirá como medio para formalizar las evidencias de evaluación y con ello crear un proceso que se aplique semestralmente y mantener información actualizada con el fin de orientar mejor una trayectoria formativa de desarrollo de profesional que contribuya a la mejora de la enseñanza y calidad educativa, así como evaluar la pertinencia de los objetivos educaciones del PE de ITIC's del I.T.Tla.

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico de Tlalnepantla y a la jefatura de Proyectos de Vinculación por la información proporcionada, para el éxito del presente proyecto, cuya finalidad es coadyuvar a elevar la calidad educativa del programa educativo de ITIC's.

Referencias

[1] International Engineering Alliance, «International Engineering Alliance,» 21 Junio 2021. [En línea]. Available: https://www.internationalengineeringalliance.org/. [Último acceso: 17 Julio 2024]. [2] Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería A.C., Marco de Referencia 2018 para la acreditación de programas de Ingeniería (Criterios e Indicadores) Versión 3, Copaes, A.C., 2020, p. 127.

[3] I. Mata Ortega, «Propuesta para la adquisición de una solución tecnológica que permita recolectar y difundir la información relacionada con las actividades de investigación en el tecnológico de Costa Rica,» Repositorio Institucional del Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 2020.

[4] E. C. Calderón García, R. García Belmont, V. Calderón García, M. Rodrígue López y D. N. González Vieyra, «Defininición de indicadores y trazado del instrumento de medición para la evaluación de los objetivos educacionales de un ingeniero en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del ITTLA,» Innovación Científica y Tecnológica en las Ingenierías, n° 5, pp. 115-120, Septiembre 2022.

[5] K. Ortega, «Saint Leo University,» 07 Julio 2023. [En línea]. Available: https://worldcampus.saintleo.edu/noticias/cuantos-tipos-de-analisis-de-datos-hay-cuales-son-los-tipos-de-analisis-de-datos#:~:text=Existen%20cinco%20tipos%20de%20an%C3%A1lisis,Veamos%20cada%20uno%20de%20ellos.. [Último acceso: 06 Noviembre 2023].

[6] E. Barañano, «Grupo Castilla,» 29 Septiembre 2022. [En línea]. Available: https://www.grupocastilla.es/sabes-cuales-son-las-competencias-mas-valoradas-por-las-empresas/[Último acceso: 20 Agosto 2024].

[7] Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, «Instituto Tecnológico de Tlalnepantla,» 05 Junio 2022. [En línea]. Available: https://www.tlalnepantla.tecnm.mx/ideologia/. [Último acceso: 01 Julio 2022].

[8] Tableau Software, LLC, «Tableau from Salesforce,» 2023. [En línea]. Available: https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/data-visualization#:~:text=La%20visualizaci%C3%B3n%20de%20datos%20es,y%20patrones%20en%20los%20datos.. [Último acceso: 28 Junio 2024].

[9] F. Santoya, «Analytics an Data Science in vocational training,» Revista Ecuatoriana de Investigación Educativa, vol. 1, n° 1, pp. 7-18, 27 Abril 2022.

[10] Microsoft, «Herramientas de desarrollo rápiso de aplicaciones (RAD),» Microsoft, Octubre 2022. [En línea]. Available: https://www.microsoft.com/es-es/power-platform/products/power-apps/rapid-application-development-rad/. [Último acceso: 19 Agosto 2024].

[11] M. Castro, «Incentro Spain,» 25 Diciembre 2019. [En línea]. Available: https://www.incentro.com/es-es/blog/stories/metodologia-rad-desarrollo-rapido-aplicaciones/. [Último acceso: 10 Febrero 2021].

[12] N. Malik, «One EA Team, Three EA Functions,» 11 junio 2008. [En línea]. Available: http://blogs.msdn.com/nickmalik/archive/2008/06/11/one-ea-team-three-ea-functions.aspx. [Último acceso: 19 Octubre 2019].

13] R. A. Perdomo Salcedo y G. Victorovich Buslaev, «Como las tecnologías de analísis de datos pueden ayudar a desarrollar el propósito de la educación de la cienciia y la ingeniería con big data en el siglo XXI,» Docencia Universitaria, vol. 21, n° 1, pp. 19-39, Marzo 2020.

[14] J. B. Rollins, «IBM Analytecs,» 01 junio 2023. [En línea]. Available: https://ebac.mx/blog/que-es-la-ciencia-de-datos#:~:text=La%20%E2%80%9CMetodolog%C3%ADa%20Fundamental%20para%20la,artificial%20y%20el%20machine%20learning.. [Último acceso: 30 Octubre 2023].

IMPACTO DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN MATERIAS DE FÍSICA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Palomino-Rojas, Luis A.[1], Galindo-López Víctor[1], García-Cruz José A.[1], Zenteno-Mateo Benito[1], Saavedra-Cruz Nubia[1]**

[1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería, C.U., Blvd. Capt. Carlos Camacho Espíritu y Av. San Claudio S/N Col. San Manuel, C.P. 72570,

Puebla, Puebla, México. *luis.palomino@correo.buap.mx, victor.galindo@correo.buap.mx, alejandro.garciacruz@correo.buap.mx, benito.zenteno@correo.buap.mx,

**nubia.saavedra@correo.buap.mx

Área de participación: **Investigación Educativa**

Resumen

En el presente trabajo de investigación se examina el impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), en el aprendizaje significativo de los conceptos físicos aplicados en diferentes materias del área de ingeniería. Para este estudio se analizaron los resultados obtenidos de una encuesta cuantitativa aplicada a los estudiantes participantes en el primer concurso de bazucas mecánicas de la Facultad de Ingeniería. Se observó que el proyecto fue considerado por el 79.2% de los estudiantes como una actividad que permite reforzar sus conocimientos, 63.4% de los estudiantes no conocían a profundidad los temas teóricos involucrados, al 73.3% de los estudiantes el trabajo en equipo les resultó satisfactorio y cumplieron en gran medida con los requisitos planteados para el prototipo de la bazuca. Por último, este estudio nos permitió identificar puntos de mejora para próximas implementaciones de proyectos tipo concurso.

Palabras clave: *proyectos, aprendizaje, física)*

Abstract

This research work examines the impact of Project Based Learning (PBL) on the significant learning of physical concepts applied in different areas of engineering. For this study, the results obtained from a quantitative survey applied to the students participating in the first mechanical bazooka competition of the School of Engineering were analyzed. It was observed that the project was considered by 79.2% of the students as an activity that allowed them to reinforce their knowledge, 63.4% of the students did not know in depth the theoretical topics involved, 73.3% of the students found the teamwork satisfactory and met the requirements for the bazooka prototype largely. Finally, this study allowed us to identify points of improvement for future implementations of contest-type projects.

Keywords: *projects, learning, physics*

Introducción

No es una novedad que las ciencias exactas son las materias que tienen mayor grado de complejidad y reprobación en los estudiantes, aunado al acceso a tecnologías e información en la que están involucrados, ha provocado que como docentes se trabajen estrategias de enseñanza-aprendizaje dinámicas. Las estrategias de aprendizaje son

métodos que aplica el estudiante para generar conocimiento, muchas de las veces establecidas por los docentes a través de actividades [1]. Existen diferentes estrategias que permiten el aprendizaje activo y centrado en los estudiantes como el ABP, estrategia usada para el desarrollo de esta investigación.

Cobo et al. definen al ABP como, "una metodología que se desarrolla de manera colaborativa que enfrenta a los estudiantes a situaciones que los lleven a plantear propuestas ante determinada problemática" [2, p. 5].

Córdoba et al. mencionan que "este tipo de técnica pedagógica propicia la indagación, el cuestionamiento, la resolución de problemas, el descubrimiento de oportunidades de mejora e integra ayudas tecnológicas como mecanismos para dinamizar la adquisición de conocimientos" [3, p. 34]. El ABP es una estrategia centrada en los estudiantes que permite el aprendizaje activo, para llevarla a cabo se siguieron los pasos que se muestran en la Figura 1.

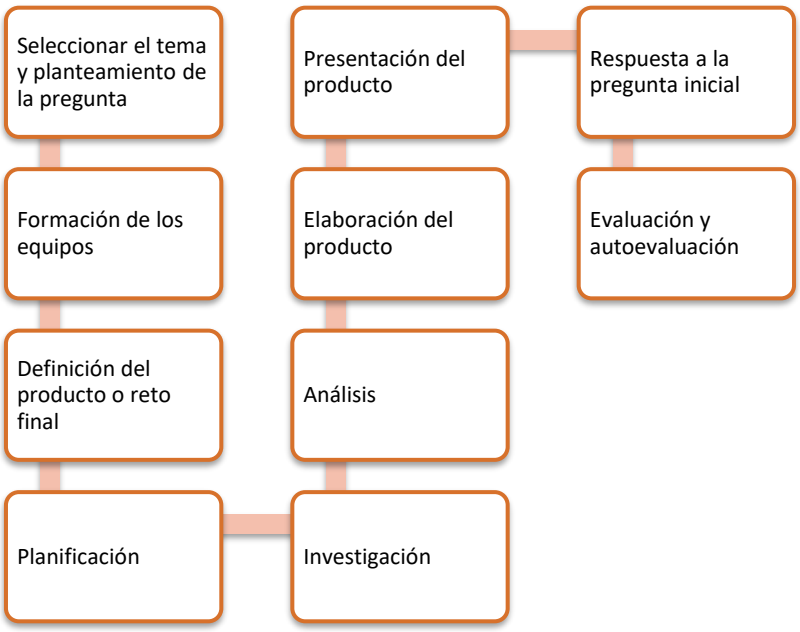


Figura 1. Pasos sugeridos para llevar a cabo el ABP[4].

Para las materias de Ingeniería donde se estudian las leyes de la física aplicada es importante que el aprendizaje sea relevante en la formación académica de los estudiantes. De lo anterior surge la idea de trabajar el ABP a través de un concurso de bazucas mecánicas, donde además de la creatividad, se desarrollen, apliquen y sustenten leyes de la Física. Este proyecto muestra que la implementación del ABP mediante un concurso, puede incrementar el interés en las materias de ciencias exactas y promover el aprendizaje significativo en los estudiantes.

Metodología

Convocatoria

Para llevar a cabo el proyecto, se convocó a los alumnos a participar en un concurso de bazucas mecánicas, llamado "Reto de bazucas mecánicas"; dentro de los requisitos se indicó el uso de materiales reciclados, el trabajo en equipos de tres estudiantes,

la exposición de los conceptos teóricos involucrados en el dispositivo a través de un cartel y que los materiales utilizados en el diseño del fueran los siguientes:

1. Tubo de PVC de 1.00 m a 1.20m
2. Base de madera
3. Ligas o resorte
4. Pelota de tenis
5. Complementos de metal, como tornillos, armellas, etc.

En la convocatoria se establecieron los lineamientos para la evaluación de los conceptos teóricos y técnicos para el funcionamiento de la bazuca correspondiente. Además, se hizo del conocimiento de los estudiantes que el concurso consistía en dos fases; en la primera se evaluaron los conceptos teóricos a través de un cartel y su correspondiente rúbrica. Los equipos ganadores de la primera fase pasaron al segundo nivel donde un jurado compuesto por tres docentes evaluó el funcionamiento de la bazuca mecánica a través de una rúbrica.

El concurso

En la fase uno se evaluaron 35 carteles de los equipos participantes. Los 10 carteles con mayor calificación obtenida pasaron a la siguiente fase. En la fase dos, los 10 equipos finalistas realizaron tres intentos de disparo con su bazuca para que pudieran ser evaluados por el jurado calificador. La tabla 1 muestra los criterios utilizados para la evaluación del cartel y la bazuca

Tabla 1. Criterios usados en la evaluación de los carteles y las bazucas

Criterios para la evaluación del cartel	Criterios para la evaluación de la bazuca
1. Notación y modelación matemática 2. Interpretación de resultados 3. Contenido 4. Creatividad y organización 5. Ortografía y gramática	1. Materiales 2. Mecanismo de disparo 3. Creatividad del diseño 4. Trabajo en equipo y comunicación efectiva

Encuesta

Posterior al concurso se obtuvieron resultados mediante una encuesta cuantitativa aplicada a los concursantes, la cual consistió en ocho preguntas cerradas. Del análisis y evaluación de los resultados obtenidos en la encuesta se observaron puntos de mejora de la estrategia ABP mediante un concurso, para rediseñar los lineamientos del concurso orientándolo a una nueva edición de éste.

Resultados y discusión

Al presentar el desarrollo del proyecto como un concurso en equipos de máximo tres personas, este representó a su vez un reto y un entusiasmo a los estudiantes; en la primera fase del concurso donde presentaron un cartel con la parte teórica y los cálculos matemáticos del desarrollo de la bazuca mecánica, se recibieron 35 carteles y un total de 105 participantes.

Figura 2. Ejemplo de carteles entregados.

De los 35 carteles que fueron evaluados a través de una rúbrica se seleccionaron los 10 que obtuvieron un mayor puntaje para que pasaran a la fase de la presentación en físico de la bazuca, las cuales fueron evaluadas por un comité de 3 evaluadores por medio de una rúbrica, donde se premiaron a los tres equipos con mayor puntaje.

De la encuesta que se presentó a los estudiantes, se recibieron 101 respuestas de 105 participantes equivalentes al 96.2% del total. A la pregunta, "¿Considera que el reto de las bazucas fue buena idea para reforzar sus conocimientos?" 2 respondieron que “No”, 80 respondieron que “Sí”, 19 respondieron “Tal vez”; esto nos indica que el 79.2% de los estudiantes consideran el desarrollo del reto como una actividad óptima para reforzar sus conocimientos, este tipo de proyectos permiten la aplicación de la teoría y trabajan el aprendizaje kinestésico.

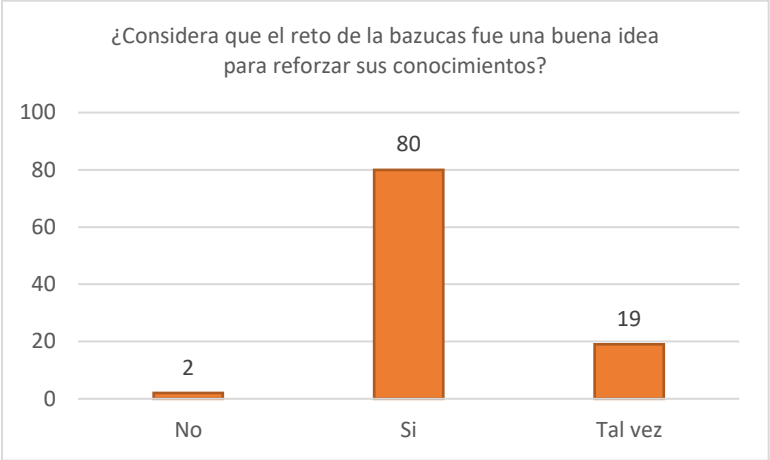


Figura 3. Respuesta a la consideración del reto como una buena idea para reforzar conocimientos.

Para conocer si en el desarrollo del proyecto trabajaron las leyes de la física involucradas en el mismo se definió la siguiente pregunta: "¿Qué conceptos utilizó?", de la que se observa que 99 de los 101 encuestados identificó "Tiro parabólico", 58 de los 101 las "Leyes de Newton" y 51 de los 101 "Ley de Hooke". Lo esperado a esta pregunta era, que se identificaran las tres teorías de forma homogénea, lo cual no sucede por lo que observamos, que el proyecto en cierta medida se resolvió de forma empírica.

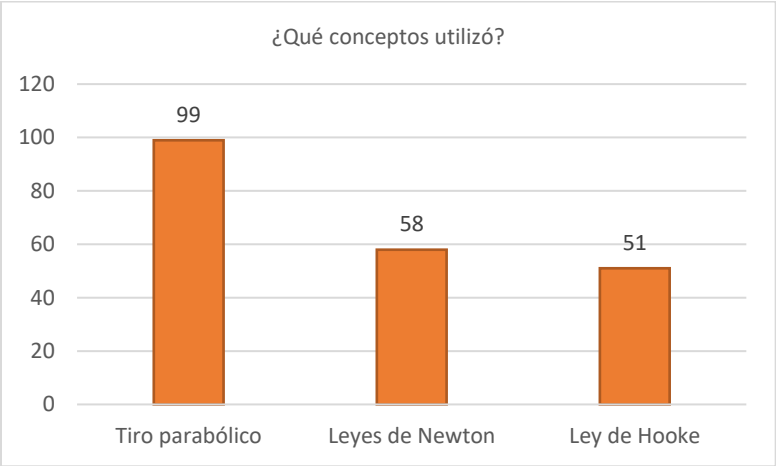


Figura 4. Respuesta al uso de las leyes teóricas involucradas en el proyecto.

Profundizando en los conocimientos teóricos y la aplicación de los mismos en el proyecto se les preguntó "¿Tenía conocimientos previos de los conceptos?", donde 3 estudiantes respondieron que "No", 34 respondieron "Sí, en gran medida" y 64 respondieron "Sí, en poca medida". Lo anterior nos indica que 63.4% de los estudiantes, no conocían a profundidad los temas teóricos involucrados.

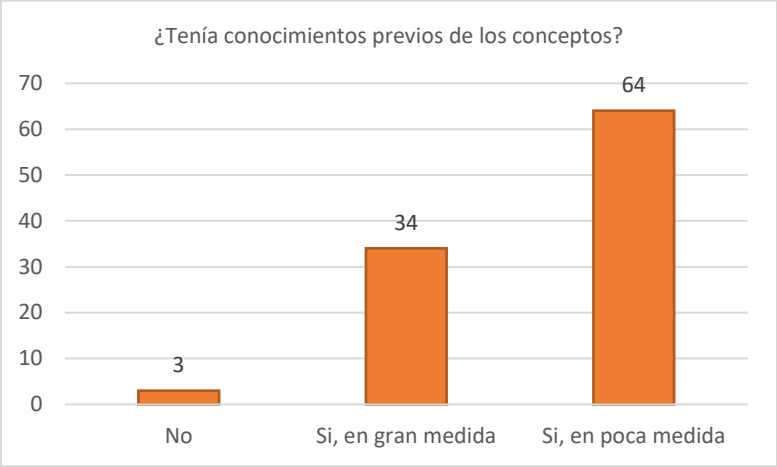


Figura 5. Respuesta al grado de conocimiento de los temas teóricos involucrados en el proyecto.

En cuanto el proceso técnico del desarrollo de la bazuca, se les preguntó "En la parte técnica, ¿qué fue lo más difícil?", 36 estudiantes respondieron "Armar el prototipo", 14 respondieron "Buscar las partes" y 51 respondieron "Hacer que funcionara"; es decir al 50.5% de los estudiantes el reto de hacer que su diseño de bazuca fuera funcional fue lo más complejo de resolver.

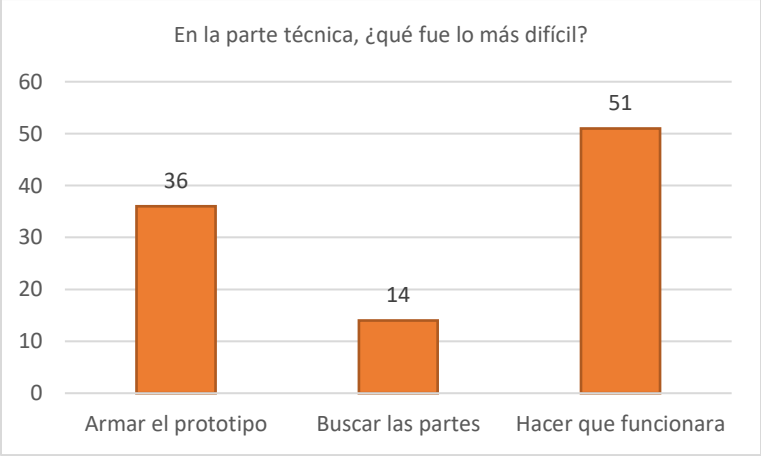


Figura 6. Respuesta a lo más difícil de resolver técnicamente en el desarrollo del proyecto.

Una de las características del diseño de la bazuca era que usaran materiales reciclados, por lo que se les preguntó "¿En qué porcentaje consideras que usaste materiales reciclados?", 11 estudiantes respondieron que 40%, 22 el 60%, 51 el 80% y 17 el 100%, de lo que se concluye que la mayoría de los estudiantes cumplió con dicho requisito.

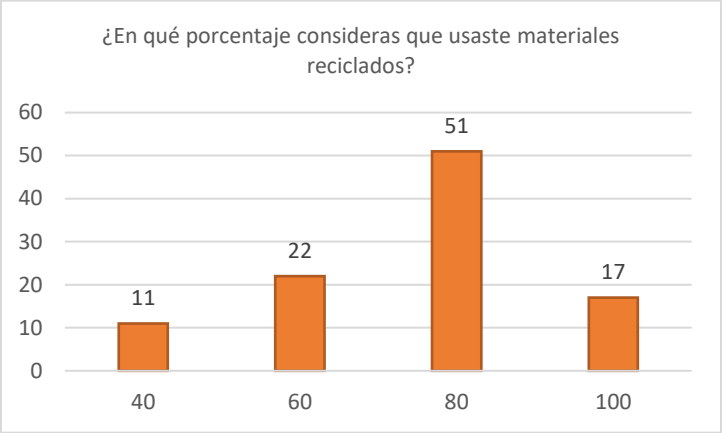


Figura 7. Respuesta al porcentaje de material reciclado usado en el proyecto.

El proyecto implicó un grado de dificultad que requería de experiencia en los temas, para indagar en quién se apoyaron para resolver dudas se les preguntó "¿De quién necesitaste algún tipo de asesoría?", a la que 18 estudiantes respondieron "De mi profesor", 53 respondieron "De mis compañeros" y 30 respondieron "No necesité"; lo anterior nos permitió concluir que el trabajo en equipo se desarrolló en buena forma.

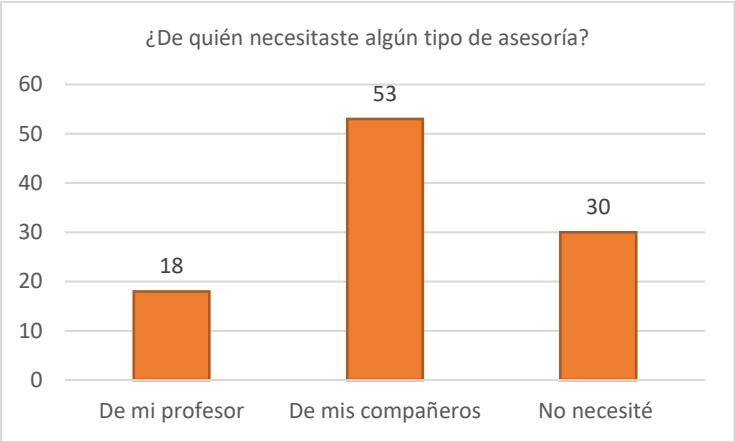


Figura 8. Respuesta al tipo de asesoría buscada para resolver dudas.

En conjunto con la pregunta anterior para conocer sus fuentes de información se les preguntó "¿Sus principales fuentes de información fueron?", donde 47 contestaron "Información de internet", 12 contestaron "Libros de texto", 19 contestaron "Notas de los cursos" y 23 contestaron "Vídeos de internet". Observamos que la mayor fuente de información para los estudiantes fueron los vídeos e información en internet.

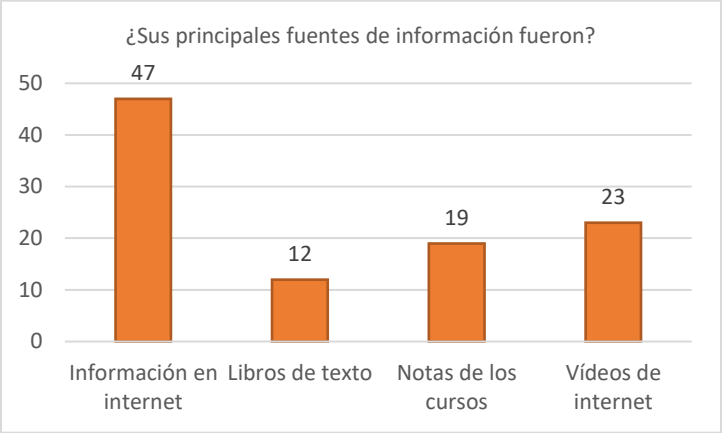


Figura 9. Respuesta a las fuentes de información usadas.

Por último se les preguntó el grado de satisfacción con el trabajo en equipo con la pregunta "¿Considera que el trabajo en equipo fue satisfactorio?"; observamos que 5 estudiantes respondieron que "No", 74 respondieron "Sí, en gran medida", 22 respondieron "Sí en poca medida"; lo que nos permite resumir que al 73.3% de los estudiantes el trabajo en equipo les fue satisfactorio.

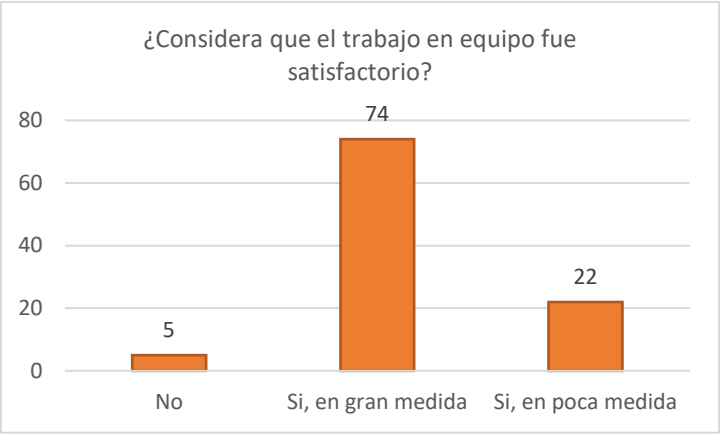


Figura 10. Respuestaal grado de satisfacción en el trabajo en equipo.

De los resultados analizados se identifica que la estrategia ABP es aceptada en buena medida por los estudiantes, les permitió indagar y resolver el reto en equipos. Así mismo, el trabajo en equipo permitió la comunicación efectiva entre ellos.

Trabajo a futuro

Dada la importancia en el contexto educativo de este proyecto de investigación y de los resultados obtenidos se puede enfatizar el desarrollo de habilidades blandas. Este enfoque aborda un aspecto crucial en la formación de ingenieros como la colaboración, resolución de conflictos, liderazgo, la capacidad de explicar conceptos complejos, generación de la creatividad en la solución a problemas. La implementación del concurso, permitiría involucrar otras materias transversales al área de física para así permitir a los estudiantes observar donde se aplican en su ámbito profesional temas teóricos.

Conclusiones

De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española, la ingeniería es el "conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial" [5]. Los estudiantes de ingeniería requieren de conocimientos sustentados en ciencias exactas, de ahí la importancia que se trabajé con estrategias tanto de enseñanza como de aprendizaje que permitan su aprendizaje significativo.

El aprendizaje significativo es la adquisición de conocimientos con significado, con comprensión. Es saber decir y saber hacer; es ser capaz de explicar, de describir, de aplicar conocimientos, incluso a situaciones nuevas, pero siempre con significado [6].

Existe una gama amplia de estrategias de aprendizaje a utilizar en los procesos cognitivos, para la selección de las mismas se debe tomar en cuenta todos los factores implicados en dichos procesos. Para el área de la Física cuyo contenido temático tiende a ser muy teórico, el uso de estrategias activas y centradas en los estudiantes que permita su participación activa dentro del proceso de adquisición de sus conocimientos.

Barrera et al. comentan que el ABP "permite la participación de los estudiantes en su aprendizaje al diseñar, planificar, controlar y evaluar sus capacidades en un contexto real" [7]. Debido a lo anterior, el ABP es una estrategia de aprendizaje adecuada que se puede aplicar para la enseñanza en el área de ingeniería.

El concurso de bazucas como un proyecto tangible, permitió a los estudiantes indagar y conocer los conceptos físicos (tiro parabólico, Leyes de Newton, Ley de Hooke) involucrados en el desarrollo del funcionamiento de su mecanismo, que los llevó a entender la importancia de la física en un contexto real. Además, permitió el desarrollo de habilidades blandas, en específico, la comunicación.

Referencias

[1] A. A. d. C. Campos Gómez, M. A. Hernández Hernández y P. F. Aniceto Vargas, «Análisis documental del concepto estrategias de aprendizaje aplicado en el contexto universitario,» *Psicumex,* vol. 11, n° 1, pp. 1-28, 2022.

[2] G. Cobo Gonzales y S. M. Valdivia Cañotte, Aprendizaje basado en proyectos, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

[3] E. Córdoba Zúñiga, J. J. Mena Barco y E. Mayorga, «Aprendizaje Basado en Proyectos,» de *Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): Camino hacia el desarrollo de la creatividad y la innovación pedagógica en maestros en formación*, Colombia, SedUnac, 2023, p. 35.

[4] S. García Martínez, R. Estrada Tejedor y A. Macarulla Arenaza, Aprendizaje basado en proyectos, Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2022.

[5] REA, «Real Academia de la Lengua Española,» [En línea]. Available: https://dle.rae.es/ingenier%C3%ADa. [Último acceso: 9 8 2024].

[6] M. A. Moreira, «Predisposición para un aprendizaje significativo de la física: intencionalidad, motivación, interés, autoeficacia, autorregulación y aprendizaje personalizado,» *Revista de enseñanza de la física,* vol. 33, n° 1, pp. 101-110, 2021.

[7] F. Barrera Arcaya, J. I. Venegas Muggli y L. Ibacache Plaza, «El efecto del Aprendizaje Basado en Proyectos en el rendimiento académico de los estudiantes,» *Revista de Estudios y Experiencias en Educación,* vol. 21, n° 46, pp. 277-291, 2021. https://dx.doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n46.2022.015

EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO MEDIANTE EL MÉTODO RULA

Rodríguez-Bustos, Norma [1], Ríos-Barreto, Adrian[2]*
[1]Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, norma.rb@irapuato.tecnm.mx, [2]Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, adrian.rb@irapuato.tecnm.mx

Área de participación: **Ingeniería Industrial**

Resumen

En las áreas operativas, los riesgos ergonómicos son difíciles de eliminar debido a la naturaleza inherente de las actividades, pero pueden reducirse con medidas adecuadas. El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) se utiliza para analizar posturas y detectar posibles lesiones musculoesqueléticas, tomando en cuenta factores de riesgo como movimientos repetitivos, trabajos musculares estáticos, fuerzas aplicadas y posturas inadecuadas. El objetivo de este estudio es evaluar los riesgos ergonómicos en una cabina diseñada específicamente para mejorar el bienestar del trabajador. La investigación busca obtener una puntuación mediante el método RULA, la cual permite establecer un nivel de intervención que indique si la postura es aceptable o requiere ajustes. La metodología incluye la selección de posturas a evaluar, la observación de los ciclos de trabajo, y la recolección de datos pertinentes. Los resultados indican que el colaborador evaluado presenta un nivel de riesgo medio, lo que sugiere la necesidad de realizar mejoras ergonómicas para reducir dicho riesgo.

Palabras clave: *Riesgos ergonómicos, método RULA, estación de trabajo.*

Abstract

In operational areas there are ergonomic risks that are difficult to eliminate due to the nature of the activities, but we can reduce them. The RULA method (Rapid Upper Limb Assessment) is a method that analyzes postures and detects possible musculoskeletal injuries considering risk factors such as: repetitive movements, static muscle work, forces and postures. The objective of this research is evaluating the risks of a cabin specially designed to improve the ergonomics of the worker, the purpose is to obtain a score using the RULA method from which a level of action is established that indicates whether the posture is acceptable or if it is necessary to change it. The steps to consider within the methodology in this work are: select the positions to evaluate, determine and observe the cycles, take the data. Once the task was evaluated, the results showed that collaborating presents a medium level of risk.

Key words: *Ergonomic risks, RULA method, workstation.*

Introducción

La ergonomía es un aspecto clave en el diseño de estaciones de trabajo, cuyo objetivo principal es garantizar la salud y seguridad de los colaboradores, además de reducir los riesgos derivados de malas posturas. La adopción prolongada de posturas incorrectas durante las tareas laborales provoca, a largo plazo, sobreesfuerzos que constituyen una de las principales causas de trastornos musculoesqueléticos (TME), afectando no solo la salud de los trabajadores, sino también la

eficiencia y la economía de las empresas [1]. A pesar de la existencia de diversos métodos para evaluar los riesgos ergonómicos, como los métodos REBA, OWAS, EPR y RULA, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo podemos optimizar el diseño de estaciones de trabajo mediante la aplicación de estos métodos para prevenir eficazmente los TME y mejorar tanto el bienestar del trabajador como la productividad empresarial?

El método de evaluación de riesgos RULA fue desarrollado por McAtamney y Corlett en el año de 1993; esta metodología tiene como principal objetivo evaluar los riesgos asociados con una elevada carga postural ocasionada por la adopción de malas posturas tomadas por el colaborador al momento de realizar una determinada tarea o actividad. Las malas posturas pueden causar lesiones y trastornos en los miembros superiores del cuerpo, como lo son en los brazos, muñecas y antebrazos. [1]

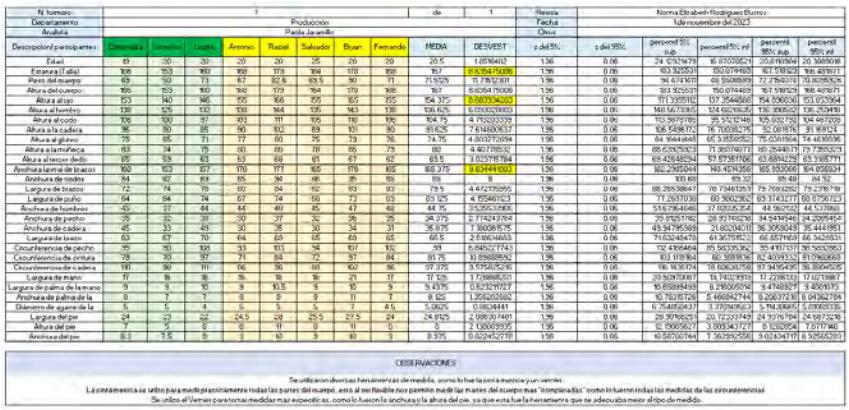
El presente trabajo de investigación se centra en el método de evaluación de riesgos RULA para el diseño y desarrollo de una estación de trabajo ergonómica e innovadora, mediante un análisis y seguimiento de la metodología con el fin de obtener los posibles riesgos a la salud a los que se pueda enfrentar el colaborador durante el uso de la estación. Se seleccionó este método ya que considera los factores de repetición en los movimientos, trabajos musculares estáticos, fuerzas y posturas de trabajo.

El objetivo de esta investigación es evaluar los riesgos ergonómicos asociados con las posturas de trabajo de los operarios en un prototipo de estación de trabajo diseñada contemplando los factores ergonómicos. A través de esta evaluación, se busca identificar las posturas que presentan un mayor riesgo de provocar trastornos musculoesqueléticos y proponer modificaciones en el diseño de las estaciones de trabajo para reducir dichos riesgos, mejorando así la seguridad y el bienestar de los trabajadores. Al finalizar el estudio se propone realizar modificaciones al diseño de la cabina para que se ajuste a la altura del colaborador y mejorar la evaluación de la segunda fase. [3]

Metodología

Materiales

Se diseñó un prototipo de una estación de trabajo considerando los datos antropométricos de la población estudiantil para posteriormente evaluar si con el diseño adecuado de las estaciones se disminuyen los posibles transtornos musculo-esqueleticos de los trabajadores. La estación de trabajo objeto de estudio para este análisis se muestra en la Figura 1. [4]



N° formato:	1								de	1	Revisa	Norma Elizabeth Rodriguez Blanco
Departamento	Producción										Fecha	1de noviembre del 2023
Analista	Paola Jaramillo										Firma	
Descripción participantes	Consuelo	Jonathan	Luis Ma.	Antonio	Rafael	Salvador	Bryan	Fernando	MEDIA	DESVEST	z del 95%	z del 5%
Edad	19	20	20	20	20	25	20	20	20.5	1.6596402	1.96	0.06
Estatura (Talla)	165	153	160	169	173	164	178	169	167	6.5364750286	1.96	0.06
Peso del cuerpo	63	50	73	67	82.5	63.5	90	71	71.5625	11.7812301	1.96	0.06
Altura del cuerpo	165	153	160	168	173	164	178	168	167	6.6264750006	1.96	0.06
Altura al ojo	153	140	146	155	166	155	165	155	154.375	8.0603342262	1.96	0.06
Altura al hombro	138	125	132	138	144	135	143	138	136.625	6.0100378803	1.96	0.06
Altura al codo	106	100	97	103	111	105	110	106	104.75	4.7532332329	1.96	0.06
Altura a la cadera	86	80	85	90	102	89	101	80	91.625	7.6146806537	1.96	0.06
Altura al glúteo	75	65	71	77	60	75	73	76	74.75	4.8032726894	1.96	0.06
Altura a la rodilla	63	74	75	60	86	70	85	75	69	9.4607785357	1.96	0.06
Altura al tercer dedo	65	53	63	63	68	61	67	62	63.5	3.0237167894	1.96	0.06
Anchura alcance de brazos	160	153	167	170	177	165	176	165	165.375	9.0344410003	1.96	0.06
Anchura de codos	84	82	83	85	90	88	85	86	85	3	1.96	0.06
Largura de brazos	72	74	78	80	84	82	83	83	79.5	4.4721359555	1.96	0.06
Largura de puño	64	64	74	67	74	68	73	63	69.125	4.1554617213	1.96	0.06
Anchura de hombros	45	37	44	44	49	45	47	48	44.75	3.5355339059	1.96	0.06
Anchura de pecho	35	32	38	30	37	32	36	35	34.375	2.7142437954	1.96	0.06
Anchura de cadera	45	33	43	30	35	30	34	31	35.875	7.1808875175	1.96	0.06
Largura de tobillo	63	67	70	64	69	65	69	65	66.5	2.8106246883	1.96	0.06
Circunferencia de pecho	95	85	105	93	103	94	107	100	98	6.8452777453	1.96	0.06
Circunferencia de cintura	78	70	97	71	84	72	97	84	81.75	10.8988898292	1.96	0.06
Circunferencia de cadera	101	90	111	86	96	88	102	96	97.375	9.5758052296	1.96	0.06
Largura de mano	17	16	18	16	18	16	21	17	17.125	1.7388885033	1.96	0.06
Largura de palma de la mano	9	8	10	8	10.5	8	10	9	9.4375	0.8252197227	1.96	0.06
Anchura de palma de la	8	7	7	6	8	9	11	7	8.125	1.2562022692	1.96	0.06
Diámetro de agarre de la	5	5	4	5	5	5	7	4.5	5.0625	0.8534441	1.96	0.06
Largura del pie	24	23	22	24.5	28	25.5	27.5	24	24.8125	2.0883974401	1.96	0.06
Altura del pie	7	5	6	6	11	8	11	6	8	2.1000935935	1.96	0.06
Anchura del pie	8.3	7.5	8	3	10	9	10	9	8.375	0.8224152718	1.96	0.06

percentil 5% inf. | percentil 5% sup. | percentil 95% inf. | percentil 95% sup.

	percentil 5% inf.	percentil 5% sup.	percentil 95% inf.	percentil 95% sup.
Edad	24.6323479	16.6709521	20.8919394	20.3880606
Estatura (Talla)	163.325031	150.079469	167.519523	166.480477
Peso del cuerpo	94.6747611	68.5888389	77.2769374	70.8230626
Altura del cuerpo	163.325031	150.079469	167.519523	166.480477
Altura al ojo	171.355112	137.3944888	154.806036	153.943964
Altura al hombro	148.567336	124.682663	138.308592	136.253408
Altura al codo	113.397595	95.1021346	105.692152	104.467328
Altura a la cadera	106.5486172	76.70038275	92.081876	91.168124
Altura al glúteo	84.9644848	65.3856652	75.0381864	74.4618136
Altura a la rodilla	88.6382583	71.3617417	80.2844671	79.7155329
Altura al tercer dedo	69.4284825	57.5715175	63.8814229	63.1185771
Anchura alcance de brazos	182.2985044	148.4514956	165.600066	164.856934
Anchura de codos	100.65	69.35	89.48	84.52
Largura de brazos	88.2653847	70.7346153	79.7692308	79.2307692
Largura de puño	77.2937039	60.9062962	69.3743277	68.8756723
Anchura de hombros	51.6178646	37.8821354	44.962722	44.537278
Anchura de pecho	39.6925176	28.2574824	34.9479546	34.2895454
Anchura de cadera	45.9479589	21.8020411	36.3958045	35.4441951
Largura de tobillo	71.6324847	61.3675153	66.8576969	66.3423031
Circunferencia de pecho	112.4396464	85.5603536	95.4101537	98.5898463
Circunferencia de cintura	103.1181964	60.3818036	82.4089332	81.0960668
Circunferencia de cadera	116.1636174	78.6063826	97.3495495	96.8004505
Largura de mano	20.5938708187	13.7061292	17.2398333	17.0151667
Largura de palma de la mano	10.8588898495	8.016101505	9.4748897	9.4001103
Anchura de palma de la	10.7615126	5.4888874744	9.2083728	8.0416272
Diámetro de agarre de la	6.7548504437	3.3701495563	5.7143086	5.0006336
Largura del pie	29.3798253	20.7202197469	24.5976784	24.5973216
Altura del pie	12.1005627	3.0994372727	8.1282954	7.8717046
Anchura del pie	10.5870074	7.1629925556	9.0243417	8.9256583

OBSERVACIONES:

Se utilizaron diversas herramientas de medida, como lo fue la cinta métrica y un vernier.

La cinta métrica se utilizo para medir aproximadamente todas las partes del cuerpo, ante al ser flexible nos permitio medir las partes del cuerpo mas "complicadas" como lo fueron todas las medidas de las circunferencias.

Se utilizo el Vernier para tomar medidas mas especificas, como lo fueron la anchura y la altura del pie, ya que esta fue la herramienta que se adecuaba mejor al tipo de medida.

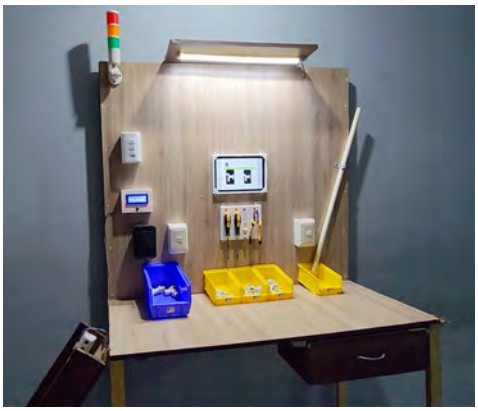


Figura 1. Carta antropométrica utilizada para el diseño del prototipo de cabina ergonómica.

Métodos

Para realizar correctamente la evaluación de riesgos del prototipo de la estación de trabajo por medio del método RULA es necesario realizar una serie de pasos previamente establecidos por esta metodología, los cuales se encuentran en la Figura 2, la cual muestra la secuencia de actividades que se deben realizar considerando las posturas que adopta el colaborador y los ciclos de trabajo previamente ya establecidos y finaliza rediseñando el puesto de trabajo si fuera el caso. [2].

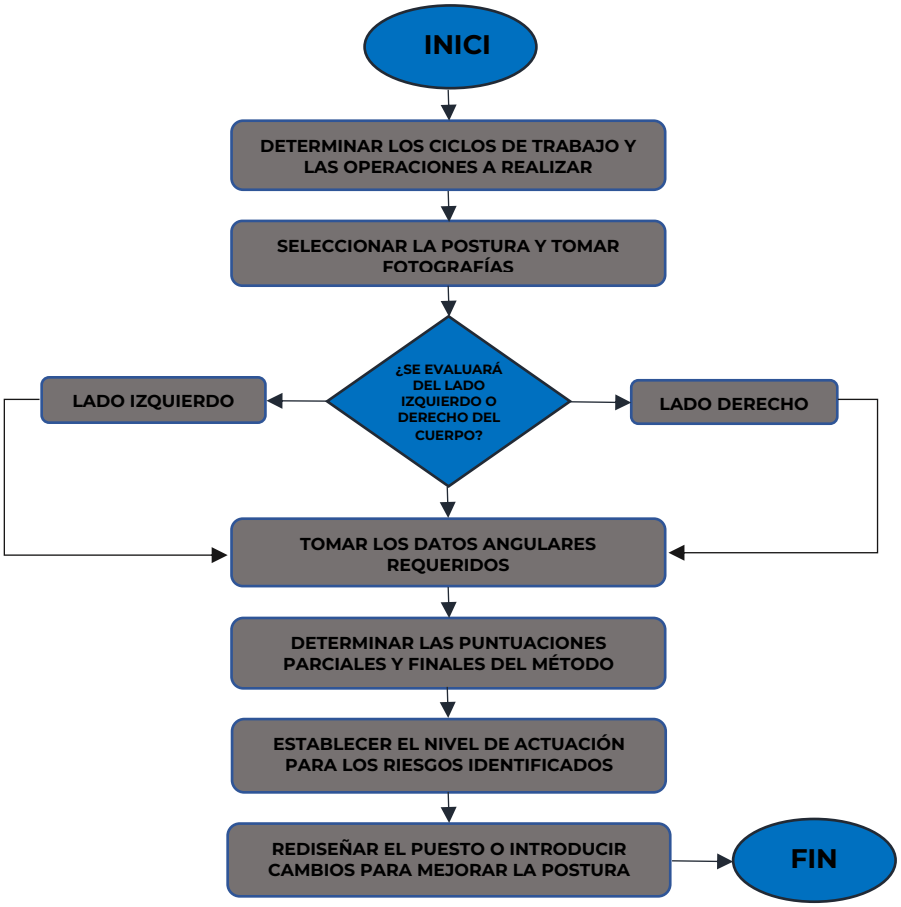


Figura 2. Diagrama de flujo del método RULA.
Adaptado de [2]

Desarrollo

Tomando en consideración las actividades de la Figura 2. En el primer paso se determinan los ciclos de trabajo de la operación de ensamble de una llave de agua considerando el inicio cuando alcanza los materiales y el fin del ciclo cuando termina de ensamblar la llave y la deja sobre la mesa de trabajo.

En el segundo paso se seleccionan las posturas para la evaluación: postura del brazo, antebrazo, muñecas, cuello, tronco y piernas dividiendo el cuerpo en Grupo A y Grupo B tal como se muestra en la Tabla 1 y Figura 3. En el tercer paso se determinó que el lado a evaluar es el izquierdo.

Tabla 1. Grupos que evalúa el método RULA

GRUPO A	GRUPO B
Brazo	Cuello
Antebrazo	Tronco
Muñeca	Piernas
Giro de muñeca	

Figura 3. Grupos de miembros en RULA.
Tomado de [2]

En el paso número 4 es crucial asegurarse de que los ángulos a medir aparezcan en su verdadera magnitud en las imágenes, es decir, que el plano en el cual se encuentra el ángulo esté paralelo al plano de la cámara. Para llevar a cabo estas mediciones, se utiliza la herramienta RULER del portal web Ergonautas, se miden los ángulos ingresando las fotografías del colaborador realizando la actividad en la cabina de trabajo del perfil izquierdo como se muestra en la Figura 4. [3]

(a) (b)

Figura 4. Datos angulares del lado izquierdo del cuerpo (a) y datos angulares del lado derecho (b)

El siguiente paso es realizar la evaluación de riesgos para **determinar las puntuaciones del subgrupo A** y B respectivamente y se emplean las tablas correspondientes al miembro respectivo; estas tablas ya están establecidas por este método y sirven para obtener las puntuaciones finales y parciales. Para determinar la puntuación del subgrupo A: en la Tabla 2, Figura 5 se situa la postura del brazo que se encuentra de 20 a 45 grados (puntuación 2), luego la del antebrazo que está flexionado por debajo de 60 grados (puntuación 2), a continuación, la de la muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extension (puntuación 2), y por último la del giro de muñeca (2).

Tabla 2. Tabla para determinar la puntuación del subgrupo A
Adaptado de [5]

		PUNTUACIÓN DE LA MUÑECA							
		1		2		3		4	
BRAZO	ANTEBRAZO	GIRO		GIRO		GIRO		GIRO	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Para determinar la puntuación del subgrupo B: en la Tabla 3, se situa la puntuación de los miembros que lo componen (tronco, cuello y piernas). El tronco está flexionado entre 0 y 20 grados (puntuación 2), El cuello está flexionado por encima de 20 grados (puntuación 3), el trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados (puntuación 1).

Tabla 3. Tabla para determinar la puntuación del subgrupo B
Adaptado de [5]

	PUNTUACIÓN DE LA POSTURA DEL TRONCO											
	1		2		3		4		5		6	
PUNTUACIÓN DE LA POSTURA DEL CUELLO	PIERNAS		PIERNAS		PIERNAS		PIERNAS		PIERNAS		PIERNAS	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Para obtener la puntuación final se utiliza la siguiente Tabla F que se muestra en la tabla 4, en la cual se identifica el nivel de riesgo presente en el prototipo de la estación de trabajo diseñada.

Tabla 4. Tabla F para determinar la puntuación final del método RULA
Adaptado de [1]

PUNTUACIÓN C (miembro superior) \ PUNTUACIÓN D (cuello, tronco, pierna)	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

como se muestra en la Tabla 4, resulta imprescindible determinar si realmente se presentan riesgos asociados a la carga postural dentro de la estación de trabajo y así establecer el nivel de actuación. El nivel de actuación indica en qué medida es necesario realizar cambios o rediseños a la estación de trabajo y también si las posturas adoptadas por el colaborador son aceptables.

Resultados y discusión

Primeros resultados

Posterior a la construcción del prototipo de la cabina, se determina la puntuación del subgrupo A y B de la actividad de ensamble, como se muestra en la Figura 5 en la que se observa el resumen para determinar el nivel de riesgo considerando que la puntuación final del grupo A fue de 3 y del subgrupo B fue de 4, por tanto, el resultado final considerando la Tabla F fue de 4.

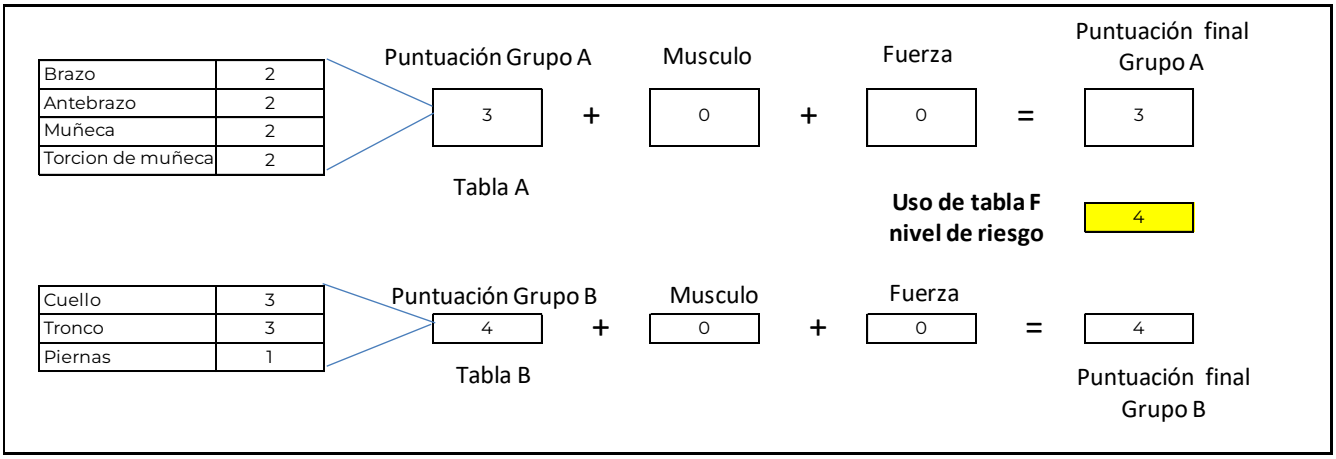


Figura 5. Tabla para determinar la puntuación del subgrupo A y B para determinar el nivel de riesgo
Adaptado de [6]

Últimos resultados

La puntuación final de la evaluación de la actividad de ensamble evaluando el lado izquierdo del trabajador se encuentra en la Figura 6, la cual indica que la puntuación final fue de 4.

Puntuaciones finales, riesgo y nivel de actuación (lado izquierdo)

A partir de las puntuaciones C y D se obtiene la Puntuación Final Rula.

Puntuación Final: **4**

Nivel de actuación: **2**

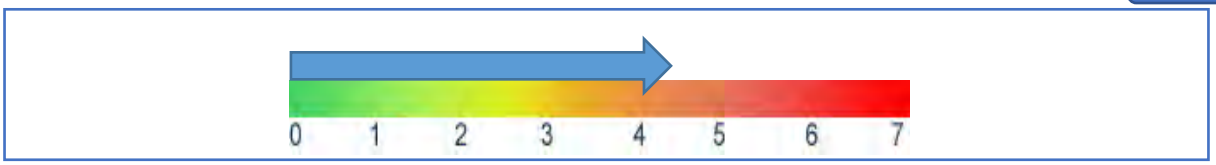


Figura 6. Puntuación final de la evaluación del ensamble.
Adaptado de [6]

Obtenida la puntuación final se analiza el nivel de actuación (que se refiere a las acciones que se requieren realizar para disminuir el nivel de riesgo), en base a la tabla 5 el nivel de actuación obtenido de la evaluación final con el método RULA es nivel medio, ya que la puntuación final fue de 4. El nivel de actuación requerido es profundizar el estudio y pueden requerirse cambios en la estación de trabajo.

Tabla 5. Nivel de actuación en base a la puntuación final del método RULA
Adaptado de [1]

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño del área
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Trabajo a futuro

Con base en los resultados obtenidos donde se identificó un nivel de actuación 2 , se trabajará en acciones correctivas para que a la mesa de la estación de trabajo se le incorpore un motor para que la atura pueda ajustarse a las necesidades del trabajador y disminuir la flexión del cuello. También se realizará una capacitación a los usuarios de la estación para el correcto uso de las instalaciones y evitar el riesgo de sufrir TME.

Conclusiones

Una vez analizados los resultados obtenidos, se estableció que el nivel de actuación requerido en la estación de trabajo es de nivel medio (2), por lo tanto se requiere tomar acciones preventivas y realizar la modificación de la estación de trabajo para que pueda ser ajustable a la altura del trabajador, esto implica hacer una investigación a fondo y detallada del proceso y de las actividades que realiza el colaborador con la finalidad de corregir las posturas que adopta a lo largo de la actividad y así salvaguardar su salud y protegerlo de enfermedades profesionales relacionadas con la excesiva carga postural. El diseñar una cabina ergonómica desde cero permite realizar adaptaciones para lograr mejorar las condiciones de trabajo y disminuir los riesgos a los que esta expuesto el colaborador.

Es de suma importancia tomar en cuenta los estudios obtenidos a partir del método RULA ya que es recomendado debido a su capacidad de puntuar los niveles de riesgo de TME en operaciones repetitivas. Finalmente es importante destacar que el diseño adecuado de estaciones de trabajo contribuye de manera significativa a la disminución de transtornos muesculo-esqueleticos en los trabajadores, este primer prototipo demostró que la fase inicial ha sido correcta para comenzar a mejorar la calidad de vida del colaborador.

Referencias

[1] Ergonautas, «Ergonautas. Método RULA,» [En línea]. Available: https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php/?ini=Normaelizab&tmp=0&ed=NO. [Último acceso: 13 08 2024].

[2] J. A. Diego-Mas, « Evaluación postural mediante el método RULA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia,,» 2015. [En línea]. Available: https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php. [Último acceso: 2024 08 15].

[3] Organización Internacional del Trabajo, «Ergonomics and human factors,» 2021. [En línea]. Available: https://www.ilo.org/global/topics/ergonomic-and-human-factors/lang--en/index.htm. [Último acceso: 2024 08 15].

[4] E. B. Payan, V. Juarez Rivera, R. Rojas Durán, R. Velásquez Calderón y I. S. B. Gerardo Leyva Martínez, «Aplicación de la técnica RULA en el área de empaquetado mediante tecnología Kinect.,» *IDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo,),* n° 5(10), pp. 433 - 456, 2015. [Último acceso: 2024 08 15].

[5] C. G. Roberto, G. M. Alejandro y T. M. J. Patricio, «APLICACIÓN DEL MÉTODO RULA PARA EVALUAR LAS CONDICIONES,» *Revista de Ingeniería y Tecnologías para el Desarrollo Sustentable 9.ISSN: 2448 - 7198,* n° 9, pp. 27-30, 2021. [Último acceso: 12 08 2024].

[6] Instituto Nacional de seguridad y salud en el trabajo, «Factores de riesgo para los TME,» 2019. [En línea]. Available: www.insst.es/-/factores-de-riesgo-para-los-t-1. [Último acceso: 12 08 2024].

MARKETING DIGITAL Y POSICIONAMIENTO DE MARCA EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS EN COATZACOALCOS, VERACRUZ

Antonio-Pacheco, Belizario [1], Ordaz-Hernández, Mónica Berenice[2], Sainz-Barajas, Ma. Teresa de la Luz[3], Chiñas-Valencia, Juan José[4], Bautista-Antonio, Yeni Feranda[5]*
Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Administración, antpacheco@uv.mx[1], mordaz@uv.mx[2], tsainz@uv.mx[3], jchinas@uv.mx[4], zs20018357@estudiantes.uv.mx[5]*

Área de participación: **Ingeniería Administrativa**

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo establecer la relación entre el marketing digital y el posicionamiento de la marca en una empresa de servicios dedicada al transporte de pasajeros en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz durante el primer cuatrimestre del año 2024. Se delimitó a un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional y de corte transversal. Se encuestó a un total de 384 utilizando el método de muestro probabilístico con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Para la recopilación de la información, se utilizaron dos cuestionarios validados y confiables, uno de marketing digital con cuatro dimensiones: flujo, funcionalidad, feedback y fidelización; y otro de posicionamiento con tres dimensiones: lealtad, la calidad y el valor percibido y la imagen de la marca. Los resultados arrojaron una relación positiva muy alta entre ambas variables, encontrando también que, a mayor edad, mejor percepción del marketing digital y posicionamiento de marca. Se concluye que entre mayor estrategia de marketing digital mayor posicionamiento de la empresa.

Palabras clave: *marketing digital, posicionamiento, clientes.*

Abstract

The objective of this research was to establish the relationship between digital marketing and brand positioning in a service company dedicated to passenger transportation in the city of Coatzacoalcos, Veracruz during the first quarter of 2024. It was delimited to a Quantitative, correlational and cross-sectional approach. A total of 384 were surveyed using the probability sampling method with a confidence level of 95% and a margin of error of 5%. To collect the information, two validated and reliable questionnaires were used, one on digital marketing with four dimensions: flow, functionality, feedback and loyalty; and another positioning with three dimensions: loyalty, quality and perceived value and brand image. The results showed a very high positive relationship between both variables, also finding that, the older the age, the better the perception of digital marketing and brand positioning. It is concluded that the greater the digital marketing strategy, the greater the company's positioning.

Key words: *digital marketing, positioning, customers.*

Introducción

En un mercado de competencia global, el posicionamiento empresarial es un factor decisivo para el éxito y supervivencia de las organizaciones, implementar un plan de marketing estratégico y operativo de manera adecuada logrará cautivar la atención de los consumidores. En esta alineación, el marketing digital juega un papel fundamental para posicionar un producto y/o servicio en la mente de los compradores.

Los orígenes del marketing como una disciplina en el mundo empresarial, emana después de la tercera revolución industrial a principios de la década de 1950 con el desarrollo de la microelectrónica, lo que en el ámbito de los negocios se le conoce como marketing 1.0, caracterizado por el auge de la industria, la producción masiva y la

comunicación unidireccional, sin identificar las necesidades y percepciones de los consumidores. Para la década de 1960, el marketing se centra en el consumidor, surgen los conceptos de fidelización, retención del cliente, segmentación, focalización y posicionamiento, se crean los centros de atención al cliente y la web 2.0,todo este desarrollo se le conoce como el Marketing 2.0 [1].

Con la introducción del Internet en la economía y en la sociedad, en los años 2000 emerge la era del Marketing 3.0 caracterizado por la exigencia de las nuevas generaciones en el desarrollo de nuevos productos y/o servicios con un impacto social y ambiental. El cliente se cataloga como un individuo con inteligencia, corazón y espíritu, donde sus necesidades y deseos deben ser atendidos. La era del marketing digital comienza alrededor del 2010, con el Marketing 4.0 donde las compañías buscan generar confianza y fidelidad con los consumidores basadas en las estrategias del marketing tradicional y el marketing digital, dando como resultado el incremento de las plataformas digitales y redes sociales. En esta década surge la big data que permite la recopilación de gustos y deseos de los consumidores a partir del almacenamiento de la interacción con las plataformas digitales. Con la llegada del comercio electrónico, las empresas han tenido que adaptarse para tener presencia omnicanal [1].

El Marketing 5.0 tiene su apogeo en el 2020, centrándose en la experiencia del consumidor, distinguiéndose por el marketing de datos, uso de métodos predictivos para estimaciones y proyecciones de la interacción empresa-consumidor, el análisis del entorno físico de los consumidores a través de las interfaces disponibles de los gadgets, uso de *chatbots*, asistentes virtuales y el desarrollo de profesionales dinámicos, flexibles y competentes con las aptitudes para hacer frente al ambiente interno y externo de las organizaciones [1].

El marketing digital se trata de un conjunto de estrategias centradas hacia la promoción de una marca a través de los medios innovadores, canales publicitarios tecnológicos y digitales como Internet, el móvil o el Internet de las cosas (IoT). [2]. Entre las estrategias que abarca se encuentran [3]:

- **Posicionamiento en buscadores o Search Engine Optimization (SEO):** adecua un sitio de Internet para que los motores de búsqueda como Google, Safari, Bing, Yahoo!, entre otros, la posicionen entre los primeros lugares que se presentan a los usuarios, incrementando su presencia en la red sin pagar por ello.
- **Marketing de contenidos:** busca atraer a los clientes e incrementar la red de leads. Se genera un lead cada vez que un usuario proporciona sus datos.
- **Marketing en buscadores o Search Engine Marketing (SEM):** implica la utilización de las herramientas que proporcionan las plataformas de búsqueda con el objetivo de posicionar un sitio web entre los primeros lugares, por ello, las páginas de las empresas aparecen entre los primeros puestos desde el primer día.
- **Email marketing:** se basa primordialmente en el envío de mensajes por correo electrónico para atraer a nuevos clientes, crear lealtad, interactuar y generar confianza en una marca para incrementar las ventas.
- **Marketing en redes sociales o Social Media Marketing (SMM):** consiste en el uso de las redes sociales como el Facebook, WhatsApp, Instagram, LinkedIn, YouTube, Twitter o TikTok para crear oportunidades de negocio, construir la imagen de una marca, atraer nuevos clientes e incrementar la fidelidad de los que ya se tienen.
- **Video marketing:** se enfoca en el uso de material audiovisual en Internet para promover una marca, producto o servicio, mismo que puede mejorar la imagen de la empresa e incrementar sus ventas.
- **Inbound marketing:** combina diversas estrategias de marketing digital como el SEO, SEM, email marketing, de contenidos y de redes sociales para atraer clientes.

Entre los beneficios que obtienen las empresas al implementarlas es que les resulta más económica con relación a otras estrategias tradicionales, además, de lograr un mayor reconocimiento de la marca, aumentar su participación en el mercado y lograr la fidelización de los clientes [4]. Para lograr esta conexión, es necesario aplicar el modelo de las 4F del marketing digital propuesto por Paul Fleming en el año 2000, mismo que se describe a continuación [5]:

- **Flujo:** hace referencia al estado mental en el que se encuentra el usuario al sumergirse en la web, es decir, su experiencia al navegar en la plataforma de una marca. Para captar la atención del usuario, es

necesario que la publicidad sea atractiva, porque se dice que, si existe una buena interacción, existe un buen estado de flujo.

- **Funcionalidad:** el sitio web de las marcas no solo deben ser visiblemente atractivas, si no, que deben cumplir con el propósito de dar información objetiva y necesaria a los usuarios.
- **Feedback:** se basa en mantener una relación activa con los clientes, para identificar sus emociones, gustos y preferencias, también implica la apertura para recibir quejas, comentarios o reclamos, que, son necesarias para que las empresas mejoren los productos y/o servicios.
- **Fidelización:** busca que el cliente visite de nueva cuenta el sitio web, aplicando estrategias promocionales como los descuentos, ofertas u otros para reconocer la preferencia de los clientes constantes. La personalización y diferenciación son estrategias que harán que se sientan especiales e importantes y así obtener la lealtad.

El marketing digital tiende a actuar como pieza clave para mejorar el posicionamiento de la marca aumentando la posibilidad de construir relaciones más estrechas con los clientes. Esto permite a las empresas diferenciarse de la competencia al impactar significativamente en la decisión de compra del consumidor. Aquellas empresas que no logran aprovechar las estrategias del marketing digital en esta era de desarrollo tecnológico es más probable que se estanquen y dejen de cumplir con las expectativas del cliente, perder capacidad de crecimiento, menos fidelización, obsolescencia en la productividad, incremento de los precios, además, de no existir en el mercado digital [6]. En un estudio desarrollado por McKinsey, se encontró que la personalización es imprescindible para tener éxito en el entorno moderno, las empresas que lo hacen generan un 40% más de ingresos que las empresas que tienen un nivel medio. También se demostró que el 71% de los clientes espera que las empresas ofrezcan interacciones personalizadas y de ellos, el 76% se frustra cuando esto no sucede [7].

El posicionamiento consiste en diseñar la oferta comercial de tal forma que ocupe un lugar claro, distintivo y deseable en relación con los productos competidores en las mentes de los consumidores [8]. En otras palabras, es el lugar que ocupa una marca en la mente del consumidor al pensar en un producto y/o servicio, por ejemplo, si al pensar en teléfonos celulares, lo primero que se le viene a la mente un consumidor es la marca Apple, significa que su posicionamiento es excelente [9].

El posicionamiento de marca no solo mejora la imagen y reputación de las empresas, sino que permite incrementar sus ventas, ganar credibilidad inmediata y por supuesto, influir en la decisión de compra de los consumidores. Si una compañía busca generar un impacto positivo y duradero, la mejor vía es a través de los valores, aquello que los consumidores no pueden palpar, pero que pueden percibir en los servicios, la calidad y puesta en marcha de cualquier proyecto. Por lo tanto, el posicionamiento de marca permite a las empresas la oportunidad de crecer, fidelizar a los clientes y lograr un puesto privilegiado en la mente de los consumidores, con el objetivo de que cada vez que deseen comprar un producto y/o servicio, solo piensen en una marca [10].

A pesar de que no existe un modelo definitivo para valorar el posicionamiento basado en el valor de la marca, las variables más comunes están relacionadas con la lealtad, la calidad y el valor percibido y la imagen de la marca. La lealtad es la disposición que tiene el cliente para seguir consumiendo productos y/o servicios de la misma marca. La calidad tiene que ver con la satisfacción generada en el consumidor de acuerdo con su juicio, y que pueda considerar como excelencia o superioridad. Por su parte, la imagen de la marca tiene que ver con el significado que toma para el consumidor la marca, involucra percepciones, asociaciones y vínculos de recuerdos [5].

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo, establecer la relación entre el marketing digital y el posicionamiento de la marca en una empresa de servicios dedicada al transporte de pasajeros en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, durante el primer cuatrimestre del año 2024. Por ello, se plantea la siguiente hipótesis de investigación (Hi): Existe una relación positiva entre el marketing digital y el posicionamiento de la marca en una empresa de servicios dedicada al transporte de pasajeros en la ciudad de Coatzacoalcos, Veraruz, durante el primer cuatrimestre del año 2024.

Según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), en el primer trimestre de 2024, las empresas de transportes, correos y almacenamiento registraron un producto interno bruto de $2.41B MX,

evidenciando un alza de 1.75% con respecto al trimestre anterior y un alza de 10.4% respecto al mismo periodo del año anterior [11]. En este sentido, las empresas de transporte son fundamentales no únicamente para la movilidad de las personas, sino también de bienes materiales, debido a que siempre ha existido la necesidad de trasladarse de un punto a otro.

Como antecedente de investigación, a nivel internacional se encuentra el denominado "Marketing digital para el posicionamiento de la marca de la empresa ST Express S.A.C. Chiclayo, 2021", mismo que buscó analizar el posicionamiento de la marca St Express S.A.C., con respecto al marketing digital que esta emplea con sus clientes. Tuvo un enfoque cuantitativo no experimental y de tipo descriptivo. La población estuvo constituida por 613 clientes recurrentes de la empresa St Express S.A.C., teniendo una muestra de 65 personas. Para la recopilación de información, se utilizaron dos cuestionarios, uno de marketing digital con cuatro dimensiones: flujo, feedback, funcionalidad y fidelización, y el segundo cuestionario de posicionamiento con tres dimensiones: atributos, imagen y competencia. Con el análisis de los datos, se determinó que el nivel de marketing digital de la empresa no se encuentra muy presente en los clientes, debido que el 40% opina que el marketing digital es regular, el 30,77% indica que es deficiente y solamente el 29,23% indica que es bueno. Respecto a la variable posicionamiento de la marca, el 38,45% indica que el posicionamiento de la marca es regular, el 33,85% indica que es deficiente y solo el 27,69% indica que es bueno. Respecto a la variable de marketing digital, se recomendó la creación de una página web, elaboración de una base de datos para ofrecer promociones personalizadas y uso de herramientas digitales como las redes sociales, las cuales contribuirán con la captación de nuevos clientes [12]. El estudio denominado "Marketing digital y posicionamiento de mercado de la empresa de transporte provincial de Turismo Sallique S.R.L., Jaén 2021", tuvo como objetivo analizar la relación entre marketing digital y posicionamiento de mercado de la empresa de transporte provincial Turismo Sallique S.R.L., Jaén 2021. Se trató de un estudio de tipo aplicado, nivel correlacional y diseño no experimental. La técnica de recopilación de información fueron dos cuestionarios, uno de marketing digital con tres dimensiones: redes sociales, tienda virtual y página web, la segunda tiene que ver con la variable de posicionamiento con tres dimensiones: competencia, fidelidad del cliente e imagen corporativa. La muestra en la investigación fue una muestra censal, debido a que se encuestó a la población total constituida por 50 clientes. En la investigación se ha determinado que existe una relación positiva considerable entre el marketing digital y posicionamiento de la empresa de Transportes Turismo Sallique S.R.L., se concluye que existe correlación entre ambas variables, es decir, a medida que aumenta una conlleva a un incremento sostenido de la otra variable [13].

Metodología

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y de corte transversal. Se tomó como población a los clientes de una empresa de transporte de pasajeros en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, que viajaron durante el primer cuatrimestre del año 2024. Al desconocerse el total de pasajeros que utilizaron el servicio en el periodo mencionado, para la determinación de la muestra se hizo uso de la fórmula de poblaciones infinitas del método de muestreo probabilístico. Se sustituyeron los datos considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, en donde el valor de $z=1.96$, $p=0.25$ y $q=0.25$. El resultado final arrojó una muestra de 384 sujetos encuestados. La recolección de información se realizó en un solo momento a través de la herramienta de "Google Forms" mismo que fue compartido a los sujetos de estudio. El análisis estadístico fue desarrollado en el programa IBM SPSS Statistics versión 29.0 y el diseño de las gráficas en el programa Excel. Para la recopilación de la información, se utilizaron dos cuestionarios, uno de marketing digital propuesto por Ortiz [5] con cuatro dimensiones correspondientes a las 4 F: flujo, funcionalidad, feedback y fidelización; el segundo de la variable posicionamiento propuesto por López et al. [5] con tres dimensiones: lealtad, la calidad y el valor percibido y la imagen de la marca. El nivel de confiabilidad original de 0.984 para el cuestionario de marketing digital de 0.986 para el cuestionario de posicionamiento, mismos que son excelentes [5]. El cuestionario aplicado fue adaptado quedando con un total de 35 ítems con opciones de respuesta tipo Likert: 1) Totalmente en desacuerdo (2) En desacuerdo (3) Neutral (4) De acuerdo (5) Totalmente de acuerdo, con cuatro secciones: la primera, hace referencia a los datos generales tales como género, edad, ocupación y la frecuencia de viaje (ítems 1-4); la segunda sección corresponde a preguntas relacionadas con las cuatro dimensiones de estudio de la

variable marketing digital (ítems 5-21); la tercera sección corresponde a las preguntas de la variable posicionamiento de marca (ítems 22-34) y la cuarta corresponde a comentarios o sugerencias (ítem 35). En la Tabla 1 se aprecia la distribución de los ítems y el alfa de Cronbach de cada variable.

Tabla 1. Distribución de los ítems de las variables marketing digital y posicionamiento de marca y Alfa de Cronbach.

Variables	Dimensiones	Ítems	Alfa de Cronbach	Total de casos
Marketing digital	Flujo	5,6,7,8		
	Funcionalidad	9,10,11,12,13	0.965	
	Feedback	14,15,16,17,18		
	Fidelización	19,20,21		384
Posicionamiento de marca	Calidad y valor percibido	22,23,24,25,26,27,28		
	Imagen de la marca	29,30,31	0.954	
	Lealtad	32,33,34		

Resultados y discusión

Para la recopilación de información, el cuestionario fue capturado en el formulario de Google Forms, mismo que se compartió a los clientes de la empresa, posteriormente se descargó la base de datos en el programa Excel última versión para realizar el cálculo de medias y diseño de gráficas. Para obtener el nivel de confiabilidad y calcular la correlación entre ambas variables, se utilizó el programa SPSS 29.0.2.0 (20).

Los datos demográficos arrojaron la participación de un 54% del género masculino y el resto femenino. Respecto a la edad, el 61% osciló de 18 a 25 años, 24% de 26 a 33 años, 7% de 34 a 41 años y el 8% de 42 años en adelante. Con relación a la ocupación, el 43% fueron estudiantes, el 31% colaboraban para una empresa del sector privado, 15% para una institución pública, el 9% emprendedor y 2% desempleados. Respecto a la frecuencia de viaje, el 47% lo hace bimestralmente, el 22% mensualmente, 13% quincenalmente, 10% diariamente y solo el 8% semanalmente.

En la Figura 1 se aprecia una gráfica cruzada de la percepción de los clientes del marketing digital por edad, es interesante apreciar que conforme incrementa la edad, existe una apreciación positiva del marketing digital que implementa la compañía de transporte de pasajeros.

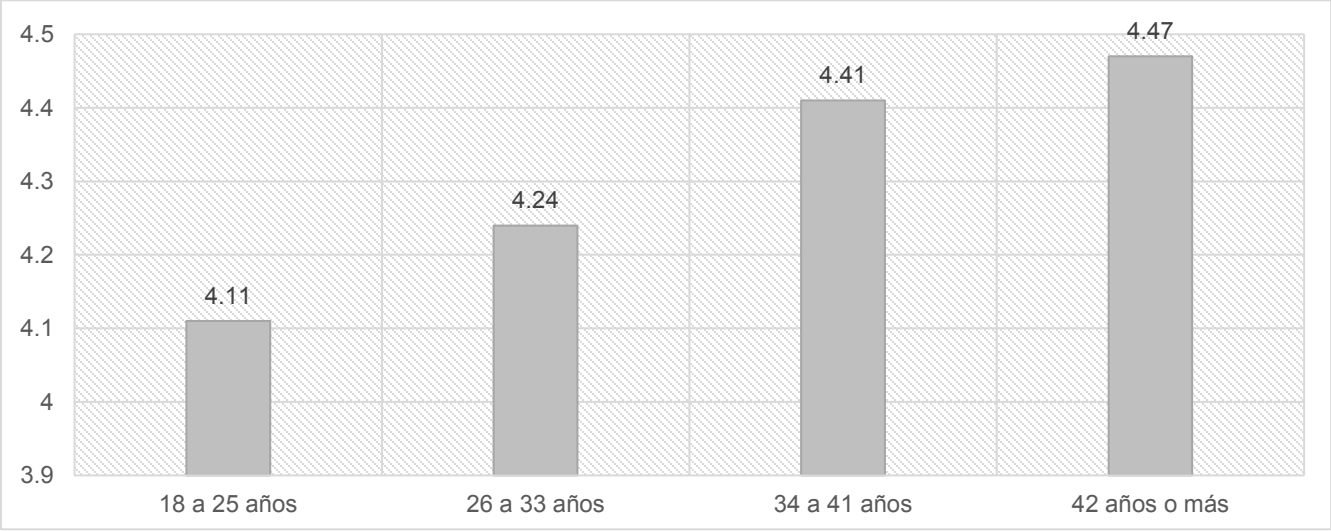


Figura 1. Gráfica cruzada de la percepción del marketing digital de la empresa por edad.

En la Figura 2 se visualiza la gráfica cruzada de la percepción del posicionamiento de marca por edad, donde de igual forma que la Figura 1, conforme incrementa la edad, existe una mejor apreciación del posicionamiento de marca de la empresa.

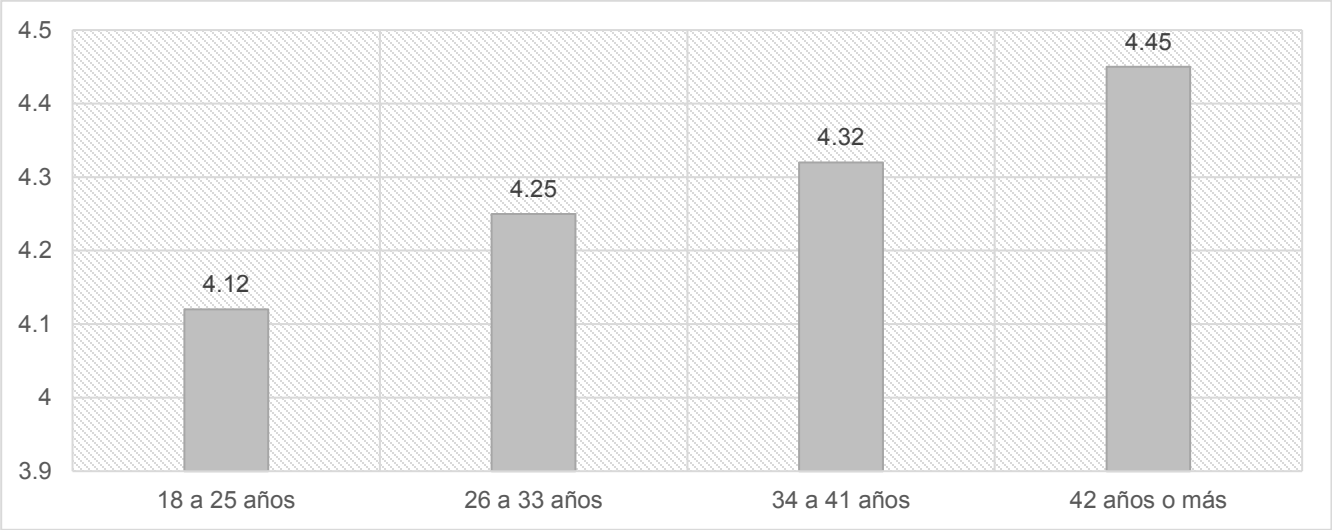


Figura 2. Gráfica cruzada de la percepción del posicionamiento de marca de la empresa por edad.

La percepción del marketing digital por dimensiones se aprecia en la Figura 3, donde la dimensión de flujo posee la media más alta con 4.24, seguido de la funcionalidad, fidelización y feedback respectivamente. Al resultar la dimensión de flujo con la media más alta, se comprende que el usuario tiene un estado mental positivo al navegar en la plataforma de esta marca, ya sea en su sitio web o en la aplicación móvil; del lado contrario, perciben en que existen áreas de oportunidad en las quejas, comentarios o reclamos que estos realizan en relación con el servicio que ofrece la empresa. Si bien es cierto, que la dimensión feedback resulta con la media más baja, también es indudable que, las cuatro dimensiones se encuentran por arriba de 4 de un intervalo del 1 al 5; sin embargo, es necesario prestar atención en las dimensiones que resultan bajas.

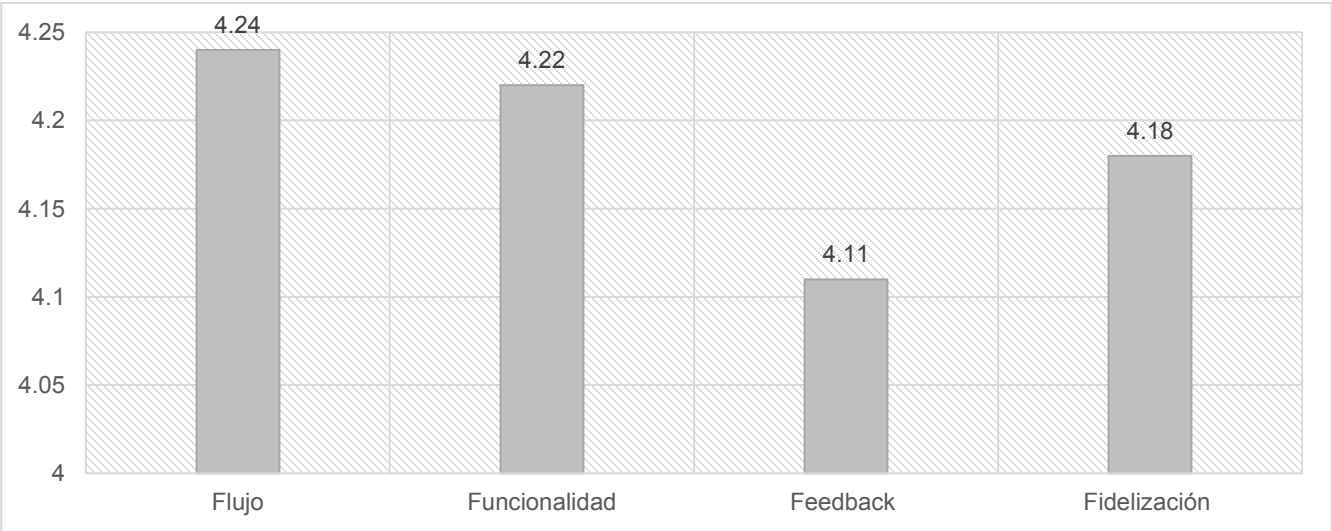


Figura 3. Percepción del marketing digital por dimensiones.

La percepción del posicionamiento de marca por dimensiones se aprecia en la Figura 4, donde sobresale con la media más alta la imagen de la marca, seguido de la lealtad, ocupando el último lugar la calidad y el valor percibido. Al sobresalir la dimensión de imagen de la marca, los usuarios se sienten vinculados con ella, debido a que lo asocian y relacionan con determinados recuerdos, además de que, se sienten conectados y que, si tuvieran la oportunidad de volver a viajar, viajarían con la línea de transporte de esta empresa lo que indica que ocupa un lugar positivo en su mente; por el contrario, perciben baja satisfacción en la calidad del servicio; se debe hacer hincapié que la calidad enfatiza en las instalaciones físicas de la terminal, autobuses cómodos, limpios, ordenados y apropiados para viajar, relación del precio con el servicio, por solo mencionar algunos.

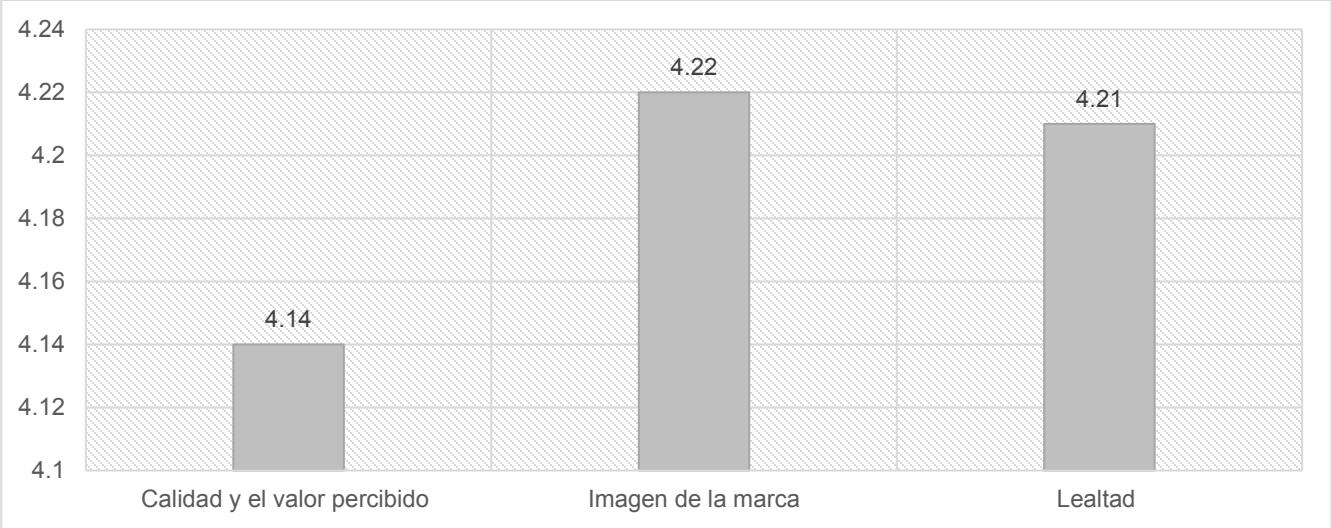


Figura 4. Percepción del posicionamiento de marca por dimensiones.

Para dar cumplimiento al objetivo que busca identificar la relación de la variable de marketing digital y posicionamiento de marca, es necesario identificar que coeficiente de correlación emplear, para ello, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk mismos que permitieron identificar si los datos proceden una distribución normal o no. Cuando los datos tienen una distribución normal se utiliza la prueba R de Pearson; por el contrario, se emplea Ro de Spearman. La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov también es conocida como prueba K-S, es una prueba de significación estadística para verificar si los datos de la muestra proceden de una distribución normal. Se emplea para variables cuantitativas cuando el tamaño muestral es mayor de 50 [14]. En la Tabla 2 se aprecia el nivel de la prueba de normalidad, el valor de significancia estadística ha sido 0.001, es decir, menor de 0,05 lo que significa que ambas variables no siguen una distribución normal, por lo tanto, se hará uso de las muestras no paramétricas de Rho de Spearman.

Tabla 2. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov.

	Estadístico	gl	Sig.
Marketing digital	.224	384	<.001
Posicionamiento de marca	.232	384	<.001

En la Tabla 3 se muestran la relación de las variables de marketing digital y posicionamiento de marca, donde se observa un valor de .849 que se encuentra dentro de un intervalo de $1 \leq r < 0.80$ y este es considerada muy alta [15], lo cual se interpreta de la siguiente manera: el marketing digital que ha estado implementando la empresa si influye directa y significativamente en su posicionamiento de marca en el mercado, y con ello, se confirma y acepta la hipótesis de investigación que afirma que existe una relación positiva entre el marketing digital y el

posicionamiento de la marca en una empresa de servicios dedicada al transporte de pasajeros en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, durante el primer cuatrimestre del año 2024.

Tabla 3. Correlación de Spearman de las variables de marketing digital y posicionamiento de marca.

		Marketing	Posicionamiento
Marketing digital	Correlación de Spearman	1000	.849**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	384	384
Posicionamiento de marca	Correlación de Spearman	.849**	100
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	384	384

Los resultados arrojados en esta investigación se asemejan a los obtenidos en la empresa de transporte provincial de Turismo Sallique S.R.L., Jaén, debido a que el análisis estadístico mostró la presencia de una relación positiva considerable entre el marketing digital y posicionamiento de la empresa, lo que indica que, a medida que aumenta una conlleva a un incremento sostenido de la otra variable [13]. Respecto al estudio realizado en ST Express S.A.C. Chiclayo [12], los resultados difieren con relación a la percepción del marketing digital y el posicionamiento de la marca debido a que, en el presente análisis las medias se encuentran superiores o iguales a 4.11 permitiendo identificar una posición favorable en la mente de los consumidores. En definitiva, estos resultados pueden variar en las empresas y esto se debe a que las estrategias que implementa cada organización son diversas, unas de menor y mayor intensidad, así como la antigüedad que estas tiene en el mercado, lo que da apertura a estudios futuros.

Trabajo a futuro

A partir de los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones y trabajos futuros:

- Respecto a la dimensión de feedback de la variable de marketing digital: ofrecer una red gratuita de wifi, misma que cuando los clientes ingresen a la conexión les solicite crear una cuenta y utilizar el correo electrónico que proporcionen para pedir retroalimentación poco tiempo después de la visita. Así como, designar a un profesional para monitorear con prontitud la actividad en redes sociales, los usuarios activos esperan respuestas rápidas.
- Respecto a la dimensión de fidelización de la variable de marketing digital: hacer uso de todos los canales del marketing para seguir promocionando ofertas y notificar a los usuarios de las recompensas a las que pueden acceder. Así como crear programas de fidelización para los clientes leales incentivando con la acumulación de puntos que podrán utilizar más adelante para viajar.
- Con relación a la dimensión de calidad y valor percibido de la variable de posicionamiento de marca, dar mantenimiento a las terminales de llegada y salida, así como de los autobuses, desde la comodidad de los asientos, limpieza y las buenas condiciones de los aires acondicionados.

Conclusiones

La evolución del marketing tradicional a la digital ha permitido una conexión más directa y eficaz con los consumidores, optimizando la percepción de la marca como de la experiencia del usuario. Una de las ventajas más reconocidas del marketing digital es la capacidad de aumentar la visibilidad y el reconocimiento de la marca. Las diversas plataformas digitales como las redes sociales, los motores de búsqueda y los sitios web especializados le permiten a la empresa tener presencia omnicanal. En el presente estudio aplicado a una empresa de servicios dedicada al transporte de pasajeros en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, durante el primer cuatrimestre del año 2024 se obtuvieron los siguientes resultados:

- Conforme incrementa la edad, existe una apreciación positiva por parte de los usuarios sobre el marketing digital y el posicionamiento de la marca que implementa la compañía de transporte de pasajeros.

- Respecto a la variable de marketing digital, la dimensión de flujo posee la media más alta, seguido de la funcionalidad, fidelización y feedback, respectivamente.
- Respecto a la variable de posicionamiento de la marca, sobresale con la media más alta la dimensión de la imagen de la marca, seguido de la lealtad, ocupando el último lugar la calidad y el valor percibido.
- La relación de las variables de marketing digital y posicionamiento de marca arrojó una relación positiva muy alta, mismo que se corrobora al encontrar un valor de .849 de correlación de Spearman, lo que representa que los valores de ambas variables tienden a incrementarse juntos, por lo que, entre mayor estrategia de marketing digital, mayor posicionamiento de la empresa.

Referencias

[1] D. E. Villalba-Ávila, "La evolución del marketing a lo largo del tiempo: del marketing 1.0 al marketing 5.0," Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales, vol. 3, no. 5, pp. 64-66, 2023/05/17/ 2023, doi: https://doi.org/10.56216/radee012023jun.a06.

[2] IEBS Business School, "Marketing Digital: Qué es y sus ventajas," 2024/06/05/ 2024, url: https://www.iebschool.com/blog/que-es-marketing-digital-marketing-digital/.

[3] Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), "Principales estrategias de marketing digital," 2022/01/22/ 2022, url: https://mexico.unir.net/noticias/comunicacion-mercadotecnia/estrategias-marketing-digital/.

[4] L. M. Rendón-Londoño, Y. Ospin- Londoño, M. Palacio-Pareja, C. A. Arcila-Acosta, M. C. Bermeo Giraldo, María Camila, "Factores perceptuales del uso del marketing digital en pequeñas y medianas empresas," Cuadernos Latinoamericanos de Administración, vol. 18, no. 35, pp. 1-11, 2022/02/16/ 2022, url: https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/cuaderlam/article/view/marketing_digital/3376.

[5] V. C. Díaz-Landero, "Marketing Digital y Posicionamiento de Marca en una Microempresa Hotelera: Rancho San Román.," Repositorio Institucional Universidad Autónoma de Tabasco, 2022/09/13/ 2022, url: https://ri.ujat.mx/handle/200.500.12107/4055.

[6] Cibernos Grupo, "Los riesgos de no sumarse a la transformación digital de las empresas," 2024, https://www.grupocibernos.com/blog/los-riesgos-de-no-sumarse-a-la-transformacion-digital-de-las-empresas#:~:text=La%20fidelizaci%C3%B3n%20de%20clientes%20es,fomenta%20el%20trabajo%20en%20equipo

[7] Monetate, "Spotlight on Personalization: Building a Culture of Personalization Within Your Organization," 2024, url: https://monetate.com/resources/blog/building-culture-of-personalization-within-your-organisation/

[8] P. Kotler, G. Armstrong, "Fundamentos de marketing," Pearson Educación, México, 2013, p. 50, 2016.

[9] Escuela de Marketing y Web, "Posicionamiento de Marca: qué es, ejemplos, tipos y estrategias," 2022/12/09/ 2022, url: https://escuela.marketingandweb.es/posicionamiento-de-marca/.

[10] Ó. Villacampa, "Los beneficios de un buen posicionamiento de marca con ejemplos, 2021/07/29/ 2021, url: https://ondho.com/blog/beneficios-buen-posicionamiento-marca-ejemplos.

[11] Gobierno de México, "Otro Transporte Terrestre de Pasajeros," 2024, url: https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/other-transit-and-ground-passenger-transportation?yearSelectorGdp=timeOption0.

[12] O. A. Ortiz-Davila, N. D. Pupuche-Delgado, "Marketing digital para el posicionamiento de la marca de la Empresa ST Express S.A.C. Chiclayo, 2021," Repositorio Institucional de la Universidad Señor de Sipán, pp. 6-75, 2021, url: https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12227.

[13] Y. C. Agurto-Rodríguez, J.J. Quiquia-Julca, "Marketing digital y posicionamiento de mercado de la empresa de transporte provincial de Turismo Sallique S.R.L., Jaén 2021," Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, pp. 7-36, 2021, url: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87745

[14] M. Romero-Saldaña, "Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal," Revista Enfermería del Trabajo, vol. 6, no. 3 pp. 105-114, 2016/09/03/ 2016, url: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043.

[15] H. Galindo-Domínguez, " Estadística para no Estadísticos. Una guía básica sobre la Metodología cuantitativa de trabajos académicos," 3 ciencias, 1° ed, pp. 90-92, 2020, doi: https://doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2020.59.

APLICACIÓN DE HOJA DE RUTA BAJO ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA: CASO MÉXICO

Flores Galindo, Diana[1], Gil Herrera, Richard de Jesús[2]
(UNADE-México, diana.floresg04@gmail.com)[1], (UNIR-Spain, richard.dejesus@unir.net)[2]

Área de participación: **Ingeniería Industrial**

Resumen

Aún en este siglo, en México pequeñas y medianas empresas no han incorporado conceptos como manufactura esbelta, industria 4.0, industria 5.0 o economía circular. En México, se han realizado proyectos para incorporar conceptos como la Economía Circular en diversos sectores. En este artículo, se muestra una compilación de marco teórico base, los estudios previos encontrados, a nivel mundial y en México, así como una propuesta para la incorporación de manera estructurada como una hoja de ruta. Dentro de la parte experimental, se muestran los resultados de una primera fase de incorporación en una empresa en México, dedicada a la fabricación de componentes metal mecánicos. Se enlistan los beneficios y las barreras encontradas en la aplicación del primer modelo.

Palabras clave: *Economía Circular, Manufactura Esbelta, Industria 5.0, Despliegue Estratégico.*

Abstract

Even in this century, in Mexico small and medium-sized companies have not incorporated concepts such as lean manufacturing, industry 4.0, industry 5.0 or circular economy. In Mexico, there are projects to incorporate concepts such as the Circular Economy in various sectors. This article presents a compilation of the basic theoretical framework, the previous studies found, worldwide and in Mexico, as well as a proposal for incorporation in a structured way as a roadmap. Within the experimental part, the results of a first phase of incorporation in a company in Mexico, dedicated to the manufacture of metal-mechanical components, are shown. The benefits and barriers found in the application of the first model are listed.

Key words: *Circular Economy, Lean Manufacturing, Industry 5.0, Strategy Deployment.*

Introducción

Dentro de la naturaleza de todas las empresas, se busca orquestar todos sus recursos para lograr sus metas, estas dependerán del giro y la naturaleza de cada una con la que se haya establecido. Para lograr dichos objetivos existen diversas herramientas de gestión, optimización y también de desarrollo tecnológico. Hoy en día, el tomar en cuenta un desarrollo holístico de la compañía implica el incluir las vertientes social y ambiental. En México, aún hay empresas en las que conceptos como Manufactura Esbelta (ME), Industria 4.0 (I4.0) y también ya Industria 5.0 (I5.0) no se encuentran dentro de sus operaciones cotidianas. Hablar de conceptos y principios de Economía Circular (EC) no fungen como prioridades. Se encontraron muy pocos casos de estudio en México, dentro de los cuales no hay evidencia de despliegue en el sector metal mecánico.

El objetivo principal de este artículo consiste en establecer los pasos básicos para la incorporación de un mapeo holístico, que incluya los indicadores clave de desempeño propios del negocio, que

pueda ser aplicable en cualquier pequeña y mediana empresa (PyME) en México y en cualquier parte del mundo.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Reunir los conceptos.
2. Revisar la propuesta metodológica.
3. Analizar un caso de implementación.
4. Formular siguientes pasos de acuerdo a los resultados.

Marco referencial

Conceptos clave, marco referencial

Manufactura Esbelta

Lean Manufacturing (LM) se caracteriza por la eliminación de desperdicios, la estandarización de procesos y el enfoque en el cliente, todo esto mediante la colaboración de los empleados [1]**.** Aspectos culturales que caracterizan la metodología de LM son pensamiento a largo plazo, respeto por las personas, retar el proceso actual constantemente, un gran enfoque en la solución de problemas, la mejora continua y el aprendizaje constante [2]**.** Todo esto se puede aplicar no solo a la parte operacional, sino también a la parte administrativa, esto es conocido como gestión lean o lean Management. Esta metodología tiene sus principios en la industria automotriz, pero se tiene una gran cantidad de historias de éxito en diversos sectores industriales [3]**.** Las actividades llamadas "desperdicios" son todas aquellas que no agregan valor. Dentro de esta metodología, existen algunas herramientas que la caracterizan, por ejemplo el mapeo de la cadena de valor o Value Stream Mapping (VSM), las metodología de las 5S, la identificación de los 7 + 1 desperdicios, siempre con la finalidad de eliminación de lo que no agregue valor [4]**.** Otra herramienta utilizada son los llamados A3 o formato A3, el cual es un método originario del Sistema de Producción de Toyota, el cual promueve mediante un sistema basado en hechos la resolución de problemas, llamado así por el tamaño de papel A3 [5]**.**

En esta propuesta, se pretende mejorar el alcance de un VSM tradicional, el cual se utiliza normalmente para identificar y eliminar desperdicios en los procesos operativos, desde la materia prima hasta el producto terminado, buscando hacer visibles cualquier restricción o también llamados cuellos de botella [6]**.**

Industria 4.0

Es el término con el cual fue estipulada la cuarta revolución industrial caracterizada por incorporación de principios ciber físicos [7]**.** Mediante la comunicación instantánea entre máquinas y objetos, así obteniendo cambios y productos más flexibles ante eventos inesperados. Conceptos claves son los llamados internet de las cosas (internet of things IoT), o también internet de los servicios (internet of services IoS), big data, inteligencia artificial y la llamada cloud computing [8], son elementos básicos de la cuarta revolución industrial. Un aspecto clave a considerar es la inversión en el capital intelectual, el que estará trabajando con todas las herramientas de la I4.0, así como la infraestructura necesaria para poder obtener todos los beneficios [9]**.**

Industria 5.0

En la Comisión Europea en el 2021, se mencionó por primera ocasión un concepto con un alcance más holístico, con el objetivo de poner en el centro la parte humana de la industria. Comparando la cuarta revolución centrada en la tecnología, la quinta revolución industrial surge de la necesidad de

centrar en el valor, alineando los indicadores sociales para promover la resiliencia, y así proporcionar prosperidad, poniendo a las personas en el centro de los procesos de producción [10]**.** Algunas empresas han mostrado un compromiso superficial; a pesar de los beneficios y del nuevo enfoque holístico, la creencia central es que las empresas pueden tener resultados sostenibles y organizaciones resilientes[11]**.**

Economía circular

Es un término bastante interesante, que es lo opuesto a la tradicional economía lineal, o también conocida como economía clásica. Si bien, no es algo nuevo, realmente puede ser una solución ideal para los problemas globales que surgen debido a la escasez de recursos y la generación de residuos. Se busca establecer un marco de referencia holístico haciendo un cambio sistemático en la adopción de prácticas de sostenibilidad en los procesos de fabricación existentes a nivel de PYMES [12]**.** La expectativa es transformar la relación entre los sistemas económicos y ecológicos [13]**.** El mayor desafío de las empresas es incorporar desde el diseño del producto hasta las áreas operativas [14] Kurdve & Bellgran diseñaron un llamado *Green Performance Map* que incluye 8 aspectos ambientales, con una jerarquía para encontrar soluciones que van desde eliminar el uso, reducir, reutilizar, reciclar y recuperar energía, hasta los vertederos de materiales residuales. El objetivo principal de la economía circular es maximizar el flujo de valor proveniente del uso de los recursos, lo que implica un compromiso genuino y sostenido, tomando como prioridad clave a lo largo de los procesos [4]**.**

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Un interés común en establecer acuerdos y alianzas a lo largo del mundo, para mejorar no solo los aspectos económicos, sino también los ambientales. En el 2015, se establecieron “Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible”, el más reciente esfuerzo de las Naciones Unidas, como resultado se tiene la llamada “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” [15]. Las temáticas cubiertas fueron relacionadas al agua, energía, urbanización, ciencia y tecnología, transporte, océanos e igualdad.

Actualmente, a medio camino del inicio, el pasado mes de junio de 2023 el informe de progreso muestra que necesitamos incrementar el esfuerzo para difundir la importancia de los ODS y empezar a actuar ahora, porque el 50 por ciento de los resultados son débiles o insuficientes y el 30 por ciento ha parado o incluso en marcha atrás [15].

Estudios en México

La integración de conceptos ambientales y sociales en la economía no ha sido ampliamente investigada en las economías emergentes o en las PYME de estos países, como por ejemplo, América Latina [16]. En México se han realizado una serie de estudios sobre la aplicación de la economía circular (EC), en los que se destacan proyectos relacionados con el uso del agua, el reciclaje de componentes eléctricos como teléfonos celulares, alternativas a los residuos sólidos, metales en general, entre otros [17], [18], [19]. No se han encontrado estudios sobre la aplicación de la CE en una empresa metalmecánica, no hay otros indicios de un estudio global.

Los estudios realizados en México, utilizando los modelos propuestos, enfatizan los beneficios de reducir costos, optimizar la gestión o manejo de residuos, así como los impactos económicos [20].

En estos casos de aplicación, se hace referencia a estándares mexicanos y a indicadores globales, como el Producto Interno Bruto que es una medida del valor total de la producción de un país, generalmente en un año. Este indicador se considera clave en el análisis de la salud de la nación [18], [19].

Métodos de despliegue de objetivos organizacionales

Existen métodos para garantizar que se asegure la correcta implementación de los objetivos empresariales como el Balanced Scorecard, que es simplemente un cuadro de mando integral [21], [22] y la "Matriz X" de Hoshin Kanri [23] que se analiza en este artículo.

Hoshin Kanri (HK) es una herramienta que permite que los objetivos estratégicos permeen en toda la organización, de arriba abajo [24], permitiendo a los altos directivos concentrar el talento en las necesidades clave. Este método fue elaborado por el profesor Yoji Akao quien, a finales de los años 50, incluye la filosofía de la cooperación y el enfoque en las personas en los principios básicos [16]. "Hoshin" viene de dirección o aguja de brújula, y "Kanri", de gestión o dirección [25]. Si bien Hoshin Kanri no es un método nuevo, sigue siendo una herramienta útil para lograr objetivos a corto, mediano y largo plazo. Así que, el despliegue de políticas, otro término para HK, es "el sistema nervioso de la producción Lean", según Pascal Dennis, experto en Lean en Patrick Graupp [26]. HK también ayuda a "crear constancia de propósito", uno de los elementos clave para desempeñarse con excelencia [26].

El desarrollo de la estrategia debe ser asistido mediante técnicas como SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities and Threats), PESTEL (Political, Economic, Social, Technological, Legal and Environmental), y/o el análisis de las cinco fuerzas de Porter, entre otras [25]. De los autores que describen los pasos metodológicos a seguir, algunos mencionan 10 pasos, otros 14, mientras que otros resumen el proceso en 5 pasos, respectivamente en[23][16] [27]. Este caso de estudio aplica de forma directa los cinco pasos mencionados por Kesterson [23]: Scan (proceso de formulación de la estrategia), Plan (inicio del proceso HK), Do, Check y Adjust.

Bajo la perspectiva ágil, el proceso de soporte involucra equipos de al menos 3-5 personas, como parte fundamental de la realización de un análisis FODA de una empresa [3]. Hoshin Kanri busca involucrar a los empleados para analizar la situación, crear planes de mejora, verificar la efectividad y tomar medidas de acción, cuya función se ejecuta como el ciclo PDCA de Deming [27]. Hoshin Kanri es una competencia para que los líderes tengan estabilidad. Objetivos transparentes y seguimiento de los desafíos, con la recompensa o el reconocimiento adecuados [28].

Enfoque metodológico

Análisis temático, vínculos entre los conceptos y similitudes

Si bien, varios autores han buscado establecer vínculos entre los conceptos de Lean Manufacturing e Industria 4.0, se han hecho trabajos para demostrar la interrelación y similitudes entre ambos enfoques [3], [29], [30], así como establecer una forma fácil de como incorporar estas corrientes. Al implementar cualquier herramienta o metodología, es fundamental hacer la revisión de las capacitaciones al personal [3], [31]. En esta investigación se muestra una propuesta de modelo, como hoja de ruta de fácil incorporación a cualquier empresa de cualquier giro, en especial, empresas que su naturaleza no involucren conceptos como economía circular, y que tengan nociones básicas de Lean Manufacturing e Industria 4.0. Estudios recientes quieren demostrar la importancia de la incorporación de múltiples enfoques para el beneficio de los desafíos actuales, como la comparación entre EC y los 17 ODS y la fuerte conexión que ambos tienen, también cómo la Industria 4.0 está vinculada a los ODS y contribuye al éxito y logro de los objetivos [32], [33].

No hay forma de mantener la mentalidad tradicional de producción lineal para obtener mejores resultados holísticos. Asimismo, el principio de creación de valor y eliminación de desperdicios es

común tanto a CE como a LM, sin embargo, utilizan un enfoque diferente, su combinación parece ser natural de esta manera [12]. La cuarta revolución trajo consigo nuevos desafíos, como relacionados al personal, cadena de suministro y seguridad de datos; la quinta revolución ayuda a superarlos a través del enfoque en las personas [31].

En la Figura 1 se plantea, con aportación propia, una comparación y similitudes entre los conceptos de Lean Manufacturing, Industria 4.0, Industria 5.0 y Economía Circular. La intención es mostrar con tres dimensiones (enfoque, proceso y personas) las similitudes o perspectivas que promueve cada tendencia. La incorporación de métodos de producción innovadores para reducir el impacto ambiental también se denomina fabricación verde, para lograrlo se deben generar cambios desde las prácticas corporativas, de fabricación y en el pensamiento de todas las partes interesadas[34].

Incorporando la Economía Circular mediante indicadores clave de desempeño

Teniendo como base el hecho de que las empresas basan su visión en satisfacer las necesidades de las partes interesadas, desde clientes, accionistas, gobierno y empleados, el Hoshin Kanri o despliegue estratégico de los objetivos nos ayuda a implementar desde el nivel gerencial más alto hasta el nivel operativo [24], esta herramienta puede ser muy fácilmente utilizada por compañías que no son lucrativas o tienen enfoque social [22]. El éxito de la incorporación de conceptos y principios de economía circular, para transformar de política linear a circular, es necesario implementar acciones y políticas clave así como monitorearlas.

	Manufactura Esbelta	Industria 4.0	Industria 5.0	Economía Circular
Enfoque principal	• Reducir desperdicio. • Valor.	• Optimizar procesos. • Información en tiempo real.	• Sustentabilidad. • Centrado en la humanidad.	• Reducir desperdicio. • Reducir la huella de carbón.
Relacionado al proceso	Mejorar el proceso actual.	Mejorar el proceso mediante tecnología.	Mejorar los servicios a largo plazo.	Negocios innovadores.
Relación con las personas	Orientado a las personas.	Educación en tecnología.	Centrado en las personas.	Promueve el bienestar.

Figura 1. Comparación, similitudes e interrelación de las corrientes expuestas. Fuente investigación y aplicación propia.

Al considerar la implementación de EC, se considera tanto el diseño del producto como la operación de producción que tienen todo el ciclo de vida del producto [14]. Se debe definir el alcance, o la fase a la que se aplicará la EC, para monitorear si las acciones implementadas son exitosas.

Los indicadores de Economía Circular deben considerar los indicadores de triple resultado (triple bottom line indicators TBL), económico, ambiental y social; Algunos indicadores a considerar son la efectividad general del equipo ambiental, las emisiones de carbono, la huella de carbono, el consumo de energía, el consumo de materiales, la satisfacción de los empleados, el nivel de ruido, el consumo de energía, la tasa de accidentes, el índice de carga física, solo por mencionar algunos ejemplos de KPI [6].

Despertando la conciencia en el mundo.

Al implementar la economía circular, el estudio de la cadena de suministro es fundamental, desde la adquisición de materia prima hasta la entrega del producto al cliente final. El concepto holístico se denomina gestión de la cadena de suministro verde o Green Supply Chain Management. La sostenibilidad empresarial es la corriente que tiene como objetivo generar valor agregado para las

actividades de una empresa y minimizar el impacto ambiental y social negativo [16] a través del Triple Bottom Line (TBL).

Varios autores [23], [26], [27], [35] concuerdan en que los objetivos de la EC deben estar dirigidos a las dimensiones ambiental, económica y social. Estas dimensiones se consideran Excelencia Sostenible cuando son integradas, como se mencionó anteriormente, mediante el involucramiento de las partes interesadas y por medio de una planeación estratégica [36]. En 2010 se lanzó la estrategia "Europa 2020" para poner fin a la explotación excesiva de los recursos naturales. Después en 2015, se lanzó "Transformar Nuestro Mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible", también conocida como la Agenda 3P [28].

Estado del arte, marco metodológico.

En esta estrategia de investigación se realizó una revisión sistemática de literatura, con el objeto de obtener evidencia de estudios primarios, consiste en 3 fases, desde pacificación, realización y documentación de la revisión [37]. Con los objetivos o preguntas anteriores mencionados en la fase introductoria, la segunda fase fue establecer el protocolo de búsqueda: las dos herramientas principales para encontrar la literatura base, fueron Scopus y Google Scholar. Se buscaron conceptos y métodos asociados a "Lean Manufacturing", "Industria 4.0", "Industria 5.0", "Economía Circular", "Hoshin Kanri", "VSM", "E-VSM", "diagrama IPO", "A3". Se tienen en cuenta criterios de inclusión y criterios de exclusión. Como parte de criterios de inclusión, el objetivo fue recopilar información y datos de investigaciones de estos temas provenientes de toda América, Europa y Asia. La parte excluyente, se tomó de filtro casos de aplicación del 2017 al 2024, para establecer una propuesta metodológica más fácil de aplicar a las necesidades actuales. Los criterios de calidad seleccionados son: objetivo de estudio, aportación, utilidad, afinidad, facilidad de aplicación.

Se tomaron como referencia 72 artículos de los cuáles solo se encontraron 5 provenientes de México, lo cual remarca la necesidad de casos prácticos para la aplicación en territorio nacional y Latinoamérica. Se hizo revisión de bibliografía tanto en inglés como en español.

Las similitudes entre los diferentes autores, entre las diferentes industrias donde se aplicó, fue tomado en cuenta la parte teórica y se buscó casos prácticos, buscando principalmente estudios en industria metalmecánica, sin embargo, no se encontraron resultados satisfactorios. Se procede a realizar una propuesta base para la aplicación en cualquier ramo industrial, en este estudio se considera para aplicación en una unidad de negocios de una empresa dedicada a la fabricación y pintura de ensambles metal mecánicos.

En base de la bibliografía se genera un modelo-propuesta estilo hoja de ruta para la incorporación a un sistema con procesos enfocados a un nivel *triple bottom*; se programa una prueba piloto, tomando en cuenta todos los comentarios positivos y negativos. Se monitorea por 3 meses el proyecto piloto y se procede a establecer modificaciones y siguientes pasos.

Modelo de implementación. Caso Práctico.

Tras la revisión bibliográfica de los conceptos mencionados, se elige la herramienta VSM (value stream mapping) para reflejar la fotografía actual del proceso, en el cual se establecerán mediante "estrellas" aquellas áreas donde se requiera una mejora. El diseño típico del VSM esta basado en una producción lineal [4]. Es importante seleccionar la línea/producto a mapear [38], asignando prioridad de acuerdo a los objetivos estratégicos.

Comparando estudios similares, Chaparrin Japa [5] establece un VSM ligado a un A3, pero no se menciona el cómo cascadear los objetivos de una alta gerencia hasta las operaciones en piso. En el modelo de Chaparrin, el primer paso es la recopilación de datos y luego el mapeo de la situación actual, la selección de las herramientas de Lean Manufacturing a aplicar depende de la identificación del problema en cada paso. El uso de modelos de simulación, para analizar el desempeño del sistema en diferentes escenarios. La importancia es la adición de los indicadores de triple fondo. Abu-Bakr [39], propuso un modelo cuantitativo para investigar si las herramientas de manufactura esbelta pueden mejorar los indicadores de triple fondo. Después de una larga lista de estudios previos, la intención es llenar el vacío en la literatura que se muestra. Díaz-Reza [40] en su modelo de ecuación estructural, se enfoca en solo tres herramientas de manufactura esbelta para mejorar la sustentabilidad social, que son Kaizen, Gemba y 5 Por qué. Miden a través de la técnica de dinámica de sistemas para simular diferentes escenarios, en maquiladoras mexicanas. Este estudio tiene como objetivo reforzar la importancia de aplicar las herramientas de LM y demostrar los años de trabajo para cosechar los beneficios. Batwara [6] propone un VSM sustentable inteligente (SI-VSM) para PYMES (propietarios, formuladores de políticas o gerentes). El método alternativo sugerido, que pretende potenciar el VSM, además de incluir aspectos sociales y ambientales, es el uso de lo que la literatura denomina el análisis Input-Process-Output (IPO) [41], [42] en cada uno de los pasos o partes que se considere técnicamente aconsejable. Se consideran los controles y facilitadores de cada proceso así como la retroalimentación de los resultados obtenidos al inicio. Los procesos en las fábricas constan de muchos niveles, siendo la salida de un proceso la entrada de un paso posterior y se puede desglosar de acuerdo con el nivel de detalle deseado para ser analizado [25].

Como mencionan algunos de los autores citados [12], [43], [44], [45], [46], [47], se pueden incluir además de los indicadores económicos más comunes a los VSM en cada casilla de proceso. Las dimensiones extra por considerar son la parte social, la cual pudiéramos agregar indicadores ergonómicos, nivel de matriz de entrenamiento o experiencia de los operarios y para la parte ambiental pudiera aplicar los residuos generados, tanto de manejo especial o manejo común, nivel de ruido, luz, gases, etc.

Para dar mayor claridad a las áreas de oportunidad, se decide agregar un diagrama IPO debajo de cada caja del proceso (figura 2), incluyendo una salida/output producto y residuo. Otro aspecto que hace este una propuesta más útil es la posibilidad de permear y alinear los objetivos estratégicos mediante la metodología Hoshin Kanri, así como para establecer el área funcional y/o procesos a los que el equipo dirigirá sus esfuerzos desde la visión de largo plazo de la empresa.

La hoja de ruta propuesta es la siguiente (figura 3):

1. Tomar la decisión/estar dispuesto a incorporar no solo aspectos económicos, sino también sociales y ambientales desde el diseño del producto hasta la fabricación. Definir el alcance en cada uno de los sectores.

2. Establecer métodos de medición para cada aspecto.

3. Definir el primer proceso a trabajar.

4. Definir el estado actual:

a. Realizar un VSM que incluya los aspectos económicos, ambientales y sociales seleccionados a monitorear.

b. Detectar desperdicios o áreas de oportunidad a través de conceptos de LM e identificar puntos a mejorar con la Industria 4.0.

5. Establecer equipos de trabajo.

Para este ejercicio ilustrativo, en la etapa de VSM, en el estado actual o real, se analiza la situación inicial del proyecto, se detecta la forma de medición y se identifican los responsables de gestionar estos indicadores, o campeones del proyecto son identificados.

En la empresa de ensambles y pintura de productos metal mecánicos se procedió a realizar el siguiente caso práctico de implementación. Como antecedente, la empresa tiene varios años que ha colocado dentro de sus objetivos estratégicos rubros que abarcan seguridad y medio ambiente, política de Calidad e indicadores de calidad, medición de las entregas, costo y eficiencia, así como programas de desarrollo a la excelencia e innovación y desarrollo del personal. Se desea correr una prueba piloto con el modelo mencionado anteriormente. Al realizarse un VSM holístico con el triple bottom line se elige la línea de pintura, esto debido a que se concentra la mayor cantidad de consumo de insumos que se van a disposición de manejo especial.

Aplicando los pasos de la hoja de ruta:

Paso uno: Tomar la decisión/estar dispuesto a incorporar aspectos sociales y ambientales, completo como se mencionó anteriormente. La sustentabilidad, equidad, diversidad e inclusión son parte de los valores de la empresa estudiada. Además, la empresa cuenta con las certificaciones ISO 14001 e ISO 45001.

Paso dos: Establecer métodos de medición para cada aspecto. Ejemplos de las métricas desarrolladas por la empresa incluyen la Tasa Total de Incidentes Registrables (TRIR), Días Fuera del Trabajo (DART), nivel de riesgo EHS.

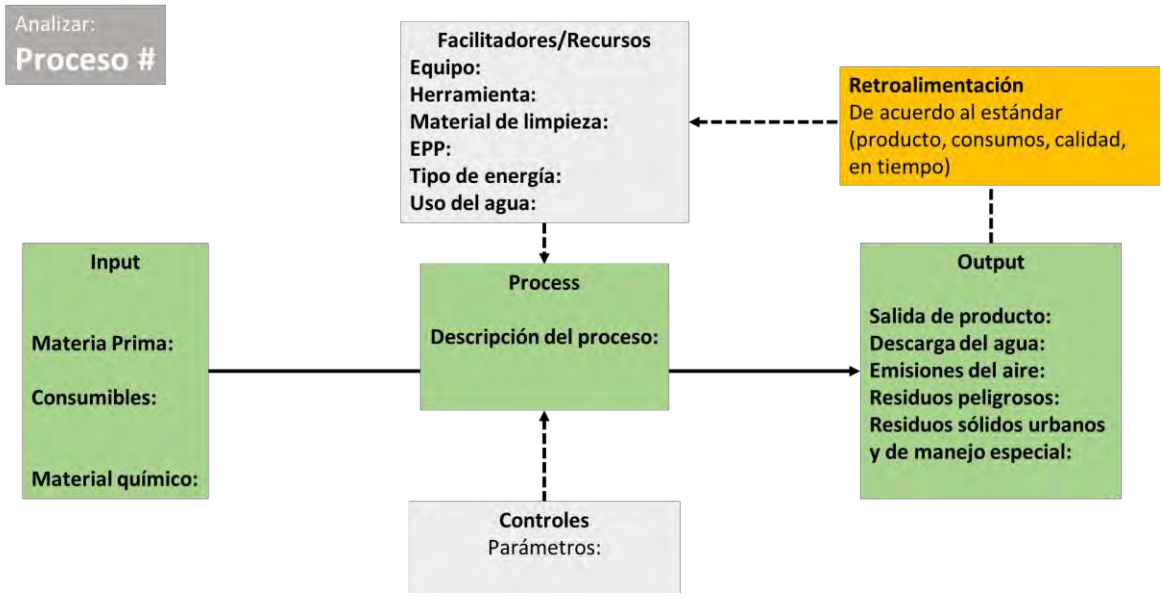


Figura 2. Despliegue de diagrama IPO holístico. Fuente investigación y aplicación propia.

Paso tres: Definir el primer proceso en el que trabajar.

En las instalaciones de México, uno de los modelos de productos metalmecánicos elegidos para la aplicación de un VSM holístico a nivel micro.

Paso cuatro: Definir el estado actual:

a. Desarrollar un VSM que incluya los aspectos económicos, ambientales y sociales seleccionados para ser monitoreados.

La caja del VSM, antes y después de aplicar los principios del triple fondo (ver tabla 1).

b. Detectar desperdicios o áreas de oportunidad a través de los conceptos LM e identificar puntos a mejorar con I4.0, ver en figura 4.

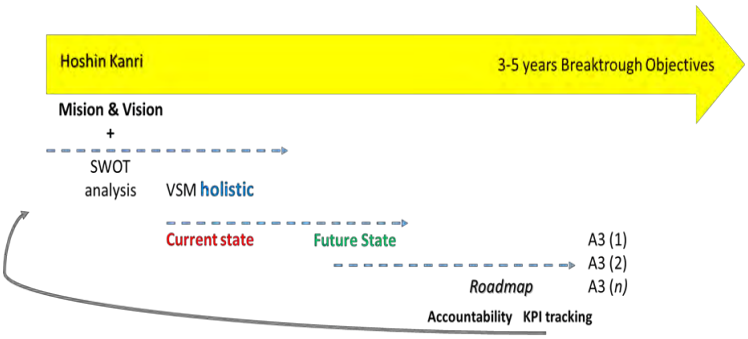


Figura 3. Cascadear mediante Hoshin Kanri desde la alta dirección las iniciativas de Economía Circular. Fuente investigación y aplicación propia.

Paso cinco: Establecer equipos de trabajo. Tras la recolección de datos y la identificación de áreas de oportunidad, se elabora el listado de eventos para establecer un líder y el equipo que debe asistir al evento para garantizar el éxito del mismo. Luego de conformar los equipos de trabajo, contar con un cronograma de los proyectos ayudará a dar seguimiento a las necesidades del triple resultado, teniendo un líder específico, fecha y KPI a seguir. Enfocando a nuestra gente en las principales áreas de oportunidad.

Tabla 1 Caja del VSM antes y después. Referencia [43] y adaptación propia.

Caja VSM antes	Caja VSM después
# Operadores	# Operadores
# de turnos	# de turnos
T. Neto Disponible	T. Neto Disponible
Tiempo Ciclo Maquina	Tiempo Ciclo Maquina
Tiempos muertos	Tiempos muertos
DPU	DPU
	Nivel Ergonómico
	Nivel de riesgo
	% Entrenamiento
	Nivel de ruido
	Residuos ambientales (KG por día)
	Humos
	Nivel de luz

Resultados y discusión

Revisión de cifras actuales.

De los tres (3) eventos a realizar, uno es una acción puntual con entrenamiento, y dos eventos kaizen se proceden a programar. En esta investigación se procede a plasmar los resultados del evento ambiental. En la figura 5 se observan los datos de respaldo donde se sostiene la importancia de tomar cartas en el asunto en Planta Pintura. El 87% de los residuos peligrosos y de manejo especial son provenientes de los procesos de Planta Pintura, y el 13% es proveniente de las Procesos de Ensamble, ver en figura 5.

Como seguimiento al VSM y diagrama IPO holístico, se realizan los diagramas IPO de cada una de las estaciones del proceso de Pintura, ver figura 6, ejemplo de diagrama del proceso de estación 1 Preparación.

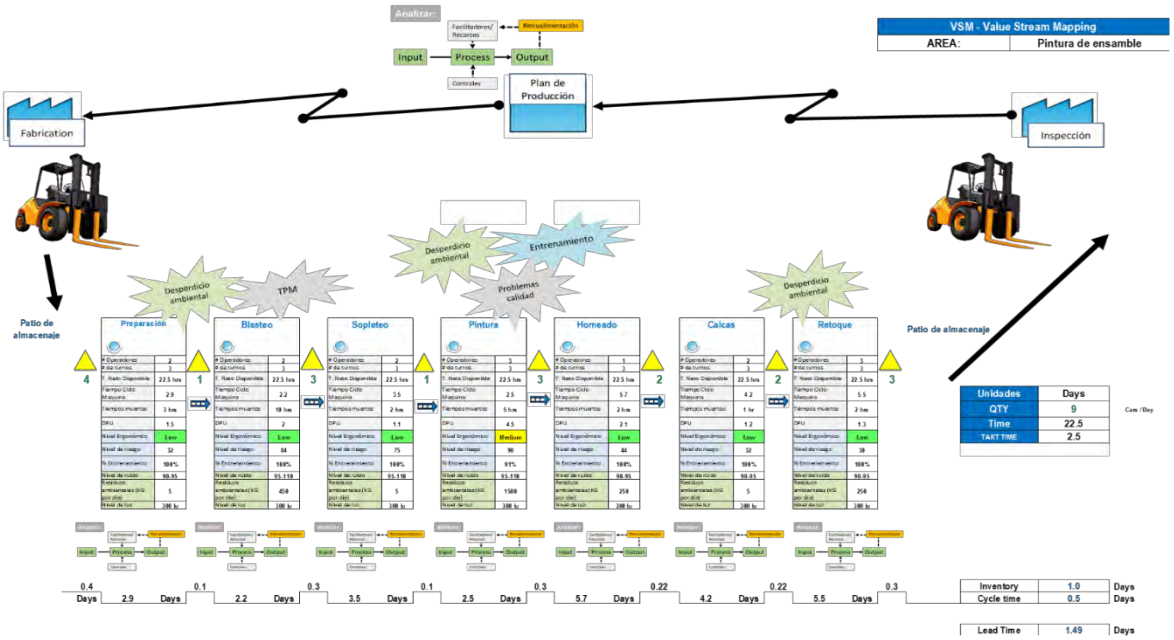


Figura 4. Aplicación de VSM holístico a unidad de negocios Pintura. Fuente elaboración propia.

Figura 5. Estratificación del origen de residuos contaminados y de manejo especial en Planta 1 México. Datos del 2023 elaboración propia.

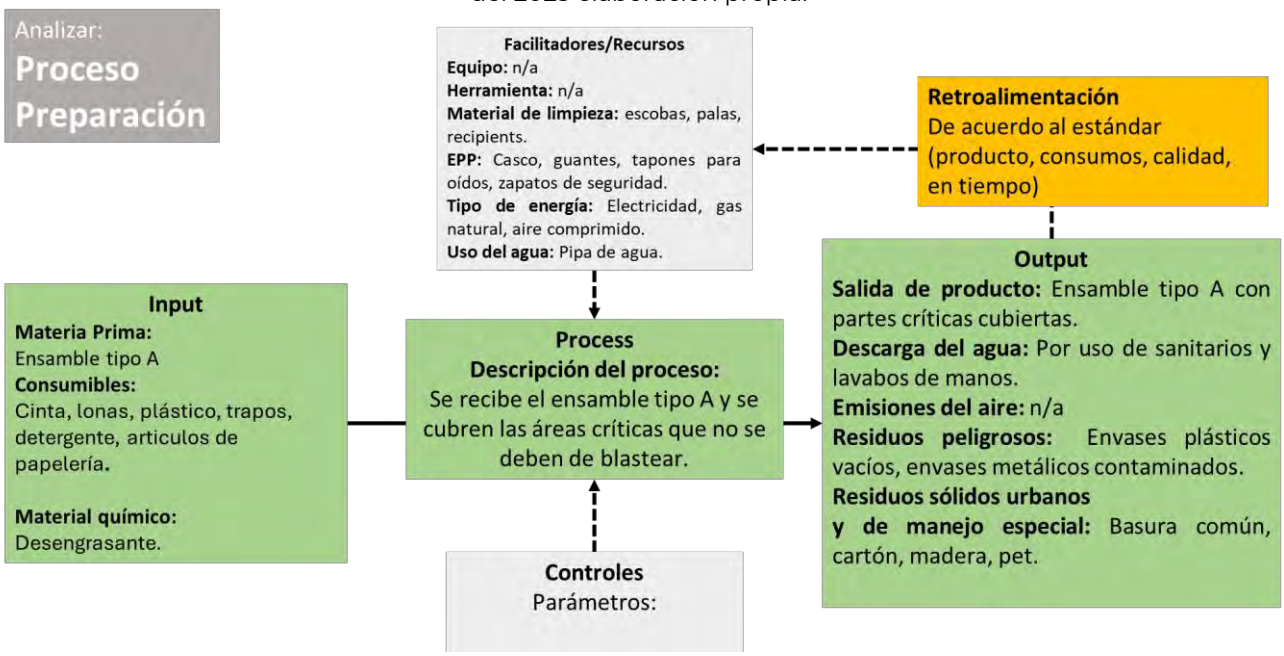


Figura 6. Diagrama IPO holístico propuesto del primer proceso, estación *Preparación*. Elaboración propia.

Actividades Evento Kaizen desarrollado para impacto ambiental

El VSM holístico se realiza en el mes de febrero, se detecta una tendencia promedio de 350 kg de desechos por ensamble, resultando del promedio de 2023 y los primeros 2 meses del 2024.

En el evento kaizen se realizan las siguientes actividades de manera resumida:

- Día 1, se procede a desarrollar la semana Kaizen, donde se comienza con entrenamiento técnico de principios Lean, así como conocimientos específicos de Medio Ambiente y relacionados a Economía Circular.
- Día 2 del evento se procede a realizar levantamiento de hallazgos y anormalidades, se recorre el *gemba* y se entrevista a los operadores en turno, así como personal administrativo.
- Día 3 se comienza a hacer el análisis de las desviaciones detectadas, así como se procede a realizar el análisis de costo beneficio e impacto dificultad de los hallazgos y sus posibles soluciones. Para este paso se busca implementar actividades o soluciones de Lean Manufacturing así como identificación de tecnología y herramientas de Industria 4.0. Todo esto con la finalidad de garantizar procesos más esbeltos, menos desperdicios y mejorar la satisfacción de los empleados (industria 5.0).
- Día 4 se procede a cerrar las actividades que son de acción inmediata.
- Día 5 se realiza el informe para los ejecutivos sobre todo lo detectado y las actividades que no se pudieron cerrar y se colocarán en un listado de acciones a monitorear por los siguientes 30 días. Se muestran los métricos y parámetros de éxito. En este caso se medirá mediante kilogramos de desecho por ensamble producido. Se establece una meta de 272 kg por ensamble.

Últimos resultados: seguimiento al KPI

Se genera un canal de comunicación entre los diversos participantes del Kaizen Ambiental. Estableciendo reuniones periódicas tanto vía remota como visitas al gemba, con la finalidad de monitorear el cierre de los hallazgos.

Las primeras acciones cerradas traen consigo una disminución de 30% de los residuos por ensamble fabricado, lo cual trae beneficios ambientales, sociales, culturales y económicos. Figura 7 muestra los kg por ensamble que se registraron en el 2023, así como cada uno de los meses del 2024.

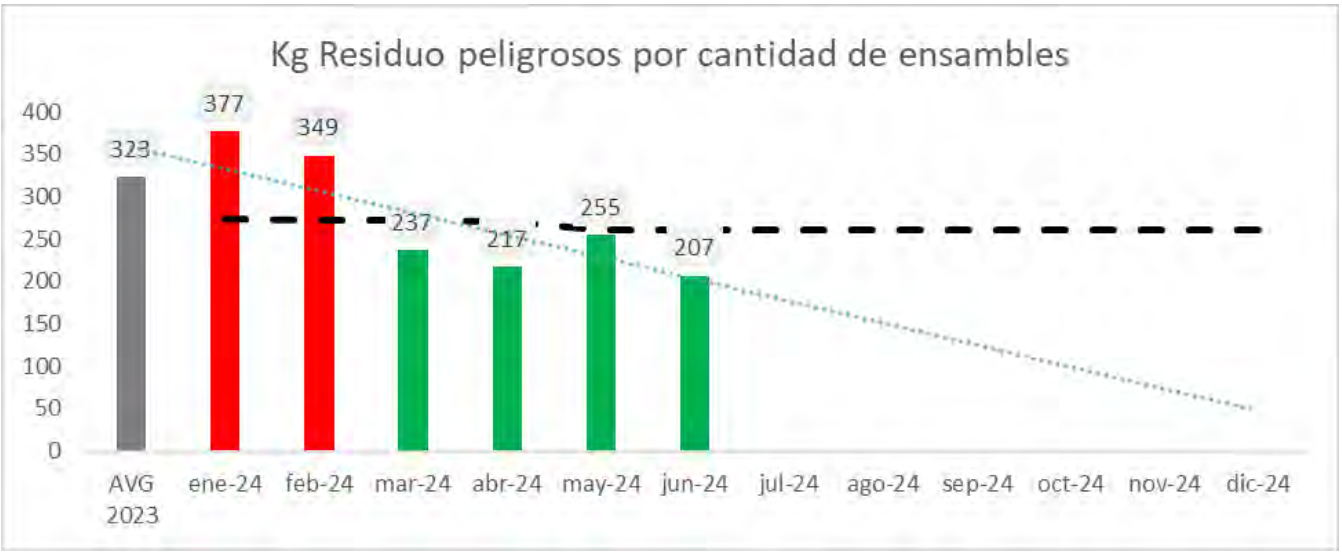


Figura 7. Seguimiento al primer evento Kaizen Ambiental en Planta Pintura. Investigación y resultados del proyecto.

Trabajo a futuro

Como se puede ver en la gráfica (figura 7) de sostenimiento del evento, se ha tenido la disminución de residuos de manejo especial de un más de un 30%. Los datos fueron modificados por cuestiones de confidencialidad de la empresa estudiada, sin embargo, guardan proporción del impacto favorable.

El siguiente paso es hacer la expansión horizontal en otra unidad de negocio en otra localidad, para comparar similitudes con el modelo y limitaciones.

Se pretende hacer un análisis del impacto económico de esta disminución de residuos generados, sin embargo, el impacto social, cultural y ambiental, es lo más valioso que deja este tipo de seguimiento e incorporación.

Algo importante de mencionar, es que antes de la implementación de este VSM holístico, no se había realizado ningún proyecto Kaizen ambiental.

Conclusiones y recomendaciones

Existe un campo de estudio y aplicación de los conceptos y metodología. Existen casos de éxito a nivel mundial de empresas que incorporan conceptos como LM, Industria 4.0, HK y CE.

Sin embargo, no se encontró ningún caso específico de aplicación en México, y menos en una empresa metalmecánica que no esté cimentada en estos conceptos (LM e Industria 4.0), como las empresas automotrices. Este caso de estudio es de aplicación de una industria metalmecánica en México, donde se incorporaron los conceptos de LM, Industria 4.0 y CE, a diferencia de los casos de VSM que no incorporan aspectos ambientales y sociales.

Esto abre un abanico de posibilidades para orientar a las empresas en este campo. Entre los principales beneficios presentados se encuentra la promoción de aspectos de bienestar social y ambiental en pro de la salud de la empresa, la huella ambiental, el cuidado del uso adecuado de los recursos naturales y el fomento de la mejora continua en los procesos. Otros beneficios incluyen apelar al talento humano para desarrollar nuevos métodos y estrategias en pro de la salud humana y ambiental, así como mejorar el ciclo de vida de los productos finales, dependiendo del nivel organizacional en el que se adopte. Esto ayudará a sentar las bases para la Industria 5.0.

Dentro de este primer Kaizen ambiental se utilizaron herramientas de Ingeniería Industrial y Manufactura Esbelta, desde el VSM, estudio de tiempos y movimientos, diagrama de espagueti, diagrama IPO, así como el cascadeo del Hoshin Kanri, la metodología A3. Para la parte de Industria 4.0 se buscaron alternativas "*inteligentes*" para el control y almacenaje de pintura, se tiene una sala que cuenta con realidad virtual para capacitación en el proceso de simulación del proceso de pintura, así como blasteo, así como espacios para hacer prácticas en campo. En la dinámica de la incorporación de conceptos de economía circular, se buscó acciones específicas para reducir, reusar, reciclar y recuperar materiales y consumibles. Si bien las herramientas de manufactura esbelta e ingeniería industrial no son nuevas, su uso y aplicación hacen una gran diferencia en procesos y por ende los resultados. Al momento de aplicar junto con los tópicos del triple bottom line, en un principio se tenía dificultad de que hay indicadores que solo se tienen por nave de producción o algunos otros por toda la unidad de negocio, lo cual hacía muy difícil el estratificar el área de oportunidad de una manera rápida.

Entre las recomendaciones asociadas a la aplicación del caso destacan:

Las barreras identificadas para el desarrollo de esta propuesta incluyen madurez de las empresas para darse cuenta de la importancia de salvaguardar su huella ambiental, falta de regulaciones que obliguen a las empresas a tomar mayores acciones, falta de conocimiento sobre temas básicos de LM e Industria 4.0 y cascada de la estrategia a través de todos los departamentos y capas de la empresa.

Por otro lado, los beneficios incluyen:

Crear una herramienta visual para detectar las principales áreas de mejora de los procesos, priorizar eventos donde los miembros del equipo establecerán sus esfuerzos, establecer un enfoque holístico para apoyar los desafíos actuales, desarrollar un marco de trabajo que sea fácil de aplicar a diferentes industrias y una metodología probada con resultados económicos que podría mejorar los factores sociales y ambientales.

Referencias

[1] F. Rosin, P. Forget, S. Lamouri, y R. Pellerin, "Impacts of Industry 4 . 0 technologies on Lean principles", Int J Prod Res, vol. 0, núm. 0, pp. 1–18, 2019, doi: 10.1080/00207543.2019.1672902.

[2] Gerard. Kaufmann, Aligning Lean and Value-based Management. 2020.

[3] D. Flores-Galindo, R. G. Herrera, A. L. M. Methodology, L. Thinking, y L. Management, "The Journey from Lean Manufacturing to Industry 4 . 0 : The Rail Manufacturing Process in Mexico", International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, vol. 15, núm. 6, pp. 294–299, 2021, [En línea]. Disponible en: https://publications.waset.org/10012109/the-journey-from-lean-manufacturing-to-industry-40-the-rail-manufacturing-process-in-mexico

[4] F. Kalemkerian, J. Santos, M. Tanco, J. A. Garza-Reyes, y E. Viles, "Analysing the alignment between the Green Lean and Circular strategies: towards a Circular Lean approach", Journal of Manufacturing Technology Management, 2022, doi: 10.1108/JMTM-11-2021-0480.

[5] R. D. P. Chaparin, E. Ramos, y L. Sequeiros, "Sustainable Lean Manufacturing model to reduce waste in a dairy company in Peru", LACCEI (Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions), dic. 2023. doi: 10.18687/leird2023.1.1.465.

[6] A. Batwara, V. Sharma, M. Makkar, y A. Giallanza, "Impact of Smart Sustainable Value Stream Mapping-Fuzzy PSI Decision-Making Framework". [En línea]. Disponible en: https://ssrn.com/abstract=4632586

[7] A. Sanders, C. Elangeswaran, y J. Wulfsberg, "Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing", Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 9, núm. 3, pp. 811–833, 2016, doi: 10.3926/jiem.1940.

[8] M. M. Huidobro, M. A. M., Vera, A. D. C., & Aranda, "Estrategias del sector público y privado para la implementación de la Industria 4.0 en México Strategies of the public and private sector for the implementation of Industry 4.0 in Mexico", vol. 6, pp. 13–31, 2020.

[9] J. H. Ávila-Bohórquez y R. de J. Gil-Herrera, "Proposal and Validation of an Industry 4.0 Maturity Model for SMEs", Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 15, núm. 3, pp. 433–454, 2022, doi: 10.3926/jiem.3673.

[10] X. Xu, Y. Lu, B. Vogel-Heuser, y L. Wang, "Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception", J Manuf Syst, vol. 61, pp. 530–535, oct. 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.

[11] V. Cillo, G. L. Gregori, L. M. Daniele, F. Caputo, y N. Bitbol-Saba, "Rethinking companies' culture through knowledge management lens during Industry 5.0 transition", Journal of Knowledge Management, vol. 26, núm. 10, pp. 2485–2498, nov. 2022, doi: 10.1108/JKM-09-2021-0718.

[12] S. P. Nadeem, J. A. Garza-Reyes, A. I. Anosike, y V. Kumar, "Coalescing the lean and circular economy", Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, vol. 2019, núm. MAR, pp. 1082–1093, 2019.

[13] M. Oliveira et al., "Circular Economy and the Transition to a Sustainable Society: Integrated Assessment Methods for a New Paradigm", Circular Economy and Sustainability, vol. 1, núm. 1, pp. 99–113, jun. 2021, doi: 10.1007/s43615-021-00019-y.

[14] M. Kurdve y M. Bellgran, “Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level”, J Clean Prod, vol. 278, p. 123223, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123223.

[15] United Nations, “The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023”, 2023, Consultado: el 14 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf

[16] R. M. Vivas, “Propuesta De Implementación Del Modelo Hoshin Kanri En Una Mipyme Del Sector Constructor”, 2018.

[17] V. F. Vladimir, N. C. Mercedes, C. M. M. Francisca, y M. V. D. José, “Balanced scorecard: Key tool for strategic learning and strengthening in business organizations”, Academic Journal of Interdisciplinary Studies, vol. 9, núm. 3, pp. 1–11, 2020, doi: 10.36941/ajis-2020-0036.

[18] G. Moraga et al., “Circular economy indicators: What do they measure?”, Resour Conserv Recycl, vol. 146, núm. April, pp. 452–461, 2019, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.03.045.

[19] P. Morseletto, “Targets for a circular economy”, Resour Conserv Recycl, vol. 153, núm. October 2019, p. 104553, 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104553.

[20] M. Kaya, “Industrial applications of circular economy for e-waste recycling”, Horizons in Earth science research, vol. 22, p. 117, 2021.

[21] R. Malagueño, E. Lopez-Valeiras, y J. Gomez-Conde, “Balanced scorecard in SMEs: effects on innovation and financial performance”, Small Business Economics, vol. 51, núm. 1, pp. 221–244, 2018, doi: 10.1007/s11187-017-9921-3.

[22] L. M. M. Pérez, “Balanced Scorecard for the Management of Social Impact in Inclusive Employment Organizations”, CIRIEC-Espana Revista de Economia Publica, Social y Cooperativa, núm. 98, pp. 153–188, 2020, doi: 10.7203/CIRIEC-E.98.13368.

[23] R. Kesterson, Hoshin Kanri. 2017. doi: 10.4324/9781315587035.

[24] M. H. A. Soliman, “The Toyota Way to Effective Strategy Deployment: How Organizations Can Focus Energy on Key Priorities Through Hoshin Kanri to Achieve the Business Goals”, Journal of Operations and Strategic Planning, vol. 3, núm. 2, pp. 132–158, 2020, doi: 10.1177/2516600x20946542.

[25] M. Baudin y T. Netland, Introduction to Manufacturing: An Industrial Engineering and Management Perspective. 2022.

[26] P. Graupp, S. Steward, y B. Parsons, Creating an effective management system: Integrating policy deployment, TWI, and Kata. 2019.

[27] A. O. Paraschivescu, “Hoshin Kanri and Total Quality Management.”, Economy Transdisciplinarity Cognition, vol. 21, núm. 1, pp. 91–98, 2018, [En línea]. Disponible en: http://ezproxy.liberty.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=131469948&site=ehost-live&scope=site

[28] I. S. Gatell y L. Avella, “Impact of Industry 4.0 and circular economy on lean culture and leadership: Assessing digital green lean as a new concept”, European Research on Management and Business Economics, vol. 30, núm. 1, ene. 2024, doi: 10.1016/j.iedeen.2023.100232.

[29] N. Yadav, R. Shankar, y S. P. Singh, “Impact of Industry4.0/ICTs, Lean Six Sigma and quality management systems on organisational performance”, TQM Journal, vol. 32, núm. 4, pp. 815–835, 2020, doi: 10.1108/TQM-10-2019-0251.

[30] L. Varela, A. Araújo, P. Ávila, H. Castro, y G. Putnik, “Evaluation of the relation between lean manufacturing, industry 4.0, and sustainability”, Sustainability (Switzerland), vol. 11, núm. 5, pp. 1–19, 2019, doi: 10.3390/su11051439.

[31] M. Khan, A. Haleem, y M. Javaid, “Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0”, Green Technologies and Sustainability, vol. 1, núm. 2, p. 100020, may 2023, doi: 10.1016/j.grets.2023.100020.

[32] R. Panchal, A. Singh, y H. Diwan, “Does circular economy performance lead to sustainable development? – A systematic literature review”, el 1 de septiembre de 2021, Academic Press. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112811.

[33] T. E. T. Dantas, E. D. de-Souza, I. R. Destro, G. Hammes, C. M. T. Rodriguez, y S. R. Soares, “How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals”, el 1 de abril de 2021, Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.spc.2020.10.005.

[34] A. Haleem, M. Javaid, R. P. Singh, R. Suman, y M. A. Qadri, “A pervasive study on Green Manufacturing towards attaining sustainability”, Green Technologies and Sustainability, vol. 1, núm. 2, p. 100018, may 2023, doi: 10.1016/j.grets.2023.100018.

[35] G. Tortorella, P. A. Cauchick-Miguel, y P. Gaiardelli, “Hoshin Kanri and A3: a proposal for integrating variability into the policy deployment process”, TQM Journal, vol. 31, núm. 2, pp. 118–135, 2019, doi: 10.1108/TQM-06-2018-0076.

[36] R. Ennals, “Hoshin Kanri The Strategic Approach to Continuous”, núm. February, 2015, doi: 10.1007/s00146-009-0203-8.

[37] D. Cordova-pizarro, I. Aguilar-barajas, y D. Romero, “Circular Economy in the Electronic Products Sector : Material Flow Analysis and Economic Impact of Cellphone E-Waste in Mexico”, 2019, doi: 10.3390/su11051361.

[38] J. Abisourour, M. Hachkar, B. Mounir, y A. Farchi, “Methodology for integrated management system improvement: combining costs deployment and value stream mapping”, Int J Prod Res, vol. 58, núm. 12, pp. 3667–3685, jun. 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1633482.

[39] M. A. Abu-Bakr, M. G. Abdel-Kader, y A. F. Elbayoumi, “Measuring the Impact of Lean Manufacturing Practices on Sustainability Performance: A Proposed Model): Roadmaps for Sustainable Businesses: Egypt Measuring the Impact of Lean Manufacturing Practices on Sustainability Performance: A Proposed Model”, 2017.

[40] J. Roberto Díaz-Reza, J. Luis García-Alcaraz, A. J. Gil-López, y A. Realyvasquez-Vargas, “Lean Manufacturing Tools as Drivers of Social Sustainability in the Mexican Maquiladora Industry”, doi: 10.17632/4fphc32fj3.1.

[41] X. Chen, Y. Zhu, y J. Shen, “Input-output dynamic model for optimal environmental pollution control”, Appl Math Model, vol. 83, pp. 301–321, 2020, doi: 10.1016/j.apm.2020.02.029.

[42] J. Decius, N. Schaper, y A. Seifert, Work Characteristics or Workers ’ Characteristics ? An Input-Process-Output Perspective on Informal Workplace Learning of Blue-Collar Workers. Springer Netherlands, 2021. doi: 10.1007/s12186-021-09265-5.

[43] R. R. Hartini S, Manurung J, “Sustainable-value stream mapping to improve manufacturing sustainability performance : Case study in a natural dye batik SME ’ s Sustainable-value stream mapping to improve manufacturing sustainability performance : Case study in a natural dye batik SME ’”, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1072/1/012066.

[44] N. Jamil, H. Gholami, M. Zameri, M. Saman, S. Sharif, y N. Zakuan, “DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping : towards a sustainable manufacturing system”, Economic Research-Ekonomska Istraživanja, vol. 33, núm. 1, pp. 331–360, 2020, doi: 10.1080/1331677X.2020.1715236.

[45] A. Muñoz-villamizar, J. Santos, J. J. Garcia-sabater, U. P. De Valencia, P. Grau, y S. Sebastian, “Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance”, 2018, doi: 10.1108/IJPPM-06-2018-0216.

[46] L. Ngo, “The influence of ICT on the accommodation industry in”, 2019.

[47] T. Phuong, N.A., Guidat, “Sustainable value stream mapping and technology Industry 4.0 in manufacturing process re-configuration: a case study in apparel company.”, pp. 85–90, 2018.

CHATBOTS COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN PARA ESTUDIANTES DE NIVEL LICENCIATURA

Montes-Almanza, Ma. Elena1*, Montes-Almanza, María Luisa2, Frias-Maldonado, Ma. Del Consuelo3, Guzmán- Rivera, Miguel Ángel4, Ramírez, Pedro Celestino5.
1*TecNM campus Querétaro,*elena.ma@queretaro.tecnm.mx, 2TecNM campus Querétaro, luisa.ma@queretaro.tecnm.mx, 3TecNM campus Querétaro, consuelo.fm@queretaro.tecnm.mx, 4TecNM campus Querétaro, miguel.gr@queretaro.tecnm.mx, 5TecNM campus Querétaro, pedro.r@queretaro.tecnm.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En la era digital actual, la programación es una habilidad esencial que trasciende las disciplinas tradicionales. Sin embargo, la enseñanza de la programación plantea desafíos importantes, particularmente en la educación superior. En el Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales tienen dificultades en el área de programación debido a sus limitadas habilidades de razonamiento analítico y lógico, la percepción de que la programación es difícil y el uso de métodos de enseñanza tradicionales, lo que contribuye a altas tasas de reprobación y deserción escolar. Este estudio tiene como objetivo abordar estos problemas analizando el potencial de los chatbots mediante una propuesta didáctica para la enseñanza de la programación fundamentada en el aprendizaje basado en problemas. Esta investigación emplea un enfoque cuantitativo, exploratorio, descriptivo y transversal; que involucra una población de 95 estudiantes, con un tamaño de muestra de 77.

Palabras clave: Aprendizaje basado en problemas, Tutor inteligente, Chatbot, Programación

Abstract

In today's digital age, programming is an essential skill that transcends traditional disciplines. However, teaching programming poses significant challenges, particularly in higher education. At the National Technology of Mexico, Querétaro Campus, students of the Computer Systems Engineering program have difficulties in the area of programming due to their limited analytical and logical reasoning skills, the perception that programming is difficult, and the use of traditional teaching methods, which contributes to high failure and dropout rates. This study aims to address these problems by analyzing the potential of chatbots through a didactic proposal for teaching programming based on problem-based learning. This research uses a quantitative,

exploratory, descriptive and transversal approach, which involves a population of 95 students, with a sample size of 77.

Key words: Problem based learning, Smart tutor, Chatbot, Programming

Introducción

En la actualidad con la llamada era digital, la programación se ha convertido en una habilidad esencial que trasciende las fronteras de las disciplinas tradicionales. Sin embargo, la enseñanza de esta materia presenta desafíos significativos, especialmente en el nivel educativo superior, como es el caso del Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, específicamente en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales donde los estudiantes enfrentan dificultades para dominar los conceptos básicos de programación.

Lo anterior puede deberse principalmente a que los estudiantes de nuevo ingreso cuentan con pocas habilidades de razonamiento analítico y lógico, así como para la resolución de problemas reales que son competencias esenciales en la programación, a su vez también se observa que se emplean prácticas tradicionales de enseñanza con poca integración de estrategias didácticas activas, aunado a la percepción estudiantil de que la programación es difícil y aburrida, lo cual se aprecia en el aumento de los porcentajes de reprobación y deserción de los estudiantes en la carrera.

Cabe señalar, que aprender programación es un proceso iterativo e incremental que exige un alto nivel de abstracción, la aplicación de técnicas y heurísticas, así como el desarrollo de un estilo de programación basado en buenas prácticas y principios de eficiencia algorítmica [1], por lo que, se requiere desarrollar en los estudiantes un pensamiento computacional que esté vinculado a una forma específica de organizar ideas y representaciones, fomentando el análisis y la organización lógica de procedimientos [2]. Por tanto, es crucial abordar esta problemática mediante el desarrollo de estrategias que fomenten dichas competencias como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el uso continuo de herramientas tecnológicas de la información.

El aprendizaje basado en problemas es una estrategia didactica en la que los estudiantes construyen su propio conocimiento resolviendo problemas del mundo real [3], lo que la convierte en una metodología adecuada no solo para mejorar las habilidades deductivas relacionadas con la lógica de programación, sino también para facilitarles la adquisición de conocimientos y permitirles un aprendizaje significativo durante su formación academica en la institución, así como, posteriormente su aplicación en el desempeño laboral [4]. Por su parte, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ofrecen una solución a este problema en cuanto a que proporcionan acceso a una amplia variedad de recursos educativos para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje, en particular las aplicaciones generadoras de dialogo como los chatbots, que pueden optimizar la manera en que los estudiantes realizan consultas durante sus actividades académicas [5].

Los chatbots son herramientas de software que permiten acceder a servicios e información interactuando con los usuarios en su lenguaje cotidiano, ya sea mediante

texto o voz [6]. Están diseñados para automatizar conversaciones imitando a un interlocutor humano y pueden integrarse como plataformas en línea, asistentes digitales, o mediante la interacción a través de servicios de mensajería [7].

Actualmente, existen diversas estrategias para desarrollar programas de chatbots, siendo la más aceptada aquellas que utilizan servicios de plataformas que encapsulan la complejidad del procesamiento y ofrecen herramientas de diseño y publicación [5]. Las principales empresas que brindan estos servicios de inteligencia son: Amazon Web Services con Amazon Lex, Google Cloud con Dialogflow, IBM con Watson Assistant, y Microsoft con el Bot Framework. Además, hay otras plataformas destacadas como Rasa, Chatfuel, Tars, Pandorabots, ManyChat y Botsify, que facilitan la creación de chatbots para diversas aplicaciones comerciales.

El uso de los chatbots se ha extendido a diversos ámbitos, siendo este adoptado por empresas de distintos tamaños y sectores para ofrecer interacciones personalizadas en consultas, trámites administrativos, académicos, así como asesorías comerciales simulando conversaciones humanas [8], [9]. Estos sistemas mejoran la eficiencia proporcionando soporte continuo, personalizando la experiencia del usuario, mejorando tiempos de respuesta y manejando tareas repetitivas.

En el ámbito educativo, los chatbots se definen como herramientas diseñadas con objetivos educativos y pedagógicos específicos [10]. Se consideran recursos didácticos porque se integran en sistemas interactivos capaces de enseñar a los estudiantes, asumiendo roles como profesor, facilitador o acompañante mediante un diálogo en lenguaje natural [11], facilitando con estos el logro de los objetivos de aprendizaje establecidos en los estudiantes [10]. En este contexto, los chatbots pueden tener diversas intenciones pedagógicas como: a) herramientas para enseñar contenidos; b) asistentes que facilitan información al estudiantado y que proporcionan detalles de las clases impartidas o exámenes; c) mentores que apoyan a los estudiantes en el desarrollo de competencias [7]. Es decir, los chatbots se emplean como asistentes virtuales de clase, sistemas de tutorías inteligentes, sistemas de compañeros de aprendizaje o como objetos de aprendizaje en diversas plataformas educativas.

Por tanto, entre sus principales aplicaciones se incluye recordar lecciones anteriores, mejorar los métodos de aprendizaje, proporcionar retroalimentación basada en los comentarios recopilados, responder preguntas frecuentes sobre diversos temas [12]. A su vez proporcionan acceso a información, recursos y asistencia en cualquier momento, permitiendo a los estudiantes aprender a su propio ritmo y en su propio horario. Esto es especialmente beneficioso para aquellos estudiantes que prefieren aprender de forma independiente [13]. De igual manera, los sistemas de chatbots en la enseñanza de la programación pueden ayudar a los estudiantes a: desarrollar habilidades de pensamiento computacional, como: la abstracción, el razonamiento inductivo y dedutivo, desglosar problemas complejos en partes más pequeñas, formular soluciones representadas mediante algoritmos o series de instrucciones, ofrecer sugerencias y correcciones adaptadas a las necesidades individuales. En este sentido, los chatbots, con su capacidad de proporcionar asistencia e interacción personalizada, así como brindar retroalimentación inmediata, ofrecen una oportunidad única para transformar la enseñanza de la programación en un proceso más dinámico.

Por consiguiente, este trabajo tiene como objetivo analizar las potencialidades de los chatbots mediante el diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la programación fundamentado en el aprendizaje basado en problemas (ABP).

Metodología

Para llevar a cabo este estudio, se realizó una investigación cuantitativa con un enfoque exploratorio, descriptivo y transversal. La población de estudio estuvo compuesta por 95 estudiantes de diversos semestres del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales, inscritos en las asignaturas de Fundamentos de Programación, Programación Orientada a Objetos y Tópicos Avanzados de Programación durante el periodo de enero a junio de 2024. Se aplicó para determinar el tamaño de la muestra, la fórmula para poblaciones finitas y conocidas, obteniéndose así un total de 77 estudiantes mediante muestreo aleatorio simple, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Para la implementación de la estrategia didáctica, la investigación se dividió en dos etapas:

En la primera etapa se desarrolló una estrategia pedagógica para fomentar el aprendizaje de la programación, la cual se implementó mediante una secuencia didáctica planteando una serie de actividades de aprendizaje utilizando el chatbot como herramienta principal y fundamentada en el aprendizaje basado en problemas.

Mientras que, en la segunda etapa para determinar la percepción de los estudiantes del chatbot como herramienta didáctica en el apoyo del aprendizaje de la programación, se desarrolló y aplicó un cuestionario utilizando una escala de Likert de 5 puntos, conformada de 12 reactivos que se agruparon de acuerdo con cada una de las fases de la propuesta didáctica. La elaboración del cuestionario se realizó en Google Forms, mismo que se les hizo llegar a los estudiantes a través de sus correos institucionales y que permitió la recolección de datos. Una vez recopilada la información se realizó un análisis estadístico descriptivo, para interpretar los resultados. Este análisis permitió tener una comprensión clara del impacto del chatbot como herramienta didáctica y por ende determinar la efectividad de la propuesta pedagógica tomando como base el aprendizaje basado en problemas y el uso del chatbot.

Resultados y discusión

En la primera etapa de este trabajo, como parte de los resultados se desarrolló una propuesta pedagógica fundamentada en el aprendizaje basado en problemas, realizándose una adaptación de cada una de las fases sistemáticas para su implementación. Para ello, se diseñó una guía didáctica con actividades para orientar a los estudiantes en la resolución de problemas, la creación de algoritmos y la codificación en un lenguaje de programación. Esta propuesta está estructurada en cuatro fases metodológicas:

I. Fase Conceptual. Consiste en presentar los conceptos necesarios para resolver un problema y ejemplificar el proceso de solución por parte del docente, de modo que el estudiante se familiarice con este procedimiento.

- Docente: Presentar problemas de la realidad, define el marco de referencia del problema, ejemplifica el proceso de solución del problema.
- Estudiante: Identifica los contenidos necesarios para resolver el problema, solicita al chatbot información de los conceptos básicos de programación como: variables, tipo de datos, estructura de control etc. A su vez le pide al chatbot ejemplos de código relevantes que ilustran los conceptos solicitados.

II. Fase Procedimental. Se resuelve un problema con supervisión del docente, permitiendo al docente clarificar y automatizar el procedimiento de resolución del problema.

- Docente: Proporciona una serie de ejercicios resueltos por el chatbot, una guía y el apoyo necesario para resolver el problema.
- Estudiante: Analiza las soluciones ofrecidas por el chatbot e identifica los pasos del proceso de solución del problema en cada sección de código.

III. Fase Autónoma. Se plantean problemas para ser resueltos de manera independiente aplicando el método planteado por el docente.

- Docente: Presenta problemas, proporcionando una guía y el apoyo necesario para resolver el problema.
- Estudiante: Resuelve problemas planteados, ingresa el código de solución de cada problema en la interfaz de entrada del chatbot, solicita otras alternativas de solución, compara sus respuestas con las ofrecidas por el chatbot, y determina cuál de las soluciones es más eficiente.

IV. Fase Metacognitiva. Consiste en evaluar los resultados de la solución dada, así como la efectividad del proceso para la solución del problema, tanto a nivel individual como en equipo.

- Docente: Presenta el problema, fomenta el debate y la discusión de soluciones según la estrategia de trabajo colaborativo, resuelve los conflictos de contenido que puedan surgir y proporciona retroalimentación sobre la solución del problema.
- Estudiante: Resuelve el problema y lo codifica conformé a la metodología enseñada, solicita al chatbot el análisis del código para evaluar el rendimiento del programa requiriendo sugerencias de mejora, solicita otra alternativa de solución del mismo problema para realizar un análisis comparativo de su código contra el proporcionado por el chatbot y evalúa la eficacia en cuanto a las alternativas de solución del problema.
- Grupo o Equipo de trabajo: En sesión plenaria realiza un análisis comparativo entre su código, el de sus compañeros de grupo o equipo y el generado por el chatbot, identifica de cada código similitudes, diferencias y posibles mejoras para la solución del problema planteado, determinando el código con mayor eficiencia.

En la segunda etapa, para determinar la percepción de los estudiantes sobre el uso del chatbot como herramienta didáctica en el apoyo del aprendizaje de la programación se obtuvieron resultados en cada una de las fases propuestas, las cuales se resumen a continuación:

En la figura 1, se muestran los resultados de la primera y segunda fase de la propuesta didáctica en el proceso de solución de problemas mediante el ABP y el uso del chatbot. En la fase conceptual el 50% los estudiantes manifestaron estar totalmente de acuerdo, en que el chatbot les ayudo a identificar y definir datos necesarios para abordar el problema, un 47% mencionaron estar de acuerdo, mientras un 3% manifestaron no estar en acuerdo ni en desacuerdo. A su vez, el 48% de los estudiantes refirieron estar totalmente de acuerdo en que les fue útil para establecer la relación de los datos en el problema, mientras que un 45% estuvieron de acuerdo, un 5% en desacuerdo y el 3% en totalmente en desacuerdo. Por otro lado, el 45% de los estudiantes manifestaron estar totalmente de acuerdo que el chatbot facilitó la comprensión inicial del problema presentado, mientras que 42 % estuvieron de acuerdo, un 8% ni acuerdo ni en desacuerdo, un 4% en desacuerdo y el 1% en totalmente en desacuerdo.

A su vez, en la fase procedimental el 51% de los estudiantes manifestaron estar totalmente de acuerdo en que el chatbot les facilitó la generación de varias posibles soluciones basadas en la información analizada, mientras que el 47% estuvo de acuerdo, un 1% en desacuerdo y otro 1% en total desacuerdo. De igual manera el 49% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo en que el chatbot proporcionó orientación clara en la implementación de la solución del problema, el 46% estuvo de acuerdo y un 3% no estuvo de acuerdo ni en desacuerdo, y otro 2% se manifestaron en desacuerdo. De igual manera un 47% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo que el chatbot les ayudo a analizar la información, mientras que un 45% estuvo de acuerdo, un 3% ni en acuerdo ni en desacuerdo, un 2% en desacuerdo y un 3% en total desacuerdo.

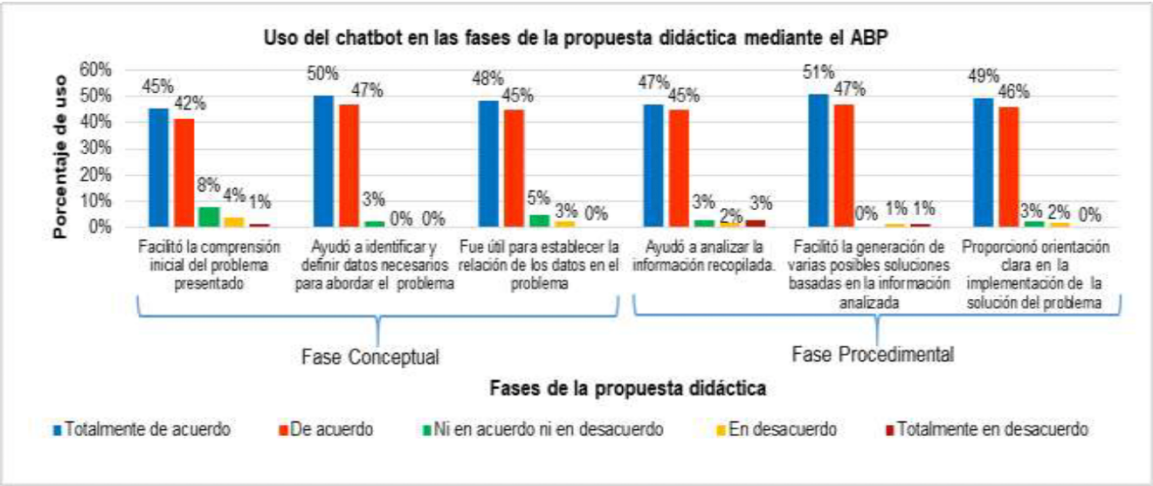


Figura 1. Percepción de uso del chatbot en la fase I y II de la propuesta didáctica mediante el ABP.

Los resultados para la tercera y cuarta fase de la propuesta didáctica usando el chatbot se muestran en la figura 2.

En la fase autónoma un 56% de estudiantes refieren estar totalmente de acuerdo en que el chatbot les proporcionó una guía paso a paso durante la ejecución del plan de solución del problema, el 43% se manifestó en acuerdo, mientras que el 1% no estuvieron en acuerdo ni en desacuerdo. Así mismo, un 48% coincidieron en estar totalmente de acuerdo en que el chatbot les ayudo a entender claramente el enunciado del problema, un 42% mencionó estar de acuerdo, un 6% ni en acuerdo ni en desacuerdo, un 3% en desacuerdo y por último un 1% totalmente en desacuerdo. Por su parte un 53% de los estudiantes encuestados mencionaron estar totalmente de acuerdo en que el chatbot ayudó a verificar si la solución encontrada resolvió el problema planteado, mientras que un 45% declaró estar de acuerdo y solo un 1% manifestó estar en desacuerdo.

Para la fase metacognitiva el 52% de los encuestados manifestaron estar totalmente de acuerdo en que el chatbot les permitió realizar la evaluación de los resultados de la solución implementada y un 48% estuvo de acuerdo. De igual manera, el 49% de los estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo de que el chatbot les facilitó el uso eficiente de los datos y conceptos para ejecutar el plan de solución del problema, mientras que un 47% refirió estar de acuerdo y un 4% ni en acuerdo ni en desacuerdo. Así mismo, un 51% de los estudiantes encuestados refirieron estar totalmente de acuerdo en que el chatbot les ayudó a reflexionar sobre el proceso identificando áreas de mejora, un 47% estuvo de acuerdo al respecto, y solo un 3% no estuvo ni en acuerdo ni en desacuerdo.

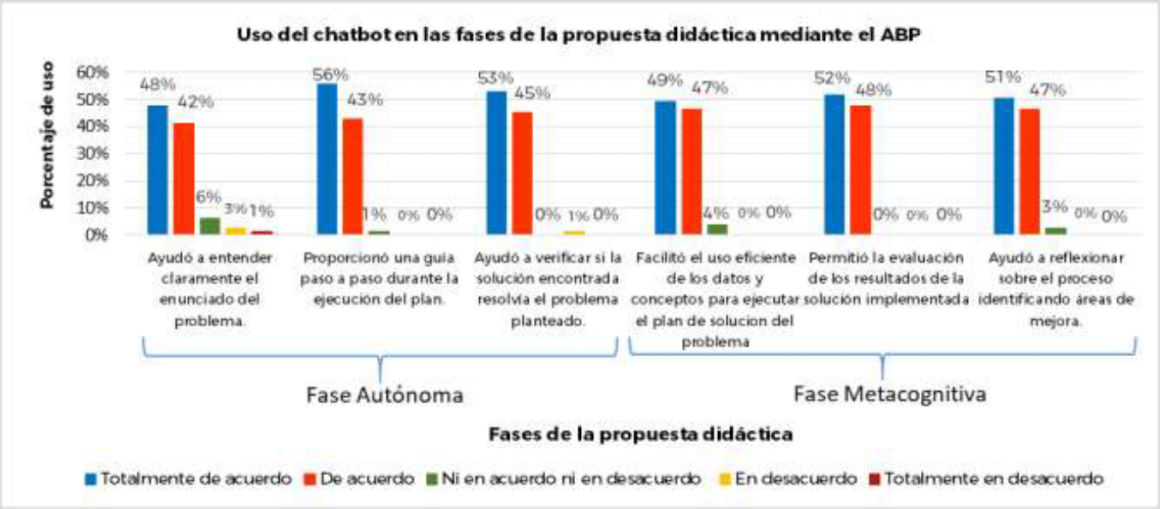


Figura 2. Percepción de uso del chatbot en la fase III y IV de la propuesta didáctica mediante el ABP.

Los resultados obtenidos, demuestran que el uso del chatbot integrado en la secuencia didáctica tuvo un efecto favorable al brindar apoyo durante el proceso de resolución de problemas, resultando en un aprendizaje significativo de la programación. Dado que el uso del chatbot no solo facilito a los estudiantes una mejor comprensión de los problemas de programación planteados, sino que me permitió reflexionar sobre el proceso y aprender de la experiencia, identificando áreas de mejora en su proceso de aprendizaje

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro, es necesario validar la propuesta didáctica mediante la retroalimentación de otros docentes de la misma área de conocimiento, de tal manera que permite ajustar las actividades de acuerdo con las necesidades de los estudiantes y optimizar la aplicación del aprendizaje basado en problemas, con el objetivo de lograr la competencia de la programación y asegurar la implementación del uso del chatbot como herramienta o recurso didáctico, eficiente y favorable en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Además, se requiere un estudio longitudinal para evaluar a largo plazo el impacto de la propuesta didáctica mediante el aprendizaje basado en problemas y el uso del chatbot en el rendimiento académico de los estudiantes en la programación. Este tipo de estudio proporcionará datos valiosos sobre como la integración del chatbot afectará el progreso de los estudiantes a lo largo del tiempo no solo dentro del marco del aprendizaje basado en problemas, sino también en la aplicación de cualquier otra estrategia de aprendizaje. Permitiendo ajustar y perfeccionar continuamente las actividades en cada una de las fases de la propuesta didáctica haciendo uso del chatbot para maximizar su efectividad y asegurar que los estudiantes no solo aprendan a programar, sino que también desarrollen habilidades críticas de resolución de problemas.

Así mismo, sería útil realizar un estudio de tipo experimental comparando las estrategias de enseñanza tradicional con el uso del chatbot, mediante dos grupos de control para obtener datos concretos sobre los índices de reprobación y verificar la eficacia de la estrategia didáctica con el uso chatbot. Este estudio comparativo puede ofrecer una visión clara sobre las ventajas y posibles limitaciones del uso de chatbots en la enseñanza de la programación, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones sobre la incorporación de estas tecnologías en el currículo educativo.

Conclusiones

La integración de los chatbots en la enseñanza de la programación a través del aprendizaje basado en problemas ha demostrado hasta el momento de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación ser una estrategia efectiva para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje, dado que no solo facilitan la comprensión y aplicación de conceptos complejos, sino que también brindan apoyo constante y personalizado a los estudiantes, fomentando un aprendizaje más autónomo y activo, permitiendo a los estudiantes enfrentar y resolver problemas de programación de manera más eficiente. También han mostrado un impacto positivo en la motivación y el compromiso de los estudiantes, aspectos que son esenciales para el éxito académico y la retención del conocimiento.

Es importante señalar que a medida que la tecnología continúa avanzando, se debe seguir explorando y perfeccionando en este tipo de herramientas inteligentes para maximizar su potencial en el área educativa y garantizar que los estudiantes desarrollen las competencias necesarias para su éxito profesional. Esto implica no solo el desarrollo de chatbots más sofisticados y adaptativos, sino también la capacitación de los docentes

en el uso de estas tecnologías y la integración de metodologías pedagógicas innovadoras que aprovechen al máximo sus capacidades.

Para implementar de manera efectiva el uso de los chatbots en la educación, es crucial un compromiso institucional que proporcione los recursos necesarios y fomente una cultura de adaptación tecnológica. Esto incluye invertir en infraestructura tecnológica, para crear contenidos educativos específicos y establecer políticas que promuevan la integración de tecnologías emergentes en el currículo. La colaboración entre instituciones educativas, desarrolladores de tecnología y expertos en pedagogía es esencial para garantizar que los chatbots no solo complementen, sino también enriquezcan el proceso de enseñanza y aprendizaje, pudiendo lograr un entorno educativo más dinámico, inclusivo y preparado para las necesidades futuras de conocimiento. Dado que las generaciones actuales se encuentran familiarizadas con el uso de los chatbots para buscar información y resolver problemas de cualquier índole, es por ello que se debe aprovechar el potencial que ofrece el chatbot para favorecer la adquisición del conocimiento.

Referencias

[1] M. Mac Gaul, E.F. Fernández y M.F. López, “Hacia un modelo de tutoría inteligente en el campo de la programación,” I Simposio Argentino de Educación en Informática (SAEI 2019)-JAIIO 48, pp. 85-95, 2019, http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88805

[2] J. Acevedo Borrega, “El pensamiento computacional en la educación obligatoria. Una revisión sistemática de la literatura”, Tesis de Maestría, Universidad de Extremadura, España, 2017, https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/172763

[3] T. Cuadros, M. Estrada y R. Hernández, (2019). “Aprendizaje Basado en Problema como alternativa para mejorar la enseñanza de la ciencias en secundaria”, Conisen, pp. 1–11, 2019, https://www.antiguo.conisen.mx/memorias2019/memorias/2/P524.pdf

[4] N.L. Quintanar, L.L Fernández, M. C. Frías, M.E, Montes y M.L. Montes, “Desarrollo de habilidades para resolución de problemáticas estudiantiles en licenciatura basados en objetos de aprendizaje," Journal CIM, vol. 9. no.1, pp. 1746-1752, 2021, http://orizaba.tecnm.mx/cim/Journals/2021_Journal_CIM.pdf

[5] O. Ayala Cadena y I. Aguilar Juárez, “La enseñanza de la programación mediante software educativo especializado y los agentes conversacionales”, Interfases, vol. 17, no. 017, pp. 170-186, 2023, https://doi.org/10.26439/interfases2023.n017.6337

[6] P. Brandtzaeg and B. Folstad, “Chatbots: Changing user needs and motivations,” Interactions, vol. 25, no.5, pp.38 - 43, 2018, https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/256016 3/interactions_changing+user+needs preprint.pdf?sequence=4

[7] S. Wollny, J. Schneider, D. Di Mitri, J. Weidlich, M. Rittberger, and H. Drachsler, “ Are we there yet? A systematic literature review on chatbots in education”, Frontiers in artificial intelligence, 4, 2021, doi: https://doi.org/10.3389/frai.2021.65492

[8] G. Caldarini, S. Jaf, and K. McGarry, “A literature survey of recent advances in chatbots. Information,” vol. 13, no.41, 2022, doi: https://doi.org/10.3390/info13010041

[9] J.A. Ogosi Auqui, “Chatbot del proceso de aprendizaje universitario: Una revisión sistemática,” Alpha Centauri, vol. 2, no. 2, pp. 29-43, 2021, https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8092584

[10] J. Riel, "Essential features and critical issues with educational chatbots: toward personalized learning via digital agents," IGI Global, pp. 246-262, 2019, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3361302
[11] S. Tamayo y D. Pérez-Marin, "¿Qué esperan los maestros de los Agentes Conversacionales Pedagógicos?," Education in the Knowledge Society (EKS), vol. 18, pp. 59–85, 2017, https://doi.org/10.14201/eks20171835985
[12] H. Ho Thao et al., "Asistentes inteligentes en entornos de educación superior: FIT-EBot, un chatbot para apoyo administrativo y de aprendizaje". Actas del 9. ° Simposio internacional sobre tecnología de la información y la comunicación, pp.69-76, 2018, https://dl.acm.org/doi/10.1145/3287921.3287937
[13] P. Dúo Terrón. "Chatbots en educación". Espiral. https://ciberespiral.org/es/nuevos-sistemas- conversacionales-chatbots-en-educacion/ (acceso: 04 de julio de 2024)

IMPLEMENTACIÓN DE CRIPTOGRAFÍA ASIMÉTRICA DE FIRMA ELECTRÓNICA MEDIANTE SISTEMA WEB

Viramontes Rodríguez Luis Alfonso[1], García Castañón Alfredo[2], Torres Hernández Luis Eduardo[3], Márquez Martínez Luis Enrique[4], Reyes Rodríguez José Antonio[5]*
[1]Instituto Tecnológico de Zacatecas, alfredo.garcia@itz.edu.mx, [2]Instituto Tecnológico de Zacatecas, alfredo.garcia@zacatecas.tecnm.mx, [3] Instituto Tecnológico de Zacatecas, luis.torres@zacatecas.tecnm.mx, [4]Instituto Tecnológico de Zacatecas, luise.mm@zacatecas.tecnm.mx, [5]Instituto Tecnológico de Zacatecas, jose.rr@zacatecas.tecnm.mx

Área de participación: **Sistemas Computacionales**

Resumen

Los sistemas de información han cambiado de manera significativa el proceso de validar y autenticar documentos electrónicos directamente con el firmante. La firma electrónica es un concepto legal, que equivale electrónicamente al de la firma manuscrita, donde una persona física o moral acepta y da por validado el contenido de un mensaje o documento electrónico a través de cualquier medio digital que sea legítimo y permitido según las leyes de cada estado o país, sustituyendo así los mecanismos de firma autógrafa que han prevalecido por años. En la presente investigación se muestra la implementación de un sistema web de firma electrónica de documentos, analizando distintos tipos de procesos, modelos y algoritmos criptográficos asimétricos para la correcta operación del mismo y así poder garantizar aspectos de seguridad y confidencialidad de los datos.

Palabras clave: *Firma electrónica, Criptografía, Criptografía Asimétrica, Algoritmos de encriptación.*

Abstract

Information systems have significantly changed the process of validating and authenticating electronic documents directly with the signer. The electronic signature is a legal concept, which is electronically equivalent to that of the handwritten signature, where a natural or legal person accepts and validates the content of an electronic message or document through any digital means that is legitimate and permitted according to the laws. of each state or country, thus replacing the handwritten signature mechanisms that have prevailed for years. This research shows the implementation of a web system for electronic signature of documents, analyzing different types of processes, models and asymmetric cryptographic algorithms for its correct operation and thus being able to guarantee aspects of security and confidentiality of the data.

Key words: *Electronic signature, Cryptography, Asymmetric Cryptography, Encryption algorithms.*

Introducción

La transformación digital ha cambiado la dinámica del mundo de los negocios, la mayoría de las empresas necesitan adaptarse para ganar mayor cuota de mercado. Y en este crecimiento de nuevas

tecnologías existe una que es fundamental para incrementar la productividad como lo es la firma electrónica.

Con la implementación de un sistema web, es posible firmar contratos en línea, legalmente vinculantes, sin imprimir en papel o tomar un bolígrafo, obteniendo resultados tales como mayor aumento en la rentabilidad, productividad, adaptabilidad y escalabilidad en un mercado en constante desarrollo. Es por ello que la firma electrónica se ha vuelto imprescindible para muchas empresas aumentando su productividad en México [1] hasta en un 25% implementando estas herramientas en su flujo de trabajo.

Según la ley de firma electrónica avanzada, se define como el conjunto de datos y caracteres que permiten la identificación del firmante, que ha sido creada por medios electrónicos bajo su control exclusivo, de manera que está vinculada únicamente al mismo y a los datos a los que se refiere, lo que permite que sea detectable cualquier modificación interior de éstos, la cual produce los mismos efectos jurídicos que la firma autógrafa [2], en consecuencia, tendrán el mismo valor probatorio que las disposiciones legales que se otorguen a éstos. Se debe entender que dentro de la firma electrónica se realiza un proceso de encriptación de la información que se desea enviar o firmar según sea el caso, pero no es con el fin de ocultar los datos, sino garantizar la identidad del emisor.

Marco Teórico

2.1 Criptografía

La criptografía es una disciplina que hace uso de métodos y técnicas [3] con el objetivo principal de codificar y proteger un conjunto de datos mediante el uso de algoritmos. La protección de datos, se ha convertido en una tarea indispensable para las operaciones que se realizan en internet, esto debido al crecimiento y auge de sistemas y aplicaciones web. Sin el uso de algoritmos criptográficos la información que viaja en la red, sería vulnerable a ataques y robo de información. Es por ello, que la mayoría de los datos que recorren el internet se encuentran cifrados, pero esto no garantiza que estén totalmente seguros, por lo que es necesario implementar infraestructuras de políticas, recursos de hardware y software para asegurar altos niveles de certeza y confiablidad para los usuarios.

2.2 Tipos de algoritmos criptográficos

Un algoritmo criptográfico es aquel que partiendo de un documento original o un conjunto de datos aplica un algoritmo que utiliza una clave secreta como argumento [4], con el objetivo de obtener características de seguridad, existen dos tipos de algoritmos de cifrado, algoritmo asimétrico o de clave pública y algoritmo simétrico o de clave secreta.

2.3 Criptografía Simétrica

La criptografía simétrica se define como el conjunto de técnicas y algoritmos para descifrar y encriptar un conjunto de datos [5]. Son grupos de algoritmos distintos que se relacionan unos con otros para mantener la conexión confidencial de la información, algunas características de este tipo de cifrado son las siguientes:

- A partir del mensaje o documento cifrado no se puede obtener el mensaje original ni la clave secreta que se ha utilizado, aunque se conozcan todos los detalles del algoritmo criptográfico.
- Utiliza la misma clave para cifrar el mensaje original que para descifrar el mensaje codificado.
- Emisor y receptor deben haber acordado una clave común por medio de un canal de comunicación confidencial antes de poder intercambiar información.

En la figura 1 se muestra un ejemplo del uso de criptografía simétrica donde el mensaje original “Hola alumnos del ITZ” se cifra mediante una clave conocida por todos los interlocutores, y como resultado arrojara en conjunto de caracteres, que se enviarán mediante un canal de combinación inseguro, como resultado el destinatario podrá descodificar el mensaje mediante la clave que el remitente debió proporcionar.

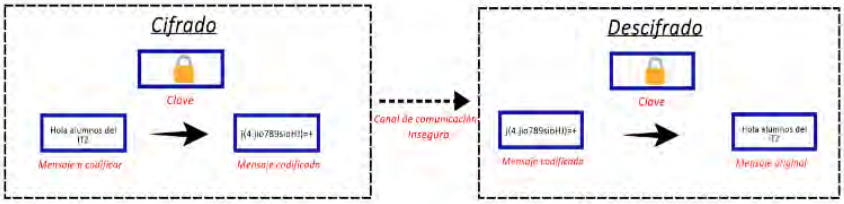


Figura 1. Ejemplo del uso de criptografía simétrica. Fuente propia.

2.4 Criptografía asimétrica

El método criptográfico asimétrico [6] utiliza dos claves, clave privada de uso exclusivo del usuario, esta clave permitirá cifrar y descifrar mensajes de manera completamente segura, la segunda clave se denomina clave pública, la cual es un clave que el usuario puede compartir a terceras personas, el funcionamiento de este método dependerá del origen del mensaje, por ejemplo si el usuario con la clave pública cifra un mensaje, solamente el usuario con la llave privada podrá descifrar dicho mensaje, en cambio si el usuario con su llave privada cifra un mensaje, solamente aquellas personas que haya proporcionado su clave pública podrán descifrar el mensaje, es extremadamente difícil que lo descifre alguien salvo el destinatario. En la figura 2 se observa el uso de la criptográfica asimétrica.

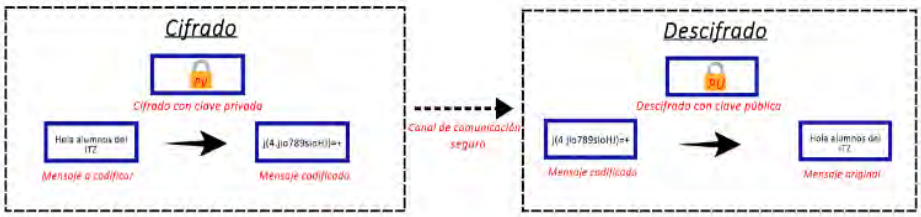


Figura 2. Ejemplo del uso de criptografía asimétrica. Fuente propia.

Los métodos criptográficos garantizan que cada pareja de llaves sólo se puede generar una vez, de modo que no es posible que dos personas obtengan la misma pareja de llaves, todo el proceso de cifrado asimétrico se considera el núcleo de la firma electrónica digital.

2.5 Análisis comparativo de tipos de criptografía

Una vez que se conocen los dos tipos de criptografía se realizó la siguiente tabla comparativa [7], para analizar los principales atributos y diferencias de los tipos de cifrado, se observa que los algoritmos asimétricos están enfocados a firmas digitales esto debido al grado de complejidad, seguridad y longitud de claves que se aplican, en cambio el cifrado simétrico es utilizado principalmente en grandes volúmenes de datos como se muestra en la tabla 1.

Tabla1. Análisis comparativo de tipos de criptografía. Fuente propia.

Atributo	Clave simétrica	Clave asimétrica
Años en uso	Mas de 50 años	Menos de 50 años
Velocidad	Rápida	Lenta
Uso principal	Cifrado de grandes volúmenes de datos	Intercambio de Claves y Firma digital
Claves	Compartidas entre el emisor y receptor	Privada; sólo conocida por 1 persona, Pública: conocida por todos
Intercambio de claves	Difícil de intercambiar por un canal inseguro	La Clave pública se comparte por cualquier canal. La privada nunca se comparte
Longitud de claves	56 bits (Vulnerable) 256 bits(seguro)	1024 bits mínimo
Algoritmos	DES, 3DES, Blowfish, IDEA, AES	RSA, DSA, Elgamal
Servicio de seguridad	Confidencialidad Integridad Autenticación	Confidencialidad Integridad Autenticación No repudio

2.6 Tipos de algoritmos criptográficos

Los algoritmos simétricos están enfocados en el cifrado de grandes volúmenes de datos [8], en caso contrario la aplicación de los algoritmos asimétricos se enfoca principalmente en firmas digitales e intercambio de claves mediante un canal seguro como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis comparativo de algoritmos simétricos y asimétricos. Fuente propia.

Algoritmo	Fecha de creación	Tipo de Encriptación	Longitud de claves	Estructura o modelo	Velocidad	Seguridad	Actualmente se utiliza	Recursos necesarios de hardware
RSA	1977	Asimétrica	1024-2048 bits	Llave pública	Lento	Seguro	SI	Alto
DSA	1991	Asimétrica	2048 bits	Llave pública	Lento	Seguro	SI	Medio
EdSA	2011	Asimétrica			Rápido		SI	
ElGamal	1984	Asimétrica	1024 bits	Llave pública	Lento	Seguro	SI	Bajo
DES	1976	Simétrica	56 bits a 64	-	Lento	Inseguro	NO	
ECC	1985	Asimétrica	3072 bits	Llave pública	Lento	Seguro	SI	Bajo
AES	1997	Simétrica	128 bits		Rápido	Seguro	SI	

2.7 Funciones Hash

Es un proceso criptográfico el cual se realiza sobre un conjunto de datos de determinado tamaño [9], que nos regresa como resultado otro conjunto de datos que se le llama digest o resumen de los datos originales, que a diferencia de los algoritmos de cifrado simétricos, el resultado del proceso es de un tamaño fijo independiente del tamaño original, de tal forma que tiene la característica de encontrarse asociado unívocamente a los datos iniciales, con este proceso es prácticamente imposible encontrar dos mensajes que tengan el mismo hash, como se muestra en la figura 3.

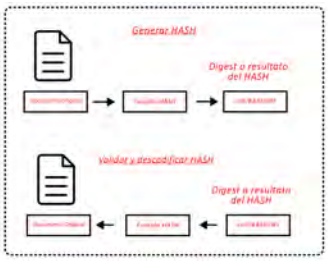


Figura 3. Ejemplo de una función Hash. Fuente propia

2.8 Firma electrónica digital

Método criptográfico que asocia la identidad de una persona a un mensaje, documento o dato [10], la firma electrónica digital se utiliza con el principal objetivo de garantizar la integridad del documento o mensaje que se desea firmar, mientras no se comprometa la llave privada del firmante, es prácticamente imposible falsificar una firma electrónica digital, en la Figura número 4 se puede observar el proceso de firma electrónica digital.

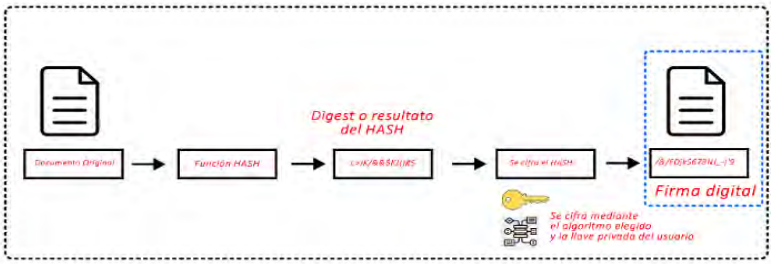


Figura 4. Firma electrónica digital

Metodología

3.1 Tipos de algoritmo de cifrado

En la presente metodología se implementó una investigación descriptiva con el fin de estudiar las técnicas y modelos basados en la criptografía asimétrica [11], el objetivo principal es analizar, comprender y demostrar cuales son los algoritmos y técnicas más efectivas en la protección, integridad y no repudio de la información. Se analizaron los siguientes factores: algoritmo y curva de cifrado o curva elíptica, longitud de claves, intercambio de claves, años en uso, velocidad y métodos de propagación de confianza. Una vez analizados los tipos de algoritmos criptográficos se procede a la generación de claves en el cifrado de clave pública, se utilizan dos claves, privada y pública de forma enlazada en parejas de claves que se encargan de una función específica para que el sistema criptográfico funcione de manera correcta. Si la llave pública es utilizada para cifrar datos, la correspondiente llave privada es la única que se podrá utilizar para descifrarlos como se muestra en la figura 5.

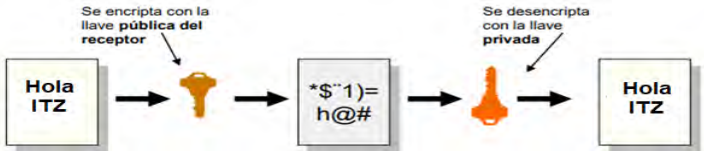


Figura 5. Llave privada y llave pública. Fuente propia.

Una vez realizado este proceso se puede concluir que se garantiza la identidad del emisor y autenticidad del mensaje. Sin embargo, existe un inconveniente como se demuestra en la Tabla 1, donde la principal desventaja de utilizar el algoritmo de clave pública RSA es su lentitud, ya que el algoritmo crece con el tamaño de mensaje a cifrar. Después de seleccionar el algoritmo criptográfico se analizó el funcionamiento de las llaves privadas, públicas y funciones hash, se procede a firmar un documento el cual junto con todos los procesos anteriores se puede realizar el proceso de firmado, en cual se define como el método criptográfico que asocia la identidad de una persona a un mensaje, documento o dato, la firma electrónica digital se utiliza con el principal objetivo de garantizar la integridad del documento o mensaje que se desea firmar, mientras no se comprometa la llave

privada del firmante, es prácticamente imposible falsificar una firma electrónica digital, en la figura 6 se muestra el proceso de firma electrónica digital.

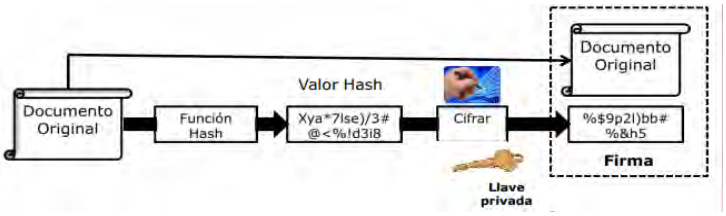


Figura 6. Firma electrónica de un documento. Fuente propia.

La eficacia de las operaciones de cifrado y firma electrónica basadas en criptografía de llave pública se fundamenta en tener certeza que la llave privada de una persona únicamente es conocida por ella. Cualquier individuo o institución pública puede generar un certificado digital y disponer a fungir como autoridad certificadora, por lo que si el emisor no es reconocido por quienes interactúen con el propietario del certificado, el valor del mismo es prácticamente nulo. Por ello, los emisores de certificados de seguridad deben acreditarse mediante el proceso por el cual la entidad reconocida, generalmente pública, otorga validez a la institución certificadora, de forma que su firma pueda ser reconocida como fiable, transmitiendo esa fiabilidad a los certificados que emite, para lo cual se aplican una serie de procesos para autenticar a las autoridades certificadoras como se muestra en la figura 7.

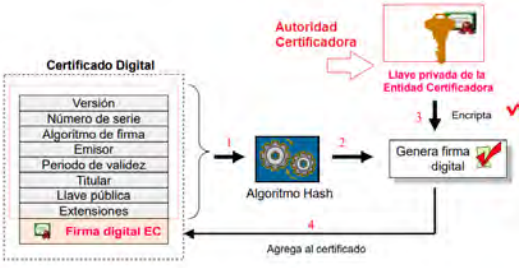


Figura 7. Componentes principales de un Certificado de Seguridad. Fuente propia.

Una vez validada la identidad de la persona se podrán generar las llaves privadas, llaves públicas y certificado de seguridad del solicitante. La emisión se realizará en forma descentralizada a través de "Entidad de Registro" que será la encargada de verificar la identidad de los titulares o solicitantes. La entidad de registro será la responsable de registrar las peticiones que hagan los usuarios para obtener un certificado de seguridad y llaves privada y pública para comprobar la veracidad de los datos que aportan los usuarios en las solicitudes para ser enviadas a una ER y que sean procesadas como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Entidad de registro. Fuente propia.

El proceso para el firmado de documentos comprende los siguientes pasos:

- Elegir un documento o conjunto de datos a firmar.
- Validar identidad del firmante mediante el Certificado de Seguridad.

- Aplicar función Hash al documento como se muestra en la figura 9.

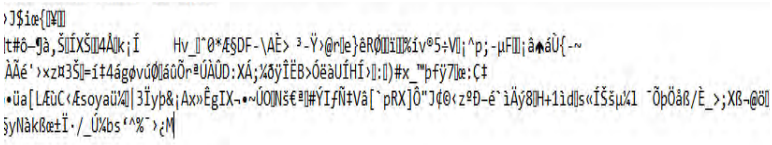


Figura 9. Digest o resumen de datos resultante. Fuente propia.

El resultado codificado anexará al documento un código QR de validación para verificar el contenido de la firma electrónica como se puede observar en la figura 10 y le permitirá al usuario descargar un archivo comprimido zip el cual contendrá la firma electrónica emitida, el documento original, el documento con la firma incrustada, y un archivo XML con la información del documento y datos del firmante.

Figura 10. Ejemplo del resumen de datos en Base 64. Fuente propia.

El siguiente paso será aplicar una función hash al documento original lo cual arrojará un resultado al cual llamaremos resumen de datos 2 o digest 2. Si los resúmenes de datos son iguales, la firma electrónica es válida y el documento no ha sido alterado o modificado, en caso de que los resumes de datos no coincidan la firma electrónica no será válida y es probable que el documento haya sido alterado o modificado. En la figura 11, se puede ver un ejemplo de verificación de firma electrónica:

Figura 11. Ejemplo de una verificación de firma electrónica. Fuente propia.

3.2 Implementar una infraestructura de clave pública o PKI

Se realizó la implementación de la estructura de hardware y software en Amazon Elastic Compute Cloud EC2, que permite alquilar una computadora virtual con sistema operativo Ubuntu y los servicios de DNS con Amazon Route y equilibrio de carga que se utiliza para distribuir automáticamente el tráfico entrante entre varios destinos y un servidor de correo que permita enviar correos desde la aplicación a los usuarios.

Resultados

El rendimiento de estos algoritmos criptográficos se basa en: estructura, clave longitud, tamaño del bloque, número de rondas utilizadas y tiempo criptográfico. En última instancia, estos son los factores que afectan la seguridad de un algoritmo en particular, el tamaño del bloque juega un papel vital en el cifrado y descifrado, que es la unidad básica de datos.

4.1 Implementación del sistema

A continuación, se presenta el funcionamiento del sistema web de firma electrónica para documentos mediante criptografía asimétrica que cuenta con una interfaz amigable para el usuario, como se muestra en la figura 12.

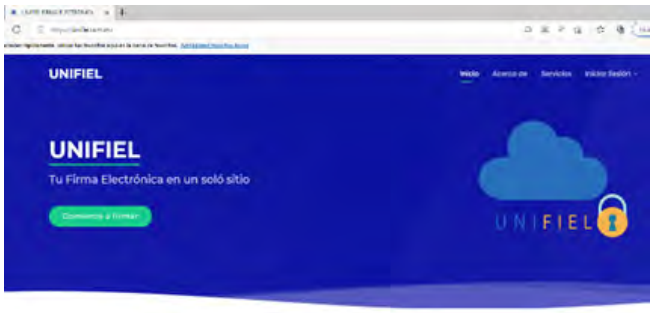


Figura 12. UNIFIEL. Fuente propia.

4.2 Registro de usuarios

Para hacer uso del sistema, una vez realizado el registro llegará una confirmación de email para activar la cuenta, el usuario deberá ingresar datos y documentos para validar su cuenta y hacer uso de las funciones criptográficas, como se muestra en la figura 13.

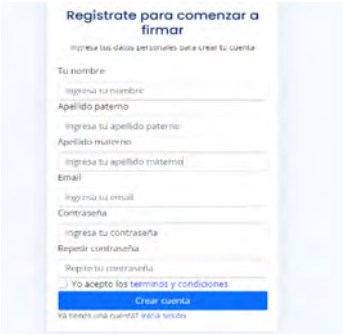


Figura 13. Registro de usuarios. Fuente propia.

Creación de llave privada y llave publica

Para generar el par de llaves pública y privada, se deberá seleccionar el tipo de función hash, el tamaño de clave bits y el tipo de algoritmo para cifrar el par de llaves como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Creación de llave privada y llave publica

4.3 Encriptar mensajes

Una vez que se tenga la pareja de llaves se podrá hacer uso de las funciones de encriptar y desencriptar datos, el proceso para encriptar mensajes consistirá en cargar la llave publica del usuario, y se ingresará el mensaje o conjunto de datos a cifrar, una vez que se carguen los datos, se presiona sobre el botón de encriptar como se muestra en la figura 15.

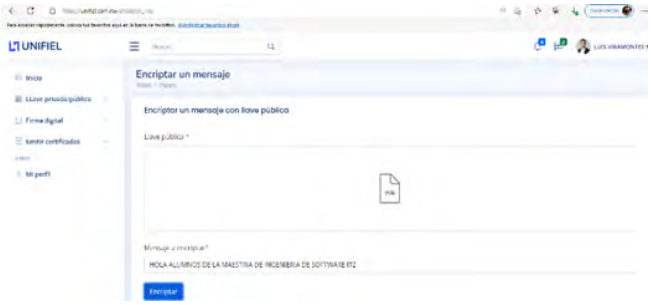


Figura 15. Encriptar mensaje (fuente propia)

Si el sistema no arroja error se descarga automáticamente el mensaje cifrado como se muestra en la figura 16.

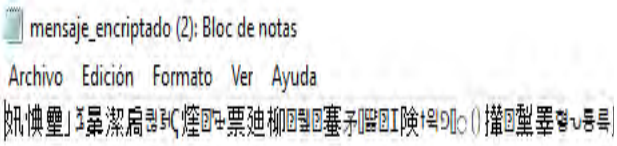


Figura 16. Mensaje codificado. Fuente propia.

4.4 Desencriptar mensaje con llave privada

Para poder visualizar el mensaje, el usuario deberá cargar su llave privada y el mensaje codificado, una vez realizado este paso, simplemente seleccionara la opción de desencriptar y si la llave privada coincide con la llave publica que fue cifrado dicho mensaje, el sistema descargará automáticamente el mensaje descifrado como se puede observar en figura 17.

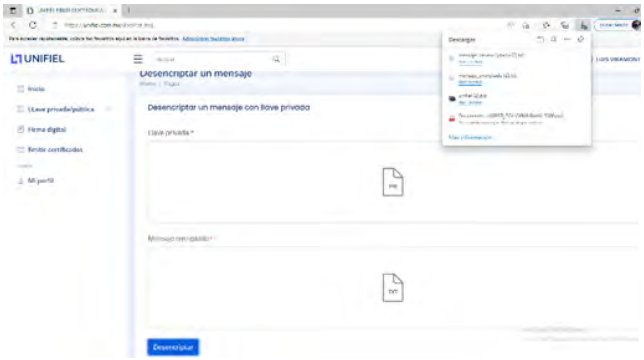


Figura 17. Desencriptar mensaje. Fuente propia.

4.5 Firma digital

Para poder realizar firmas digitales el usuario deberá cargar su llave privada y el documento a firmar, puede ser cualquier archivo de texto, una vez realizado este paso selecciona la opción de firmar y se genera un archivo comprimido como se muestra en la figura 18.

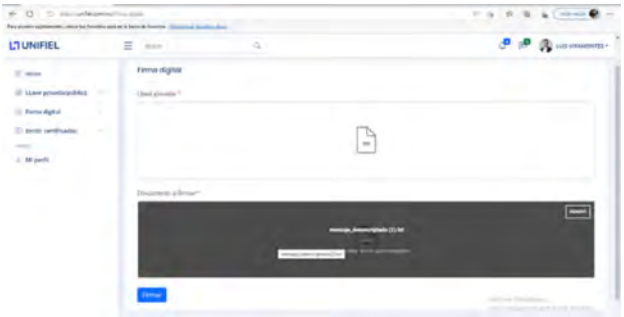


Figura 18. Generar firma digital (fuente propia)

4.6 Verificación de firma

Para verificar que dicha firma corresponde con el documento, el proceso de validación de firma consiste en cargar la llave publica del usuario, el documento original que se firmó y la firma que anteriormente descargó el sistema se selecciona la opción de validar, si la firma coincide con el documento mostrará un mensaje donde la firma corresponde con el documento como se muestra en la figura 19

Figura 19. Validar firma digital. Fuente propia.

Conclusiones

Después de haber analizado diferentes trabajos relacionados con el tema, se pudo definir que los beneficios de implementar una herramienta tecnológica como lo es la firma electrónica son innumerables ya que agiliza los procesos de las organizaciones, permitiendo no tener que estar presente físicamente para poder firmar un documento, esto contribuye al cuidado del medio ambiente al no utilizar papel, garantizando la integridad, protección y fiabilidad de todos los datos que cuenten con firma electrónica que las disposiciones legales les otorgan.

Referencias

[1] M. Morales, "Firmas digitales en México: conceptos, oportunidades y desafíos". 2022.

[2] Unión, C. D. Ley de firma electrónica avanzada. Obtenido de cámara de diputados del H. Congreso de la unión: https://www.diputados.gob.mx/leyesbiblio/pdf/LFEA_200521.pdf. 20/05/2021.

[3] R.D. Velasco. Criptografía, una necesidad moderna. Revista Digital Universitaria, vol. 9. 2006.

[4] Sánchez Muñiz. "Analysis of modern cryptographic algorithms and their effectiveness in protecting personal data". 2023.

[5] A.D. Hering & J.P. Espinoza. "Uso de la criptografía simétrica para la comunicación de mensajes cortos en dispositivos móviles. COMTEL", 5. 2014.

[6] T. Cisneros, V. T., & Hernández. "Análisis Comparativo de Cifrado Asimétrico algoritmos RSA y elgamal". Revista de Sistemas Computacionales y TIC's, Vol 8. 2017.

[7] L. Centellas. "Comparative study of the symmetric cryptography algorithms AES, 3DES and ChaCha20". 2022.

[8] L. Espinoza. Light cryptography algorithms for security applications in electronic clinical records. 2019.

[9] V. Valenzuela," Manual Análisis de Algoritmos". [Online].Available:http://colabora.inacap.cl/sedes/ssur/Asignatura%20Indtroduccion%20a%20la%20Programacn/An%C3%A1lisis%20de%20Algoritmo/Manual-Analisis%20de%20Algoritmos_v1.pdf. 05/05/2023.

[10] F. Morales-Sánchez. "Validez de la prueba electrónica: un estudio sobre la firma digital y electrónica". Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Derecho. Bogotá, Colombia. 2016.

[11] F. Penares. "Estudio y caracterización de los diferentes modelos de algoritmos de encriptación".2022.

ANÁLISIS DE LA ENSEÑANZA DEL SISTEMA DE REFERENCIA CARTESIANO

Wilmar Epifanio Gómez Moyano[1], José Andrés castillo Hernández[2]
[1]Universidad Americana de Europa, wilmargomez12@gmail.com,
[2]Padrón Veracruzano de Investigadores,doctor_andres_castillo@acta.es

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Un rastreo de los resultados evaluativos en matemáticas para Colombia según PISA (2018), demuestran que solamente el 1% de los estudiantes, logran un nivel superior y alcanza a representar una situación simple. Es clave analizar en el campo de la enseñanza cómo se desarrollan y enseñan conceptos en relación con los sistemas de referencia, específicamente el cartesiano. El problema se afronta desde la pregunta ¿el sistema de referencia cartesiano que se enseña en secundaria está acorde al desempeño esperado del nivel de competencia que los alumnos deben alcanzar? Se realiza una revisión de literatura teniendo en cuenta tres aspectos: las situaciones en contexto dentro de la didáctica de la matemática; el tipo de competencia matemática y la enseñanza de sistemas de coordenadas. El diseño metodológico parte de una investigación experimental, con hipótesis de investigación y objetivo general.

***Palabras clave**: contexto, cartesiano, competencia, geometría*

Abstract

A tracking of the evaluative results in mathematics for Colombia according to PISA (2018), shows that only 1% of the students achieve a higher level and manage to represent a simple situation. It is key to analyze in the field of teaching how concepts are developed and taught in relation to reference systems, specifically the Cartesian one. The problem is faced from the question: is the Cartesian reference system that is taught in secondary school consistent with the expected performance of the level of competence that students must achieve? A literature review is carried out taking into account three aspects: situations in context within the didactics of mathematics; the type of mathematical competence and the teaching of coordinate systems. The methodological design is based on an experimental investigation, with research hypotheses and general objective.

***Key words**: context, cartesian, competence, geometry*

Introducción

Se puede establecer que existen ciertas problemáticas en la educación actual, que se evidencian en los resultados que provee en Colombia el Instituto para la Evaluación de la Calidad de la Educación (ICFES), y el análisis de los resultados de las pruebas aplicadas por el Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA) durante los periodos 2006, 2009, 2012, 2015 y 2018 donde Colombia obtuvo los promedios más bajos en matemáticas. La prueba PISA evalúa y mide el desempeño en el nivel de competencia de los alumnos para resolver los problemas con éxito. Para evaluar esto PISA tiene en cuenta tres dimensiones:

-El contenido matemático que el estudiante debe saber para poder solucionar un problema.
-El contexto donde se localiza el problema
-Las competencias o procesos cognitivos que el estudiante necesita para relacionar el contexto del mundo realcon los formalismos de las matemáticas y luego dar solución al problema.

Estas dimensiones permiten establecer que hay falencias en torno a cómo el estudiante se apropia de un concepto, de la asimilación de los contenidos matemáticos en el aula, la contextualización y la capacidad de solucionar problemas. En el mismo sentido se registran falencias en el logro del nivel de competencia en matemáticas, estableciendo que los resultados se ubican en el desempeño inferior y no alcanzan los niveles de modelización de problemas [1].
Una visualización de los estándares básicos de competencias para matemáticas, según el Ministerio de Educación Nacional (MEN) permite determinar que dichas competencias necesitan de ambientes de aprendizaje en donde predominen las situaciones problema, con carácter significativo y que sean comprendidos para que el estudiante puede avanzar a niveles de mayor complejidad [2].

Es importante analizar desde el campo las metodologías de enseñanza, cómo se desarrolla la competencia matemática y cómo son los rendimientos de los alumnos en los distintos niveles de desempeño. Mostrando mayor interés en los procesos de enseñanza de conceptos relacionados a los sistemas de referencia cartesianos y la forma en la que son problematizados, contextualizados y generalizados en el aula de clases. De igual forma detallar en qué medida se alcanzan estándares de identificación de características cuando se localizan objetos geométricos en distintos sistemas de representación, polares, cartesianos, esféricos y cilíndricos [2].

Revisión de la literatura

Un rastreo temático alrededor de la didáctica en matemáticas permite visualizar relaciones entre el uso de situaciones contextuales en la enseñanza de conceptos o nociones matemáticas y el rendimiento asociado al nivel de desempeño de la competencia en matemáticas, a su vez identificar cómo se involucran los conceptos asociados a los sistemas de coordenadas, para encontrar referentes metodológicos que permitan analizar los resultados.

Didáctica de la matemática en relación con situaciones contextuales

Para Galeano y Gómez, la didáctica de las matemáticas en Colombia, en relación con situaciones del contexto, tiene unos referentes muy marcados dentro de los Lineamientos Curriculares, que mencionan utilizar el contexto cercano del estudiante y también el análisis a los Estándares de Competencia en matemáticas, que se refieren a cómo el ambiente influye en las matemáticas que se enseñan y adquieren sentido para el alumno, las mismas autoras utilizan el método didáctico Ontosemiótico [3].
Los lineamientos del currículo de matemáticas, hacen énfasis en tres tipos de contexto: el contexto inmediato; elescolar y el extraescolar.

Tabla 1. Tipos de contexto según el Ministerio de Educación de Colombia (MEN) [3].

Contexto inmediato	Contexto escolar	Contexto extraescolar
Entorno físico del aula Interacciones sociales Normas de clase Situaciones generadas por eldocente.	Distintos escenarios de la institución. Saberes de los estudiantes y docentes. Normas de convivencia y del Proyecto Educativo Institucional	Todo lo existente fuera de la institución educativa. Contexto local, regional, nacionaly mundial.

Estos tres tipos de contexto se relacionan entre sí, dependiendo cada uno del otro. El tema del contexto cobra importancia pues implica el desarrollo de competencias que serán necesarias en la vida diaria. También se diferencian dos tipos de contexto en matemáticas, por un lado aquel que implica situar los problemas en un campo donde los objetos matemáticos cobren sentido y la otra definición supone un uso metafóricamente conocido como“ecológico” [3].
En esta misma línea Herazo y De la Hoz Molinares, hablan del contexto como elemento clave para llegar a procesos de modelización, a través de situaciones que provienen de la realidad y ligar esta a un contexto social que se considera el camino donde se da el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

El contexto, dentro de la modelización es fundamental, pues es allí en donde el estudiante encuentra las relaciones con la realidad [4]. En un mundo donde los campos se trasversalizan y donde el auge tecnológico es evidente, las estrategias didácticas deben buscar el desarrollo de estas relaciones entre lo que se enseña y las situaciones del entorno [5].

En cuanto a la enseñanza, Bolaño Muñoz menciona que las nuevas generaciones requieren metodologías que se relacionen con situaciones reales, en donde les permita un desarrollo pleno de la lógica matemática y así darfrente a situaciones del contexto cotidiano.
Desde esta perspectiva, el constructivismo es un anclaje de fundamentación teórica pues como lo afirma Bolaño Muñoz, este hace énfasis en la enseñanza a partir de situaciones contextuales que parten de los conocimientos y experiencias de los alumnos convirtiendo estas dos características en el puente para incorporar nueva información. El autor citando a Vigotsky enfatiza que el contexto o entorno social es importante para los procesos de aprendizaje en los estudiantes pues este permite que la nueva información se incorpore con las experiencias que ellos tienen en su estructura mental. Para Piaget, estos procesos se realizan interiorizando la información producto del entorno y modificando los esquemas previos [6].

Competencia Matemática

Como se ha mencionado, la importancia de contextualizar los objetos y los contenidos matemáticos, radica en el desarrollo de una serie de competencias dentro del campo de las matemáticas, Vargas, utiliza la definición de las prueba PISA, en donde se entiende la competencia como alfabetización matemática, y tiene que ver con las habilidades que poseen los estudiantes para pensar, analizar y comunicar correctamente procesos en relación a formulación y solución de problemas en distintos contextos [7].

Tipos de competencia matemática

Vargas, identifica las distintas competencias que son viables en un estudio sobre geometría (tabla 2).

Tabla 2. Tipos de competencia matemáticas [7].

Comunicar	Razonar	Plantear y resolver problemas

Se relaciona con la habilidad para entender una idea coherentemente, en relación a los conceptos matemáticos presentes en cierta situación contextual. También implica representar distintas formas describiendo los vínculos matemáticos a través de tablas, gráficas y expresiones descritas en lenguaje natural.	Identificar y usar estrategias y procedimientos para afrontar situaciones problema, formular hipótesis, identificar patrones, formular ejemplos y generalizar propiedades	Utilizar distintos contextos para formular y solucionar problemas, traduciendo la realidad a un modelo matemático e interpretar resultados. Generalizando resultados para resolver situaciones similares enotros escenarios.

Londoño, enfatiza en los procesos vinculados con el pensamiento geométrico-espacial, citando al MEN quien lo define como un conjunto procesos de carácter cognitivo que son claves para manipular y construir objetos en el espacio a través de sus representaciones mentales, describiendo las distintas relaciones y trasformaciones [8]. El pensamiento espacial-geométrico y su desarrollo se evidencia a través de una serie de competencias que evalúa el Ministerio de Educación de Colombia, mientras la prueba ICFES Saber 11, en donde se evalúa el desempeño en tres tipos de competencia: competencia de interpretación y representación; competencia de formulación y ejecución y competencia de razonamiento y argumentación, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Competencias matemáticas según el MEN Colombia [8].

Competencia de interpretación y representación	**Competencia de formulación y ejecución**	**Competencia de razonamiento y argumentación**
Habilidad del estudiante para asimilar información luego de un proceso de comprensión, reproducción y trasformación a partir de un conjunto de datos. A su vez inferir y extraer información estableciendo relaciones, proporciones y razones.	Habilidad que tiene el estudiante para identificar distintas estrategias para resolver problemas en distintos contextos. Evaluar los métodos más eficaces para dar solución a problemas matemáticos y escoger la mejor solución posible.	Habilidad que tiene el estudiante de refutar o argumentar hipótesis, interpretaciones y representaciones de situaciones problema. Esta competencia permite entender procesos matemáticos en forma sistemática utilizando la lógica, los axiomas y los teoremas.

Es importante relacionar las situaciones contextuales dentro de la enseñanza de las matemáticas, con lo que plantea la competencia en matemática, específicamente en la enseñanza del sistema de referencia cartesiano, en la actualidad la enseñanza de los sistemas de coordenadas ha venido acompañada del uso de programas y aplicaciones digitales, de esto da cuenta González, quien diseña una propuesta didáctica con software interactivo para la enseñanza del concepto sistema de

coordenada, problematiza la investigación alrededor del privilegio que ha tenido la enseñanza de las coordenadas cartesianas sobre otras como las polares, de esta forma se deja a un lado otro tipo de coordenadas que facilitan la visualización de curvas y la aplicación de diversos campos del conocimiento, como la física, la navegación y los problemas en los que intervienen curvas. Las conclusiones de este trabajo giran alrededor de la importancia del uso de herramientas TIC en el aula para la comprensión de conceptos asociados a coordenadas cartesianas y polares [9].

En el mismo sentido Osorio, da Costa, Peña y Montesinos, utilizan el software interactivo para la modelación de superficies en coordenadas esféricas, este tipo de coordenadas es la generalización de las coordenadas polares en el plano, su importancia radica en la aplicación en la geografía por su similitud con las coordenadas geográficas y también con el funcionamiento del GPS, además tiene un sentido más práctico para solucionar problemas y entender el comportamiento de las proyecciones de sólidos en calculo con varias variables. Es importante un análisis de cómo el sistema de referencia cartesiano, presentan limitantes para comprender situaciones con simetría esférica, y como los recursos tecnológicos rompen la brecha que se establece para una enseñanza mássignificativa y que genere mayor comprensión por parte del estudiante [10].

Sánchez y González, realizando un análisis sobre la concepción el desarrollo de la geometría analítica durante el siglo XIX, determinan que dicha rama de la matemática no se concibe sin el uso de un sistema de coordenadas, se determina que la geometría analítica utiliza un sistema de referencia vinculando ecuaciones y es a partir de dichas ecuaciones y su relación con el sistema de referencia como se obtienen las soluciones a los problemas. [11].

Este último planteamiento permite ubicar la investigación dentro del campo de la didáctica de las matemáticas, específicamente la geometría y se vincula con la rama de la geometría analítica. Cabe señalar que a partir de esta última se puede establecer una forma de enseñanza que privilegia el sistema de coordenadas cartesianas sobre otros, Soto, indago si los profesores privilegiaban los ejes cartesianos como el sistema de referencia por excelencia para estudiar las curvas aun sabiendo que se pueden recurrir a otros sistemas de coordenadas como las polares y otros sistemas de representación como las ecuaciones paramétricas. En las conclusiones, el autor afirma que en la formación de los docentes a nivel de pregrado se limita el desarrollo de conceptos que involucren la enseñanza de otros tipos de coordenadas, también se sugiere cambios a nivel curricular que den lugar a visualizar y jerarquizar ciertos contenidos relacionados a geometría analítica, uno de los más importantes el de laenseñanza de los distintos sistemas de referencia [12].

Esta revisión literaria también evidencia un vínculo entre la enseñanza de las matemáticas a partir de situaciones del contexto y el desarrollo de competencias, por ejemplo Vargas [7] y Londoño [8], recurren a las mediciones de la prueba PISA de la OCDE y SABER 11, por parte del Ministerio de Educación (MEN) en Colombia, para demostrar la importancia de vincular el campo de la enseñanza desde una perspectiva de solución de problemas en el contexto cotidiano, ello conlleva a una mayor apropiación de los conceptos como lo menciona Bolaños Muñoz [6], cuya referencia teórica sitúa la enseñanza contextual dentro del constructivismo, el contexto es primordial dentro de los lineamientos a nivel curricular y los distintos estándares dentro de las competencias matemáticas establecidas por el MEN, como lo menciona Galeano y Gómez [3], dichos estándares también dejan ver la necesidad de enseñar otros tipos de sistema de referencia a parte de los cartesianos, pues es evidente que históricamente se ha privilegiado la enseñanza del sistema de referencia cartesiano sobre otros sistemas, de esto dan cuenta las investigaciones de Osorio, da Costa, Peña y Montesinos

[10]; Sánchez y González [11] y Soto [12]. Sugiriendo que un análisis de la enseñanza de los sistemas de coordenadas cartesiano puede dar más elementos para indagar los bajos promedios de los alumnos en las distintas pruebas de carácter externo.

Metodología

Muestra

La muestra está conformada por un total de sujetos (n=42) de 9° de secundaria de un colegio público del departamento de Cundinamarca, Colombia. Los estudiantes se asignan aleatoriamente a dos grupos: el grupo control que está conformado por 21 estudiantes y el grupo intervención que está conformado por 21 estudiantespara asegurar el carácter homogéneo de los datos.

Procedimiento

Los sujetos que fueron seleccionados al grupo control, se les aplico una metodología de enseñanza consideradatradicional que consiste en:
-Exposición por parte del profesor utilizando el recurso del tablero
-Presentación de ejemplos o problemas.
-Aclaración de dudas de ejercicios.
-Resolución de problemas tomados del libro de texto.
Los estudiantes seleccionados en el grupo experimental (intervención) fueron sometidos a un proceso de enseñanza (tratamiento) basado en una metodología de situaciones en contexto (contextuales). Dicha metodología costa de los siguientes pasos:
-El docente presenta la situación a trabajar (situaciones relacionadas con el contexto estudiantil).
-El docente hace uso de alguna herramienta u o aplicación tecnológica para presentar la situación (softwareinteractivo)
-El estudiante interactúa con la herramienta tecnológica para comprender los conceptos y determinar una posibleruta para dar solución a la situación planteada
-Se genera una práctica en la que interviene el uso de la herramienta tecnológica y aparatos de medición.

-Los estudiantes utilizan la herramienta tecnológica para modelar la situación y enviar las evidencias de trabajo. Las actividades fueron realizadas en horario de clase dentro del área de matemáticas y se relacionaron con contenidos de geometría, dentro de la temática particular de sistema de referencia cartesiana, estas prácticas se realizaron en un intervalo de tiempo de tres semanas desde que se realizó el pretest hasta que se aplicó elpostest.

Instrumentos

La investigación utiliza un cuestionario de 20 preguntas de selección múltiple, en cuyo caso hay cuatro posibles respuestas y una sola correcta. Se utiliza este diseño porque el ICFES en Colombia evalúa de esta forma y garantiza una afinidad entre las pruebas externas y la medición de la investigación.

Pretest y postest

La investigación recurre a esta técnica clásica para evaluar con el pretest los antecedentes que tienen los sujetos participantes en relación con conceptos de sistemas de coordenadas y sus aplicaciones. Luego con el postest se evaluará las diferencias que existan con la intervención metodología sobre el grupo experimental y su relación con el grupo control.

Escenario

El plantel educativo cuenta con aproximadamente 350 estudiantes de los cuales la gran mayoría pertenecen a un nivel socioeconómico medio-bajo pertenecientes al sector rural. La institución s de carácter público (estatal) ofrece el servicio educativo a 13 cursos de 6° a 11°,47 estudiantes están matriculados en grado noveno, cuatro de ellos presentan o están diagnosticados con alguna discapacidad cognitiva, los cuales no fueron seleccionados dentro de la muestra pues algunos de ellos no saben leer.

Diseño de investigación

Enfoque

Al abordar las variables cuantificables: enseñanza del sistema de referencia cartesiano y competencia matemática, el enfoque para la presente investigación es de enfoque cuantitativo. Se manipula la variable independiente situaciones contextuales para analizar su repercusión con la variable dependiente desempeño de la competencia matemática, por lo tanto la investigación es de tipo experimental, con un nivel explicativo.

Variables

Definiciones teóricas

Situaciones contextuales: surgen a partir del contexto particular en el que se desenvuelve el estudiante y donde
las matemáticas que aprende adquieren un significado. También incluyen distintas variables relacionados con condiciones culturales y sociales de carácter nacional e internacional, también se incluyen los gustos, formas de ver el mundo y el contexto económico donde se vincula la práctica educativa o didáctica [1].
Competencia matemática: conjunto de saberes y habilidades de carácter cognitivo, psicomotores y socioafectivos, que se relacionan conjuntamente para poder enfrentar distintas situaciones en distintos contextos,escogiendo las mejores soluciones ante los retos de la cotidianidad. [2].

Definiciones operacionales

Situaciones contextuales: Nivel de complejidad de las situaciones relacionadas con el sistema de referencia cartesiano. Nivel 1, situaciones relacionadas con el plano cartesiano, ubicación de puntos y propiedades de figuras. Nivel 2, uso de situaciones y problemas del contexto relacionadas con sistemas cartesianos. Nivel 3, relación de los sistemas de coordenadas con otros tipos de coordenadas (polares, esféricas, cilíndricas y geográficas)
Competencia matemática: promedio de puntajes obtenidos en la prueba de competencias matemáticas sobre el uso de sistemas de coordenadas a través del desempeño superior, alto, básico, inferior, bajo una escala de 1 a 10 ubicando el nivel superior de 9 a 10; alto de 7.5 a 8.9; básico de 6 a 7.4; inferior de 0 a 5.9

Hipótesis

La hipótesis de investigación es: los estudiantes que reciben una enseñanza de los sistemas de referencia cartesianos a partir de situaciones contextuales con distinto nivel de complejidad, presentan desempeño más alto en la competencia matemática que aquellos que solo reciben una enseñanza a través de la herramienta del plano cartesiano.

Objetivo general

Analizar de qué forma la estrategia de enseñanza del sistema de referencia cartesiano a partir de situaciones en contexto con distinto nivel de complejidad se relaciona con la adquisición de distintas competencias matemáticas en alumnos de noveno grado.

Objetivos específicos

1) Calcular el porcentaje de la competencia matemática acorde al nivel de desempeño en relación con los sistemas de coordenadas cartesianos.
2) Calcular el porcentaje de la competencia matemática acorde al nivel de desempeño cuando el estudiante aprende a través de situaciones en contexto y distinto nivel de complejidad.
3) Comparar los porcentajes de la competencia matemática acorde al nivel de desempeño cuando el estudiante recibe una enseñanza de los sistemas de coordenadas cartesianas de la manera formal y otra a través de situaciones complejas y contextualizadas.

Resultados

Análisis de confiabilidad del Instrumento

El coeficiente Alfa de Conbrash se utilizó para calcular la consistencia interna. El nivel de confiabilidad global es de 0.68, que de acuerdo a Hernández et al. (1996) el instrumento tiene una confiabilidad aceptable. Para validar el instrumento se utilizaron las variables que contienen la suma de las 20 preguntas en el pretest y postest.

Análisis Descriptivo

De 42 estudiantes que formaron parte del estudio el 50% forma parte del grupo control y el 50% del grupo intervención. Respecto al sexo 52,38% son mujeres y equivalen a 22 y el restante 47,62% son hombres.

Para los resultados del grupo intervención con respecto a las preguntas del pretest, las preguntas que superaron un 60% de aprobación fueron la pregunta 2 la pregunta 3 la pregunta 6 y la pregunta 16. Para el postest se resalta que las 20 preguntas reportan un incremento en las respuestas correctas del 50% .

Los resultados del grupo control se caracterizan así: en el pretest las preguntas con más del 60% fueron 4, la pregunta 2 la pregunta 5 la pregunta 6 y la pregunta 16.para el postest se presenta un incremento en las respuestas correctas exceptuando la pregunta 8.es importante resaltar que 5 preguntas muestran más del 60% de respuestas correctas.

Análisis de asociación

La tabla 6 y 7 (ver apéndice C) muestra la correlación entre las preguntas del instrumento de evaluación en el grupo intervención. No se incluye la pregunta 6 debido a que todos obtuvieron un valor de 1, es decir no hay variabilidad. Los grupos de variables se clasificaron en correlaciones positivas y negativas que se describen a continuación:

Grupo de variables con relaciones positivas: p2-p5 (r=0.447), p2- p12 (r=0.447), p3-p12 (r=0.485), p17-p14 (r=0.586), p16-p18 (r=0.414), p17-p19 (r=0.560), p17-p20 (r=0.408), p19-p20 (r=0.429). Grupo de variables con relaciones positivas: en este grupo se encuentra el par de variables p11-p13 (r=-0.448).
Para el grupo control las correlaciones positivas y negativas según el grupo de variables se presentan así: Grupo de variables con relaciones positivas: p1-p20 (r=0.411), p2-p11 (r=0.553), p2-p16 (r=0.557), p3-p11 (r=0.553), p3-p15 (r=0.408), p8-p9 (r=0.580), p11-p15 (r=0.484), p12-p14 (r=0.472), p13-p15 (r=0.56, p14-p17(r=0..47).

Grupo de variables con relaciones negativas: p5-p17 (r=-0.548), p7-p10 (r=-0.509), p13-p14 (r=-0.429), p14-p15(r=-0.408).

Análisis comparativo

En la figura 1 se comparan los puntajes de prestest y postest respecto a cada grupo y al sexo. La figura 1 muestra el comparativo de los puntajes en el pretest y postest. Para el grupo control los puntajes son similares en los dos momentos de aplicación. En el pretest el puntaje mínimo fue 4 y máximo 11, con un valor de la media de 7,33 y mediana de 8, respecto a la variabilidad de los datos se reportan una desviación estándar de 2.24.

Para el postest en el puntaje mínimo fue 6, máximo 14, la media 8.85 y mediana 9, de acuerdo con la variabilidad, la desviación estándar es de 2.81. Para el grupo intervención se observa un incremento en los puntajes del pretest y posttest.

En el momento de la aplicación pretest, el puntaje mínimo fue 4, máximo 10 la media 6.76 mediana 7 y la desviación estándar 1.81. Para el postest aumenta los puntajes, obteniendo un mínimo de 10, máximo 18, media 13.3 y mediana 12 la desviación estándar es de 2.24.

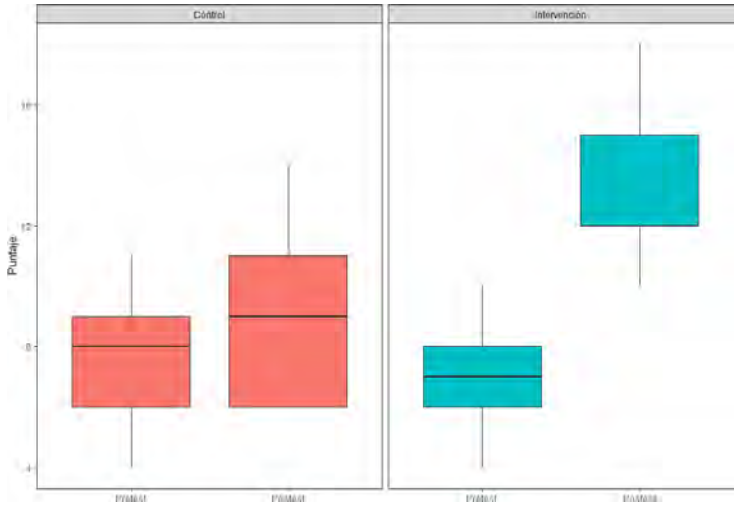


Figura 2. Comparación de los puntajes obtenidos según el momento deaplicación y el grupo.

La prueba de hipotesis (t-estudent) para muestras pareadas determinó diferencias de los puntajes de los dos grupos en el pretest y postest considerando un nivel de significancia de 0.05 (ver tabla 8).en ambos grupos los puntajes de los promedios en el protest aumentan, sin embargo para el grupo intervención la diferencia de las medias fue de 6 puntos mientras que el grupo control fue 1.53.

Tabla 4. Prueba de hipótesis para el puntaje obtenido por grupo en el pretest y postest.

Grupo	Pretest	Postest	P
Intervención	6.76±1.60	13.33 ± 2.24	<0.01
Control	7.35 ±2.23	8.85 ±2.88	0.03

Los datos son expresados como media ± desviación estándar.* Nivel de significancia 0.05

En la figura 2 se muestran los puntajes para hombres y mujeres en el pretest, para el grupo control se presenta mayor variabilidad tantos para hombres como mujeres, para el grupo intervención los puntajes muestran menor variabilidad y son mayores.comparando entre hombres y mujeres el grupo control tiene un mediana mayor en cambio en el grupo intervención la mediana para mujeres es mayor.

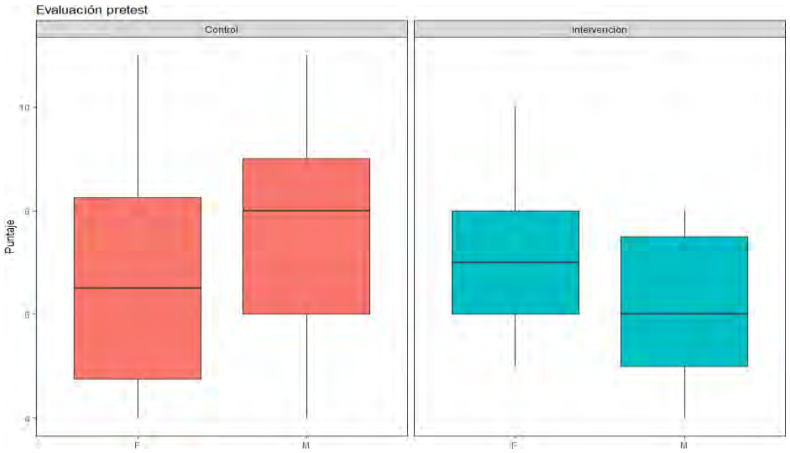


Figura 2. Comparación de los puntajes obtenidos en el pretest según elgrupo y sexo.

En el análisis de varianza de la tabla 7 los cambios en los puntajes en el pretest por sexo y grupo no son significativos, reportando un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 5. Resultados del análisis de varianza con respecto a los puntajes obtenidos en la evaluación pretest enfunción del grupo y sexo.

	Gl	CM	F	p
Grupo	1	3.623	0.955	0.334
Sexo	1	0.01	0.01	0.991
Grupo × Sexo	1	8.410	2.21	0.144
Error	38	3.791		

* Nivel de significancia 0.05

Para el grupo control los puntajes son menores y presentan menor variabilidad a comparación de grupo intervención, respetó a la comparación de hombres y mujeres los comportamientos son similares. Para el análisis de la varianza (ver tabla 8) la diferencia en los puntajes entre grupos resulto significativo ($p<0.01$) sin embargo no hay diferencia entre sexo en el grupo intervención ($p=0.742$) y en la interacción de grupo y sexo ($p=0.547$).

Tabla 6. Resultados del análisis de varianza con respecto a los puntajes obtenidos en la evaluación pos test enfunción del grupo y sexo.

	Gl	CM	F	p
Grupo	1	201.56	29.90	<0.01*
Sexo	1	0.740	0.109	0.742
Grupo × Sexo	1	2.483	0.368	0.547
Error	38	6.739		

Las medias y desviación estándar y los puntajes por grupo y sexo en el postest se presentan en la tabla 11. Para el grupo intervención los puntajes son mayores tanto en hombres como en mujeres comparados con el grupo control.

Tabla 7. Medias del puntaje en el postest con respecto al sexo y grupo

Sexo	**Grupo**	
	Control	Intervención
Femenino	9.00 ± 3.12	13.07 ± 1.97
Masculino	8.76 ±2.74	13.85 ± 2.79

Discusión

Según el análisis estadístico presentado anteriormente se destacan tres resultados fundamentales que responden a los distintos objetivos planteados en la investigación y permiten a su vez la comprobación de la hipótesis. En primer lugar, se puede evidenciar un aumento de los promedios significativo del grupo intervención en comparación con los promedios obtenidos para el grupo control, comprobando por un lado que la variación de la metodología de enseñanza a través de situaciones contextuales permite mejorar el desempeño en relación con la competencia matemática, sobre una metodología formal o tradicional.

Para la comprobación de la hipótesis se realiza manipulación de la variable independiente, también se apoya además en la poca variabilidad que obtuvieron los puntajes tanto para hombres como mujeres del grupo intervención en el postest, demostrando así que el uso de situaciones dentro de la enseñanza del sistema de referencia cartesiana genera una comprensión mayor de los conceptos de coordenadas y el uso de otros sistemas de referencia.

La comparación entre las variables estudiadas y la prueba de hipótesis permite afirmar que los estudiantes que reciben una enseñanza de los sistemas de referencia cartesianos a partir de problemas contextuales con distintos niveles de complejidad, presentan desempeño más alto con respecto a aquellos que reciben una enseñanza tradicional.

La validación de los instrumentos asegura la consistencia interna para que los resultados de la investigación puedan ser replicados en contextos educativos similares y utilizarse para otras temáticas relacionadas con la enseñanza de la matemática.

La investigación siguió un diseño experimental asegurando que el tratamiento de los datos fuera lo más objetiva posible para determinar cómo las variaciones en los tipos de enseñanza que hoy se dan los distintos niveles educativos generan espacios para comprender que los bajos rendimientos en pruebas externas como ICFES saber 11 o la prueba PISA, en algunas ocasiones se originan no por contextualizar los contenidos de enseñanza o por tratar de explicar que el bajo desempeño se relaciona únicamente con problemas de aprendizaje.

La metodología de enseñanza a través de situaciones contextuales, permite estudiar el sistema de referencia cartesiano desde distintos niveles, aprovechando el software interactivo y las aplicaciones para móvil como recursos para modelar las situaciones y encontrar posibles soluciones a un problema.

La enseñanza contextual de los sistemas cartesianos permite vincular situaciones aplicadas a otro

tipo de sistemas como lo polares, geográficos, cilíndricos y esféricos, que hacen parte de los estándares de competencia en matemáticas pero que su incorporación a los libros de texto y guías metodológicas son casi nulos. Esta investigación genera además una ruta metodológica para la enseñanza de los sistemas de referencia distintos alcartesiano.

Dentro de los niveles de desempeño en matemáticas se evidencian mejores resultados en el grupo sometido a situaciones contextuales, con aumentos significativos pasando de un nivel bajo a un nivel básico y alto durante la intervención, en comparación con el grupo control que mantuvo los niveles bajos en la gran mayoría de los participantes y muy pocos acceden al nivel básico. La diferencia entre los dos grupos va ligado con el desarrollo de las tres competencias que sugiere el MEN (1998), competencias de interpretación y representación, competencias de formulación y ejecución, competencias de razonamiento y argumentación, el desarrollo de esas competencias son más evidentes según los resultados del grupo intervención en el postest, quien utiliza la metodología de enseñanza a partir de situaciones contextuales.

Trabajo a futuro

Es importante investigar las relaciones existentes entre la enseñanza de los sistemas de referencia que usan coordenadas cartesianas con otros tipos de sistemas fundamentados en coordenadas polares, esféricas y cilíndricas, también analizar desde la perspectiva del contexto como distintas competencias matemáticas se desarrollan a mayor profundidad y situar los rezagos en los resultados de pruebas externas dentro de situaciones que merecen ser problematizadas.

Conclusiones

Las situaciones contextuales con distinto nivel de complejidad, para la enseñanza de las matemáticas influye en el nivel de desempeño de la competencia matemática en relación con los sistemas de coordenadas cartesianos en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Departamental La Victoria del Municipio de El Colegio, Cundinamarca, Colombia. En base a los análisis y resultados obtenidos, se obtienen las siguientes conclusiones.

1. Los estudiantes que recibieron la estrategia de enseñanza basada en situaciones contextuales (grupo intervención) presentaron desempeño más alto que aquellos que recibieron una enseñanza formal (tradicional). El incremento promedio en el puntaje del pretest al postest fue de 6 puntos para el grupo intervención. En el grupo control aun cuando se obtuvo un aumento en la calificación final, el incremento promedio fue de 1.53.

2. El análisis de cada pregunta del instrumento de evaluación muestra que el porcentaje de respuestas correctas en el postest fue mayor al 50% para cada pregunta. En el grupo control el comportamiento fue diferente: en 4 preguntas se reportaron menor del 20% de respuestas correctas, 10 preguntas entre el 20% y 60% de respuestas correctas y solamente 6 preguntas se registró mayor o igual al 60% de respuestas correctas.

3. Se caracterizaron las preguntas del instrumento con base a la correlación (entre las variables, en cuanto a la intensidad se estableció una correlación mayor o igual a 0.40. En el grupo de intervención, se determinaron ocho grupos de variables, de los cuales las variables que influyeron fueron las preguntas p2, p17 y p19. En el grupo control se establecieron 8 grupos de variables con correlaciones positivas y 4 grupos de variables con correlaciones negativas, las variables con mayor

presencia fueron p3 y p14.

4. es cierto que existen distintas causas y variables que influyen en el desempeño de un estudiante, en esta evaluación el sexo no resulta una variable que indique diferencia. Este escenario nos permite centrarnos en la estrategia de enseñanza como un factor clave que promueve en los estudiantes un mejor rendimiento en el tema de sistemas de coordenadas cartesianos.

Referencias

[1] O. Borrero,(2020, May 18), Análisis del nivel de calidad educativo en Colombia, a partir de los resultados de las pruebas PISA en el periodo 2012-2018. *Repositorio Universidad Militar Nueva Granada*. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/10654/35718

[2] F. Gómez, "El desarrollo de competencias matemáticas en la institución educativa pedro Vicente Abadía de Guacarí, Colombia," Revista Universidad y Sociedad, vol. 11,no.1, pp. 162-171, 2019.

[3] N.Galeano and F. Gómez, (2018, Jun 15), Las matemáticas vinculadas a situaciones del contexto cotidiano. *Repositorio digital de tesis y trabajos de grado*, [Online]. Available: https://hdl.handle.net/10495/23643

[4] J. Herazo, J. P. Fernández and E. De la Hoz Molinares, "Modelización matemática desde la perspectivacontextualizada," *Boletín Redipe*, vol. 10, no. 8, pp. 463-480, 2021.

[5] V. F. Morales, J. P. Segovia, F. G. Córdova and A. D. Hernández, "Modelado y TICs en la Enseñanza de Ciencias y Matemática," *Revista Dominio de las Ciencias*, vol.7, no.1, pp. 874-884, 2021.

[6] O. E. Bolaño-Muñoz, "El constructivismo: Modelo pedagógico para la enseñanza de las matemáticas," *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0,* vol. 24, no.3, pp. 488–502, 2020.

[7] A. J. Vargas,(2019, Jul 10), Influencia del método de aprendizaje basado en problemas y de los contratos de estudio en el desarrollo de competencias matemáticas de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Huancavelica, [Online]. Available:http://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/3617

[8] J. S. Londoño, (2020, Sep 12), El desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos: estrategias metodológicas en estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Encimadas, [Online]. Available: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78081

[9] A. F. González, (2019, Oct, 16), Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de coordenadas, mediante el uso de un software interactivo, *Facultad de Ciencias*, [Online]. Available: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77240

[10] A. I. Osorio, N. M. da Costa, D. A. Peña and L. R. Montesinos, "Modelamiento de Superficies en Coordenadas Esféricas a Través de GeoGebra," *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, vol.13, no.1, pp. 02-05, 2020.

[11] I. M. Sánchez and M. T. González, "Concepciones de la geometría analítica en los libros de texto de secundaria y universidad en España durante el siglo XIX," *Historia De La Educación*, vol. 39, no. 1, pp.45–65, 2021.

[12] G. R. Soto. "Sobre las concepciones y conocimientos de los profesores de Geometría Analítica y el nuevo modelo educativo de matemáticas". Tesis de Maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Departamento de Matemática Educativa, Mexico, 2019