



Ingeniantes

Año 6, No.2, Vol. 1

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

latindex

ISSN 2395-9452



Temáticas

Tierra, Energía, Biológicos, Bioquímica
Medio Ambiente, Gestión Educativa
Mecánica de Materiales,
Ciencias de la Computación
Calidad y Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Año 6 / No. 2 / Vol. 1

Información Legal

Ingeniantes, año 6, No. 2, Vol 1. Diciembre 2019 - mayo 2020, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: M.I.I Erika Adrienne Bandala Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, M.I.I. Erika Adrienne Bandala Martínez, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 07 de diciembre de 2019.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 25671.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la revista Ingeniantes.

The logo for LATINDEX features the word "latindex" in a stylized, lowercase serif font. The letters are primarily red, with a vertical orange bar running through the center of the 'i' and 'n'. A small orange circle is positioned above the 'i'.

Diciembre 2019

Directorio

M.C. José Roberto Arenas Martínez

Director General, ITSM, Veracruz, México

Dr. Isidro Rodríguez Montoro

Subdirector Académico, ITSM, Veracruz, México

M.A. José Edgar Soto Meneses

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

C.P. Honorato Pérez Antonio

Director de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

Lic. Lidia Herrera Domínguez

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Dr. Carlos Yossio Nakase Rodríguez

Subdirector del Sistema Abierto, ITSM, Veracruz, México

Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González, ITSM, México

Ing. Mayra Lizzeth Méndez Oloarte, ITSM, México

Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, ITSM, México

Distribución

Publicación electrónica disponible en

citt.itsm.edu.mx/ingeniantes

Correo electrónico: revista.ingeniantes@itsm.edu.mx

<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=25671>

Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editor

M.I.I. Erika Adrienne Bandala Martínez

Comité de Revisión

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US **SNI**

Dr. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH **SNI**

Dr. Marco Tulio Gallo Estrada, UACH **SNI**

Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET **SNI**

Dr. David Lara Alabazares, ITSM **SNI**

Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM **SNI**

Dra. Susana López Cuenca, ITSDZ **SNI**

Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET **SNI**

Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA

Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN

Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH

Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT

Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT

Dr. José Luis Marín Muñiz, CV

Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSDZ

Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ

Dr. Abel García Barrientos, UASLP

Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET

Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET

Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON

Dr. Juan Carlos Gonzalez Hernández, ITM

Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNa

Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP

Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM

Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM

Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM

Dr. Luis Mejía Macario, ITSM

Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM

Dr. Saul Santiago Cruz, ITSM

M.I.A. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM

M.I.A. Luis Enrique García Santamaría, ITSM

M.S.C. Irahan Otoniel José Guzmán, ITSM

M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM

M.C. Vladimir Zagoya Juárez, ITSM

M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI

M.S.C. Arnulfo Gamaliel Hernández González, ITSM

M.I.I. Aarón Montiel Rosales, ITSPR

M.I.I. Nayeli Montalvo Romero, ITSPR



03



09



15



23



31



39



47



56



61

Contenido

Modelado del sistema de nivel para la operación de sanitizado de lima persa _____ 03
Rosalía Aguirre Solano; David Lara Alabazares; Mario Pérez Acosta, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Cálculo Vectorial: un caso de estudio sobre uso de software como estrategia didáctica 09
María del Refugio Molina Wong; Daniel Arredondo Salcedo; Verónica Ábila Aguilar; Jaime Castañeda Delgado Abraham Esquivel Salas, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte

Análisis de la responsabilidad social empresarial desde un enfoque ambiental en el sector portuario de Veracruz _____ 15
Tania Carolina Maya Muñoz; Saúl Santiago Cruz; Andrea López Navarrete, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Identificación de Clúster empresarial como estrategia para desarrollar las comunidades indígenas de Michoacán: caso industrias del mueble _____ 23
Jeronimo Niniz, Juan Carlos; Francisco Valentín Velázquez; Dalia Guadalupe Aguilar Maya, Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha

Utilización del Polipropileno “PP5” y envases de vidrio como sustituto de revestimientos cerámicos para la construcción _____ 31
Rosa Elvira Rivera Vega; Elizabeth Hernández Ibarra; Sergio Hernández Corona; Rafael Garrido Rosado; Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla; Julio Cesar Martínez Hernández, Instituto Tecnológico Superior de de Huachuquango

El uso del Coeficiente Alpha de Cronbach como herramienta de confiabilidad mediante las 4 P's para el diagnóstico del marketing en el mercado de artesanías del Malecón de Veracruz (MAV) _____ 39
Alejandro Tomás Ramírez Parra, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Diseño de tornillo sinfín-corona del sistema de transmisión para máquina de ensayo de impacto por caída libre en materiales pétreos _____ 47
Adolfo Manuel Morales Tassinari; María del Rosario Morales Mejía; Brenda Guadalupe Martínez Morales, Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tecnológico Nacional de México.

Control eléctrico para un Horno Rotativo H-10 aplicando un Controlador Lógico Programable _____ 56
José Luis Nava Sánchez; Claudio López García; Luis Manuel Valverde Cedillo, Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco

Control de la variabilidad de rueda dentada para maquinaria agroindustrial aplicando la Metodología Seis Sigma _____ 61
Jorge Alberto Beristain Pérez; Ana Roselyn Pérez Méndez; Rosario Castro García, Instituto Tecnológico Superior de Misantla



71



81



87



93



99



104



110



118



126

Glucómetro portátil de bajo costo _____ 71
 Marco Erick Becerra Ángeles; Raymundo Barrales Guadarrama; Jorge Miguel Jaimes Ponce; Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez; Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Universidad Autónoma Metropolitana–Azcapotzalco

Mejora del índice de eficiencia terminal de ingeniería industrial en el Instituto tecnológico de veracruz en el área de titulación _____ 81
 Itzayana Pedraza Ramirez; Andrea López Navarrete, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

QRApp”: Plataforma cognitiva tecnológica como didáctica en el recurso educativo abierto en la inclusion digital _____ 87
 Ana Lilia Sosa López; Roberto Custodio Martínez; Manuel Torres Vásquez, Instituto Tecnológico Superior de Centla.

Estandarización de un bioindicador para la evaluación de los efectos genotóxicos inducidos por fármacos en meristemas de semilla de lenteja (*Lens culinaris*) _____ 93
 Rosario Areli Rivera Antonio; Julia Martínez Grajales; Arturo Cabrera Hernández; Heidi Anabel Jácome Sánchez, María Cristina López Méndez, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Evaluación de la eficiencia antifúngica del extracto de Justicia Spicigera en hongos productores de aflatoxinas _____ 99
 Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña; Johana Ramírez Hernández, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco; María Guadalupe Delgado López, Centro de Investigación Biomédica de Oriente; Juan Carlos Guevara Contreras; Cesar Sánchez de La Luz, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

Diseño y evaluación de una pulidora de piezas de fundición usando maíz como abrasivo 104
 Maria Guadalupe Santillan Valdelamar; Francelin Dimas Díaz; Sergio Serrano González, Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo

Implementación del enfoque de marketing digital utilizando la minería de opiniones para la determinación de estrategias de mejora en una empresa panificadora _____ 110
 Milton Amaury Robles Domínguez; Eduardo Roldán Reyes; Gabriela Cabrera Zepeda, Instituto Tecnológico de Orizaba

Producción de azúcar a partir de sorgo dulce; una alternativa ambiental y económica para la agroindustria mexicana _____ 118
 Leidy Yarely Lopez Olivares; Noe Montes García; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; María Guadalupe Aguilar Uscanga, Instituto Tecnológico de Veracruz - UNIDA

Elaboración de briquetas de aserrín enriquecidas con microalgas cultivadas a partir de fuentes contaminadas y ozonificadas _____ 126
 Karina Hernández Demetrio; Gustavo Martínez Castellanos; Daniela Guadalupe Reyes Méndez; Leslie Marleth García Cano, Instituto Tecnológico Superior de Misantla



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Modelado del sistema de nivel para la operación de sanitizado de lima persa



Colaboración

Rosalía Aguirre Solano; David Lara Alabazares; Mario Pérez Acosta, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

RESUMEN: En este artículo se presenta el desarrollo del modelo matemático y la simulación del sistema de nivel de líquidos de una tina de sanitizado de Lima Persa, usando el software Matlab (Simulink) y la función de transferencia obtenida mediante análisis matemático. Para el presente trabajo se realizaron dos simulaciones del sistema, ya que con estas es suficiente para determinar el valor de la variación de las características de desempeño (tiempo de asentamiento, tiempo de levantamiento, tiempo de retardo, entre otras) del sistema de control, ante una entrada escalón.

Teniendo como resultados un modelo matemático probado en forma general en Matlab que servirá como base para la implementación del sistema completo de control de nivel de la tina.

PALABRAS CLAVE: Automatización, Control, Lima Persa, Modelado, Simulink, Variable.

ABSTRACT: This article presents the development of the mathematical model and the simulation of the liquid level system of a sanitizing tub in Lima Persa, using Matlab software (Simulink) and the transfer function obtained through mathematical analysis. For the present work two system simulations are modified, since with these it is sufficient to determine the value of the variation of the performance characteristics (settling time, lifting time, delay time, among others) of the control system, before a step entrance. Having as a result a mathematical model generally tested in Matlab that serves as the basis for the implementation of the complete tub level control system

KEYWORDS: Automation, Control, Persian Lima, Modeling, Simulink Variables.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las tareas más importantes en el análisis y diseño de cualquier tipo de control es la modelación matemática. Los métodos que más se utilizan hoy en día para modelar sistemas lineales o no lineales son; el método de la función de transferencia y el método de las variables de estado, el último tiene la ventaja que puede ser aplicado a sistemas lineales o no lineales, mientras que el método de la función de transferencia solo se aplica a sistemas lineales (o linealizados) invariantes en el tiempo. [1]

Por lo que la tarea es más compleja, no solo se trata de determinar el modelo matemático, sino como realizar aproximacio-

nes y suposiciones correctas cuando así se requiera. Las simulaciones por computadora serán tan buenas como el modelo usado para realizarlas. Es por esto que dentro de la ingeniería de control moderna se pone especial interés en el modelo matemático de sistemas, para que, con esta herramienta, los problemas de análisis y diseño se puedan resolver de forma adecuada mediante el empleo de las computadoras. [2]

Para este trabajo se realiza la modelación de un sistema de nivel de una tina de sanitizado, por lo que a continuación se describe el proceso de sanitizado de Lima Persa, para comprender lo que se desea obtener y la forma en cómo se debe presentar la modelación.

El proceso de sanitizado de Lima Persa se lleva a cabo posterior a la operación de enjabonado y enjuague de la fruta, actualmente el sistema de sanitizado es manual en una tina de acero inoxidable con una capacidad máxima de 1000 Lts de agua, sin embargo, opera con 800 Lts de agua, que es llenada con una tubería de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, el tiempo de llenado es de 25 minutos aproximadamente.

Posteriormente se suministra manualmente el ácido peracético (450 ml) o cloro (2000 ml), la fruta debe tener un tiempo de inmersión de 1 a 2 minutos. [3]

Los parámetros a considerar para una desinfección eficaz son; nivel, temperatura, desinfectante y sólidos en suspensión [4], ya que al aumentar la cantidad de materia orgánica los microorganismos se adhieren más fácilmente al producto.

En el proceso de santizado el agua de la tina se utiliza durante 4 horas, desinfectando 25 Toneladas de fruta en el proceso.

El monitoreo de la operación lo realiza el encargado de inocuidad, cada hora se mide el nivel de concentración del sanitizante por medio del proceso químico de titulación las partes por millón del ácido peracético deben alcanzar los 80 ppm y el nivel de cloro por colorimetría, el cual debe alcanzar las 200 ppm [5], el nivel de pH se mide con tiras reactivas, por lo que de no obtener la concentración el encargado suministra una mayor dosis de desinfectante, este monitoreo es registrado en una bitácora.

En base al análisis anterior los problemas que se presentan, son debido a que no existe un control continuo de la operación, por lo tanto, no se sabe a ciencia cierta cómo varían los niveles de concentración, ya que depende de la cantidad de materia orgánica que arrastre la fruta además de otras variables, como temperatura del agua y el nivel del agua. Aunado a que no se cuenta con registros de porcentajes de

eficiencia de este proceso. Si el nivel del agua no es monitoreado ni controlado durante el lapso de tiempo de operación, existirá una pérdida de agua, generando una mayor degradación del ingrediente activo del desinfectante, lo que ocasiona que la cantidad de limones que entran al sanitizado no se sumerjan completamente debido al nivel insuficiente de agua por el arrastre que genera la fruta.

Las principales desventajas del proceso actual son:

- Aun con la desinfección se tienen arrastres de residuos y materia orgánica que llegan hasta el consumidor.
- La tecnología utilizada para el sanitizado controlado manualmente, no es suficiente para asegurar la inocuidad de la fruta, afectando la calidad del producto.
- Reclamos de clientes.

Por lo anterior se propone diseñar un sistema de control de nivel por medio de la función de transferencia, que permita visualizar el tiempo de retardo, la ganancia y el tiempo característico de llenado para alcanzar y mantener el estado estable. Para lograr lo anterior se debe obtener un modelo matemático simplificado que permita en forma rápida validar un algoritmo de control.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio abordará el modelado del sistema de control de nivel por medio de la función de transferencia.

Al analizar sistemas que implican el flujo de líquidos, resulta necesario dividir los regímenes de flujo laminar y turbulento, de acuerdo con la magnitud del número de Reynolds. Si el número de Reynolds es mayor que entre 3000 y 4000, el flujo es turbulento. El flujo es laminar si el número de Reynolds es menor que unos 2000. En el caso laminar, tiene lugar un flujo estable en las corrientes, sin turbulencia. Los sistemas que contienen un flujo laminar se pueden representar mediante ecuaciones diferenciales lineales.

Con frecuencia los procesos industriales implican un flujo de líquidos a través de tubos y tanques conectados. El flujo en tales procesos resulta a menudo turbulento y no laminar. Los sistemas que contienen un flujo turbulento se representan a menudo mediante ecuaciones diferenciales no lineales. Sin embargo, si la región de operación está limitada, tales ecuaciones diferenciales no lineales se pueden linealizar. Con el concepto de resistencia y capacitancia para tales sistemas de nivel de líquido, es posible describir en formas simples las características dinámicas de tales sistemas.

Resistencia y capacitancia de sistemas de nivel de líquido. Considérese el flujo a través de un tubo corto que conecta dos tanques. La resistencia R para el

flujo de líquido en tal tubo se define como el cambio en la diferencia de nivel (la diferencia entre el nivel de líquido en los dos tanques) necesaria para producir un cambio de una unidad en la velocidad del flujo; es decir,

$$R = \frac{\text{cambio en la diferencia de nivel, } m}{\text{cambio en la velocidad de flujo, } m^3/\text{seg}}$$

Como la relación entre la velocidad del flujo y la diferencia de nivel es distinta para el flujo laminar y el flujo turbulento, en lo sucesivo se consideran ambos casos.

Considérese un sistema de nivel donde el líquido sale a chorros a través de la válvula de carga a un lado del tanque. Si el flujo a través de esta restricción es laminar, la relación entre la velocidad del flujo en estado estable y la altura en estado estable en el nivel de la restricción se obtiene mediante.

$$Q = KH \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde

Q =velocidad del flujo del liquido en estado estable, m^3/seg

K =coeficiente, m^2/seg

H =altura en estado estable, m

Para el flujo laminar, la resistencia R_1 se obtiene como

$$R_1 = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q} \quad (\text{Ec. 2})$$

La resistencia del flujo laminar es constante y análogo a la resistencia eléctrica.

Si el flujo es turbulento a través de la restricción, la velocidad del flujo en estado estable se obtiene mediante

$$Q = K\sqrt{H} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde

Q =velocidad del flujo del liquido en estado estable, m^3/seg

K =coeficiente, $m^{2.5}/\text{seg}$

H =altura en estado estable, m

La capacitancia C de un tanque se define como el cambio necesario en la cantidad de líquido almacenado, para producir un cambio de una unidad en el potencial (altura). (El potencial es la cantidad que indica el nivel de energía del sistema.)

$$C = \frac{\text{cambio en el liquido almacenado, } m^3}{\text{cambio en la altura, } m}$$

Debe señalarse que la capacidad (m^3) son diferentes. La capacitancia del tanque es igual a su área transversal. Si esta es constante, la capacitancia es constante para cualquier altura.

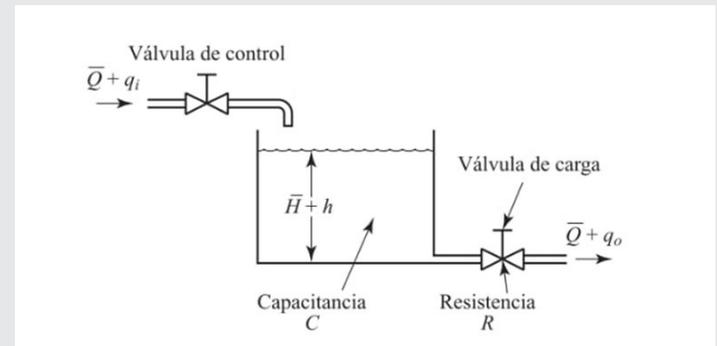


Figura 1. Sistema de nivel de líquidos.

Sistemas de nivel de líquido. Considere el sistema que aparece en la figura 1. Las variables se definen del modo siguiente:

\bar{Q} =velocidad de flujo en estado estable

(antes de que haya ocurrido un cambio), m^3/seg

q_i =desviación pequeña de la velocidad

de entrada de su valor en estado estable, m^3/seg

q_o =desviación pequeña de la velocidad

de salida de su valor en estado estable, m^3/seg

H =altura en estado estable

(antes de que haya ocurrido un cambio), m

h =desviación pequeña de la altura

a partir de su valor en estado estable, m

Como se señaló antes, un sistema se considera lineal si el flujo es laminar. Aunque el flujo sea turbulento, el sistema se puede linealizar si los cambios en las variables se mantienen pequeños. A partir de la suposición de que el sistema es lineal o linealizado, la ecuación diferencial de este sistema se obtiene del modo siguiente. Como el flujo de entrada menos el flujo de salida durante el pequeño intervalo de tiempo dt , es igual a la cantidad adicional almacenada en el tanque, se observa que:

$$C dh = (q_i - q_o) dt \quad (\text{Ec. 4})$$

A partir de la definición de resistencia, la relación entre q_o y h se obtiene mediante

$$q_o = \frac{h}{R} \quad (\text{Ec. 5})$$

La ecuación diferencial para este sistema para un valor constante de R se convierte en

$$RC \frac{dh}{dt} + h = Rq_i \quad (\text{Ec. 6})$$

Obsérvese que RC es la constante de tiempo del sistema. Si se toma la transformada de Laplace en ambos miembros de la Ecuación (4.2), y se supone la condición inicial de cero, se obtiene

$$(RCs + 1)H(s) = RQ_i(s) \text{ donde } H(s) = \int [h] \text{ y } Q_i(s) = \int [q_i] \quad (\text{Ec. 7})$$

Si q_1 se considera la entrada y h la salida, la función de transferencia del sistema es

$$\frac{H(s)}{Q_1(s)} = \frac{R}{RCs + 1} \quad (\text{Ec. 8})$$

No obstante, si q_0 se toma como la salida, y la entrada es la misma, la función de transferencia es

$$\frac{Q_0(s)}{Q_1(s)} = \frac{1}{RCs + 1} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde se ha usado la relación

$$Q_0(s) = \frac{1}{R} H(s) \quad (\text{Ec. 10})$$

RESULTADOS

Se llevaron a cabo dos simulaciones en Simulink de Matlab para mostrar gráficamente como varía la salida (H) con respecto a la resistencia R de la válvula del sistema de sanitizado.

Simulación 1

En la figura 2 se muestra la modelación con una resistencia $R=10$, y una capacitancia $C=0.1456$.

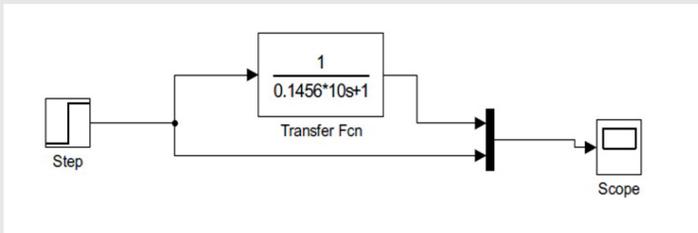


Figura 2. Diagrama esquemático del modelado de la función de transferencia con $R=10$. Elaboración propia.

A continuación, se muestra la gráfica de la respuesta escalón para el sistema anterior.

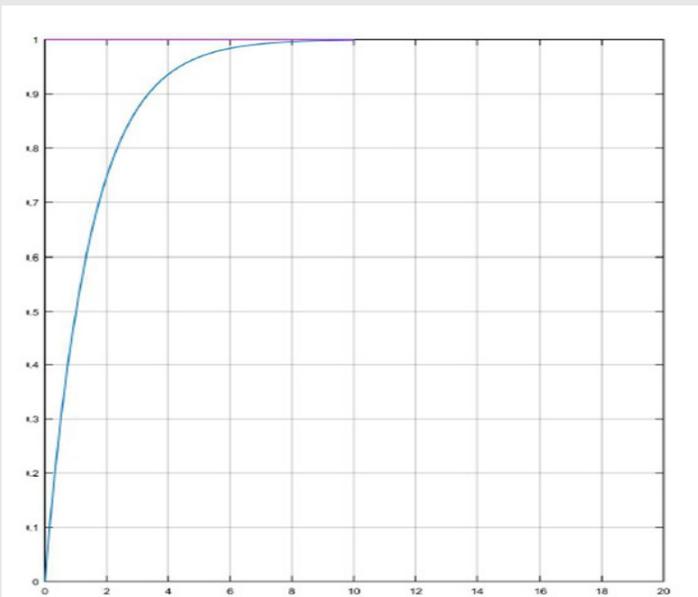


Figura 3. Gráfica de la función H con respecto al tiempo. Elaboración propia.

Simulación 2

En la figura 4 se muestra la modelación con una resistencia $R=30$, y una capacitancia $C=0.1456$.

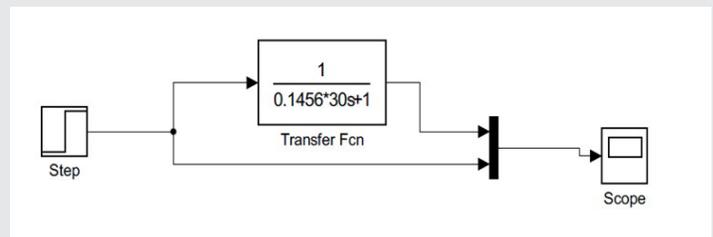


Figura 4. Diagrama esquemático del modelo de la función de transferencia con $R=30$. Elaboración propia.

A continuación, se muestra la gráfica de la respuesta al escalón para el sistema anterior.

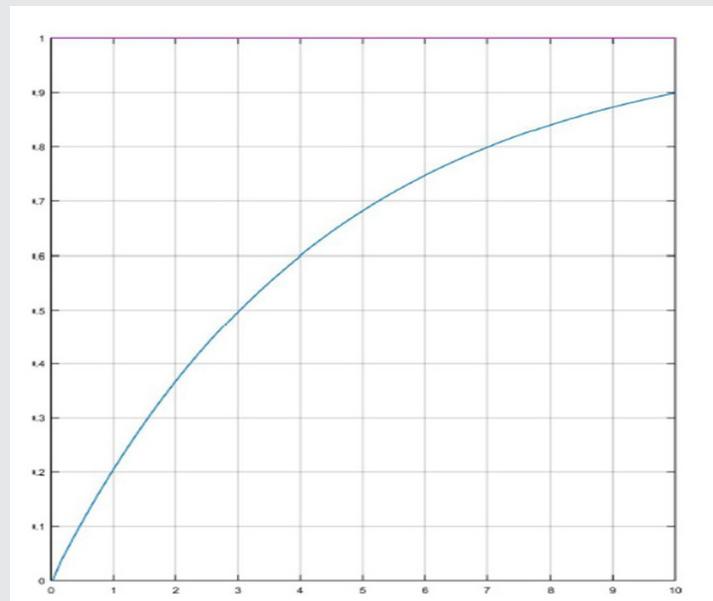


Figura 5. Gráfica de la función H con respecto al tiempo. Elaboración propia.

Puede observarse que en la gráfica de la figura 3 la función alcanza el valor máximo en $t=8$ seg, mientras la función 2 (gráfica 5) alcanza solo el 90% del valor de salida en $t=10$ seg, alcanzando el 100% hasta los 20 seg. Esto en la práctica indica que, si se tienen válvulas de drenado muy grandes, o abiertas a su máxima capacidad, el sistema de control de nivel tardará más tiempo en llegar al punto de consigna. Además, si existe un arrastre de agua considerable estas válvulas deberán permanecer cerradas a porcentajes que equilibren el líquido de entrada.

CONCLUSIONES

Al momento de obtener las gráficas, se observa que la ganancia, el tiempo característico y el retardo de llenado cambian en función de la resistencia, en la cual existe un cambio en la diferencia de nivel del agua, necesaria para producir un cambio en una unidad en la velocidad del flujo, en donde el tiempo de respuesta

aumenta en proporción al aumento de la resistencia, es decir el tiempo que la velocidad alcanza el estado estable depende del valor de la resistencia.

Trabajar con sistemas cuyos tiempos de retardo de transporte (tiempo muerto) y tiempos característicos son elevados implica mayor manejo de los métodos de sintonización de controladores digitales, puesto que el grado del denominador de la función de transferencia discreta aumenta.

Automatizar el nivel de líquidos dentro de cualquier sistema de operación es de vital importancia ya que al mantener controlado este parámetro permite que se obtenga una mayor eficiencia en el desempeño de todas las variables involucradas, además de facilitar el trabajo al operario al tener la opción de dar la instrucción al sistema para que este opere dentro del nivel deseado o requerido.

El desarrollo matemático de este trabajo es un sub-modelo que forma parte de un modelo general para el control automático de toda la operación de sanitizado, y se toma como base ya que en conjunto permitirá construir todo un sistema de retroalimentación de señales, controlando cada una de las variables.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Benjamin C., K. (1996). *Sistemas de Control Automático*. Ciudad de México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.

[2] Ogata, K. (2003). *Ingeniería de Control Moderna*. Mexico: Pearson Educacion.

[3] Gabriela Garmendia, S. V. (2006). *Metodos para la Desinfeccion de Frutas y Hortalizas*. Horticultura, pp. 18-27.

[4] Rodgers, S., Cash, N., Siddiq, M., & Ryser, E. (2004). *A comparison of different chemical sanitizer for inactivating Escherichia coli 0157:H7 y Listeria monocytogenes in solution and in apple, lettuce, strawberries and cantaloupe*. *Jornal of Food Protection.*, 721-731.

[5] Sapers G.M. 2001. *Efficacy of Washing and Sanitizing Methods for Disinfection of Fresh Fruit and Vegetable Products*. *Food Technol. Biotech.*



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Cálculo Vectorial: un caso de estudio sobre uso de software como estrategia didáctica



Colaboración

María del Refugio Molina Wong; Daniel Arredondo Salcedo; Verenice Ábila Aguilar; Jaime Castañeda Delgado Abraham Esquivel Salas, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte

RESUMEN: El estudio y comprensión del Cálculo Vectorial es esencial para las Ingenierías, aportando las herramientas matemáticas que servirán en la modelización de fenómenos físicos y naturales, descritos matemáticamente por una representación vectorial.

Este estudio propone el uso y evaluación de software en un curso de Cálculo Vectorial, con el objetivo de determinar su impacto en el rendimiento académico.

La propuesta, consiste en realizar un análisis comparativo entre un grupo de control y uno experimental.

Los resultados son alentadores dado que se produce aprendizaje, aunque, no se logran disminuir los índices de reprobación.

PALABRAS CLAVE: Cálculo Vectorial, Matemáticas

ABSTRACT: Calculus Vector class is essential for engineering students, it provides the basic mathematical tools used in the physical and natural phenomena modeling, which can be mathematically described by a vector representation.

Our proposal consists of software use in a Calculus Vector class, in order to determining the academic performance impact. The procedure was simple, comparing evaluation instruments on a control group against the experimental one.

As a result, learning was promoted, on the other hand, evaluation fail rate did not decrease.

KEYWORDS: Calculus Vector, Mathematics.

INTRODUCCIÓN

Aún y cuando la enseñanza del cálculo ha sido tradicionalmente basada en la solución de problemas de una manera mecánica y rutinaria [1], no implica la comprensión de los conceptos [2]. La comprensión del cálculo involucra dificultades de orden superior en el que se encuentran implicados procesos como la abstracción, el análisis, la demostración, entre otros [3].

El estudio y comprensión del Cálculo Vectorial es esencial para una ingeniería [4], proporciona herramientas matemáticas básicas que les servirán en la modelización de diversos fenómenos físicos

y naturales que podrán ser descritos matemáticamente por una representación vectorial. Lamentablemente, los estudiantes demuestran carencias al momento de representar una función de múltiples variables en una dimensión tridimensional.

Con la llegada de las Tecnologías de la Información, se puede promover un cambio en la manera de facilitar conocimientos, pasando de un enfoque centrado en el profesor hacia una formación que hace énfasis en el alumno, dentro de un entorno interactivo de aprendizaje, fomentando una actividad constante donde no solo se acceda a la información, sino que se cree conocimiento a partir de saber filtrar, seleccionar, valorar, criticar, desechar y utilizar adecuadamente [5].

Este estudio propone el uso y evaluación de software en un curso de Cálculo Vectorial, en específico Microsoft Mathematics, en un intento por lograr una forma diferenciada de expresión más que como un recurso tecnológico [6]. Evaluado por los estudiantes ante otras alternativas como Maple, Calculus Solved y MalMath, donde el criterio de elección obedece simplemente a su facilidad de uso.

La metodología, consistió en realizar un análisis comparativo de un grupo de control (modalidad semiescolarizada) y uno experimental (escolarizada), con el objetivo de determinar el impacto del software en la enseñanza del cálculo.

En la siguiente sección encontrará algunos trabajos relacionados, posteriormente se describe la metodología, el análisis de resultados, para finalizar con las conclusiones.

TRABAJOS RELACIONADOS

Costa, Domenicantonio y Vacchino [7] presentan un material didáctico digital para un curso de Cálculo Integral y Vectorial en una y varias variables en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Concluyen que el uso de materiales distintos a los tradicionales, motiva el interés de los alumnos y estimula la actividad intelectual, además, favorece la participación activa, reflexión crítica, trabajo grupal e interacción con los docentes.

Otro estudio hace énfasis en el uso de software para el aprendizaje del cálculo, tal es el caso de GeoGebra [9]. Las experiencias obtenidas de cientos de estudiantes, en general, concluyen que el software les resulta útil, dinámico e interactivo, lo que permite comprender y visualizar los conceptos matemáticos.

Por otra parte, Pantoja en [8] presenta una investigación para determinar los efectos de la utilización del software libre SAGE, en el rendimiento académico del curso de Cálculo Vectorial aplicado a estudiantes de

la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima Perú. Su conclusión de acuerdo a los resultados estadísticos, es que el grupo experimental incrementó su desempeño con respecto al de control, haciendo uso del software SAGE.

Como se puede apreciar en el estado del arte, no hay una relación directa entre el uso del software como medio didáctico y el incremento en el rendimiento académico, por lo menos en clases de cálculo. De hecho, hay un estudio que sugiere que, para la mayoría de los docentes, el solo suministro de tecnología es insuficiente para la integración exitosa de la tecnología en su enseñanza [10].

METODOLOGÍA

Una primera etapa de este trabajo, consistió en reunir la información sobre la situación académica del estudiante al ingresar al Instituto, los resultados derivados del examen de ingreso, habilidad verbal y matemática, así como los hábitos de estudio.

La segunda etapa determinó la situación actual de los estudiantes, en esta etapa se aplicó el Test del Modelo Honey-Alonso para conocer el estilo de aprendizaje, con la finalidad de contribuir a mejorar o potenciar su estilo de aprendizaje por medio de actividades que los motiven [11].

La tercera etapa, consistió en empleo del software Mathematics como herramienta para realizar los ejercicios.

La cuarta etapa fue la realización y aplicación de los instrumentos de evaluación para determinar los datos de la investigación, y por último, comparar y analizar las calificaciones finales del grupo experimental (modalidad escolarizada) respecto al grupo de control (modalidad semiescolarizada), para determinar el impacto del software en la enseñanza de las matemáticas.

RESULTADOS

Los dos grupos estuvieron formados por 20 estudiantes, de los cuales 13 son mujeres y 7 hombres, con una edad promedio de 19 años.

Como antecedente, 62% proviene del bachillerato de Físico-Matemático, 21% de Informática y el resto de Económico-Administrativo.

En el examen de ingreso, el promedio de los dos grupos en habilidad verbal fue del 38%, mientras que alcanzaron sólo el 18% en habilidad matemática.

En el examen de conocimiento, el mayor porcentaje de respuestas correctas fue para Sistemas de Computo con 36%, seguido por Administración con un 33% y Matemática con un 23%.

Respecto al estilo de aprendizaje (véase la Tabla 1), les fue aplicado el cuestionario Honey-Alonso con el propósito de conocer las preferencias para trabajar con la información, predominando en los dos grupos el estilo activo y pragmático, lo que les permite involucrarse sin prejuicios en experiencias nuevas, buscar ideas y ponerlas en práctica.

Tabla 1. Estilos de aprendizaje. A-Activo, R-Reflexivo, R-Teórico y P-Pragmático.

Grupo	A	R	T	P
Experimental	39%	7%	14%	39%
Control	29%	13%	21%	38%

Como se puede apreciar en la Tabla 2, existe motivación para el estudio, sin embargo, resultaron bajos en la falta de distribución de su tiempo y la optimización de la lectura.

Respecto a la aplicación de los instrumentos de evaluación de los grupos, en el examen diagnóstico, solo el 50% de los estudiantes poseían conocimientos previos del tema; 40% tenía a Excel como única opción para resolver problemas matemáticos.

El 80% nunca había utilizado software en alguna materia de Matemáticas, además, el 67% describió como excelente la idea de emplear software, y que es una manera factible para resolver dudas. El 77% logró graficar sin la asesoría del profesor, a tal grado que se consideró bueno el manejo del software.

Tabla 2. Hábitos de estudio. ME-Motivación para el Estudio, NC-Notas en Clase, OP-Optimización de Lectura, AC-Actitudes y Conductas, DT-Distribución de Tiempo, DE-Distractores de Estudio, PE-Preparación de Examen.

Grupo	DT	ME	DE	NC	OL	PE	AC
Experimental	9%	20%	14%	17%	10%	15%	15%
Control	10%	19%	9%	18%	12%	17%	16%

Entre otros resultados, el 45% de los estudiantes de la modalidad semi-escolarizada (grupo de control), estudia 30 minutos diariamente, contra el 45% del otro grupo que estudia una hora (véase la Tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento porcentual sobre los resultados del tiempo de estudio.

Grupo	Tiempo de estudio diario				
	< 30 min	30 min	1 hora	2horas	> 2 horas
Experimental	5	5	9	0	1
Control	4	9	6	1	0

El 18% de todos los alumnos estudian con un compañero, que puede ser una muy buena alternativa a la hora de preparar un examen, una exposición oral, o un trabajo práctico, sin embargo, se prefiere en su mayoría la forma individual (véase la Tabla 4).

Tabla 4. Estrategia para estudiar

Grupo	Individual	Equipo	Pares	Otros
Experimental	19	3	5	1
Control	14	4	4	0

Respecto a los medios de consulta, como se puede apreciar en la Figura 1, la preferencia de más del 80% de los estudiantes es internet, desplazando los libros a poco más del 10%.

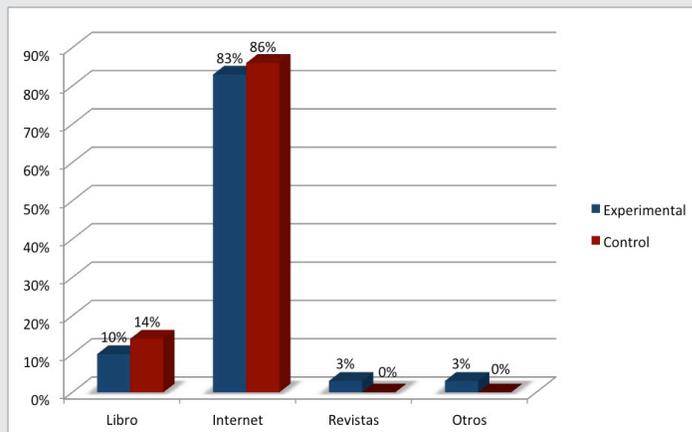


Figura 1. Medios de consulta empleados

Prueba de Hipótesis sobre Medias Poblacionales

Comparación de dos medias muestrales con un nivel de significancia del 5%, donde:

$$H_0 : \bar{x}_1 = \bar{x}_2 \quad \text{Ec. (1)}$$

$$H_1 : \bar{x}_1 > \bar{x}_2 \quad \text{Ec. (2)}$$

Tabla 5. Promedio de Calificaciones de los grupos.

Promedio de calificación del examen	Grupo	
	Experimental	Control
Unidad 1	91	84
Unidad 2	87	93
Desviación Estándar	Experimental	Control
S ₁	8.975	10.19
S ₂	10.06	7.681
Media de la Desviación Estándar	Experimental	Control
\bar{S}	9.518	8.937
Media de los promedios de calificación	Experimental	Control
\bar{X}	89	88.88
Total de alumnos	20	20

Como la muestra $n < 30$ se utilizará la estadística "t" de student, para determinar la importancia de una diferencia entre medias.

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{n_1 s_1 + n_2 s_2}{n_1 + n_2 - 2} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$= \frac{89 - 88.88}{\sqrt{\frac{20(9.518) + 20(8.937)}{20 + 20 - 2} \sqrt{\frac{1}{20} + \frac{1}{20}}}} = 0.068 \quad \text{Ec. (4)}$$

Grados de Libertad

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 20 + 20 - 2 = 38 \quad \text{Ec. (5)}$$

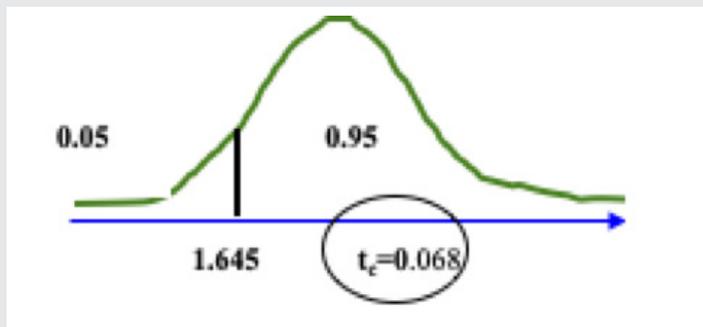


Figura 2. Curva Normal de cola a la izquierda

El Nivel de significación a la derecha del 0.05 es de 1.645. Por lo tanto, se acepta H_0 , se dice que no hay diferencia significativa en lo que respecta al promedio de la calificación del grupo en las unidades evaluadas, al 0.05 nivel de significación.

Prueba de Hipótesis de Proporciones Poblacionales

$$H_0 : p_1 = p_2 \quad \text{Ec. (6)}$$

$$H_1 : p_1 \neq p_2$$

Intervalo de confianza del 95%, $\alpha = 0.95$.

Tabla 6. Promedio de Alumnos Reprobados.

Promedio de calificación del examen	Grupo	
	Experimental	Control
Unidad 1	4	2
Unidad 2	3	2
Promedio	Experimental	Control
\bar{x}	4	2
Media de proporción poblacional	Experimental	Control
p	0.20	0.10
$1 - p$	Experimental	Control
q	0.80	0.90
Total de alumnos	20	20

Donde:

$$p = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2} = \frac{4 + 2}{20 + 20} = 0.15 \quad \text{Ec. (7)}$$

$$q = 1 - 0.15 \quad \text{Ec. (8)}$$

Luego,

$$Z_c = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{pq \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad \text{Ec. (9)}$$

$$= \frac{0.20 - 0.10}{\sqrt{(0.15)(1 - 0.15) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right)}} = 0.8856 \quad \text{Ec. (10)}$$

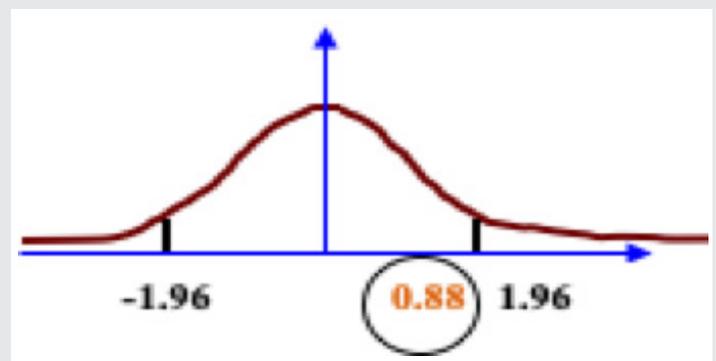


Figura 3. Curva Normal de dos colas

Se acepta H_0 , se dice que no hay diferencia significativa en lo que respecta en la proporción de estudiantes que han reprobado la materia de cálculo vectorial en las unidades evaluadas, al 0.95 nivel de significación confianza.

CONCLUSIONES

Una vez concluida la investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos, se logró determinar y analizar el impacto de hacer uso de software, específicamente Microsoft Mathematics, como una herramienta de aprendizaje en una materia de Cálculo Vectorial.

Respecto a la hipótesis planteada, se afirma que, "el uso del Software Mathematics, puede generar Aprendizaje", sin embargo, no disminuyeron los índices de reprobación.

El análisis estadístico, determina que no existe diferencia significativa en el índice de reprobación comparando los dos grupos.

A pesar del esfuerzo inicial que les supone a los estudiantes graficar funciones en el Software, ellos valoran positivamente la utilización del Software en la asignatura. Así mismo, se observó un incremento en el interés por los temas de Cálculo Vectorial.

El 32% de los estudiantes, definieron que la Matemática es útil en la vida y el 8%, que son divertidas y entretenidas. También comentaron que, el software ejemplifica e ilustra visualmente conceptos previamente estudiados, por lo que se aprende de manera diferente, además favorece el ejercicio de ciertas habilidades operativas.

Disponer de Software Libre, abre la posibilidad de tener un laboratorio Matemático que podrá ser utilizado como un recurso tecnológico para generar aprendizaje, permitiéndole realizar pruebas complejas de cálculo numérico, gráfico y simbólico.

Finalmente, asumir que el reto docente implica influir en el estudiante para que esté consciente de la importancia de ser constructor de su propio conocimiento, que le permita adquirir las habilidades, aptitudes y conocimientos que le servirán para enfrentar la realidad en este mundo globalizado. Lograrlo implica que el docente cambie su rol de transmisor a un guía o asesor.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., Gómez, P. (1995). *La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. Ingeniería didáctica en educación matemática, vol. 1, 97-140.*

[2] Tall, D., Yusuf, M. (1999). *Changing attitudes to university mathematics through problem solving. Educational Studies in Mathematics, 37(1), 67-82.*

[3] Vrancken, S., Gregorini, M., Engler, A., Muller, D., Hecklein, M. (2006). *Dificultades relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje del concepto de límite. Revista PREMISA, 8(29), 9-19.*

[4] García, J. A. (2013). *La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. Educación, 37(1), 29-42.*

[5] Palomo, R., Ruiz, J., Sánchez, J. (2006). *Las TIC como agentes de innovación educativa. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Educación, Dirección General de Innovación Educativa y Formación del Profesorado.*

[6] Olivar, A., Daza, A. (2007). *Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y su impacto en la educación del siglo XXI. Negotium: revista de ciencias gerenciales, 3(7), 2.*

[7] Costa, V., Di Domenicantonio, R. M., Vacchino, M. C. (2010). *Material educativo digital como recurso didáctico para el aprendizaje del Cálculo Integral y Vectorial. Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 21, 173-185.*

[8] Carhuavilca, P., Yesser, H. (2015). *Aplicación del software libre SAGE y su influencia en el rendimiento académico en cálculo vectorial, en los estudiantes del IV ciclo de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería.*

[9] Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., Kreis, Y., Lavicza, Z. (2008). *Teaching and learning calculus with free dynamic mathematics software GeoGebra. In 11th International Congress on Mathematical Education. Monterrey, Nuevo Leon, Mexico, pp.*

[10] Cuban, L., Kirkpatrick, H., Peck, C. (2001). *High Access and Low Use of Technologies in High School Classrooms: Explaining an. American Educational Research Journal, 38(4), 813-834.*

[11] Bello, P. H., Almaguer, R. T., Rogríguez, A. L. (2017). *Características que presentan los estudiantes con estilos de aprendizaje diferentes en ambientes de aprendizaje colaborativo. Tendencias Pedagógicas, 30, 191-206.*

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias a la financiación del Tecnológico Nacional de México a través del proyecto "Fortalecimiento de Cuerpos Académicos (IDCA 28030)" en el marco de la convocatoria 2017 otorgado al ITESZAN-CA-2. Así mismo, al Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Análisis de la responsabilidad social empresarial desde un enfoque ambiental en el sector portuario de Veracruz



Colaboración

Tania Carolina Maya Muñoz; Saúl Santiago Cruz; Andrea López Navarrete, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

RESUMEN: Los efectos de la masiva concentración demográfica, el uso creciente de combustibles fósiles, la incorporación de espacios rurales a urbanos, y la fusión de territorios municipales, está impactando en la degradación y contaminación de los recursos naturales más sensibles como son los inherentes al litoral urbano. El presente trabajo es relativo a un análisis descriptivo de la situación actual de las organizaciones que poseen el distintivo de ESR (Empresa Socialmente Responsable) de la terminal portuaria de Veracruz, México. El objetivo es caracterizar la planeación estratégica y las actividades que se practican en una de las empresas con mayor productividad del puerto, desde el punto de vista de las dimensiones económica, social y ambiental. Para ello, se empleó el método de análisis con un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, bajo un diseño documental, bibliográfico. Después de analizar la información presentada, se encontró que son menos de la mitad de las empresas localizadas en el recinto portuario de Veracruz, las que obtuvieron el distintivo ESR en 2019, sin embargo, la compañía detallada, está realizando las acciones de beneficio económico y social, basadas en los valores éticos de sus principios corporativos.

PALABRAS CLAVE: Empresa Socialmente Responsable, responsabilidad social empresarial, puertos, responsabilidad ambiental.

ABSTRACT: The effects from the massive demographic concentration, the increasing use of fossil fuels, the incorporation of rural to urban spaces and the fusion from municipal territories, it is impacting the pollution and degradation by the natural resources such as those inherent to be urban coastline. This article describe a descriptive analysis of the current situation of organizations that hold the ESR (Socially Responsible Company) badge, from the port terminal of Veracruz, Mexico. The objective is to characterize the strategic planning and activities that are practiced in one of the companies with the highest productivity in the port, from the point of view of the economic, social and environmental dimensions. For this, the method of analysis was used with a qualitative approach of descriptive type, under a documentary, bibliographic design. After analyzing the information presented, it was found that there are less than half of the companies located in the port area of Veracruz, which obtained the ESR badge in 2019, however, the detailed company is carrying out the actions of economic benefit and social, based on the ethical values of its corporate principles.

KEYWORDS: Socially Responsible Company, corporate social responsibility, ports, environmental responsibility.

INTRODUCCIÓN

A la par del creciente avance de las tecnologías de información y comunicación, existe un incremento del requerimiento social por actividades empresariales más responsables, que van más allá del beneficio económico. (Aguilera y Puerto, 2012, p. 3). Es así, como actualmente las compañías dedican gran parte de sus esfuerzos en indagar nuevas alternativas para combatir los efectos causados por las acciones encaminadas a satisfacer sus objetivos organizacionales. La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) o Responsabilidad Social Corporativa (RSC) se define como el compromiso por parte de los directivos de elegir las acciones e incentivar medidas que favorezcan el bienestar social y colaboren con sus intereses y los de sus grupos. (Daft, 2000); tomando

en cuenta que una organización es considerada un sistema complejo, esta debe reconocer los intereses de los distintos grupos con los que se relaciona (stakeholders). La definición de RSE por Martínez (2005) es el acuerdo adquirido por la empresa de practicar los valores éticos en su empeño por el desarrollo sostenible, ejecutando una planificación estratégica que integre la remuneración económica, con el bienestar social y el salvaguardo ambiental. En este sentido, se dice que una empresa socialmente responsable, pretende que la ética forme parte de su cultura organizacional.

La RSE reconoce cuatro líneas estratégicas que responden a su implantación en la empresa, y son (Cajiga, 2013):

- Ética y gobernabilidad empresarial.
- Calidad de vida en la empresa (dimensión social del trabajo).
- Vinculación y compromiso con la comunidad y su desarrollo.
- Cuidado y preservación del medio ambiente.

El distintivo ESR, es un identificador gráfico, creado por el Centro Mexicano para la Filantropía, que establece lineamientos de actuación empresarial y reconoce a las organizaciones que han asumido la cultura de la responsabilidad social empresarial. Este sello se entrega y renueva anualmente.

Una Empresa Socialmente Responsable, es aquella que ha obtenido el Distintivo ESR, mediante la sustentación documental de un alto nivel de responsabilidad social. Lo que significa, que aparte de cumplir con las obligaciones marcadas en las leyes y generar valor a sus stakeholders, se compromete a:

- Crear un ambiente de trabajo incluyente que propicie el crecimiento personal y profesional.
- Gestionar ética y equitativamente la organización, delimitando políticas para la prevención de actividades ilícitas.
- Atender las necesidades de sus grupos y comunidades donde opera.
- Preservar el medio ambiente, optimizar recursos, reincorporar sus productos a la naturaleza.

La responsabilidad social orientada a la protección del medio ambiente y a partir de ahora denominada "responsabilidad ambiental" supone que las empresas asuman sus externalidades positivamente, siguiendo un enfoque de carácter preventivo frente a los desafíos medioambientales, comprometiéndose con el fomento de la misión de la misma, así como la difusión de tecnologías respetuosas con el entorno ambiental. (Núñez, 2003). Este concepto puede figurar en la estrategia corporativa de cualquier sector industrial, incluido el portuario.

Una clara manifestación de la RSE en este sector, es la persecución invariable de un equilibrio entre la ciudad y el puerto que acoge, de modo que la calidad de vida

de los habitantes no se vea perturbada por los factores inherentes a las actividades logísticas del puerto, tales como el tránsito de transportes pesados, emisiones de CO₂ o residuos vertidos a los cuerpos de agua. El transporte marítimo es uno de los principales contribuyentes a la situación actual de contaminación global, causada en gran parte por los gases que impactan la capa de ozono. (González et al., 2013). En el 2014 la Organización Marítima Internacional (OMI) presentó un estudio sobre los gases de efecto invernadero (GEI), que demuestra que el transporte marítimo emitió 796 millones de toneladas de CO₂ en el 2012, lo que representó un 2.2% del total de las emisiones internacionales en ese año. Además de la contaminación atmosférica, los buques contribuyen a la contaminación del agua, ya sea por la descarga de aguas sucias desde los buques o por riego accidental de hidrocarburos. (OMI, 2019).

Por lo anterior expuesto, es preciso mostrar las afectaciones causadas al medio ambiente por el transporte marítimo y lo que las organizaciones internacionales, en conjunto con los gobiernos locales, aportan para combatir el deterioro del entorno.

Dimensiones de la responsabilidad social.

Descomponer el concepto tan amplio de la responsabilidad social en dimensiones, facilita su aplicabilidad en las empresas.

La empresa analizada presentó en 2018, 52 objetivos de trabajo, con un cumplimiento general del 85%. Los porcentajes de ejecución respecto a las tres dimensiones de la RSE, que son: económica, social y ambiental, se muestran en la figura 1:

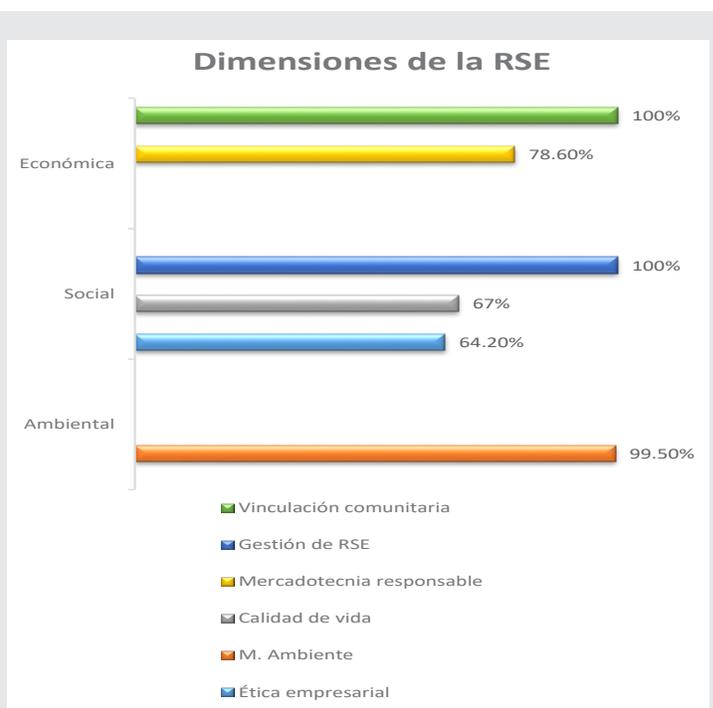


Figura 1. Medios de consulta empleados

Marco Jurídico Mexicano sobre Protección Ambiental.

Algunas leyes y reglamentos de orden jurídico por el que se rigen las empresas de la terminal portuaria de Veracruz, se mencionan a continuación:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- LGEEPA Federal y Estatal.
- Ley de Navegación y su Reglamento.
- Ley de Puertos y su Reglamento.
- Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación generada por la emisión de ruido.
- Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.
- Reglamento de la Ley General para la prevención y gestión integral de residuos.
- Reglas de operación del puerto.
- Ley Federal del Trabajo y Reglamento Federal de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo.
- Reglamento de LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.
- Reglamento de LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas.
- Reglamento de LGEEPA en Materia de Auditorías Ambientales.
- Reglamento de LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Reglamento de LGEEPA en Materia de Prevención y Control de Contaminación de la Atmósfera.
- Normas Oficiales Mexicanas (STPS, SEMARNAT, SCT, SSA):
- Ley General de Equilibrio Ecológico
- Ley de Protección al Ambiente.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley de Hidrocarburos.
- Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del sector de Hidrocarburos.
- Ley General al Cambio Climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Carroll (1999) señala el año 1953 como el inicio de la construcción teórica del concepto RSE en la literatura, dentro del libro "Social Responsibilities of the Businessmen" por Howard Bowen, quien es considerado como Padre de la RSE. Valenzuela et al., 2015, reconoce que la RSE ha tomado mayor importancia en las últimas décadas, la cual se puede ver reflejada en el continuo establecimiento de normas de índole internacional y que a su vez las organizaciones están promulgando y fomentando las buenas prácticas que sustentan. Sin embargo, Henríquez y Oreste, 2015, consideran que implementar la RSE en una organización, se necesita más que el desarrollo de prácticas concretas, se deben integrar las políticas de RSE a la misión, visión y a su ejercicio diario.

Ulla (2014) expone diez puntos esenciales para orientar a la empresa hacia la responsabilidad social y sustenta-

bilidad, los cuales se enlistan a continuación y se detalla lo que la empresa analizada en el presente artículo, está llevando a cabo.

Definir su identidad y perfil: La empresa comprende, mide y expresa sus estándares de sostenibilidad en materia logística portuaria, los cuales están cimentados en apego a los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y a estándares internacionales de RSC.

Marcar los postes: La empresa se compromete con sus valores organizacionales (Responsabilidad, Servicio, Compromiso, Honestidad, Trabajo en equipo, Respeto) y diez principios de RSE, los cuales la rigen en toda su gestión y motivan a los colaboradores.

Sensibilizar, contagiar y educar: En 2019 actualizaron y promulgaron con sus stakeholders su Código de Ética basado en un benchmarking entre los códigos de ética de los líderes en RSE; además realizan campañas para dotar de identidad y permanencia cada uno de los valores.

Generar participación y compromiso: Con "3C", generan Compromiso a través de la Confianza y el Conocimiento. Como ejemplo de ellos, tienen la herramienta de Tips Anónimos y una Cédula de Cumplimientos Normativos, donde cada área señaló los puntos relevantes en su ámbito de responsabilidad.

Comenzar internamente: Las políticas de derechos humanos, medio ambiente y anticorrupción son temas que forman parte de la capacitación a miembros.

Evolucionar la cadena de valor: Hasta convertirla en una cadena de valores éticos compartidos con los stakeholders. En materia de Derechos Humanos, no se presentaron incidencias por causa de discriminación. Además, se evaluaron a 53 proveedores en la lucha contra el trabajo infantil y derechos a la seguridad social.

Concientizarse que el futuro empieza hoy: Cada pequeña decisión sustentable del presente, repercutirá positivamente en el mañana, es por eso que la organización envía un boletín mensual con información respecto a este tema.

Convertir al cliente en socio: Haciéndolos partícipes de la co-evolución en temas de sustentabilidad. La empresa presenta a sus clientes actuales y futuros el trabajo que está realizando en pro de la sociedad y el medio ambiente.

Adoptar un rol ejemplar: La empresa ha obtenido por 6 años consecutivos el reconocimiento como ESR y por 5 años se ha mantenido en la categoría ESR 1% al destinar dicho porcentaje de las utilidades antes de impuestos a las labores de Responsabilidad Social.

Comprometerse con el deber: Como muestra del compromiso, la empresa ha establecido cuatro índices de relación con la comunidad y en 2018 se declararon siete ejes que sirvieron como guía para las acciones de vinculación, entre las que destacan: Eventos de integración, Programa de Voluntariado y Desarrollo de proveedores y grupos de inclusión.

DESARROLLO

Uno de los ámbitos de aplicabilidad de la RSE es el cuidado y preservación del medio ambiente. La responsabilidad ambiental abarca la correcta administración y el impacto de los recursos naturales y de todo aquello que contribuya al cambio climático (Henríquez y Oreste, 2015).

La ejecución de excelentes prácticas de RSE ambiental surge cuando la visión de preservación del medio ambiente se conjuga con la estrategia corporativa. (Kim y Mauborgne, 2009). Esto cobra sentido cuando notamos que el desarrollo de una estrategia corporativa, la mayoría de las ocasiones, comienza con el análisis de las condiciones del sector donde operan.

El impacto de las empresas al medio ambiente, puede ser positivo o negativo, sin embargo, los procesos industriales suelen causar repercusiones negativas debido a la explotación de materias primas, su transformación en productos o servicios, la energía consumida y culminando con los residuos producidos al terminar la vida útil del producto. Hoy en día la presión sociodemográfica sobre los recursos naturales ("huella ecológica") es alarmante. Este concepto nos indica en hectáreas, cuánta tierra productiva y agua requiere un individuo o población, para producir los recursos que requiere, a la vez que la biosfera absorbe los desechos que origina, utilizando la tecnología existente, por lo que se puede decir que actualmente el consumo de la sociedad mundial, excede la capacidad del ecosistema para regenerarse. (Tamayo et al., 2012). En la figura 2, se observa la huella ecológica de una población de 6 mil millones en diferentes años. En 1999 era de 1.9 hectáreas por persona y para 2030, se estima que será de 1.1 hectáreas por persona, siendo atribuible el decremento de la huella ecológica, a las medidas medioambientales que el sector privado y empresarial están tomando.

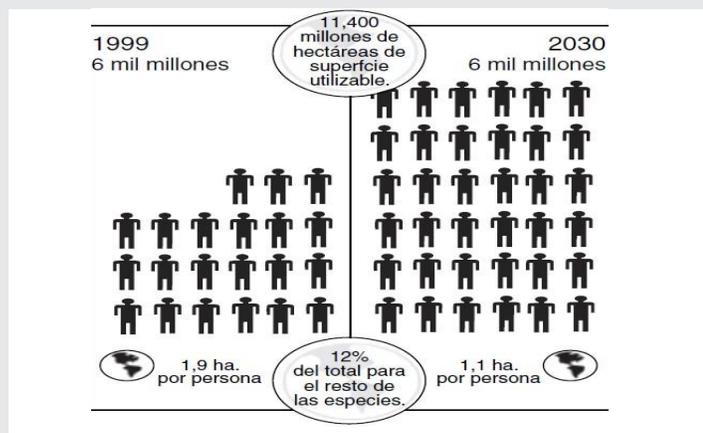


Figura 2. Huella ecológica del planeta. 1999 vs 2030. Fuente: Tamayo et al., 2012.

De acuerdo con Pérez (2016) la gestión ambiental es un conjunto de acciones integradas, cuyo fin es contrarrestar el impacto y lograr el mantenimiento ambiental y con ello garantizar la calidad de vida de las personas

- y el resguardo del patrimonio natural del planeta, y son:
- Detectar el origen del efecto ambiental negativo para prevenirlo y contrarrestarlo.
 - Activar medidas correctivas.
 - Monitorear cotidianamente los factores de impacto y sus consecuencias en el entorno.
 - Análisis previo a la ejecución de las actividades industriales para detectar riesgos y posibles soluciones (modificación de procesos, sustitución de materias primas, etc.).
 - Realizar investigaciones sobre problemas específicos para mejorar nuestro hábitat.
 - Capacitación del personal.
 - Integrar la visión de la gestión ambiental a la planeación estratégica de la empresa.

Concretar la aplicación del último punto mencionado, se define como un modelo de gestión que integra no sólo el respeto al medio ambiente, además incorpora el compromiso de la empresa con los derechos humanos y con sus stakeholders; lo que les permite mejorar la imagen institucional. Implementar la responsabilidad ambiental como un modelo de gestión empresarial, conlleva cuatro etapas como se muestra en la figura 3, las cuales según Viteri y Jácome (2011), son:

- 1) Planificación
- 2) Implementación
- 3) Seguimiento
- 4) Evaluación

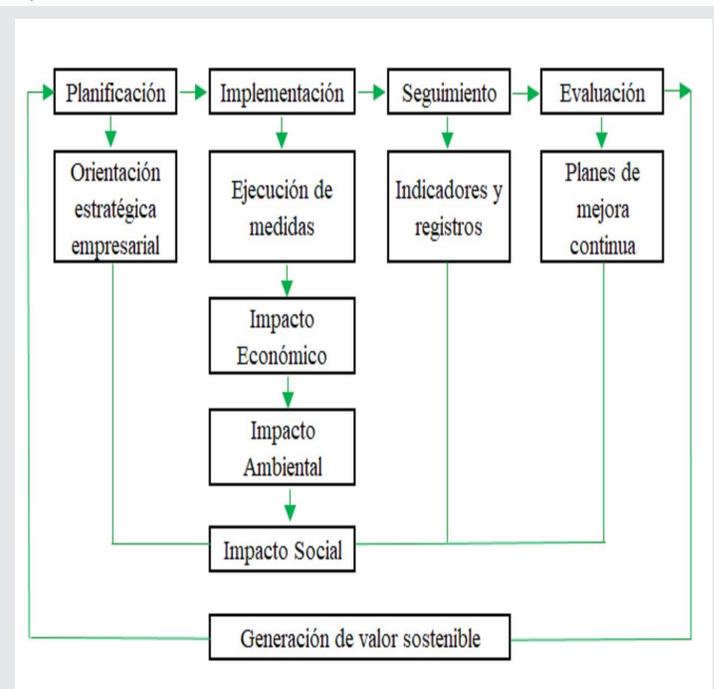


Figura 3. Modelo de gestión para incorporar la RSE en la organización.

Fuente: Elaboración propia con datos de Viteri y Jácome, 2011.

El impacto ambiental varía según el giro de la industria, la materia prima que utilice, el proceso implementado, el tamaño y localización de la industria, la tecnología, las particularidades del ambiente y la eficacia de las

disposiciones correctivas de la polución. (Tamayo et al., 2012).

Sector portuario y medio ambiente.

El transporte de carga y pasajeros por el mar, es considerado el de mayor y más rápido crecimiento en emisiones de GEI, por lo que incluirlo en las iniciativas de cuidado ambiental es de vital importancia (Barbero y Rodríguez, 2012).

En el 2018, las empresas del Recinto Portuario de Veracruz que obtuvieron el distintivo de ESR, fueron únicamente dos de las quince que se dedican a prestar servicios de comercio exterior en esa ubicación:

Grupo CICE.

SEPSA, S.A. DE C.V.

Y tres más, que prestan servicios de logística portuaria dentro de la terminal, pero su ubicación es fuera de la misma:

Agencia Aduanal del Valle Sureste.

Transportes Maeda.

GOMSA Logística.

Los buques emiten gases que afectan la capa de ozono, provenientes de incineradores, instalaciones de refrigeración, sistemas contra incendios y carga de vapor y los GEI. Diversas simulaciones demuestran que en el 2050, las emisiones de los buques pueden aumentar entre 150% y 250% comparado con las emisiones del 2007, que representaron el 3.3% de las emisiones mundiales de CO₂. (Ospar Commission, 2010).

Otro punto relevante es el consumo de energía en puertos y terminales de América Latina y el Mar Caribe. Debido a la creciente movilización de contenedores refrigerados, los cuales requieren mantener una temperatura fría constante para conservar la calidad del producto, se identifica la necesidad de mayor consumo de energía a lo largo de todo el proceso de transporte, por lo que es requerido un manejo eficiente energético y la medición de la huella de carbono. (Barbero y Rodríguez, 2012).

La dimensión ambiental portuaria, propone eliminar, o en su defecto, aminorar el impacto de sus operaciones, preservando los recursos, de tal manera que no se coloque en situación de riesgo su presencia en el futuro, así como la capacidad de los ecosistemas donde interactúa. Según Sánchez et al., (2015), los objetivos de la dimensión ambiental portuaria son:

Minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Operar siguiendo las pautas de los modelos de eficiencia energética.

Reducir la contaminación del aire.

Aminorar los niveles del ruido.

Optimizar la utilización de los recursos y los activos portuarios.

Actualmente las terminales portuarias alrededor del mundo enfocan sus esfuerzos por cambiar su dependencia a los combustibles fósiles a la electricidad, muchas de ellas están invirtiendo en tecnologías energéticas eficientes y son acompañadas en su objetivo, por el desarrollo de fuentes de energía renovable que se está llevando a cabo dentro del perímetro de los puertos. (Acciaro, et al., 2014).

Las empresas de la terminal portuaria de Veracruz, que cuentan con el distintivo de Empresas Socialmente Responsables, realizan diversas tareas de generación de beneficios sociales y ambientales, ya sea para contrarrestar el impacto causado al entorno, cumplir ciertas leyes o satisfacer sus políticas ambientales. Algunas de ellas son:

Área estratégica:

Identificar los impactos ambientales de la organización. Establecer criterios para asegurar que los productos o servicios utilizados, minimicen la generación de contaminantes y desperdicios.

Realizar estrategias que maximicen el uso de los recursos.

Agua y energía:

Verificar que los activos y herramientas, adopten tecnologías de ahorro de agua y energía.

Previo tratamiento a los cuerpos de agua donde se vierten desechos.

Acciones de monitoreo y mantenimiento en sistemas de iluminación y equipos de cómputo para efficientar los niveles de consumo.

Flora y fauna:

En caso de expansión o nueva ubicación de terminales, se reubican a las especies animales que se encontraban en el hábitat.

Cuando se retiran especies de flora para la utilización operacional del terreno, se busca una superficie apta para plantar nueva vegetación.

Aire:

Durante la descarga del buque de los minerales a granel, se abre la almeja lo más cerca posible al punto de descarga, con la finalidad de evitar levantamiento de polvos.

Monitoreo semestral de la calidad de aire en el puerto.

Uso de aspersores para mantener húmedo el material.

Utilización de bandas transportadoras herméticas.

Empleo de reguladores de gases de escape en montacargas y grúas.

Ruido:

Montaje de pantallas acústicas en los límites del recinto portuario.

Instalación de blindaje acústico en grúas de patio, montacargas y remolcadores.

Residuos:

Contar con registro de planes de manejo de residuos para su separación y manejo.

Promover la separación, reutilización y reciclado de materiales con el fin de disminuir el volumen.

Cumplir con lo establecido en las leyes ambientales.

Factor Humano:

Capacitar a los empleados en una cultura de responsabilidad ambiental.

Relaciones estrechas con los stakeholders.

Además del distintivo ESR, estas empresas trabajan a la par con CONAGUA y obtienen reconocimientos que coadyuvan al cumplimiento de objetivos ambientales, como el Certificado Industria Limpia.

RESULTADOS

Uno de los grandes desafíos de la gestión ambiental en los puertos, es disponer de información veraz sobre la ejecución de sus actividades. Los indicadores de gestión, permiten evaluar el desempeño del desarrollo ambiental y de este modo, controlar y evaluar el impacto de sus programas y modificarlos en caso de ser necesarios. Así mismo, el uso de indicadores permite realizar Benchmarking entre puertos. (CEPAL, 2011).

Los indicadores los establece cada gestión de acuerdo a sus recursos y planes, en la figura 4 se muestra el avance del año 2019, de los indicadores establecidos en responsabilidad ambiental por la empresa caracterizada.

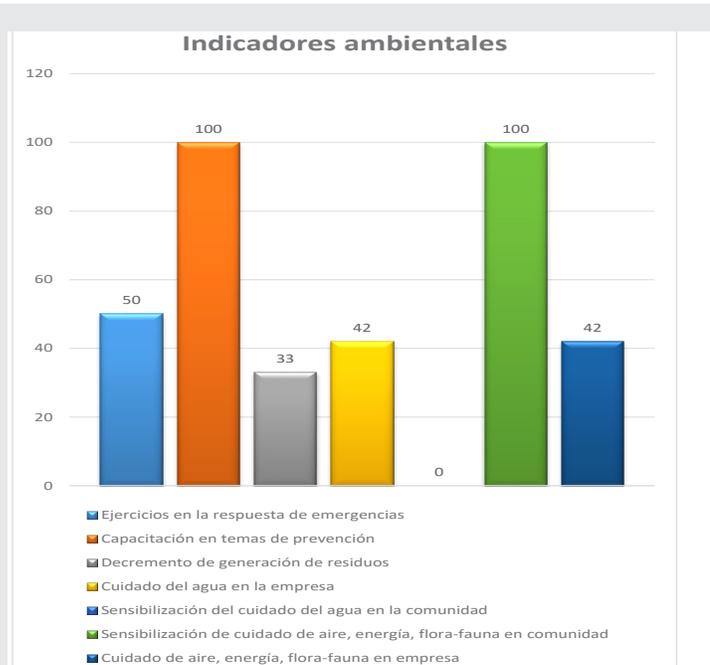


Figura 4. Porcentaje de avance de los indicadores de responsabilidad ambiental en la organización, año 2019.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La preocupación de la sociedad y de las empresas específicamente, por ser responsables en sus acciones,

ha incrementado aceleradamente en los últimos años. No sólo se ocupan de generar utilidades, sino están comprometidos con otorgar valor al entorno donde se encuentran instaladas, empezando por sus colaboradores, proveedores, accionistas y comunidades en las que operan.

En este sentido, el medio ambiente juega un papel importante, ya que, las organizaciones sin importar tipo, tamaño o giro, están inmersas en contrarrestar los daños inherentes al ejercicio de sus actividades.

El acelerado intercambio de productos y servicios en el mundo, ha permitido a los puertos, encontrar una oportunidad de contribución al desarrollo nacional. Durante muchos años, los espacios portuarios han sido ambientalmente impactados, como consecuencia de la expansión de los puertos y sus actividades. No obstante, en los últimos años, por la adopción de sistemas de calidad, tecnología, normas internacionales y la aplicación de leyes ambientales, las autoridades portuarias han aplicado políticas y prácticas de para llevar un control ambiental más riguroso, lo que ha contribuido a la recuperación del entorno ambiental.

Se ha demostrado que las empresas que cuentan con una cultura ambiental sostenida, mejora su imagen y valor ante el público, generando mayor aceptación al momento de elegir la organización a la que le comprarán. Los esfuerzos realizados hasta el momento, han mejorado la situación de los espacios ambientales, pero debido a los grandes daños ocasionados, aún queda mucho trabajo por hacer y la unión de más empresas a la causa.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Acciario, M., Ghiara, H. and Cusano, M.I. (2014), "Energy Management in Seaports: A New Role for Port Authorities", *Energy Policy*, 71(August): 4-12.

[2] Aguilera, A., y Puerto, D. (2012). *Crecimiento empresarial basado en la responsabilidad social. Pensamiento y Gestión*, 32, 2-36.

[3] Barbero, J. y Rodríguez, R. (2012). *Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible de bajo carbono. Transporte y Territorio*, (6), p. 8-26.

[4] Cajiga, J. (2013). *El concepto de responsabilidad social empresarial. México: CEMEFI.*

[5] CEPAL. (2011). *Políticas Portuarias Sostenibles. Boletín FAL. Edición No. 299, número 7.*

[6] Evans, A. (2010). *Una respuesta a la acción social, de la rentabilidad a la responsabilidad social empresarial. Revista Ciencias Estratégicas*, 18 (23), pp. 11-15.

[7] González, N., Soler, F., Orive, A., y Camare-ro, A., (2013). *Transporte marítimo y ambiente: las implicaciones de las SECAS y las ECAS*. *Revista Transporte y Territorio* N° 8, pp. 138-156.

[8] Henríquez, R. y Oreste, R., (2015). *Implicancias de una Responsabilidad Social Empresarial Sustentable* (N° 23).

[9] Kim, C., y Mauborgne, R. (2009). *Navegar en el océano azul: cómo la estrategia moldea la estructura*. *Harvard Business Review*, 87 (9), pp. 81-89.

[10] Martínez, H. H. (2005). *El marco ético de la responsabilidad social empresarial* (pp. 2-11). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

[11] Pérez Espinoza, J.M., Espinoza Carrión, C., & Peralta Mocha, B. (2016). *La responsabilidad social empresarial y su enfoque ambiental: una visión sostenible a futuro*. *Revista Universidad y Sociedad [seriada en línea]*, 8 (3). pp. 169 - 178.

[12] Sánchez, R., Jaimurzina, A., Wilmsmeier G., Pérez, G., Doerr, O., Pinto, F. (2015). *Transporte marítimo y puertos: Desafíos y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*.

[13] Tamayo, U., Vicente, M., Izaguirre, J. *La gestión de residuos en la empresa: motivaciones para su implantación y mejoras asociadas* *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 18 (3), 2012, pp. 216-227.

[14] Ulla, L. (2014). *RSE y Desarrollo Sustentable*. Ponencia presentada por el Instituto Argentino de Responsabilidad Social.

[15] Valenzuela, L., Jara, M., & Villegas, F. (2015). *Prácticas de Responsabilidad Social, reputación corporativa y desempeño financiero*. *Revista de Administración de Empresa*, 55 (3), pp. 319-344.



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Identificación de Clúster empresarial como estrategia para desarrollar las comunidades indígenas de Michoacán: caso industrias del mueble



Colaboración

Jerónimo Niniz, Juan Carlos; Francisco Valentín Velázquez; Dalia Guadalupe Aguilar Maya, Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha

RESUMEN: La industria del mueble en las comunidades indígenas de Michoacán es una de las principales actividades económicas, además de ser una de las regiones con el mayor número de personas con oficio de carpintero.

Esta actividad aportó 36 mil millones de pesos al PIB nacional en 2015. ¿Cómo identificar que en las comunidades indígenas de Michoacán existe un clúster de empresas del sector del mueble? El objetivo principal de esta investigación es analizar la estrategia clúster para posteriormente tomarla como base de desarrollo para algún municipio indígena de Michoacán. El enfoque metodológico de la investigación fue de tipo cuantitativo, exploratorio, explicativo y no experimental.

La variable analizada es: proximidad geográfica la cual se analiza mediante razones matemáticas. Los resultados del análisis demuestran la fiabilidad y posibilidad para aplicar una estrategia de clúster en alguna comunidad indígena de la región como vía de desarrollo.

PALABRAS CLAVE: Clúster, Desarrollo regional, Proximidad geográfica.

ABSTRACT: The furniture industry is the number one economic activity in the indigenous communities in Michoacán. Furthermore, it is one of the regions with the most number of carpenter. This activity generated more than 36 billion pesos to the national GDP in 2015.

The cluster strategy is the key factor to take advantage and to improve their competitiveness at a regional level. Is it possible to identify if it exist a cluster in the Michoacan's indigenous communities among furniture enterprises? The aim of this research is to identify a cluster among the municipalities indigenous, as a strategy to organize the communities into a cluster. Through the qualitative, exploratory, explainable and no experimental methodology.

The variable cluster analyzed in this research is the geographical proximity, it is analyzed for mathematical reasons. The analysis results show that the reliability and possibility to apply a cluster strategy in the region, as a way to develop the region of indigenous communities.

KEYWORDS: Cluster, Regional Development, Geographical Proximity.

INTRODUCCIÓN

Michoacán de Ocampo tiene en proporción un carpintero por cada 100 personas ocupadas. Además, diez de cada 100 hablan alguna lengua indígena. [1] Frente a la modernidad, el cambio de hábitos y la tecnología, sobrevive en nuestros días el oficio de carpintero; es uno de los oficios más antiguos que existen dentro de las diversas actividades y trabajos de la humanidad. En nuestro país, data de la época colonial. En Michoacán la fabricación de muebles ya sea de forma artesanal o industrial, es una actividad que sobresale en las comunidades de habla indígena.

La industria del mueble en Michoacán es una de las principales actividades económicas, ocupando el lugar número 11 a nivel nacional. Esta actividad obtuvo una producción de 995.39 millones de pesos solo en el 2014. [2]

Los principales competidores para Michoacán son: Jalisco, Ciudad de México, Baja California, Nuevo León y Chihuahua, el más fuerte es Jalisco con una producción de 9,972.746 millones de pesos. Ver Gráfica 1 [2]

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, (2014)

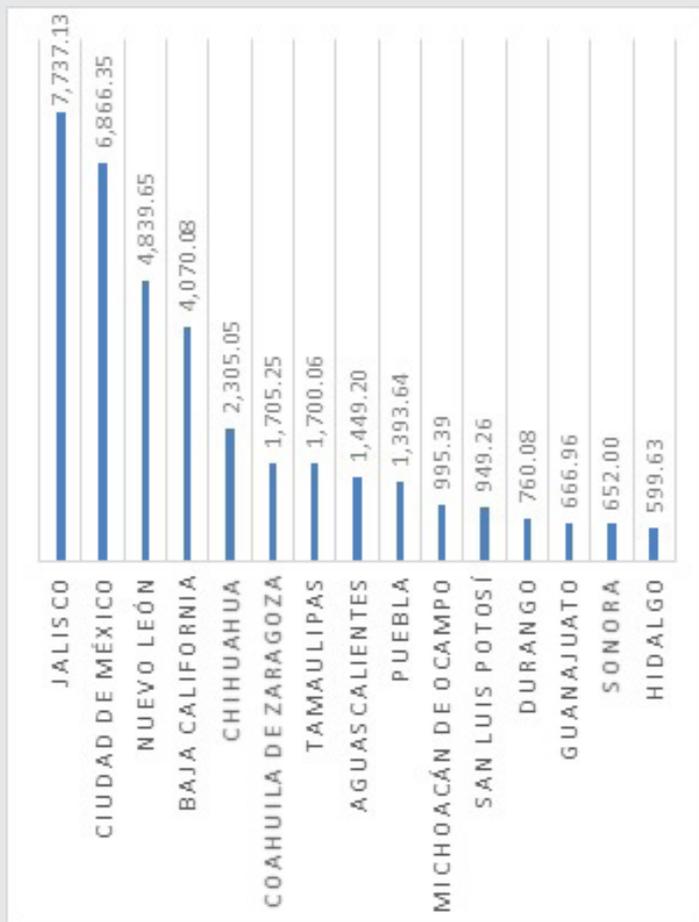


Gráfico 1 - Producción total de mueble por estado (millones de pesos)

Aunque el panorama estatal no se ve muy alentador para la industria del mueble, otras investigaciones demuestran que la industria del mueble es la principal actividad económica en las comunidades indígenas de Michoacán. Los principales productores de muebles en Michoacán son los municipios de Hidalgo, Morelia, Uruapan y Nahuatzen. Ver tabla 1. [2]

Los municipios de Uruapan, Nahuatzen, Paracho y Cherán que pertenecen a comunidades indígenas, se encuentran entre los primeros 15 municipios con mayor producción en el estado de Michoacán. La región P'urhépecha está conformado por 11 municipios, los cuales

la mayoría son comunidades indígenas de habla P'urhépecha.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, (2014)

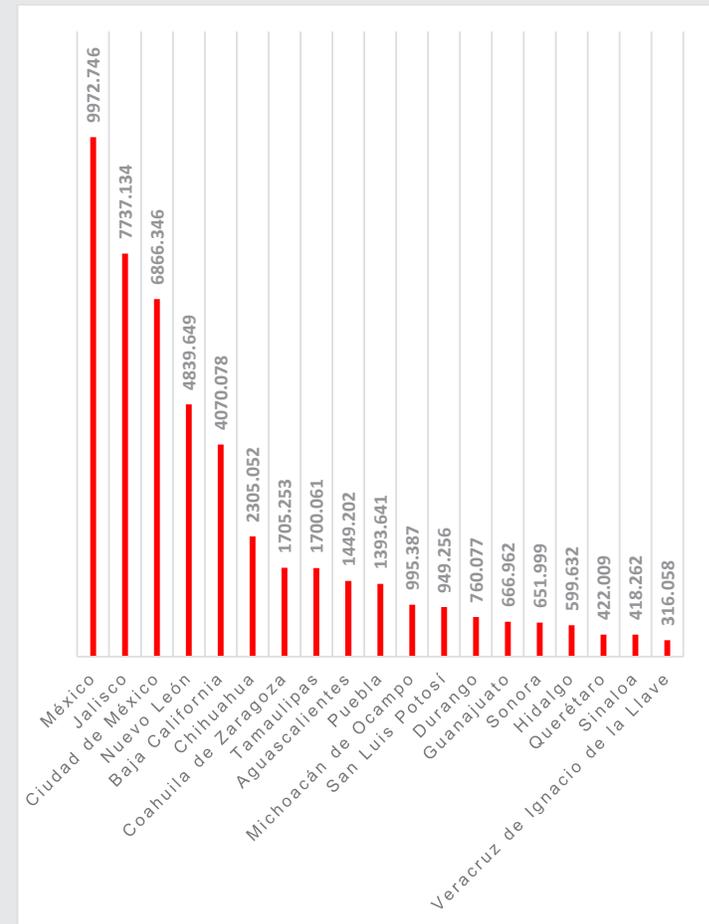


Gráfico 2 - Producción total de mueble en Michoacan (millones de pesos)

A pesar de que el panorama de la industria del mueble es una actividad que resalta en la región, no se fomentan iniciativas que alienten a los ciudadanos a formar parte de esta industria y mejorar las condiciones de vida.

Problema de investigación

Según el INEGI (2012), Michoacán ocupa el tercer lugar nacional en migración de personas. La mayoría de la población en edad de trabajo prefiere migrar a otros países en busca de nuevas oportunidades.

El comportamiento de la producción de muebles ha sido positivo en los últimos años, por lo anterior deben proponerse estrategias de desarrollo regional que ayuden a impulsar el negocio de producción de muebles para: la generación de empleos inmediatos, reducir la migración de las personas, y aumentar el número de personas en edad de trabajo en la industria del mueble. En la región P'urhépecha, 2,577 personas están involucradas en la industria del mueble, del total de 330 mil personas en edad de trabajo [2].

Tendencias en la literatura sobre clúster y métodos para identificarlos

Las teorías más relevantes sobre clústeres se explican desde enfoques neoclásicos, especialmente los planteamientos de Porter (2003). Se enfocan en el análisis de los distritos industriales y las aglomeraciones de empresas [3]. Desde la perspectiva antigua, identificaron dos corrientes básicas: la perspectiva marshalliana o la teoría de la interacción y los distritos industriales, expuesta por Marshall, (1920) y la teoría de localización industrial (Xinhua, 2013; Weber, 1929; Hoover, 1937).

Posteriormente otros autores influyeron en esta teoría. Dicha teoría es conocida como la Teoría de la interacción y los distritos industriales. Considera la interacción como un proceso continuo de aprendizaje, donde se establecen ciertas condiciones favorables para explicar los distritos industriales, consolidando la confianza entre los integrantes, reduciendo los costos de transacción y coordinación y facilitando la transmisión del conocimiento e innovación [4]; [5], [6], [7].

A finales de los años setenta y a principios de los ochenta del siglo pasado, los estudios de Giacomo Becattini y sus discípulos sobre los distritos industriales en la Terza Italia, hicieron revivir los antes mencionados estudios de Marshall.

Finalmente, ya en la última década del siglo XX, los estudios de Michael Porter (1990) y sus discípulos sobre los clústeres, estos teóricos despertaron el estudio de los distritos industriales desde otra perspectiva, el interés de la concentración de las actividades económicas en determinadas áreas geográficas del mundo [8]

Estos autores son los principales puntos de referencia cuando se habla de clúster. Lo anterior abrirá el panorama de cómo un clúster se forma y cuáles son los factores que influyen, en su ubicación y desarrollo [9]

Gracias a los conceptos de clúster surge la oportunidad de fundamentar políticas de impulso en regiones, ciudades, en general localidades con bajo nivel de desarrollo económico, con esta estrategia se puede garantizar un aumento en la actividad económica del territorio. A pesar de que existe cierta incertidumbre acerca de estos hechos todo depende de la forma en que se estudie el área geográfica. Además de la ubicación y varios factores que influyen para que el éxito este asegurado.

Las diversas actividades económicas de los territorios son muy heterogéneas, pero al mismo tiempo están relacionadas, con la especialización productiva de cada territorio o área geográfica. De hecho, a pesar de que la especialización de una localidad en una actividad determinada puede haber tenido su origen en la disponibilidad de materias primas, en el acceso al mercado o en simples accidentes históricos [10].

En la variedad de las diferentes actividades económicas de las distribuciones espaciales, demuestran los diferentes tipos de clúster que existen en el mundo. Además de la infinidad de conceptos y autores que han trabajado y pulido este término. Entre los más destacados y reconocidos podemos citar los siguientes conceptos en la literatura. Ver tabla 1.

Se puede concluir que un clúster es la agrupación, unión o simplemente cooperación entre varias empresas que se ubican en un mismo lugar, dedicándose a la misma actividad económica. Pero claro habiendo diferentes factores para el éxito como: disponibilidad, solidaridad, cooperación y confianza. Todo ello para lograr una innovación del sector en el que se desempeñan.

Tabla 1 Diferentes conceptos de clúster existentes en la literatura

<i>“Un clúster es un grupo de empresas interconectadas e instituciones relacionadas en un determinado campo que se encuentran próximas geográficamente, y que están vinculadas a través de elementos comunes y complementariedades” [11]</i>
<i>“El concepto más general de clúster sugiere ser menos estricto: tendencia de las empresas dedicadas a actividades similares a colocarse, aunque sin tener una presencia particularmente importante en un área geográfica” [12]</i>
<i>“Un clúster es utilizado de forma muy sencilla para representar concentraciones de empresas que son capaces de producir sinergias debido a su proximidad geográfica y a la existencia de interdependencia entre ellas, a pesar de que su peso en el empleo total no sea preponderante ni incluso relevante” [13]</i>
<i>“Los clúster son un grupo de empresas pertenecientes a un sector localizadas en una misma área geográfica” [14]</i>

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, lo que enfatiza los estudios de los clústeres (que han abundado en los últimos años) es su potencial para incrementar la eficiencia por medio de diferentes formas de organización empresarial.

Situación de la industria del mueble a nivel internacional

El consumo de muebles en el mundo alcanza los 410,000 millones de dólares. Con un crecimiento notable en las zonas de Asia y Pacífico. Los importadores que lideran el mercado mundial del mueble son: Estados Unidos, Alemania, el Reino Unido, Francia y Canadá. Mientras que China, con un 39% de la producción mundial, sigue siendo el principal fabricante del mundo. [15]

En cuanto al consumo de muebles en el mundo, el promedio está en 72 dólares por persona. Estados Unidos es quien más desembolsa para la adquisición de mobiliario 185 USD por persona. Mientras que en Sudamérica apenas llega a los 21 USD por persona [16]

Caso de clúster mueblero español

Los clústeres españoles se han mostrado en diversos estudios, un total de 237. Los sectores con mayor número de clúster son: textil y confección con 53 clúster; la industria alimentaria por su parte cuenta con 52 clúster; muebles, joyería, instrumentos musicales y juguete suman 40 clúster; los productos para la casa tienen 37 clúster y el cuero y calzado con 30 clústeres. [17]

El clúster Riojano de la madera y el mueble ha presentado 383 proyectos en la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja (Con siglas ADER) entre 2007 y 2011. Con una inversión de 65.4 millones de euros y una subvención aprobada de 10.4 millones. El 73.3 % de estos proyectos están relacionados con programas competitivos, vinculados con áreas dirigidas a incrementar la competitividad del sector, como la internacionalización, el diseño y la gestión. Además, el 28.4 % de esos proyectos están relacionados con la investigación y desarrollo. [18]

La industria del mueble en México

Según la Revista PwC México se encontrará entre las siete primeras potencias en la industria mueblera para el 2040, dejando atrás a países ahora económicamente más maduros. España, por ejemplo, retrocederá al puesto 26. [19] El principal mercado para México es Estados Unidos, que compró el 87% de la producción en 2015. Cabe mencionar que las exportaciones de muebles aportaron, en 2015, 1,950 Mdd, equivalente al 0.5% del total de las exportaciones. (Íbid.)

En cuanto el panorama nacional de producción de muebles. El Estado de Jalisco y la gran área urbana de Ciudad de México y Estado de México concentran la mayor parte de la producción de mobiliario del país (43% del total). El sector representa más de 35,600 millones de pesos y emplea a unas 92,000 personas. El sector del mueble es uno de los que más aporta a la economía mexicana, donde más del 23% del PIB se genera de manera informal. Esta economía sumergida da empleo a más del 52% de la población ocupada (29 millones de personas). [1] [2]

A pesar de esta concentración geográfica, la industria del mueble está fraccionada en miles de pequeños y micro negocios. Sólo en el Estado de Jalisco casi 30,000 de las 33,600 empresas, registradas en 2014, eran micro-negocios (hasta diez empleados). Apenas 222 firmas tenían más de 100 empleados. [2]

Preguntas y objetivos de la investigación.

La región P'urhépecha, es una región indígena que cuenta con los recursos necesarios para la producción de muebles y con la mano de obra capacitada para este trabajo. Estas son las preguntas que originan la investigación: ¿Que se podría recomendar para incentivar la industria del mueble y estimular la inversión? ¿Cómo comprobar que en la región P'urhépecha existe

la posibilidad de formar un clúster entre las empresas del sector del mueble?

El objetivo principal de esta investigación es analizar la posibilidad de un clúster en alguno de los municipios de la región P'urhépecha. Proponer un clúster, como estrategia para organizar las empresas de las comunidades y lograr un desarrollo regional. El objetivo específico es probar que en la región P'urhépecha, Michoacana existe proximidad geográfica entre las empresas del sector del mueble, con razones matemáticas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Según SIAP/SAGARPA (2017) divide al estado de Michoacán en regiones o distritos, conformados por un número específico de municipios. La región P'urhépecha está conformado por 11 municipios del estado de Michoacán.

Se realizó un análisis de las principales características y elementos clave para la formación de clúster. Se creó el propio concepto de clúster de acuerdo a los diferentes autores. Por último, se identifica la variable que describe la teoría de clúster o aglomeración industrial. Ver tabla 2.

Tabla 2 Elementos clave para la formación del clúster

CONCEPTO DE CLÚSTER			
Un clúster o agrupación industrial, es la interacción de diversas industrias que se dedican a la misma actividad económica, que se encuentran próximas unas a otras, en una determinada área geográfica, además de tener vínculos de cooperación y operación en conjunto (encadenamientos). Para lograr el desarrollo regional.			
Teoría	Autores	Definición	Variables
Teoría de la localización y geografía económica	Weber, Alfred Marshall, Young	*Costos de distancia y de transporte como variable central. *Rendimientos crecientes a escala. *Centro industrial (beneficia a trabajadores como a empresas) *Variedad de producto a un costo menor *Derramas tecnológicas	Proximidad

Fuente: elaboración propia a partir de las teorías económicas de clúster

La proximidad explica las condiciones más propicias para que haya aprendizaje. En términos de clúster se dice que la proximidad es la delimitación geográfica de las empresas en una determinada región, la cual se puede llamar como: proximidad territorial. Además, debe haber suficientes empresas y trabajadores para que cumpla la condición de un clúster.

Otros autores precursores de las teorías, enfatizan que existen una serie de elementos clave para la formación

de los clústeres a partir de un enfoque de política económica que ayuda a enfrentar las fallas de mercado.

Enfatizan sus aportes en siete elementos clave en los clústeres, concentraciones geográficas o cómo de manera reciente se les denominó (complejos productivos) los cuales son: concentración geográfica, el núcleo y especialización definitoria, los actores, dinámica y encadenamientos, masa crítica, ciclo de vida e innovación. [20] En esta investigación solo se analiza el primer elemento.

Otros autores exponen diferentes algoritmos para la ubicación de clúster o distritos industriales. El método utilizado en el estudio es el expuesto por Fregoso (2012) mostrado en su tesis doctoral. El método relaciona el número de personas en edad de trabajo, así como el número de empresas o negocios en la región potenciales para el clúster.

Se expresa en tres cocientes, expuestas en la ecuación 1 y 2:

$$\text{coeficiente del DI } CC = \frac{TTS/TTI}{TTI/PTE} > 1 \quad \text{Ec.1}$$

<i>Coeficiente Unidad Económica por labor en el Sector CULS</i>	<i>Coeficiente Unidad Económica Por Labor en la Industria CULI</i>
---	--

$$CCLS = \frac{TTS}{UES} > CULI = \frac{TTI}{UEI} \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

TTS valor de total de trabajadores del sector. Expresado en número de personas.

TTI valor de total de trabajadores en la industria. Expresado en número de personas.

PTE valor de la población en edad de trabajo en la región. Expresado en número de personas.

UES valor de la unidad económica en el sector. Expresado en número de empresas.

UEI valor de la unidad económica en la industria. Expresado en número de industrias.

DI distrito industrial.

CC coeficiente de clúster.

El método calcula la posibilidad de un clúster en una determinada área geográfica. Cada cociente calcula un valor para encontrar la posibilidad de un clúster. El valor del coeficiente CC, de la ecuación 1, expresa:

- Menor a 1, indica que el clúster no es relevante en este sector porque la mayoría de la población en edad de trabajo labora y apoya a una industria diferente.

En cambio en los coeficientes de la ecuación 2, se calcula el número de empleados por la unidad económica, lo que en realidad indica es que hay suficientes empresas en el sector o solo hay unas cuantas, el análisis debe cumplir la condición $CCLS > CULI$, por la mínima

razón de confirmar que el número de empresas es de suma importancia para la formación del clúster [21]

El enfoque metodológico de la investigación fue de tipo cuantitativo puesto que se usó la recolección de datos, además de el uso de las razones matemáticas para el análisis y cumplir el objetivo. [22], [23]

El alcance de la investigación fue exploratorio, explicativo y no experimental. [23]

RESULTADOS

Al sustituir los valores en las razones del modelo, se obtienen los resultados de la tabla 3.

Para que la posibilidad de clúster sea relevante en algún municipio de la región, deben cumplir:

- 1.- El coeficiente CC del DI debe ser mayor a uno
- 2.- El coeficiente CUELS debe ser mayor a CUELI

En la tabla 3 se observa (verdadero) en el municipio de Nahuatzen, por lo tanto, cumple el coeficiente CC mayor a uno, indica que es relevante el DI (Distrito Industrial) o clúster en ese municipio. Podemos decir: la mayoría de la población en edad de trabajo labora en una industria perteneciente al sector. El 22% de las personas en edad de trabajo laboran en la fabricación de muebles.

La segunda característica dice: el coeficiente CUELS debe ser mayor a CUELI, se cumple, indica que el número de empresas es suficiente para crear y fomentar la creación de un clúster en la región. El 16 % de las empresas que existen en el municipio pertenecen a la fabricación de muebles.

Las dos condiciones que requiere el modelo para que exista proximidad entre industrias son positiva, en el municipio de Nahuatzen. La variable indica que existe proximidad geográfica en las empresas de fabricación de muebles en el municipio de Nahuatzen, por lo tanto, cumple con los requerimientos necesarios para proponer una estrategia de clúster

Tabla 3 Resultados al aplicar las razones del modelo de proximidad

MUNICIPIO	TTS	TTI	PTE	UES	UEI	CC	CULI	CCLS	Clúster
Charapan	19	2069	7,470	9	1,159	0.03	1.79	2.11	FALSO
Cherán	143	3137	11,043	60	1,757	0.16	1.79	2.38	FALSO
Chilchota	22	5135	22,484	14	2,495	0.02	2.06	1.57	FALSO
Nahuatzen	661	3029	16,357	256	1,687	1.18	1.8	2.58	VERDADERO
Nuevo Parangaricutiro	35	4814	11,559	15	2,198	0.02	2.19	2.33	FALSO
Paracho	251	5377	21,372	107	2,635	0.19	2.04	2.35	FALSO
Tancitaro	1	1704	17,083	1	660	0.01	2.58	1	FALSO
Taretan	1	1215	8,247	1	404	0.01	3.01	1	FALSO
Tingambato	385	2361	8,694	216	1,198	0.6	1.97	1.78	FALSO
Uruapan	1053	62990	196,735	524	19,266	0.05	3.27	2.01	FALSO
Ziracuaretiro	8	1127	9,145	8	481	0.06	2.34	1	FALSO

Fuente: Elaboración propia al aplicar las razones y datos de INEGI, 2014.

CONCLUSIONES

Una vez que se analizó el panorama de la industria del mueble en sus diferentes niveles de producción, resaltando que en las comunidades indígenas es una principal actividad económica, evidencia para la creación de estrategias para el desarrollo en regiones con insuficiente nivel competitivo, económico y de valor.

El concepto de clúster, es una vía para el desarrollo de las comunidades indígenas. Se dedujo una serie de variables para verificar la posibilidad de proponer estrategias de clúster.

En este trabajo solo se comprobó la variable Proximidad Geográfica, la cual se describen a continuación, ver figura 1.

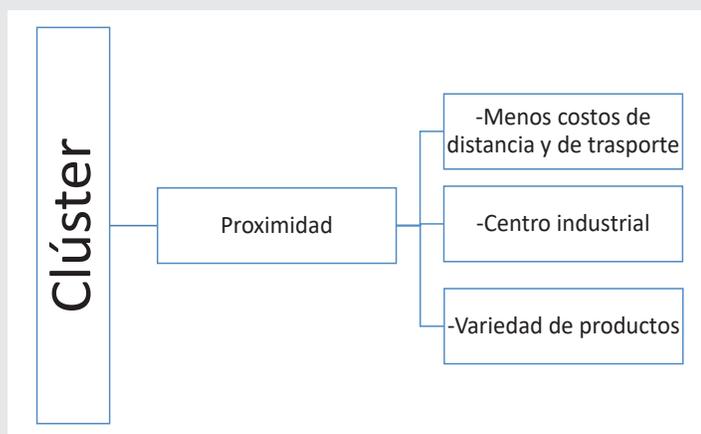


Figura 1- Variables de estudio
Fuente: Elaboración propia.

La variable proximidad se comprobó mediante las razones propuestas por el modelo utilizado por Fregoso [2012], con resultado positivo. En la región de la Meseta Púrhépecha, existe proximidad en las MyPIMES de fabricación de muebles. Es el primer indicador para estar de acuerdo en proponer una estrategia de clúster.

Al comprobar la variable de proximidad, se cumplen los objetivos de este trabajo: Comprobar que en la región Púrhépecha de Michoacán, existe proximidad entre las empresas industrias del mueble, por lo tanto, es posible la formación de un clúster, en alguna comunidad de Michoacán conformada por comunidades indígenas en su mayoría, dedicada al oficio del mueble en especial a la carpintería, es viable la creación de una estrategia de clúster que incentive el desarrollo de la región.

Con la demostración positiva de la variable de clúster, analizada en este trabajo, se concluye que es factible la creación de un clúster del mueble en Nahuatzen, Michoacán como estrategia de desarrollo regional.

Alcances y limitaciones de la investigación

En la región de estudio quizá existe la proximidad, pero no asegura el éxito del clúster, también existen encade-

namientos en el sector, pero no podemos aseverar que con esto se logre el éxito, pueden influir más factores, como ciclo de vida, los líderes, que también son indispensable para el éxito de los clústeres.

Por tal motivo se recomienda que en futuras investigaciones se proponga continuar con el análisis de las otras variables. Al comprobar todas las variables se podrá tener una mejor estrategia de clúster para las regiones con bajo nivel de desarrollo. Además, se recomienda investigar sobre las derramas económicas, en ninguna variable de las siete que se proponen está. Así como trabajar con la investigación de derramas económicas, economías de escala y externas, que mencionan las diferentes teorías.

BIBLIOGRAFÍA

[1] INEGI, (2015). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: Censos Económicos 2014*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx>.

[2] INEGI, (2014). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: Censos Económicos 2014*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx>.

[3] Vera Garnica, R. J., & Ganga contreras, A. F. (2007). *Los clústers industriales: precisión conceptual y desarrollo teórico. Cuadernos de Administración*, 20(33), 303-322.

[4] Krugman, P. (1992). *Geografía y Comercio, Tercera Edición. Barcelona: Antoni Bosch*

[5] Sarmiento, d. S. (2017). *Clúster: alternativa para el crecimiento regional. Dimensión Empresarial*, 15(2), 169-187.

[6] Marshall, A. (1920). *Principles of Economics, 8va Edición. Londres: Macmillan*.

[7] Piña Zambrano, J. H., & Morales Espinoza, A. (2010). *Aloe en Venezuela: de la cadena de valor al distrito industrial. Latinoamericana de Economía*, 41(160), 187-208.

[8] Puig, Francisco & González-Loureiro, Miuel (2017) *Clusters, Industrial districts and Strategy. Regional Research*, 39(5), 5-13.

[9] Hernández Gascón, J. M., & Soy i Casals, A. (2010). *Clusters y Competitividad: el caso de Cataluña (1993-2010). Primera Edición Barcelona: Generalitat de Catalunya*

[10] Porter, M. (1990). *The competitive Advantage of Nations, Primera Edición. New York: Free Press*.

[11] Porter, M. (1998a). *On competition, 1ra Edición. Boston: Harvard Business School Press*.

[12] Crouch, C., & Forell, H. (2001). *Falling through the holes in the network concept*. 1ra Edición. Great Britain.

[13] Feser, E. (1998). *Old and new theories of industrial clusters. Cluster and regional specialisation*. 3(1), 15-20

[14] Swann, G., & Prevezer, M. (1996). *A comparison of the dynamics of industrial clustering in computing and biotechnology*. *Research Policy* 23(4), 35-45.

[15] CSIL (2017). *Centre for Industrial Studies*. CSIL Milano scrl. Recuperado de <https://www.csilmilano.com/>

[16] De la Torre, R. (2017). *Seis claves para entender la industria del mueble en México*. *Marketing e Innovación* 17(24), 120-126

[17] Boix, V., & Galleto, V. (2006). *Sistemas locales de trabajo y distritos industriales Marshallianos en España*. *Economía Industrial*, 33(10), 165-184.

[18] EFE. (2013). *El Clúster de la Madera y el Mueble se centrará en la exportación a Europa*. *Inversión y Finanzas* 12(04), 1-10

[19] PwC. (2017). *Una mirada al futuro ¿Cómo cambiará el orden económico del mundo para el 2015? El mundo en el 2050*. 15 (1), 6-12.

[20] García Álvarez, A., & Hiram Marquetti, N. (2005). *Cadenas, redes y clusters productivos. Aspectos teóricos*. 05(05), 129-130.

[21] Fregoso J., G. S. (2012). *Factores determinantes en las asociaciones para formar clusters industriales como estrategia de desarrollo regional*. Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional. México.

[22] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación cuarta Edición*. México DF: Mc Graw Hill.

[23] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación Quinta Edición*. México DF: Mc Graw Hill.

[24] Becattini, G., Bellandi, M., Dei Ottati, G., & Sforzi, F. (2000). *From industrial districts to local development*. 2da Edición: Edward Elgar



Mecánica
de
Materiales

Ingeniantes

Utilización del Polipropileno “PP5” y envases de vidrio como sustituto de revestimientos cerámicos para la construcción

RESUMEN: La siguiente publicación presenta la investigación llevada a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla (ITSSNP), referente a la fabricación de productos de revestimiento en interiores y exteriores utilizando materiales reciclados, como lo son los envases de vidrio y el polipropileno (PP5). Se realizó un estudio de laboratorio en el cual se comprueba que éste nuevo producto posee la dureza necesaria para resistir leves impactos y no fracturarse al contacto, caso específico de estudio.

Como primera etapa de análisis se presentan las pruebas de laboratorio en las que se contrastan los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del azulejo a base de material reciclado.

En la segunda etapa se describen los estudios cualitativos aplicados a una población en específico del municipio de Zacatlán, para analizar cómo es que la sociedad aprueba los productos a base de material reciclado.

Y finalmente, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de dureza así como los impactos que éste nuevo producto podrá generar.

PALABRAS CLAVE: económico, plástico y vidrio reciclados, propiedades mecánicas, revestimientos, tecnología sustentable.



Colaboración

Rosa Elvira Rivera Vega; Elizabeth Hernández Ibarra; Sergio Hernández Corona; Rafael Garrido Rosado; Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla; Julio Cesar Martínez Hernández, Instituto Tecnológico Superior de de Huauchinango

ABSTRACT: The following publication presents the research carried out in ITSSNP, regarding the manufacture of coating products in interiors and exteriors using recycle materials, such as glass containers and polipropylene (PP5). A laboratory research in which it is verified that this new product has the necessary hardness to withstand soft impacts and not to fracture to contact a specific research case.

As a first stage of analysis, laboratory test are presented in which the result of physical and mechanical properties of the tile base on recycle material are contrasted.

In the second stage, the qualitative research applied to a specific population in the municipality of Zacatlán are described to analyze how society approves products of reusable material.

The achieved results tested are shown as well as the impact, which this new product may produce.

KEYWORDS: economic, coatings, mechanical properties, recycled plastic and glass, sustainable technology.

INTRODUCCIÓN

En Puebla, cada persona genera 1.2 kilogramos diarios de basura que no es tratada ni separada. Multiplicar esta cantidad por el número de habitantes, resulta en cerca de 1,900 toneladas que tras ser recolectadas, paran en un relleno sanitario saturado [6].

El municipio de Zacatlán forma parte de las 14 ciudades del estado que más residuos sólidos urbanos generan, según ha reportado el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en su último informe sobre medio ambiente.

Estos datos resultan alarmantes puesto que del total de basura generada en el Estado de Puebla sólo el 0.4 % es reciclada y en el municipio de Zacatlán sólo el 0.75% se recicla [9].

Si bien es cierto se recicla un porcentaje considerable de plástico se le pone prioridad al PET [1] [2] [5], cuando hay más plásticos como lo es el polipropileno (PP5), que de igual manera casusa daños ambientales considerables. El polipropileno es un material versátil, ya que es compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y es usado en diferentes aplicaciones comerciales.

Además, es el plástico de menor peso específico, lo que hace que tenga una buena procesibilidad para ser reciclado, en donde se requiere menos cantidad de este, para la obtención de un producto determinado. Es un material que evita el traspaso de humedad, además de tener buenas propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia [3].

El objetivo del proyecto en primera instancia, es aprovechar los vasos de PP5 y envases de vidrio que aún no terminan en los rellenos sanitarios; pero igual manera producir un azulejo a base del reciclaje de estos desperdicios; esto traerá consigo un aporte al cuidado del medio ambiente.

Las hipótesis planteadas para la validación del proyecto son:

H₀: Será posible que la dureza del azulejo convencional cerámico, sea superior a la de un azulejo elaborado a base de polipropileno y vidrio.

H_i: No será posible que la dureza del azulejo convencional cerámico, sea superior a la de un azulejo elaborado a base de polipropileno y vidrio.

MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación se describe el proceso que se llevó a cabo para la elaboración del azulejo:

En primera instancia se recolectaron envases obsoletos de vidrio con los familiares, amigos y conocidos; después de eso se pasó a hacer el proceso de lavado para limpiar y quitar algunas impurezas con las que contaba el envase, después de eso se procedió a triturar el vidrio; para lo cual se necesitó un pedazo de tela y un mazo.

Posteriormente de ser triturado el vidrio, se coló para que sólo quedarán pedazos pequeños; estos pedazos son los que se ocuparon para el recubrimiento del azulejo.

El proceso de fundición del plástico de igual manera que el del vidrio inició con la recolección de envases

aparentemente obsoletos, después de su recolección se pasó al proceso de lavado.

En segunda instancia se procedió a fundir el plástico, se puede realizar en una parrilla, pero debido a que se consume mucho gas y dejaría de ser ecológico y se procedió a usar mejor un combustible orgánico, en éste caso el carbón.

Una vez que el molde se calienta, se invierte el plástico pero en consideraciones pequeñas, el proceso se analiza en la Ilustración 1.



Figura 1, Fundición del plástico, formato propio de la Investigación, 2018.

Después de que se haya fundido completamente el plástico, se procesa a invertir la mezcla en moldes de madera, cabe señalar que estos moldes fueron barnizados con un disolvente para que su extracción después de un periodo de tres días de secado sea sencilla.



Figura 2. Secado previo al acabado final Fuente propia de la investigación, 2018

Se deja secar en un periodo de tres a cuatro días, y se extrae del molde, para después pasar al proceso de barnizado donde se le añade el vidrio a la mezcla (plástico- vidrio) y después se deja reposar una se-

mana en condiciones ambientales favorables para el secado, Ilustración 2, finalmente se vuelve a barnizar para sellar completamente la mezcla y darle un mejor acabado y se deja secar.

Pruebas Cuantitativas y Cualitativas del Azulejo

Como sustento de las propiedades mecánicas y físicas del proyecto se realizaron las pruebas de laboratorio y el análisis cualitativo de la población de estudio.

Pruebas de Fundición

Se realizaron dos pruebas de fundición a un azulejo elaborado del material reciclado, arrojándonos los datos que se muestran en la Ilustración 3.

Tipo de Fundición	Grados de Fundición 1	Grados de Fundición 2
Empieza a derretir	90°	90°
Derretimiento parcial	110°	120°
Derretimiento parcial medio	130°	135°
Derretimiento medio	180°	180°
Derretimiento Completo del plástico	190°	190°
Derretimiento parcial del vidrio	200°	210°
Fundición completa	320°	280°

Figura 3. Pruebas tabuladas del proceso de fundición Fuente propia de la investigación, 2018.

En la Ilustración 3, muestra la temperatura a la que se debe someter el material para que éste se empiece a derretir la cual es de 90°C, también se observa la temperatura máxima que el material soporta la cual oscila entre los 280°C y 320°C.



Figura 4. Pruebas de fundición Fuente propia de la investigación, 2018

Prueba de Charpy

Se ejecutaron un total de 10 pruebas de resiliencia (una medida de la habilidad de un material para ab-

sorber energía sin deformación plástica o permanente.) de material, con 10 probetas de las mismas dimensiones (Ilustración 5) mediante una la Prueba de Charpy en el Péndulo y a partir de las mismas se obtuvieron valores de la energía absorbida del azulejo y de la resiliencia que posee.



Figura 5. Pruebas de Resiliencia Fuente propia de la investigación, 2018

Tabla 1. Datos de la humedad.

Probeta	Energía Absorbida por la Probeta (J)	Resiliencia del Material (J/cm)
1	0.516040481	0.645050601
2	0.350940663	0.438675829
3	0.178909702	0.223637128
4	0.434360158	0.542950198
5	0.265788350	0.332235438
6	0.090031134	0.112538917
7	0.516040481	0.645050601
8	0.434360158	0.542950198
9	0.350940663	0.438675829
10	0.516040481	0.645050601

Las pruebas arrojan que la resiliencia que absorbe el material antes de fracturarse se encuentra entre los 0.25 y 0.50 joules.

Pruebas Cualitativas

La presente investigación está ligada a la comunidad de Tlatempa, Zacatlán; puesto que la mayor parte de la población de esa comunidad se dedica al oficio de ser albañil; y poseen conocimiento sobre las necesidades del producto.

Tomando como base esa población de 1,113 habitantes en la comunidad [12], se calculó el tamaño de muestra para una población finita, la formula se muestra a continuación.

$$n = \frac{Z^2 \rho q N}{E^2 [N - 1] + Z^2 \rho q}$$

Dónde:

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

Z: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.

p : es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura. [11]

q : es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n : es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

E : margen de error de muestra deseado.

Tomando éste análisis se procede a realizar la ecuación para obtener la población de estudio, el resultado se muestra en la Ecuación 1.

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 1113}{0.05^2 [1113 - 1] + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \quad \text{Ec (1)}$$

$$n = \frac{1068.9252}{3.7404} = 285.7783$$

Dónde:

N : 1113 (SCIM, 2010) \approx 286 personas

Z : 1.96

p : 0.5

q : 0.5

n : ?

E : 0.05

Para darle mayor viabilidad a la investigación se recogieron datos en campo, mediante el uso de un instrumento de medición "Escala Likert", [4] que se basa en la comprobación de actitudes y valores. Dicho instrumento está conformado por seis variables: calidad del producto, calidad del servicio, nivel ecológico, nivel económico, conocimiento sobre el reciclaje y otras variables y 30 preguntas, repartidas entre las seis variables.

Para analizar cada una de las preguntas de estudio se utilizó el método de Chi cuadrada y una prueba T.

Primero se validó el instrumento mediante una prueba Piloto, según la literatura si pasa del 0.70 éste es aceptable [7].

28	35	3.829	0.954
29	35	3.857	0.648
30	35	4.543	0.561
Total	35	98.371	11.525

Cronbach's alpha = 0.8531

Omitted Item Statistics

	Adj. Squared	Adj. Total	Adj. Item-Total
Omitted Multiple Cronbach's			

Figura 6. Prueba Piloto Minitab
Fuente Propia de la Investigación, 2018

En la Figura 6, se puede ver que el instrumento de medición fue aceptado, con un Alpha de Crombach's de 0.8531. Posteriormente éste fue aplicado a una muestra poblacional de 286 personas.

Análisis de cada pregunta: se hace notar en la Tabla 2, método de Chi cuadrada, y resuelta en la Ilustración 7, la Chi cuadrada se utiliza para contrastar dos hipótesis y elegir una de ellas mediante unas variables de estudio [13] [10].

En la Tabla 3, se presenta la prueba T [8], que permite decidir si dos variables aleatorias normales (Gaussianas) y con la misma varianza tienen medias diferentes, cuya solución se observa en la Ilustración 8.

La pregunta más significativa del estudio se muestra a continuación:

H_0 : Es muy viable la combinación de envases de PP5 y vidrio para crear un producto derivado de estos.

H_1 : No es muy viable la combinación de envases de PP5 y vidrio para crear un producto derivado de estos.

Tabla 2, Datos de Estudio del Análisis mediante Chi Cuadrada en "SPSS". Fuente propia de la investigación, 2018.

¿Le parece a usted viable la combinación de envases de vidrio y polipropileno (PP5); para crear un producto derivado de estos?			
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Inviabile	3	1.0
	Nada viable	7	2.4
	Poco viable	76	26.6
	Viable	155	54.2
	Muy viable	45	15.7
	Total	286	100.0
N	Válido	286	
	Perdidos	0	
Media		3.81	
Desv. Desviación		0.763	
Varianza		0.582	
Estadístico de Contraste		271.413	
Grados de libertad		4	

Pero en base al análisis de Chi-Cuadrada por lo menos un 70% de la misma población lo cree factible, sólo el 30% lo encuentra poco factible.

RESULTADOS

Análisis de Dureza

Para el análisis del diseño de experimentos se utilizó un análisis de regresión, ANOVA. Se realizaron pruebas en el laboratorio de Metrología, dichas pruebas constataron en tomar mediciones con el durómetro, el durómetro como su nombre lo indica, es un instrumento de medición dedicada a hacer pruebas y a medir la dureza de diferentes tipos de materiales. Son capaces de medir materiales como metales, plásticos, cauchos, elastómeros, entre otros.

La dureza es la propiedad de los materiales que se define como: resistencia a la penetración permanente bajo alguna carga estática o dinámica que tiene un material.

Dicha dureza es la que se va a contrastar en los cinco tratamientos: las tres placas elaboradas y las dos de los distintos azulejos que hay en el mercado.

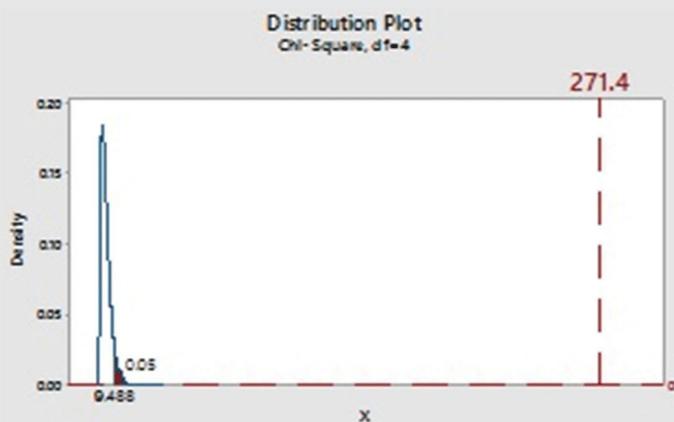


Figura 7 Gráfica de los Grados de libertad, aceptación o rechazo de las hipótesis. Fuente propia de la investigación, 2018.

Tabla 3, Datos de Estudio del Análisis mediante Prueba T en "SPSS". Fuente propia de la investigación, 2018.

¿Le parece a usted viable la combinación de envases de vidrio y polipropileno (PP5); para crear un producto derivado de estos?

Valor de prueba = 5					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-26.358	285	.000	-1.189	-1.28	-1.10

De las 286 personas que fueron encuestadas, mediante un estudio de Chi-cuadrada y una prueba T; con un Alpha del 95% y un margen de error del 5%. Debido a que el valor de F no cae en el rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en ambos casos, tanto para la Chi-Cuadrada como para la prueba T; es decir, que la población encuestada no creó viable la fabricación de un azulejo a base de material reciclado.



Figura 9. Medición de Dureza en el laboratorio de Metrología Fuente propia de la investigación, 2018

Para obtener los resultados estadísticos de prueba se realizó la siguiente tabulación, Tabla 4, ahí están explicadas las 5 muestras junto con sus diez datos obtenidos. La punta que se utilizó fue la: HRK, Bola 1/8" B, con una precarga de 10 kg y una carga de 150 kg.

Ahora bien, posterior a éste análisis se procede al análisis principal, a calcular el ANOVA para un solo factor (en este caso fue la dureza), el nivel de confianza que se estableció fue de 95%.

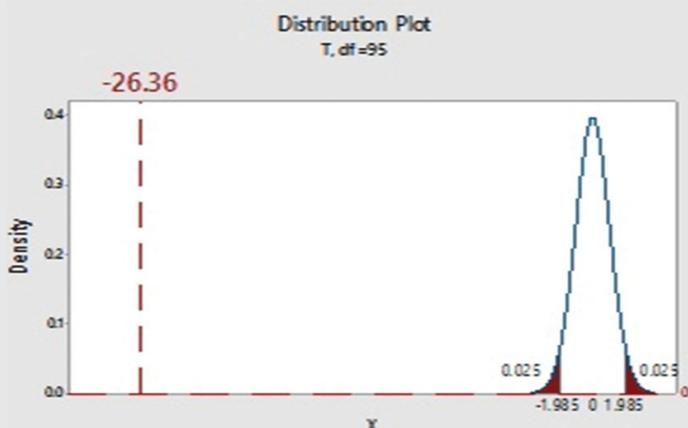


Figura 8 Gráfica de los Grados de libertad, aceptación o rechazo de las hipótesis. Fuente propia de la investigación, 2018.

Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Factor	4	3473	868.13	19.93	0.000	
Error	45	1961	43.57			
Total	49	5433				

Figura 10. Análisis de Varianza "ANOVA" en Minitab, fuente propia de la investigación, 2018

Tabla 4, Muestreo de las pruebas de laboratorio, fuente propia de la Investigación, 2018.

MUESTRAS					
	PLACA 1	PLACA 2	PLACA3	AZULEJO (NORMAL)	AZULEJO DELFÍN
1	16	25	16	16	10
2	22	31	33	15	6
3	22	46	20	16	5
4	35	20	35	6	7
5	19	21	24	15	7
6	33	32	26	12	6
7	15	24	13	4	5
8	21	29	31	20	6
9	9	29	30	18	8
10	16	42	25	16	4

Como se puede ver en la Ilustración 10, se evaluó el margen de error entre los tratamientos, que representa la variación que se da entre los elementos que se hayan calculado, es este caso el error es de: 45; el factor que representa la variación que se da entre cada método, por lo tanto se puede decir que hay una mayor variación entre los elementos de cada método que entre cada método.

Por último se evaluará el valor de p: la condición nos dice que si el valor de p es menor que Alpha se rechaza la hipótesis nula. Teniendo en cuenta la condición, podemos ver que en el análisis el P-Value es 0.000, que es menor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Al aceptar la H_1 , lo cual se sustenta en la "Figura 10", se puede concluir que no es posible que la dureza del azulejo convencional cerámico, sea superior a la de un azulejo elaborado a base de polipropileno y vidrio. Lo anterior se sustenta en las figura 11.

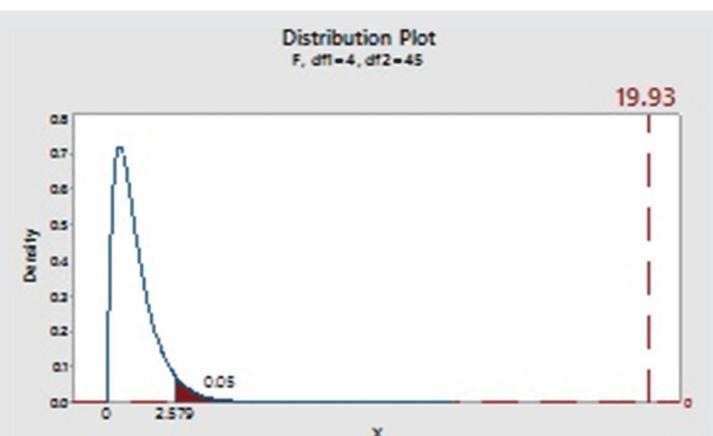


Figura 11 Validación de la Hipótesis Alternativa, mediante el ANOVA, fuente propia de la investigación, 2018.

En la figura 12, se muestran las 3 placas de azulejo a base de material reciclado y las 2 piezas del azulejo convencional sometidas a las pruebas de dureza, y en ella se puede notar que los valores más altos recaen en las tres placas del azulejo sometido a estudio por lo tanto se puede afirmar que efectivamente el azulejo elaborado a base de envases de PP5 y vidrio posee mayor dureza que el azulejo convencional.

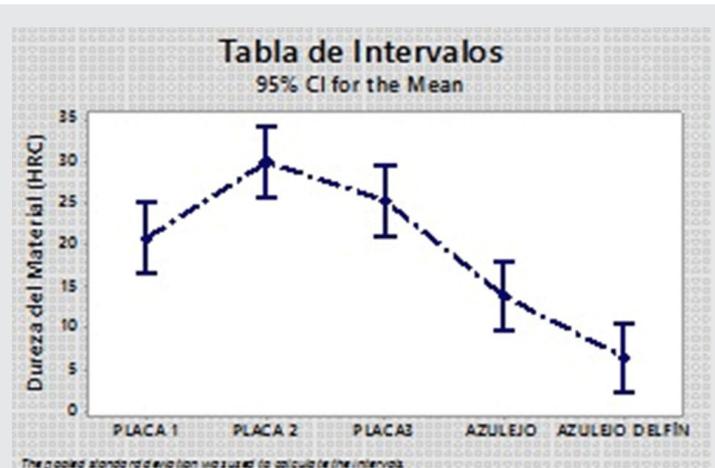


Figura 12. Tabulación de los Intervalos de Fuerzas, fuente propia de la investigación, 2018.

CONCLUSIONES

Los Ingenieros Industriales tienen la labor de aportar nuevas ideas, que ayuden al proceso de mejora continua y sean cuidadosas con medio ambiente.

La presente investigación sirvió de apoyo para entender que sí es posible hacerlo, al darle un segundo uso a los residuos sólidos urbanos. De igual manera se pudo constatar que se lograron tres grandes impactos:

Económico: Tras ser material reciclado no genera gran costo de producción, además que tras las propiedades que posee su tiempo de vida es mayor que el del mercado y con esto no se genera un doble gasto.

En la Figura 13, se puede apreciar el contraste del precio por metro cuadrado del azulejo hecho a base de material reciclado y el precio por metro cuadrado de los azulejos convencionales. Por lo que el azulejo elaborado a base de material reciclado posee un precio no elevado y puede competir con los ya posicionados en el mercado.

Ecológico: se recolectaron materiales que se disponían a ser tirados en los llamados rellenos sanitarios y como se sabe éstos materiales tardan años en desintegrarse por lo cual ayudamos a la preservación del medio.

Ya que al producir un total de 10 azulejos se recicla alrededor de 650 vasos de PP5 y 30 botellas de vidrio de 500 ml.

No. Azulejo	Número de vasos de plástico	Número Botellas
10	650	30

Figura 13 Cantidades de PP5 y vidrio recicladas, fuente propia de la investigación, 2018

Metro Cuadrado del Azulejo Convencional	Metro cuadrado del azulejo con el mismo grosor y apariencia	Metro cuadrado del azulejo a base de reciclado
\$ 79.00	\$ 260.00	\$ 99.13

Figura 14 Comparación de precios de azulejos, fuente propia de la investigación, 2018

Social: A partir de su producción en masa se le puede beneficiar a cierto porcentaje de la población. Tomando como base el instrumento de medición, el 20% de la población encuestada estaría interesada en consumir éste producto en caso de ser viable, y así de esta manera se estaría beneficiando a más de 3,000 hogares. El estudio se muestra a continuación en la Figura 15.

Hogares Zacatlán	% aceptación
18266 (INEGI 2010)	3653.2

Figura 15, Hogares beneficiados, fuente propia de la investigación, 2018

BIBLIOGRAFÍA

[1] Alethia Vázquez Morillas, Rosa Ma. Espinosa Valdemar, Margarita Beltrán Villavicencio y Maribel Velasco Pérez. (2016). *El reciclaje de los plásticos*. México: ANIPAC.

[2] Ampudia, A. (2011). *Diagnóstico situacional del proceso de clasificación en el origen y disposición final de papel, plástico, vidrio y aluminio*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias económicas.

[3] Arias, E. L. (2016). *Aporte Al Análisis Sobre El Impacto Ambiental Y El Impacto*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

[4] Blanco, Neligia- Alvarado, María E. (Septiembre - Diciembre de 2005). *Escala de actitud hacia el proceso de Investigación científico socia*. Revista de Ciencias Sociales (RCS), Vol. XI(No.3), pp. 537 - 54.

[5] Federación, D. O. (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

[6] Galán, A. A. (2013). *Concentran 14 municipios 57% de la basura en Puebla*. Puebla, Pue: Poblannerías.

[7] García Sánchez, J., Aguilera Terrats, J. R., & Castillo Rosas. (16 de 8 de 2011). *Guía técnica para la construcción de escalas de actitud*. Odiseo, revista electrónica de pedagogía(No. 8), 147-187. Obtenido de <http://www.odiseo.com.mx/2011/8-16/garcia-aguilera-castillo-guia-construccion-escalas-actitud.html>

[8] Humberto Guitierrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2003). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: Mc Graw Hill.

[9] INEGI. (2014). *Anuario estadístico y geográfico de Puebla 201*. Puebla: Gob. Edo. Puebla.

[10] Ojeda, L. R. (2007). *Probabilidad y Estadística Básica para Ingenieros*. Guayaquil-Ecuador.

[11] Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

[12] SCIM, S. (2010). *Unidad de microrregiones cédulas de información municipal*.

[13] Walpole, M. M. (2012). *Porbabilidad y estadística para ingenirías y ciencias*. México: Pearson.



Mecánica
de
Materiales

Ingeniantes

El uso del Coeficiente Alpha de Cronbach como herramienta de confiabilidad mediante las 4 P's para el diagnóstico del marketing en el mercado de artesanías del Malecón de Veracruz (MAV)



Colaboración

Alejandro Tomás Ramírez Parra, Instituto Tecnológico-Superior de Misantla

RESUMEN: La presente investigación tiene un enfoque descriptivo dentro de un diagnóstico para conocer cómo está actualmente el Marketing, utilizando las 4 p's en el Mercado de Artesanías de Veracruz. El coeficiente permite garantizar qué tan confiable son o no los resultados obtenidos en las encuestas. Para ello, el diagnóstico toma en consideración la recolección de datos e información mediante una encuesta tipo cuestionario con una Escala de Likert con valores del 1 al 5, con el fin de determinar las áreas de oportunidad para su mejora. En la investigación se utilizó un muestreo aleatorio simple con población finita que ayuda a determinar cuántas encuestas aplicar. Para analizar la confiabilidad de los estadísticos obtenidos, se utilizó el Coeficiente de Cronbach y se espera sea mayor de 0.7 para garantizar su fiabilidad.

PALABRA(S) CLAVE: Caso de estudio, Marketing, 4 P's, Escala Likert, Encuestas, Coeficiente de Cronbach, Muestreo.

ABSTRACT: The present investigation has a descriptive approach within a diagnostic to know how Marketing is currently using the 4 p's in the Mercado de Artesanías de Veracruz. The coefficient makes it possible to guarantee how reliable the results obtained in the surveys are or not. For this, the diagnostic takes into account the collection of data and information through a questionnaire survey with a Likert Scale with values from 1 to 5, in order to determine the areas of opportunity for improvement. The investigation used a simple random sampling with finite population that helps determine how many surveys to apply. To analyze the reliability of the statistics obtained, the Cronbach coefficient was used and is expected to be greater than 0.7 to guarantee its reliability.

KEY WORDS: Case study, 4 P's, Marketing, Likert Scale, Surveys, Cronbach Coefficient, Sampling.

INTRODUCCIÓN

El Mercado de Artesanías del Malecón de Veracruz (MAV), es un sitio emblemático-turístico con más de 50 años de historia y que recibe visitas de miles de personas de todo México y de diferentes partes del mundo año tras año. El "MAV" está conformado por 100 locales, divididos en dos partes; 20 sobre la calle Landero y Coss y 80 sobre la calle Insurgentes Veracruzanos. Ambas calles, ubicadas en la Colonia Faros del Centro Histórico de la ciudad (Figura 1).



Figura 1. Croquis del MAV.
Fuente. Elaboración propia.

Se estima que más de 200 familias se ven beneficiadas directamente y alrededor de otras 320 indirectamente, siendo así, para las familias veracruzanas, una fuente de ingreso muy importante por todo el derroche económico que se genera debido a su funcionamiento. Es por ello, por lo que se realiza la importancia y el impacto que genera el desarrollo de este trabajo. Su ubicación es el principal atractivo y esto genera el interés de toda clase de persona y de todas las edades. Además, el "MAV" ofrece una gran variedad de productos en los que destacan ropa de manta, dulces de leche, variedad de playeras, artículos de madera, artículos de cristal, souvenirs, café de la región, etc. Sin embargo, desde hace un par de años, los artesanos que conforman el mercado y el comité que los representa, se han percatado que las ventas no han sido las esperadas y se cree que el funcionamiento está siendo mermado, por lo que se considera que no es óptimo.

Para conocer el estado actual del Marketing del "MAV", se implementó la aplicación de un cuestionario tipo encuesta con las 4P's y la Escala de Likert para medir los atributos asociados con la percepción, opinión y/o valoración de los artesanos sobre el tema y para validar la confiabilidad se realizó el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach [1]. Esto nos permitió saber qué tanto error existe en el instrumento de medición, considerando tanto la varianza sistemática como la varianza por el azar [2]. Los resultados obtenidos nos permitirán garantizar la fiabilidad del análisis y ayudará a la toma de decisiones del MAV.

MATERIAL Y MÉTODO

Tabla 1: Escala de Likert para medir constructos.

Fuente. Elaboración propia.

S	CS	AV	CN	N
5	4	3	2	1

Se diseñó una encuesta con una Escala de Likert para medir los constructos latentes que no son directamente observables [3] como se muestra en la (Tabla 1) y que contiene los siguientes valores; 1 (Nunca), 2 (Casi nunca), 3 (A veces), 4 (Casi siempre), 5 (Siempre) tomando el formato que contiene los rangos de una escala [4].

El formato de la encuesta contempla 20 ítems, subdivididos en 4 grupos con 5 cada uno (Tabla 2) y que representan una gestión comercial con base en los medios tácticos de producto, precio, plaza y promoción [5].

El proceso que se ocupó en el estudio es el siguiente:

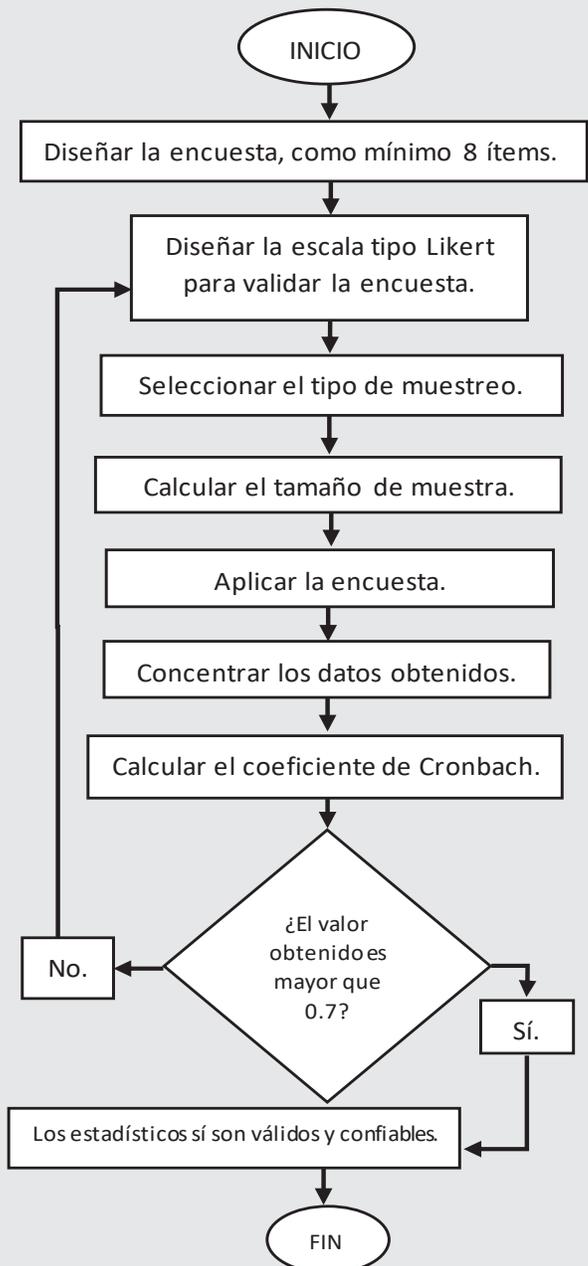


Figura 2. Diagrama de la metodología utilizada.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Tabla de constructos a evaluar de las 4p's.

Fuente: Elaboración propia.

Producto:
Los productos que ud. vende incluyen servicios y beneficios adicionales para sus clientes.
Durante el proceso de compra, orienta a sus clientes para comparar sus productos.
Conoce el material o las especificaciones de los productos que vende.
Tiene productos que otros no venden en el MAV. (Exclusivos)
Utiliza empaques biodegradables y amigables con el medio ambiente.
Precio:
Ofrece precios competitivos en comparación con los demás competidores del MAV.
Determina el precio de su mercancía dependiendo sólo del costo de esta.
Averigua el precio y la calidad de la oferta de sus competidores.
Fija precios de su mercancía en relación costo-beneficio.
Para determinar el precio de su mercancía, tiene en cuenta factores económicos tales como recesión, inflación, tasas de interés entre otros.
Promoción:
Antes de lanzar un producto nuevo define su público meta.
Gasta dinero en publicidad de sus productos.
Establece comunicación con sus clientes.
Realiza descuentos, cupones o concursos para que sus clientes obtengan sus productos.
Agrega características de valor a sus productos para diferenciar sus productos.
Plaza:
En lo posible trata de aislarse de los demás competidores de su negocio.
Une fuerzas con los competidores o no competidores, combinando recursos financieros y de marketing, temporal o permanentemente.
Hace uso de intermediarios para adquirir sus mercancías.
Construye relaciones con sus proveedores claves en la cadena de suministro a través de internet y otras tecnologías.
Su proveedor solo permite que ciertos negocios manejen su mercancía, a través de una distribución exclusiva.

La población considerada para este Caso de Estudio fueron únicamente los locatarios que se ubican sobre la calle Insurgentes Veracruzanos con un total de 80 locales, esa decisión fue tomada por el comité del MAV. Por lo tanto, al contar con un número limitado de locales en la evaluación, se utilizó el cálculo de muestro aleatorio simple con población finita [6] Ecuaciones 1 y 2.

Se consideró un 95% de nivel de confianza, un margen de error del 5% y con las proporciones de población 50% y 50% al no tenerse antecedentes de investigación en el sector [6].

$$n' = \frac{n_o}{1 + \left(\frac{n_o - 1}{N}\right)}$$

Ec 1.

$$n_o = \frac{Z^2 pq}{\epsilon^2}$$

Ec 2.

z=Factor Probabilístico.

pq=Varianza de la Proporción.

ϵ =error máximo permitido.

$1 - \alpha = 95\%$ (nivel de confianza).

Sustituyendo, obtenemos:

$$n_o = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.05)^2}$$

$$n_o = 1067.11$$

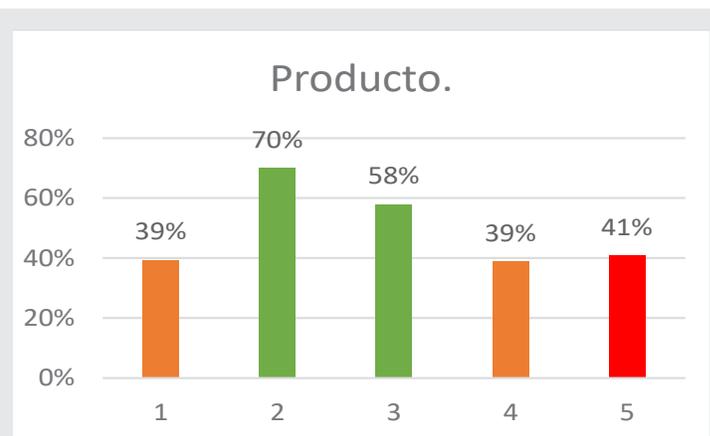
$$n' = \frac{1067.11}{1 + \left(\frac{1067.11 - 1}{80}\right)}$$

$$n' = 66 \text{ encuestas.}$$

La aplicación de las encuestas se realizó en el periodo Diciembre 2018 – Julio 2019 considerando que se tomaron al azar 66 locatarios sin reemplazo, la aplicación fue directa con los artesanos de cada lugar y no se tomó en cuenta una fecha fija y ningún horario establecido para hacerlo. La encuesta se realizó de manera individual para no verse influenciada la respuesta de cada encuestado.

RESULTADOS

Como se puede observar (Gráfica 1) en ésta subdimensión, los artesanos durante el proceso de compra sí están brindando orientación hacia los clientes al momento de adquirir un producto, influyendo de manera muy importante en la decisión de compra. Asimismo, se puede observar que no están ofreciendo servicios o beneficios adicionales a los clientes, ni tampoco están familiarizados con el uso de empaques amigables con el medio ambiente. A pesar de que conocen muy bien las especificaciones de sus productos, lamentablemente existe poca variedad o exclusividad en ellos.



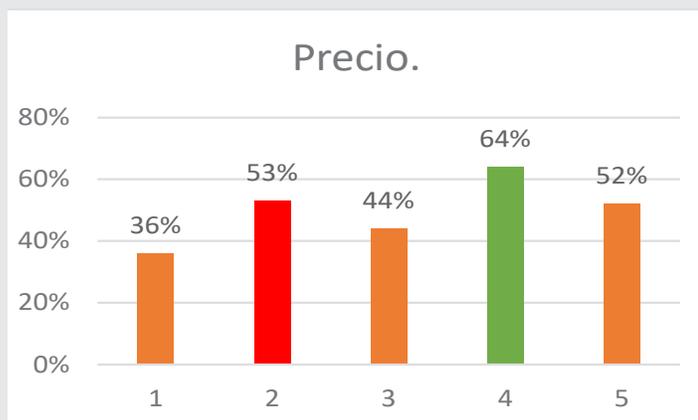
Gráfica 1: Resultados- Producto.

Tabla 3: Items relacionados al Producto.

Fuente: Elaboración propia

1	Los productos que usted vende incluyen servicios y beneficios adicionales para sus clientes.
2	Durante el proceso de compra, orienta a sus clientes para comparar sus productos.
3	Conoce el material o las especificaciones de los productos que vende.
4	Tiene productos que otros no venden en el MAV. (Exclusivos)
5	Utiliza empaques biodegradables y amigables con el medio ambiente.

Con respecto a la subdimensión del Precio, los artesanos (Gráfica 2) a pesar de que fijan el precio de sus mercancías en relación a la fórmula costo - beneficio, el resultado también nos señala que no están tomando en cuenta todos los costos que involucran al producto y lamentablemente se ve mermada su utilidad. Son pocos los artesanos que averiguan el precio y la calidad de la oferta de los demás competidores.



Gráfica 2: Resultados- Precio.

Tabla 4: Items relacionados al Precio.

Fuente: Elaboración propia.

1	Ofrece precios competitivos en comparación con los demás competidores del MAV.
2	Determina el precio de su mercancía dependiendo sólo del costo de esta.
3	Averigua el precio y la calidad de la oferta de sus competidores.
4	Fija precios de su mercancía en relación costo-beneficio.
5	Para determinar el precio de su mercancía, tiene en cuenta factores económicos tales como recesión, inflación, tasas de interés entre otros.

Dentro del diagnóstico que se obtuvo en la subdimensión de Promoción (Gráfica 3), se observa que no se define el público meta al momento de lanzar un producto nuevo, además, este dato coincide con el del primer apartado que corresponde a la subdimensión de Producto, en el que no manifiestan variedad de ellos. Claramente los artesanos no gastan en nin-

gún tipo de publicidad para promover sus productos y tienen muy poca comunicación con sus clientes. No agregan características de valor a los productos y del mismo modo, tampoco ofrecen descuentos o promociones para que los clientes puedan adquirirlos.



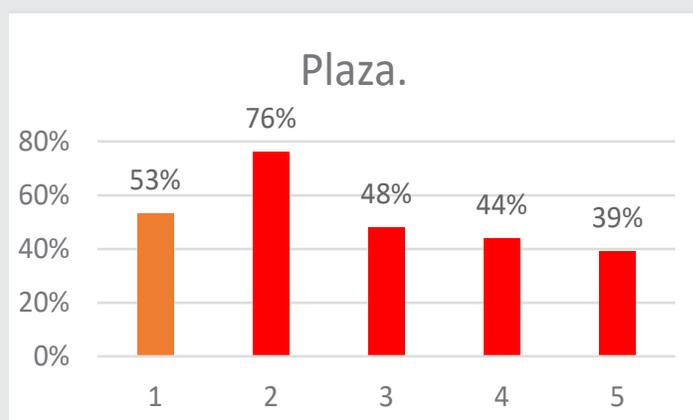
Gráfica 3: Resultados- Promoción.

Tabla 5: Items relacionados a Promoción

Fuente: Elaboración propia.

1	Antes de lanzar un producto nuevo define su público meta.
2	Gasta dinero en publicidad de sus productos.
3	Establece comunicación con sus clientes.
4	Realiza descuentos, cupones o concursos para que sus clientes obtengan sus productos.
5	Agrega características de valor a sus productos para diferenciar sus productos.

Para esta última subdimensión los resultados obtenidos nos señalan que los proveedores del MAV pueden vender sin ninguna restricción los productos y esto permite que las mercancías sean muy parecidas y que casi todos la tengan. Los artesanos tienen una



Gráfica 4: Resultados- Plaza.

relación débil con proveedores que no se ubican dentro del Puerto y no usan la tecnología para este fin. Se observa que en medida de lo posible los artesanos tratan de aislarse de los competidores y no realizan sinergias con otros artesanos.

Tabla 6: Items relacionados a Plaza.

Fuente: Elaboración propia.

1	En lo posible trata de aislarse de los demás competidores de su negocio.
2	Une fuerzas con los competidores o no competidores, combinando recursos financieros y de marketing, temporal o permanentemente.
3	Hace uso de intermediarios para adquirir sus mercancías.
4	Construye relaciones con sus proveedores claves en la cadena de suministro a través de internet y otras tecnologías.
5	Su proveedor solo permite que ciertos negocios manejen su mercancía, a través de una distribución exclusiva.

Los estadísticos obtenidos se recopilaron en una base de datos y se usó el programa Excel® para facilitar el manejo y análisis de información Anexo 1.

Cada fila representa la respuesta de los 20 ítems de cada encuestado, obteniendo 66 filas como se calculó anteriormente en el muestreo. Sin embargo, como todo instrumento de medición necesita de una validación para acreditar la fiabilidad de los resultados. Para ello, se utilizó el coeficiente α de Cronbach que mide la correlación entre las propias preguntas. Por lo tanto, se considera que todos los ítems de un cuestionario que utilizan la misma escala de medición deben calcular el coeficiente α a partir de la varianza de los ítems individuales y de la varianza de la suma de los ítems de cada evaluado [7].

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{j=0}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right) \quad \text{Ec (3)}$$

k = número de ítems.

$\sum_{j=0}^k \sigma_i^2$ = Sumatoria de las Varianzas de los ítems.

σ_T^2 = Varianza Total de Respuesta o de toda la prueba.

Se obtuvo la varianza de cada ítem y posteriormente se sumaron para obtener un valor total de 32 (Ecuación 4). Luego, se procedió a realizar la sumatoria de los valores de respuesta de cada encuestado para poder obtener la Varianza total, el resultado obtenido fue 114, Ecuación 5.

$$\sum_{j=0}^k \sigma_i^2 = 1.7 + 1.2 + 1 + 1.7 \dots = 32 \quad \text{Ec(4)}$$

$$\sigma_T^2 = 80 + 41 + 49 + 48 \dots = 114 \quad \text{Ec(5)}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula 3, obtenemos:

$$\alpha = \frac{20}{20-1} \left(1 - \frac{32}{114} \right)$$

$$\alpha = \frac{20}{19} (1 - 0.28287)$$

$$\alpha = 1.0526(0.71712)$$

$$\alpha = 0.75487$$

[4] Confirman que el valor mínimo del coeficiente de fiabilidad debe ser 0.7, el valor más cercano a 1 es el índice de la mayor fiabilidad de la escala [8].

Este parámetro estadístico mide la fiabilidad de consistencia interna, grado en que las respuestas son consistentes a través de los ítems dentro de una medición. Si la consistencia interna es baja, entonces el contenido de los ítems puede ser tan heterogéneo que la puntuación total no es la mejor unidad posible de análisis para la medición [9].

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este Estudio de Caso, servirán como Diagnóstico que permitirá plantear las Estrategias más adecuadas para que el MAV pueda atender sus áreas de mejora.

PRODUCTO:

Los artesanos del MAV deben proporcionar valor agregado a sus productos, brindando algún beneficio o servicio que incremente la satisfacción por comprar los productos que venden. Una alternativa de valor agregado es la inclusión de empaques amigables con el medio ambiente y así, atendemos dos aspectos en una misma acción, el valor agregado y el uso de empaques biodegradables. Otro aspecto que se debe considerar y que resulta fundamental para incrementar el desempeño del Marketing, es que el MAV incremente la gama de productos que permita despertar potencialmente el interés de nuevos clientes.

PRECIO:

Es importante capacitar a los artesanos del MAV para que aprendan a considerar todos los costos que intervienen en un producto, esto traerá como resultado una mejor planeación y no se verá mermada la utilidad. Se deben considerar precios promocionales o descuentos para que los clientes se sientan motivados y así, considerarán la estrategia como una recompensa al comprar.

PROMOCIÓN:

Debido a que prácticamente es nula la publicidad, es necesario empezar a tomar acciones de manera de inmediata. Se recomienda el uso de redes sociales

para empezar a tener presencia con los clientes desde antes que arribe al MAV e incluso también después de su visita para tomar en cuenta su experiencia y permita empezar a medir el servicio que se ofrece. El lanzamiento de un producto nuevo debe ser planeado de manera adecuada para que pueda tener un impacto positivo y genere interés en los clientes.

PLAZA:

Se recomienda que los artesanos hagan sinergias entre ellos y con los proveedores para mejorar la cadena de suministro y poder reducir costos y tener un mejor desempeño. Todas estas actividades al final del proceso se ven reflejadas en costos y que de forma indirecta o directa benefician a la utilidad del MAV. Asimismo, es importante considerar el uso de tecnología dentro del MAV, uso de sistemas de compra, terminales de cobro. Incluso se recomienda generar una página web del MAV para que los clientes puedan comprar más productos dando solo un clic.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este Caso de Estudio se concluye que el uso de las 4Ps en el Mercado de Artesanías del Malecón de Veracruz es muy débil. Por lo tanto, se hacen las siguientes recomendaciones para mejorar los resultados.

- 1.- Diseñar e Innovar nuevos productos que atiendan las necesidades del cliente.
- 2.- Capacitar a los artesanos para determinar los costos de sus productos y a su vez, sepan cómo hacer un análisis para lanzar un producto.
- 3.- Hacer uso de las redes sociales de por lo menos 3 plataformas.
- 4.- Utilizar empaques amigables con el medio ambiente.
- 5.- Desarrollar una imagen corporativa del MAV.
- 6.- Usar el Merchandising como técnica de Venta en el MAV para mejorar las ventas.

Estas acciones se recomiendan principalmente debido a que su impacto es fundamental y se convertirían en directrices que generen un mejor funcionamiento del uso de las 4 P's en el MAV. Es importante, recalcar que la ejecución dependerá de la decisión y los elementos disponibles que tenga el comité del MAV.

Por último, se debe mencionar que el cálculo del coeficiente de Cronbach sí ayudó a validar la confiabilidad de este Estudio de Caso, por lo tanto, se considera que sí puede ser tomado en cuenta para los fines que fue diseñado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Likert, « A technique for the measurement of attitudes,» *Archives of Psychology*, pp. 22-140, 1932.
- [2] S. Ketkar, N. Kock, R. Parente y J. Verville, «The impact of individualism on buyer-supplier relationship norms. trust and market performance: an analysis of data from Brazil and the USA,» *International business review*, pp. 782-793, 2012.
- [3] Q. li, «A novel Likert scale based on fuzzy sets theory,» *Expert Sytems With Applications*, pp. 22-140, 2013.
- [4] C. Kocak, E. Egrioglu, U. Yolcu y C. Aladag, «Computing Cronbach Alpha Reliability Coefficient for Fuzzy Survey Data,» *American Journal of Intelligent Systems*, pp. 204-213, 2014.
- [5] M. M., «Marketing estratégico en PYMES fabricantes de prendas de vestir del Estado de Zulia,» *Revista de Ciencia Sociales*, pp. 486-496, 2005.
- [6] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, McGrawHill, 2014.
- [7] H. De Hora, G. Monteiro y J. Arica, «Confiabilidade em questionários para qualidade: Um estudo com o coeficiente alfa de Cronbach,» *Produto & Producao*, pp. 85-103, 2010.
- [8] A. Belén, R. Guajardo, M. José, G. López y I. González, «Analysis of the reliability of the fuzzy scale for assessing the students learning styles in Math,» *9th Conference of the European society for fuzzy logic and technology*, pp. 727-733, 2015.
- [9] R. Kline, «Principles an Practice of structural equation modeling,» *Analysis*, 2011.

Anexo 1

Sujeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	4	5	5	4	3	5	3	5	5	5	5	3	5	3	3	5	2	3	3	4	80
2	1	1	2	3	5	2	2	1	2	1	2	1	3	1	3	3	1	3	2	2	41
3	3	5	5	1	1	3	5	1	4	2	3	1	5	1	1	2	1	1	1	3	49
4	3	5	5	1	1	5	5	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	3	1	1	48
5	4	5	5	2	2	1	5	1	5	1	1	1	5	5	5	5	1	5	5	1	65
6	4	5	5	3	3	4	3	3	5	3	4	1	5	5	3	3	2	1	2	1	65
7	3	4	4	2	1	4	4	1	5	1	2	1	3	1	3	1	1	3	3	3	50
8	3	3	4	2	1	4	4	4	4	4	1	1	3	1	2	1	1	3	4	2	52
9	1	3	5	3	1	5	5	3	1	1	1	1	5	5	5	1	1	5	5	5	62
10	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	2	1	5	1	3	2	2	5	1	3	55
11	4	5	5	1	1	5	5	1	5	1	2	1	5	3	1	3	1	1	5	1	56
12	4	3	3	3	3	3	5	3	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	47
13	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	50
14	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3	1	1	4	1	3	3	1	3	1	3	52
15	4	3	5	5	5	5	5	3	5	4	5	1	5	3	5	3	1	3	3	1	74
16	4	3	5	5	5	5	5	3	5	4	5	1	5	3	5	3	1	3	3	1	74
17	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	1	5	3	5	5	5	3	5	1	84
18	1	5	5	1	5	5	5	5	1	5	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	52
19	3	5	5	3	3	5	4	3	5	3	3	1	4	3	3	4	2	4	1	1	65
20	4	5	5	5	4	4	4	1	5	1	5	1	4	1	1	4	1	3	3	3	64
21	4	5	4	4	3	4	3	2	4	2	4	3	4	3	2	4	1	2	3	3	64
22	4	5	4	4	3	4	3	2	4	2	4	3	4	3	2	4	2	2	3	3	65
23	1	5	5	4	5	5	1	1	4	1	1	3	5	3	3	3	2	1	3	3	59
24	1	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	1	3	1	1	3	3	1	70
25	1	5	5	4	5	4	1	1	4	1	1	3	5	3	3	3	2	1	2	2	56
26	5	5	3	2	5	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	59
27	3	5	2	5	3	5	4	3	5	2	3	2	5	1	4	2	2	1	2	3	62
28	1	5	5	1	1	5	1	1	5	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	39
29	4	5	5	4	3	5	3	5	5	5	5	3	5	3	3	5	2	3	3	4	80
30	1	1	2	3	5	2	2	1	2	1	2	1	3	1	3	3	1	3	2	2	41
31	3	5	5	1	1	3	5	1	4	2	3	1	5	1	1	2	1	1	1	3	49
32	3	5	5	1	1	5	5	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	3	1	1	48
33	4	5	5	2	2	1	5	1	5	1	1	1	5	5	5	5	1	5	5	1	65
34	4	5	5	3	3	4	3	3	5	3	4	1	5	5	3	3	2	1	2	1	65
35	1	1	2	3	5	2	2	1	2	1	2	1	3	1	3	3	1	3	2	2	41
36	3	3	4	2	1	4	4	4	4	4	1	1	3	1	2	1	1	3	4	2	52
37	4	3	3	3	3	3	5	3	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	47
38	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	2	1	5	1	3	2	2	5	1	3	55
39	4	5	5	1	1	5	5	1	5	1	2	1	5	3	1	3	1	1	5	1	56
40	4	3	3	3	3	3	5	3	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	49
41	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	50
42	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3	1	1	4	1	3	3	1	3	1	3	52
43	4	3	5	5	5	5	5	3	5	4	5	1	5	3	5	3	1	3	3	1	74
44	5	5	3	3	1	3	5	3	5	2	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	51
45	4	5	5	4	3	5	3	5	5	5	5	3	5	3	3	5	2	3	3	4	80
46	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	50
47	1	3	5	3	1	5	5	3	1	1	1	1	5	5	5	1	1	5	5	5	62
48	4	5	5	5	4	4	4	1	5	1	5	1	4	1	1	4	1	3	3	3	64
49	4	5	4	4	3	4	3	2	4	2	4	3	4	3	2	4	1	2	3	3	64
50	1	5	5	1	5	5	5	5	1	5	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	52
51	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	2	1	5	1	3	2	2	5	1	3	55
52	4	5	5	1	1	5	5	1	5	1	2	1	5	3	1	3	1	1	5	1	56
53	5	5	3	3	2	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	51
54	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	4	51
55	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3	1	1	5	1	3	3	1	3	1	3	53
56	4	3	5	5	5	5	5	3	5	4	5	1	5	3	5	3	1	3	3	1	74
57	4	3	5	5	5	5	5	3	5	4	5	1	5	3	5	3	1	3	3	1	74
58	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	48
59	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	48
60	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	48
61	4	5	5	5	4	4	4	1	5	1	5	1	4	1	1	4	1	3	3	3	64
62	4	5	5	3	3	4	3	3	5	3	4	1	5	5	3	3	2	1	2	1	65
63	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	50
64	3	3	4	2	1	4	4	4	4	4	1	1	3	1	2	2	1	3	4	2	53
65	5	5	3	3	1	3	5	3	5	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	50
66	4	3	5	5	5	5	5	3	5	4	5	1	5	3	5	3	1	3	3	4	77
	1.7	1.2	1	1.7	2.6	1.5	1.8	1.7	1.4	2.3	2.6	0.6	1.4	2.3	2.1	1.2	0.4	1.6	1.9	1.3	114



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Diseño de tornillo sinfín-corona del sistema de transmisión para máquina de ensayo de impacto por caída libre en materiales pétreos



Colaboración

Adolfo Manuel Morales Tassinari; María del Rosario Morales Mejía; Brenda Guadalupe Martínez Morales, Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tecnológico Nacional de México.

RESUMEN: El presente estudio tiene como propósito diseñar el sistema de transmisión de engrane de tornillo sinfín-corona para una máquina de ensayo de impacto por caída libre en materiales pétreos naturales. Para el diseño del engrane de tornillo sinfín-corona se empleó la metodología de la norma ANSI-AGMA 6034-B92 Manual for General Industrial Cylindrical Worm Gearing for Power Transmission. El tornillo sinfín será impulsado por un motor a pasos con una potencia de 0.0241 Hp y una velocidad de 81 rpm; mientras que, la corona impulsará un tornillo de potencia a una velocidad de 6.23 rpm. El resultado obtenido es que el tornillo sinfín debe fabricarse de acero AISI 1010 con un diámetro exterior de 1.030 plg, una longitud de 1.440 plg y doble entrada; mientras que, la corona debe de fabricarse de bronce con 26 dientes, un diámetro de garganta de 2.800 plg y ancho de cara de 0.600 plg. De acuerdo con la simulación realizada en el software SolidWorks Simulation, el factor de seguridad del engrane de tornillo sinfín-corona obtenido es de 2.4; por lo tanto, el sistema es seguro.

PALABRAS CLAVE: Diseño mecánico, engrane de tornillo sinfín-corona, máquina de ensayo de impacto, materiales pétreos naturales, sistema de transmisión.

ABSTRACT: This study has the purpose to design the worm-gear transmission system for a free fall impact testing machine in natural stone materials. The methodology of the ANSI-AGMA 6034-B92 Manual for General Industrial Cylindrical Worm Gearing for Power Transmission was used for the design of the worm gear. The worm will be driven by a stepper motor with a power of 0.0241 Hp and a speed of 81 rpm; while, the gear will drive a power screw at a speed of 6.23 rpm. The result obtained is that the worm must be made of AISI 1010 steel with an outside diameter of 1.030 in., a length of 1.440 in., and double entry; while, the gear should be made of bronze with 26 teeth, a throat diameter of 2.800 in., and face width of 0.600 in. According to the simulation carried out in the SolidWorks Simulation software, the safety factor of the worm-gear obtained is 2.4; therefore, the system is safe.

KEYWORDS: Impact test machine, mechanical design, natural stone materials, worm-gear, transmission system.

INTRODUCCIÓN

Los Materiales Pétreos son aquellos materiales que se extraen directamente de la naturaleza no necesitando para su empleo nada más que darles la forma adecuada [1], y se clasifican en: a) Naturales, localizados en yacimientos naturales, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños, comúnmente se hallan en yacimientos, canteras y/o graveras. b) Artificiales, se localizan en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian, machacan y clasifican y con ello se procede a utilizarlos; c) Industriales, son aquellos que

han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados [2].

Ahora bien, las rocas son materiales pétreos naturales compuestos de uno o más minerales, cristalinos o amorfos, que presentan características homogéneas y constituyen sobre la Tierra cuerpos geológicamente independientes [3]; por lo que, se clasifican por su origen en: a) Rocas Ígneas, formadas por el enfriamiento y la solidificación del magma del interior de la Tierra; b) Rocas Metamórficas, son aquellas que sufrieron cambios en la mineralogía y estructura por la presión y temperatura a grandes profundidades al interior de la Tierra; c) Rocas Sedimentarias, formadas por sedimentos y partículas mediante la meteorización de otras rocas, la acumulación de material de origen biológico, la precipitación de sustancias químicas o bioquímicas, o una combinación de ellas [4].

Para que un material pétreo natural pueda ser utilizado en alguna aplicación en particular, es necesario que puedan determinarse sus propiedades físicas (absorción, desorción, densidad, porosidad, capilaridad, hinchamiento), propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, resistencia al impacto, módulo de ruptura.), propiedades de superficie (resistencia a la abrasión, dureza, resistencia al deslizamiento), propiedades térmicas (coeficiente de dilatación térmica, coeficiente de enfriamiento, resistencia al choque térmico), propiedades dinámicas (velocidad de propagación de ondas, módulo elástico dinámico) [5]. Además, es importante realizar ensayos de durabilidad tales como ensayos de humedad-sequedad, ensayo de heladicidad, ensayo de cristalización de sales que permitan predecir el comportamiento ante el intemperismo determinando su pérdida de masa y de color, y su aumento en la rugosidad.

Para que un material pétreo natural pueda ser utilizado como baldosa deben de considerarse las siguientes propiedades: absorción, densidad, resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión, resistencia al deslizamiento, resistencia a las heladas y la resistencia al impacto [6]; en este sentido, las baldosas presentan un comportamiento frágil, lo que resulta evidente en el caso de solicitaciones mecánicas asociadas al impacto por caída de objetos [7].

La resistencia al impacto es la energía consumida en la ruptura producida por choque de otro cuerpo; en este sentido, la resistencia al impacto en materiales pétreos naturales se determina mediante la norma de ensayo UNE-EN 14158 Métodos de Ensayo de piedra natural – Determinación de la energía de rotura, simulando el golpe de un cuerpo duro y consiste en realizar sucesivos impactos sobre la baldosa apoyada sobre un lecho

de arena, con una esfera de acero de 1 kg, a intervalos crecientes de 5 cm de altura de caída hasta producir la rotura, expresando el resultado como la energía de rotura de la placa o baldosa en Julios (J) [8].

Actualmente, el Laboratorio de Ciencias e Investigación en Materiales (LACIIM) perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez ha realizado diversas pruebas en materiales pétreos naturales tales como: absorción, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión, humedad-sequedad y cristalización de sales; sin embargo, no cuenta con equipo especializado para realizar ensayos de impacto por caída libre, que es un ensayo de gran interés para cuando un material pétreo natural debe usarse como baldosa. Por este motivo, surge la inquietud de realizar el diseño de una máquina de impacto, que permita dar respuesta sobre la utilización de diversos materiales pétreos ante el uso como baldosas.

Para el diseño de máquina, es importante tener un diseño conceptual que permita mediante un esquema conectar elementos posibles del sistema [9]; en la Figura 1, se muestra el diseño conceptual de la máquina para ensayo de impacto por caída libre:

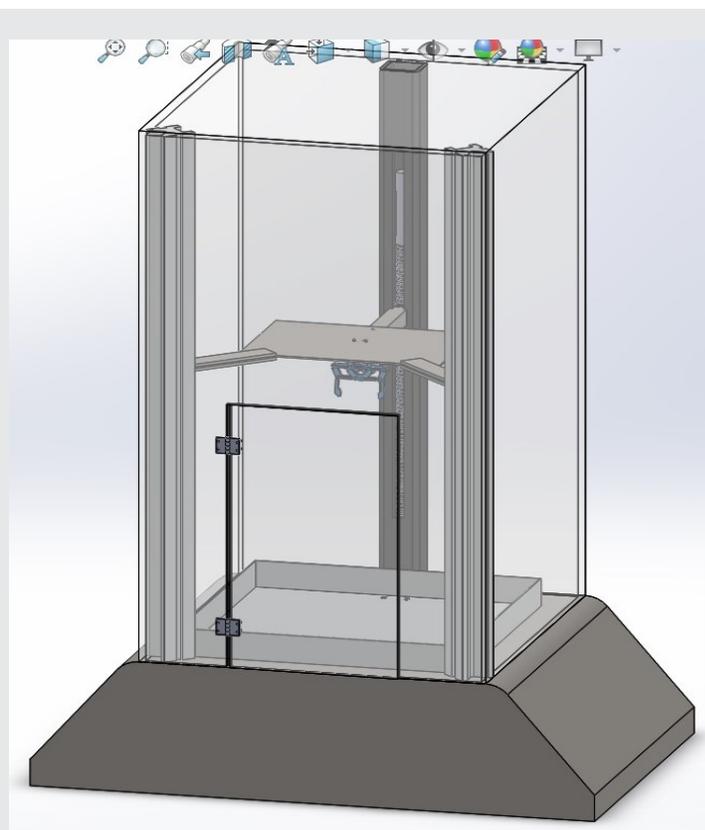


Figura 1. Diseño conceptual de la máquina para ensayo de impacto por caída libre.

Cabe mencionar que, en el diseño de cualquier máquina, uno de los aspectos importantes es el diseño del mecanismo de transmisión que es la parte de una máquina cuya función es transmitir movimiento y fuerza de una fuente de potencia a una salida [9]; por lo que, este

mecanismo de transmisión puede ser un mecanismo de engrane.

Los engranes son ruedas dentadas que se emplean para transmitir movimiento y potencia desde un eje o flecha giratorio a otro; para su transmisión, los dientes de un engrane impulsor se insertan, enlazándose con precisión, en los espacios entre los dientes del engrane que es impulsado, por lo tanto, los dientes impulsores empujan a los dientes que son impulsados ejerciendo una fuerza perpendicular al radio del eje transmitiendo un torque y potencia [10]. Los engranes se clasifican en: a) Engranes Rectos, tienen dientes paralelos al eje de rotación y se emplean para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo; b) Engranes Helicoidales, poseen dientes inclinados con respecto al eje de rotación, y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos pero no son tan ruidosos debido al engranado más gradual; c) Engranes Cónicos, presentan dientes formados en superficies cónicas, se emplean sobre todo para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan; d) Engranes de Tornillo Sinfín con Corona, se emplean sobre cuando las relaciones de velocidad de los dos ejes son muy altas [11]. De la Figura 2a) a la Figura 2d), se muestran las imágenes de los diferentes tipos de engranes:

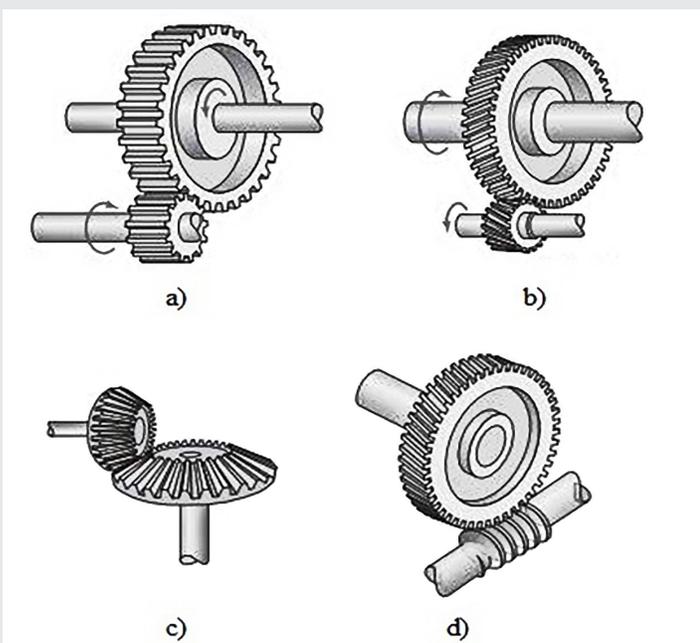


Figura 2. Imágenes de los diferentes tipos de engranes [10]: a) Engranes rectos; b) Engranes Helicoidales; c) Engranes Cónicos; d) Engranes de Tornillo Sinfín-Corona.

En este sentido, en un Engrane de Tornillo Sinfín-Corona, el tornillo sinfín tiene dientes espirales y ejes en ángulos rectos, este puede hacerse con rosca simple, doble, triple o de mayor multiplicidad; mientras que, los dientes de la Corona envuelven las roscas del tornillo sinfín y dan un contacto lineal entre las partes casantes [12].

El presente estudio tiene como finalidad diseñar el sistema de transmisión de engrane de tornillo sinfín-corona empleando la metodología de la norma ANSI-AGMA 6034-B92 Manual for General Industrial Cylindrical Worm Gearing for Power Transmission [13] para una máquina de ensayo de impacto en materiales pétreos naturales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Cálculo de la geometría del tornillo sinfín y de la corona. Para el cálculo de la geometría del tornillo sinfín y de la geometría de la corona es importante conocer los requisitos del diseño; para esto, la velocidad de entrada en el tornillo sinfín (n_w) es de 81 rpm, la velocidad de salida que se desea en la corona (n_c) es de 6.23 rpm y la potencia que debe de transmitir el eje de la corona (P) es de 0.0241 Hp. Por lo que la relación de velocidad se determina a partir de la ecuación (1):

$$RV = \frac{n_w}{n_c} = \frac{81}{6.23} = 13 \quad \text{Ec (1)}$$

Como en número de entradas en el tornillo sinfín (N_w) es 2, entonces el número de dientes en la corona (N_c) se obtiene mediante la ecuación (2):

$$N_c = RV(N_w) = 13(2) = 26 \quad \text{Ec (2)}$$

Ahora bien, como el paso diametral de la corona (P_d) es 10 y el ángulo de presión (P_d) es de 14.5°, se calcula el paso circular normal (P_n) mediante la ecuación (3) y el paso axial (P_x) mediante la ecuación (4):

$$p_n = \frac{\pi}{P} = \frac{\pi}{10} = 0.314 \text{ plg} \quad \text{Ec (3)}$$

$$P_x = p_n = 0.314 \text{ plg} \quad \text{Ec (4)}$$

Ahora se determina la geometría del diente de la corona, para esto se calcula el adendo (a) mediante la ecuación (5), el dedendo (b) mediante la ecuación (6), la altura de trabajo (h_k) mediante la ecuación (7) y la altura total (h_t) mediante la ecuación (8):

$$a = \frac{1}{P} = \frac{1}{10} = 0.100 \text{ plg} \quad \text{Ec (5)}$$

$$b = \frac{1.157}{P} = \frac{1.157}{10} = 0.116 \text{ plg} \quad \text{Ec (6)}$$

$$h_k = \frac{2}{P} = \frac{2}{10} = 0.200 \text{ plg} \quad \text{Ec (7)}$$

$$h_t = \frac{2.157}{P} = \frac{2.157}{10} = 0.216 \text{ plg} \quad \text{Ec (8)}$$

A continuación, se determina la geometría de la corona, para esto se calcula el diámetro de paso (D_p) mediante la ecuación (9), el diámetro de garganta (D_{tg}) mediante la ecuación (10), y el diámetro de raíz (D_{rc}) mediante la ecuación (11):

$$D_G = \frac{N_G}{P} = \frac{26}{10} = 2.600 \text{ plg} \quad \text{Ec (9)}$$

$$D_{tg} = D_G + 2a$$

$$D_{tg} = 2.600 + 2(0.100) = 2.800 \text{ plg} \quad \text{Ec (10)}$$

$$\begin{aligned} D_{rG} &= D_G - 2b \\ D_{rG} &= 2.600 - 2(0.116) = 2.368 \text{ plg} \end{aligned} \quad \text{Ec (11)}$$

Posteriormente, se determina la geometría del tornillo sinfín, para esto se calcula el diámetro de paso (D_W) mediante la ecuación (12), el diámetro exterior (D_{oW}) mediante la ecuación (13), el diámetro de raíz (D_{rW}) mediante la ecuación (14), el avance (L) mediante la ecuación (15), el ángulo de avance (λ) mediante la ecuación (16), el ángulo de hélice (ψ) mediante la ecuación (17) y la longitud del ancho de cara (F_W) mediante la ecuación (18):

$$D_W = \frac{C^{0.875}}{2.2} = \frac{(1.700)^{0.875}}{2.2} = 0.833 \text{ plg} \quad \text{Ec (12)}$$

$$\begin{aligned} D_{oW} &= D_W + 2a \\ D_{oW} &= 0.833 + 2(0.100) = 1.030 \text{ plg} \end{aligned} \quad \text{Ec (13)}$$

$$\begin{aligned} D_{rW} &= D_W - 2b \\ D_{rW} &= 0.833 - 2(0.289) = 0.255 \text{ plg} \end{aligned} \quad \text{Ec (14)}$$

$$L = N_W P_x = 2(0.314) = 0.628 \text{ plg} \quad \text{Ec (15)}$$

$$\lambda = \arctan\left[\frac{L}{\pi D_W}\right] = \arctan\left[\frac{0.628}{\pi(0.833)}\right] = 13.55^\circ \quad \text{Ec (16)}$$

$$\psi = 90 - \lambda = 90 - 13.55 = 76.45^\circ \quad \text{Ec (17)}$$

$$\begin{aligned} F_W &= 2 \sqrt{\left(\frac{1}{2}D_t\right)^2 - \left(\frac{1}{2}D_G - a\right)^2} \\ &= 2 \sqrt{\left(\frac{1}{2}(2.800)\right)^2 - \left(\frac{1}{2}(2.600) - 0.100\right)^2} \\ F_W &= 1.440 \text{ plg} \end{aligned} \quad \text{Ec (18)}$$

Además, la distancia entre centros real (C) del tornillo sinfín y de la corona se calcula mediante la ecuación (19):

$$C = \frac{D_W + D_G}{2} = \frac{0.833 + 2.588}{2} = 1.700 \text{ plg} \quad \text{Ec (19)}$$

Finalmente, se calcula el ancho de cara de la corona (F_G) mediante la ecuación (20):

$$\begin{aligned} F_G &= \sqrt{D_{oW}^2 - D_W^2} \\ &= \sqrt{(1.030)^2 - (0.833)^2} \\ F_G &= 0.600 \text{ plg} \end{aligned} \quad \text{Ec (20)}$$

Cálculo de las fuerzas en el tornillo sinfín y en la corona.

Para el cálculo de las fuerzas en el tornillo sinfín y las fuerzas en la corona es importante conocer la velocidad en la línea de paso tanto para el tornillo sinfín (v_{tW}) mediante la ecuación (21) como para la corona (v_{tG}) mediante la ecuación (22); además, se calcula la velocidad de deslizamiento (v_s) mediante la ecuación (23):

$$v_{tW} = \frac{\pi D_W n_W}{12} = \frac{\pi(0.833)(81)}{12} = 17.66 \text{ ft}/\text{min} \quad \text{Ec (21)}$$

$$v_{tG} = \frac{\pi D_G n_G}{12} = \frac{\pi(2.588)(6.23)}{12} = 4.24 \text{ ft}/\text{min} \quad \text{Ec (22)}$$

$$v_s = \frac{v_{tG}}{\text{sen } \lambda} = \frac{4.24}{\text{sen } 13.55^\circ} = 18.10 \text{ ft}/\text{min} \quad \text{Ec (23)}$$

Ahora, se calcula el coeficiente de fricción (μ) mediante la ecuación (24), la eficiencia (η) mediante la ecuación

(25) y la potencia de salida (P_o) mediante la ecuación (26):

$$\begin{aligned} \mu &= 0.103e^{-0.110v_s^{0.450}} + 0.012 \\ &= 0.103e^{-0.110(18.10)^{0.450}} + 0.012 \end{aligned} \quad \text{Ec (24)}$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0.0188 \\ \eta &= \frac{\cos \phi_n - \mu \tan \lambda}{\cos \phi_n + \frac{\mu}{\tan \lambda}} \\ &= \frac{\cos 14.5^\circ - 0.0100 \tan 13.55^\circ}{\cos 14.5^\circ + \frac{0.0188}{\tan 13.55^\circ}} \end{aligned} \quad \text{Ec (25)}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 0.9211 \\ P_o &= \eta P_i = 0.9211(0.012) = 0.011 \text{ Hp} \end{aligned} \quad \text{Ec (26)}$$

Como la máquina impulsora es un motor eléctrico que va a generar choque uniforme y el sistema impulsado es un tornillo de potencia que va a tener choque ligero, entonces el factor de aplicación de carga (K_o) es 1.2; por lo que, se calculan la fuerza tangencial en la corona (F_{tG}) mediante la ecuación (27), la fuerza radial en la corona (F_{rG}) mediante la ecuación (28) y la fuerza axial en la corona (F_{aG}) mediante la ecuación (29):

$$\begin{aligned} W_{tG} &= \frac{W_{rW}}{\frac{\cos \phi_n \text{sen } \lambda + \mu \cos \lambda}{\cos \phi_n \cos \lambda - \mu \text{sen } \lambda}} \\ &= \frac{45.18}{\frac{\cos 14.5^\circ \text{sen } 13.55^\circ + 0.0188 \cos 13.55^\circ}{\cos 14.5^\circ \cos 13.55^\circ - 0.0188 \text{sen } 13.55^\circ}} \\ W_{tG} &= 172.67 \text{ Lbs} \end{aligned} \quad \text{Ec (27)}$$

$$\begin{aligned} W_{rG} &= \frac{W_{tG} \text{sen } \phi_n}{\cos \phi_n \cos \lambda - \mu \text{sen } \lambda} \\ &= \frac{172.67 \text{sen } 14.5^\circ}{\cos 14.5^\circ \cos 13.55^\circ - 0.0188 \text{sen } 13.55^\circ} \\ W_{rG} &= 46.15 \text{ Lbs} \end{aligned} \quad \text{Ec (28)}$$

$$\begin{aligned} W_{aG} &= W_{tG} \left[\frac{\cos \phi_n \text{sen } \lambda + \mu \cos \lambda}{\cos \phi_n \cos \lambda - \mu \text{sen } \lambda} \right] \\ &= 172.67 \left[\frac{\cos 14.5^\circ \text{sen } 13.55^\circ + 0.0188 \cos 13.55^\circ}{\cos 14.5^\circ \cos 13.55^\circ - 0.0188 \text{sen } 13.55^\circ} \right] \\ W_{aG} &= 45.18 \text{ Lbs} \end{aligned} \quad \text{Ec (29)}$$

También, se calculan la fuerza tangencial en el tornillo sinfín (F_{tW}) mediante la ecuación (30), la fuerza radial en el tornillo sinfín (F_{rW}) mediante la ecuación (31) y la fuerza axial en el tornillo sinfín (F_{aW}) mediante la ecuación (32):

$$W_{tW} = W_{aG} = 45.18 \text{ Lbs} \quad \text{Ec (30)}$$

$$W_{rW} = W_{rG} = 46.15 \text{ Lbs} \quad \text{Ec (31)}$$

$$W_{aW} = W_{tG} = 172.67 \text{ Lbs} \quad \text{Ec (32)}$$

Además, la fuerza de fricción que se genera en el sistema de tornillo sinfín con corona se calcula mediante la ecuación (33):

$$\begin{aligned} W_f &= \frac{\mu W_{tG}}{\mu \text{sen } \lambda - \cos \lambda \cos \phi_n} \\ &= \frac{0.0188(172.67)}{0.0188 \text{sen } 13.55^\circ - \cos 13.55^\circ \cos 14.5^\circ} \\ W_f &= -3.46 \text{ Lbs} \end{aligned} \quad \text{Ec (33)}$$

Cálculo del esfuerzo de flexión en los dientes de la corona.

Para calcular el esfuerzo de flexión en los dientes de la corona, se requiere conocer el factor de forma de Lewis (y); así, como el ángulo de presión normal (ϕ) es de 14.5° se tiene que el factor de forma de Lewis es de

0.100. Además, el ancho efectivo de la corona (FeG) se calcula mediante la ecuación (34):

$$F_{eG} = 0.67D_w = 0.67(0.833) = 0.556 \text{ plg} \quad \text{Ec (34)}$$

Por lo tanto, el esfuerzo de flexión en los dientes de la corona (σ_t) se calcula mediante la ecuación (35):

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{W_{rG}}{p_n F_{eG} y} \\ &= \frac{172.67}{0.314(0.556)(0.100)} \\ \sigma_t &= 9883.57 \text{ Psi} \end{aligned} \quad \text{Ec (35)}$$

Cálculo de la fuerza tangencial permisible

Para el cálculo de la fuerza tangencial permisible, se requiere calcular el factor de materiales (C_s) mediante la ecuación (36), el factor de corrección de relación (C_m) mediante la ecuación (37) y el factor de velocidad (C_v) mediante la ecuación (38):

$$\begin{aligned} C_s &= 270 + 10.37C^3 \\ &= 270 + 10.37(1.700)^3 \\ C_s &= 320.947 \end{aligned} \quad \text{Ec (36)}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0.02\sqrt{-m_G + 40m_G - 76} + 0.46 \\ &= 0.02\sqrt{-26 + 40(26) - 76} + 0.46 \\ C_m &= 1.269 \end{aligned} \quad \text{Ec (37)}$$

$$\begin{aligned} C_v &= 0.659e^{-0.0011v_s} \\ &= 0.659e^{-0.0011(18.10)} \\ C_v &= 0.647 \end{aligned} \quad \text{Ec (38)}$$

Por lo tanto, la fuerza tangencial permisible (W_{iPERM}) se calcula mediante la ecuación (39):

$$\begin{aligned} W_{iPERM} &= C_s D_G^{0.8} F_e C_m C_v \\ &= 320.947(2.600)^{0.8}(0.556)(1.269)(0.647) \\ W_{iPERM} &= 314.71 \text{ Lbs} \end{aligned} \quad \text{Ec (39)}$$

De esta manera, como la fuerza tangencial permisible ($W_{iPERM}=314.71\text{Lbs}$) es más grande que la fuerza tangencial en el tornillo sinfín ($W_{iW}=45.18\text{Lbs}$), se considera que el diseño es seguro.

RESULTADOS

Dibujo del engranes de tornillo sinfín-corona en SolidWorks

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cálculo de la geometría del tornillo sinfín y de la geometría de la corona; además, se consideró un Acero AISI 1010 para en tornillo sinfín y para la corona. En la Tabla 1, se muestran los resultados geométricos:

Tabla 1. Resultados de la geometría del tornillo sinfín y de la geometría de la corona.

Parámetros del Tornillo Sinfín		Parámetros de la Corona	
Número de Entradas	2	Número de Dientes	26
Paso axial	0.314 plg	Paso Diametral	10
Diámetro Exterior	1.030 plg	Diámetro de Garganta	2.800 plg
Diámetro de Paso	0.833 plg	Diámetro de Paso	2.600 plg
Diámetro Interior	0.599 plg	Diámetro de Raíz	2.368 plg
Adendo	0.100 plg	Adendo	0.100 plg
Dedendo	0.116 plg	Dedendo	0.166 plg
Altura de Trabajo	0.200 plg	Altura de Trabajo	0.200 plg
Altura Total	0.2.16 plg	Altura Total	0.216 plg
Longitud de Cara	1.440 plg	Ancho de Cara	0.600 plg
Avance	0.628 plg		
Ángulo de Presión	14.5°		
Ángulo de Avance	13.55°		
Ángulo de Hélice	76.45°		

Con los datos geométricos del tornillo sinfín y la corona, se realizan los dibujos y se efectúa el ensamble. En la Figura 3, se muestra el ensamble del tornillo sinfín con corona:

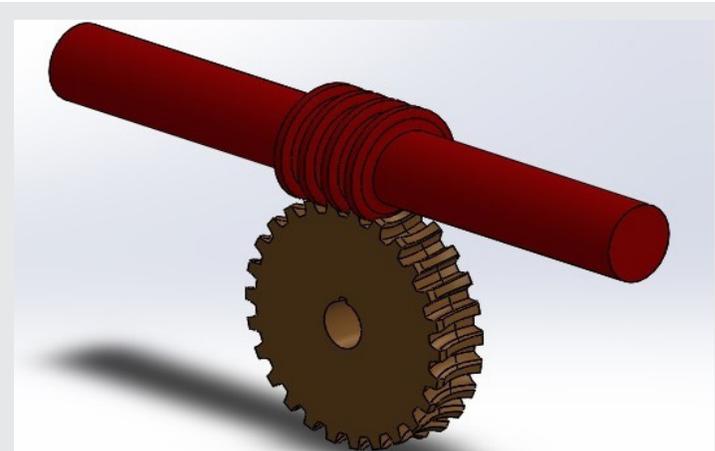


Figura 3. Imagen del ensamble del mecanismo de tornillo sinfín con corona realizado en SolidWorks.

Resultados de los esfuerzos

De acuerdo con los resultados en el cálculo de las fuerzas del tornillo sinfín y la corona, en la Tabla 2, se muestran los valores de las fuerzas:

Tabla 2. Fuerzas en el tornillo sinfín y en la corona.

Parámetros	Tornillo Sinfín	Corona
Fuerza Tangencial	45.18 Lbs	172.67 Lbs
Fuerza Radial	46.15 Lbs	46.15 Lbs
Fuerza Axial	172.67 Lbs	45.18 Lbs

Para obtener el esfuerzo máximo en la corona y en el tornillo sinfín, se utiliza SolidWorks Simulation. De esta forma, en la Figura 4a), se muestra la imagen de esfuerzos en la corona; mientras que en la Figura 4b), se muestra la imagen de esfuerzos en el tornillo sinfín:

Como se muestra en la Figura 4a), el esfuerzo máximo presentado en la raíz del diente de la corona es de 9799.2 Psi; mientras que en la Figura 4b), el esfuerzo máximo presentado en la raíz del hilo del tornillo sinfín es de 4235 Psi.

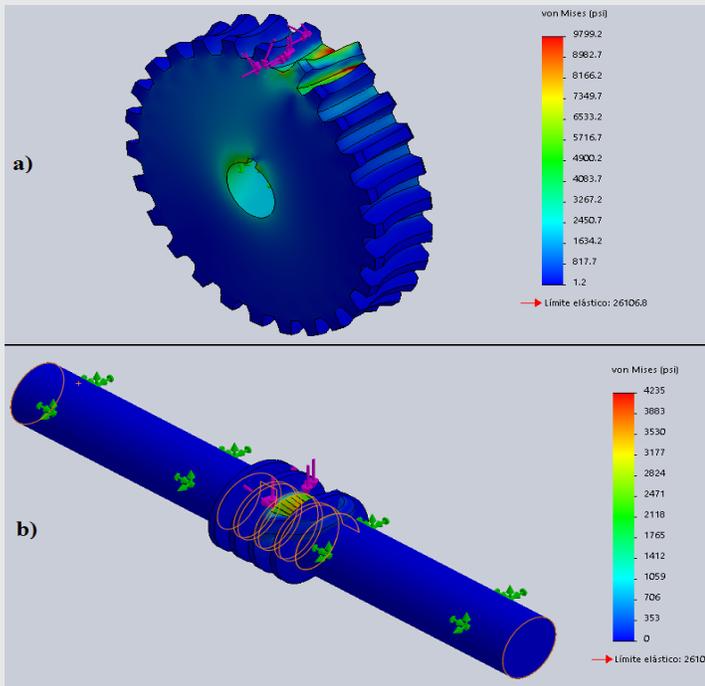


Figura 4. a) Campo de esfuerzos en la corona; b) Campo de esfuerzos en el tornillo sinfín.

Resultados de las deformaciones

Para obtener la deformación máxima en la corona y en el tornillo sinfín, se utiliza la herramienta SolidWorks Simulation. De esta forma, en la Figura 5a), se muestra la imagen del campo de deformaciones en la corona; mientras que en la Figura 5b), se muestra la imagen del campo de deformaciones en el tornillo sinfín.

Como se muestra en la Figura 5a), la deformación máxima presentada en el diente de la corona es de 0.00031 plg; mientras que, en la Figura 5b), la deformación máxima presentada en el hilo del tornillo sinfín es de 0.000017 plg.

Resultados del factor de seguridad

Para obtener el factor de seguridad mínimo en la corona y en el tornillo sinfín, se utiliza la herramienta SolidWorks Simulation. De esta forma, en la Figura 6a), se muestra la imagen del campo del factor de seguridad en la corona; mientras que en la Figura 6b), se muestra la imagen del campo del factor de seguridad en el tornillo sinfín.

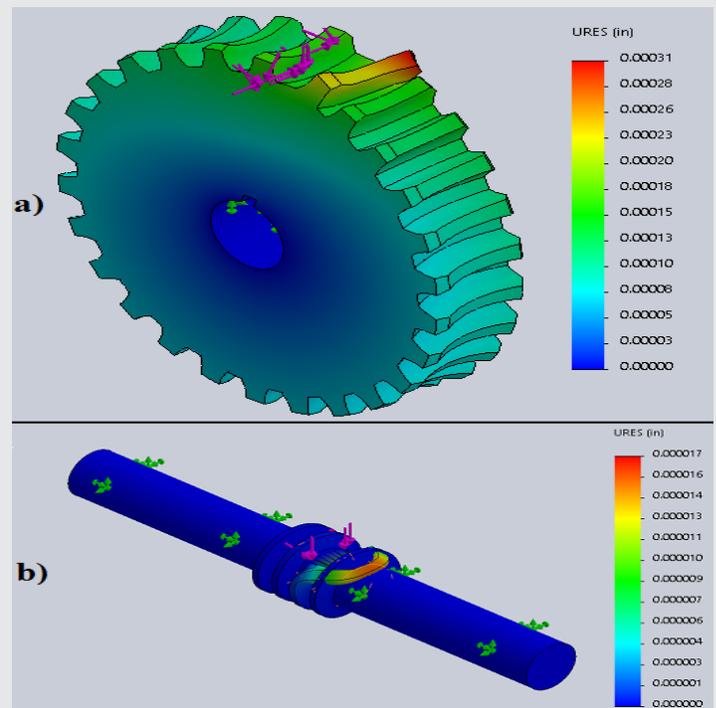


Figura 5. a) Campo de deformaciones en la corona; b) Campo de deformaciones en el tornillo sinfín.

Como se muestra en la Figura 6a), el factor de seguridad mínimo en el diente de la corona es de 2.4; mientras que en la Figura 6b), el factor de seguridad mínimo en el tornillo sinfín es de 5.2. De acuerdo con los valores obtenidos del factor de seguridad, tanto en el tornillo sinfín como en la corona, se concluye que el Acero AISI 1010 resultará seguro.

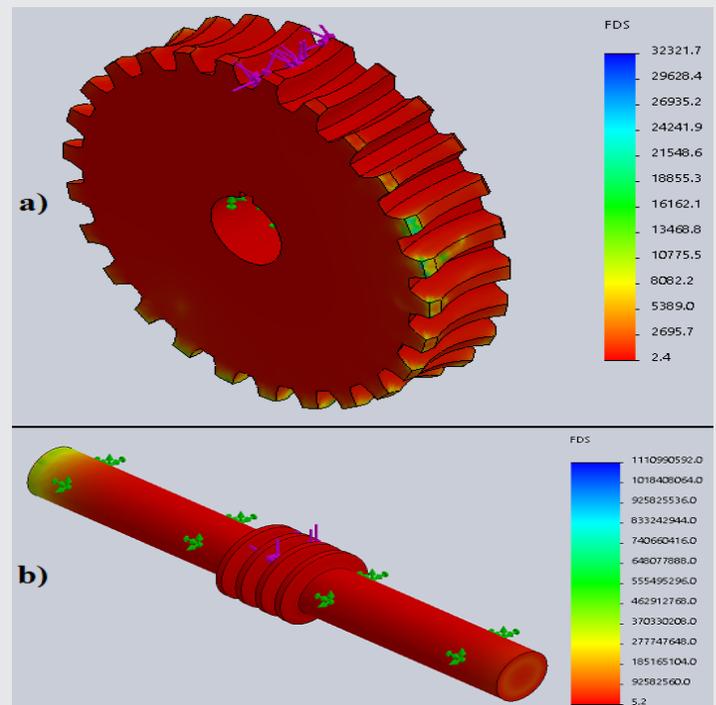


Figura 6. a) Campo del factor de seguridad en la corona; b) Campo del factor de seguridad en el tornillo sinfín.

Resultados con fuerzas aumentadas

Se realizaron simulaciones aumentando las fuerzas en un 10% y en un 20% para ver el comportamiento de los esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad tanto en la corona como en el tornillo sinfín. La Figura 7, se muestran las simulaciones del factor de seguridad en la corona y en el tornillo sinfín; mientras que, en la Tabla 3, se muestra la comparación de resultados:

$$\%Error = \left| \frac{V_T - V_S}{V_T} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{9883.57 - 9799}{9883.57} \right| \times 100\% \quad \text{EC. (40)}$$

$\%Error = 0.86\%$

Es importante mencionar que este porcentaje de error se estima adecuado; por lo tanto se considera que la simulación es convergente con el resultado teórico. De esta forma, se puede concluir que el sistema de tornillo sinfín con corona de Acero AISI 1010 presentará los resultados mostrados en la Tabla 4:

Tabla 4. Resultados finales del diseño en el tornillo sinfín y en la corona.

Parámetros	Tornillo Sinfín	Corona
Esfuerzo de Flexión	4235 Psi	9799.2 Psi
Deformación Máxima	0.00031 plg	0.000017 plg
Factor de Seguridad	2.4	5.2

De acuerdo con la Tabla 4, el menor factor de seguridad lo tiene el tornillo sinfín con 2.4; por lo tanto, se concluye que el sistema de tornillo sinfín con corona, tiene un factor de seguridad de 2.4. En este sentido, se demuestra que el diseño del sistema de transmisión de tornillo sinfín con corona, resultará seguro en la operación de la máquina de ensayo de impacto por caída libre en materiales pétreos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Crespo Escobar, Santiago. "Materiales de construcción para edificación y obra civil". Editorial Club Universitario. Alicante, España, (2010)

[2] Coordinación General de Minería. "Estudio de la Cadena Productiva de Materiales Pétreos". Subdirección de Cadenas Productivas. Dirección de Fomento y Organización. Dirección General de Desarrollo Minero. Coordinación General de Minería. Secretaría de Economía. México, (2013)

[3] V. López; G. Ascanio; V. Guerrero; J. Bertorelli. "Rocas industriales de Venezuela". Editorial Fundacite Aragua. (2003)

[4] W. Orozco-Centeno; J. Branch; J. Jiménez-Builes. "Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada". Boletín de Ciencias de la Tierra, Vol. 36, pp. 5-9. (2014)

[5] F. Alonso. "Durabilidad en materiales rocosos". Departamento de Geología (Petrología y Geoquímica), Universidad de Oviedo. pp. 1-20. (2013)

[6] F. López. "La interpretación de los ensayos caracterización de la piedra natural, en el marco de la

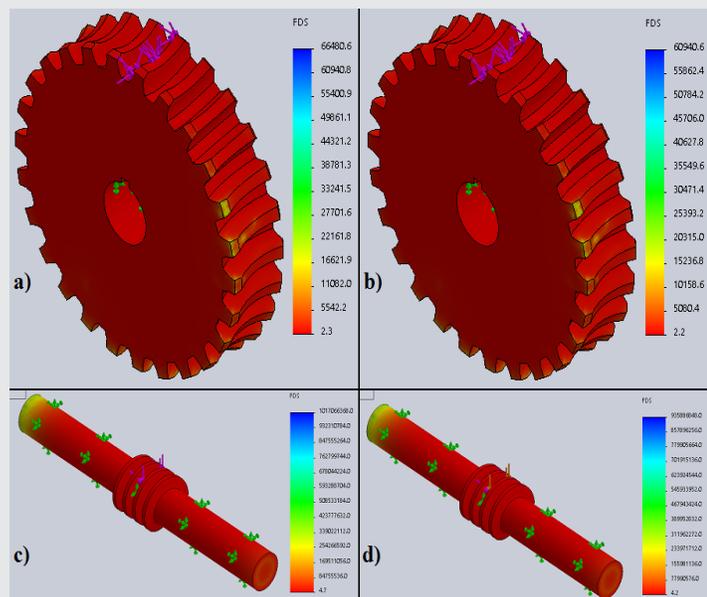


Figura 7. a) Corona con 10% de aumento; b) Corona con 20% de aumento; c) Tornillo sinfín con 10% de aumento; d) Tornillo sinfín con 20% de aumento.

Como se muestra en la Tabla 3, el aumento de la fuerza en el sistema no presenta problemas en el diseño debido a que el factor de seguridad es mayor de 2 en todos los casos.

Tabla 3. Comparación de resultados

Pieza	Fuerza	Esfuerzo de Flexión (Psi)	Deformación Máxima (plg)	Factor de Seguridad
Tornillo Sinfín	Sin aumento	4235	0.000017	5.2
	10% de aumento	4569	0.000019	4.7
	20% de aumento	5083	0.000020	4.2
Corona	Sin aumento	9799.2	0.00031	2.4
	10% de aumento	10778.9	0.00035	2.3
	20% de aumento	11758.4	0.00039	2.2

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la corona se obtuvo un esfuerzo de flexión de 9883.57 Psi y en la simulación se obtuvo un esfuerzo de flexión de 9799.2 Psi; por lo que, existe un porcentaje de error (%Error) entre el valor teórico y el de la simulación obtenida mediante la ecuación (40):

nueva normativa europea". *IBEROEKA en mármoles y granitos*. pp. 83-98. (2003)

[7] V. Cantavella; A. Moreno; C. Felú; A. Muñoz; J. Barberá; A. Palanques. "Análisis del impacto mecánico sobre baldosas cerámicas. Factores que influyen". *QUALICER*, PP. 225-240. (2008)

[8] A. Molina. "Guía Técnica de la Piedra Natural. Requisitos y control de recepción". *Editorial Cluster de la Piedra Natural*. (2017)

[9] Robert L. Mott. "Diseño de Elementos de Máquinas". *Editorial Pearson Education*. México. (1992)

[10] David H. Myszka. "Máquinas y Mecanismos". *Editorial Pearson Educations*. México. (2012).

[11] Richard G. Budynas; J. Keith Nisbett. "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley" *Editorial McGraw-Hill*. México, (2008)

[12] M. F. Spotts; T. E. Shoup. "Elementos de Máquinas". *Editorial Pearson Educations*. México. (2002)

[13] ANSI-AGMA 6034-B92. "Manual for general industrial Cylindrical Worm gearing for Power Transmission". *Virginia*. (1992)



Mecánica
de
Materiales

Ingeniantes

Control eléctrico para un Horno Rotativo H-10 aplicando un Controlador Lógico Programable



Colaboración

José Luis Nava Sánchez; Claudio López García; Luis Manuel Valverde Cedillo, Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco

RESUMEN: En el presente trabajo se estudian, mediante simulación y modelado, la posibilidad de implementar un controlador lógico programable (PLC por sus siglas en inglés) y una interfaz hombre maquina (HMI por sus siglas en inglés) para el control de procesos de horneado de pan. La finalidad es proveer una solución innovadora para la empresa “Hornos y Maquinaria Iberia S.A. de C.V” a un problema presentado en la fabricación del horno modelo H-10 rotativo, la parte eléctrica que se encarga de controlar todo el proceso, se ve afectada por la temperatura y la humedad que se genera, por lo que se pretende desarrollar un sistema de control óptimo, implementando nuevas tecnologías de control y con ello manipular y monitorear las variables de temperatura y humedad. Al no tener un control o programación adecuado el sistema es productivo, pero poco eficiente.

PALABRAS CLAVE: PLC, Temperatura, Humedad, HMI, KOP, Horno

ABSTRACT: In this Paper explores thought simulation and modeling, the possibility of implementing a PLC (programmable logic controller) and HMI (Human Machine Interface) to control bread baking processes. The purpose is provide an innovative solution to the enterprise “Hornos y Maquinaria Iberia S.A. de C.V” to their problem which is presenting during the manufacturing of the rotative furnace model H-10, the electrical part that is responsible for controlling the entire process that is affected by the temperature and humidity that are generated, so it is intended to develop an optimal control system, implementing new control technologies and thereby control and monitor the variables of temperature and humidity, which are affected in the furnace. By not having adequate control or programming, the system is productive, but inefficient.

KEY WORDS: PLC, Temperature, Humidity, HMI, KOP, Furnace

INTRODUCCIÓN

La industria de la panificación se ha tornado cada día más demandante y por lo tanto se necesita mejora en los aparatos eléctricos que se ven envueltos en los procesos propios de la producción, la vanguardia en la fabricación de hornos, así como el uso más sencillo y practico en la de la cohesión del pan, son factores predominantes, por lo tanto, es necesario innovar y mejorar cada proceso, para cuidar el suministro de vapor y calor dentro de la cámara de cohesión.

El presente trabajo se realizó con datos obtenidos de la empresa "Hornos y Maquinaria Iberia S.A. de C.V." La cual se dedica a la fabricación de hornos para panificación en diversos modelos dependiendo la magnitud de producción de pan que se requiera, el modelo y la capacidad se determina a partir del número de charolas que se permite ingresar al horno, esta investigación se basó en el modelo de horno rotativo H-10 que permite hornear hasta 10 charolas.

Por todo lo anterior, es prioritario la búsqueda de una opción viable que permita mantener los estándares de fabricación de hornos rotativos en la industria de panificación bajo un régimen de las nuevas tecnologías y control de procesos. El uso de controladores lógicos programables e implementación de HMIs (Human Machine Interface) ha registrado varios casos de éxito en la mejora los procesos de producción de la industria de panificación. [1].

Este trabajo tiene como propósito identificar las variables de temperatura y humedad que se ven afectadas en el proceso de producción y por otro lado los componentes utilizados en la fabricación de hornos rotativos H-10, mismos que pueden favorecer el incremento en la manufactura de hornos al tener un mejor control y programación adecuada, bajo condiciones estandarizadas. Es una opción viable que beneficiaría y posicionaría en un lugar privilegiado a la empresa IBERIA debido a que los fabricantes de hornos tipo rotativo lo hacen de una forma austera y no invierten recursos en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías [2].

MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se realizó en la industria Hornos y Maquinaria Iberia, S.A. de C.V., ubicados en la Ciudad de México, alcaldía de Iztapalapa durante el periodo comprendido entre el mes de Mayo del 2018 a Agosto del 2018.

El proceso de investigación se realizó en dos fases. En la primera, se trabajó en el levantamiento eléctrico del proceso y del horno, para la obtención de las variables que influyen en el proceso, así como los componentes eléctricos que se usan actualmente para la fabricación del horno. En la segunda, se propusieron nuevos dispositivos eléctricos, electrónicos e implementación de PLCs y HMIs y se evaluó el funcionamiento de los mismos con ayuda de programas computacionales de simulación (CADE SIMU, WPLSoft y COMMGR).

Dentro de la investigación se identificaron los elementos eléctricos que forman parte del horno (ver Figura 1) como: tablero de distribución eléctrica, contactores, interruptores termomagnéticos, y tablero de control (ver Figura 2), en esta etapa se recopiló la información acerca del material con el cual actualmente se realiza la fabricación de los hornos, panel de control como botones, selectores de operación y bloques de con-

tacto NC (normalmente cerrado) NA (normalmente abierto), esto permitió enumerar la cantidad de entradas y salidas para la correcta selección del PLC que se propuso implementar obteniendo una mejora en el proceso de control del horno eléctrico rotativo H-10.



Figura 1. Ensamblado de un horno H-10; parte eléctrica (Fuente propia)

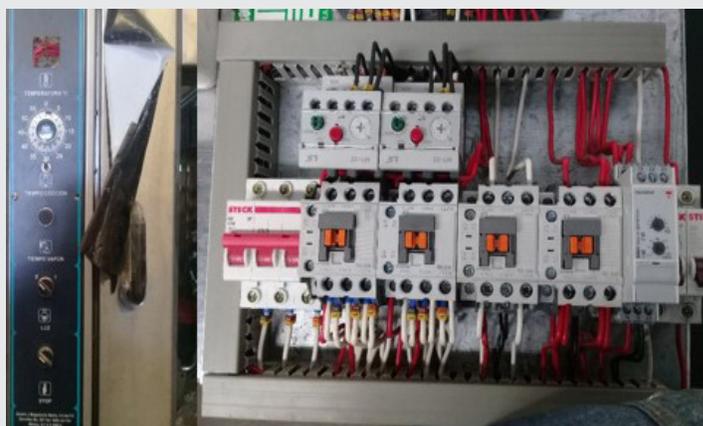


Figura 2. Tablero de control actual con que cuenta el horno H-10 (Fuente propia)

Condiciones del diagrama eléctrico

Se identificó cada proceso de acuerdo las condiciones que maneja el diagrama eléctrico, para tener las mismas variables de control en la implementación de la programación con el PLC. El diagrama eléctrico del horno H-10 (ver Figura 3) se realizó con ayuda del programa computacional CADE Simu para la simulación y para tener las condiciones óptimas para el funcionamiento adecuado del horno, así como los componentes que se involucran en el mismo.

RESULTADOS

A partir de los diagramas eléctricos, variables y componentes del horno H-10, se realizó el diagrama en zescalera para la programación del PLC propuesto mediante el uso de los programas computacionales WPLSoft y COMMGR [3].

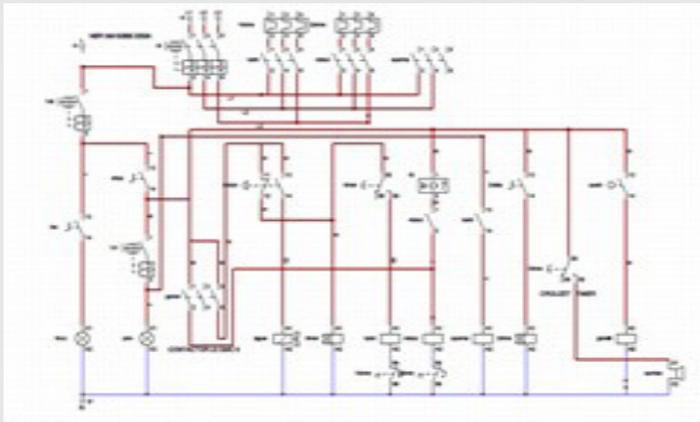


Figura 3. Diagrama eléctrico del horno H-10 (Fuente propia)

En el programa computacional WPLSoft se programaron toda las entradas y salidas del PLC y con ello se pudo elaborar un diagrama de escalera o de contactos conocido como KOP (del alemán KontakPlant), donde toda la lógica de cableado que ocupan los contactores, bobinas y temporizadores en el tablero eléctrico que se hacían de forma tradicional con lógica cableada se sustituyó por la implementación del PLC utilizando la programación tipo escalera [4], este presenta la característica de ahorrar tiempo y material en la estructuración del cableado para conectar los componentes del horno. La programación en lenguaje escalera para el horno se presenta en la Figura 4.

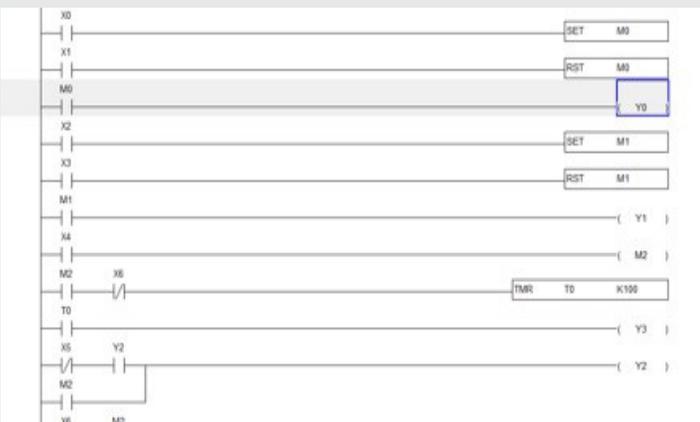


Figura 4. Diagrama escalera para el control del horno H-10 (Fuente propia)

La Implementación de una pantalla HMI para PLC como interfaz de conexión es de gran importancia, ya que en ella el operador puede visualizar las variables de temperatura, tiempo de horneado y tiempo del proceso de vaporización que intervienen en el control del horno H-10. Una de las características de la pantalla HMI es que podemos tener varios procesos y podemos monitorear cada uno de ellos teniéndolo en diferentes pantallas, así podemos crear botones de pase y regreso a la pantalla de la página principal de manera sencilla y eficaz. Por lo cual se reducen los gastos en interruptores y botones, así como el cable

que comunica panel de control al tablero eléctrico del horno H-10.

Se utilizaron simuladores del programa computacional de PLC DELTA como DOPsoft [5] que nos ayudan a configurar los parámetros de control así mismo nos facilita una interfaz gráfica para lograr una mejor interacción entre el operador y el horno (ver Figura 5).

Dentro del diseño para la HMI del control del horno H-10 se tienen cuatro pantallas las cuales se ilustran en las figuras siguientes.



Figura 5. Pantalla principal de la HMI del horno H-10

En la segunda pantalla (ver Figura 6) se configura la temperatura que se desea alcanzar para la cohesión de diferentes tipos de pan, donde se muestran en la pantalla dos paneles de indicación, el primero nos permitirá modificar la temperatura y en el segundo podemos monitorear el valor real de la temperatura.

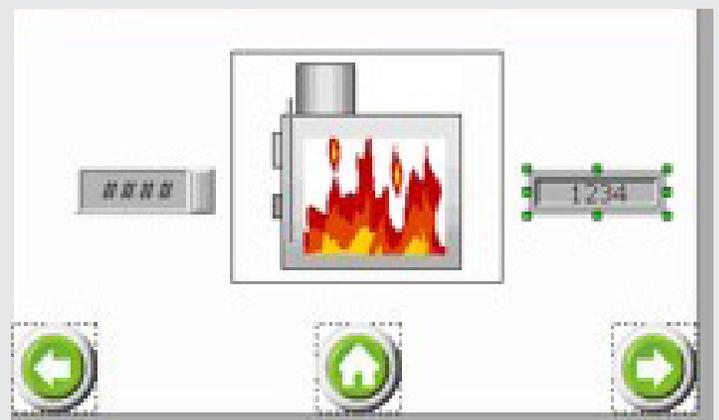


Figura 6. Pantalla principal de la HMI del horno H-10 para el control de temperatura

En la tercer pantalla (ver Figura 7) tenemos el indicador de la cantidad de vapor que requiere agregar al proceso, se cuentan también con dos paneles indicadores uno para ingresar el tiempo que se requiere para el proceso y el segundo es un indicador del tiempo restante para que termine el proceso y se apague.

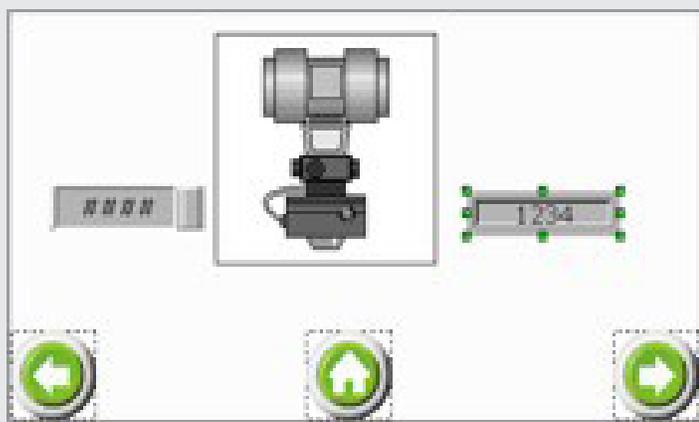


Figura 7. Pantalla principal de la HMI del horno H-10 para el control de vapor

En la cuarta pantalla (ver Figura 8) se muestra el tiempo de cohesión, de igual manera cuenta con dos paneles uno para modificar el tiempo y el segundo indicara el tiempo transcurrido en el proceso.



Figura 8. Pantalla principal de la HMI del horno H-10 para el control de tiempo de cohesión.

CONCLUSIONES

La implementación de nuevas tecnologías en el control de procesos ha tomado gran importancia en la industria debido a la eficiencia, versatilidad, optimización y la alta tecnología de los componentes. Después de ver las diferentes alternativas en el mercado para la fabricación de hornos rotativos H-10, la utilización de PLCs y HMIs implementadas en un proceso de control emergerá con fuerza en los próximos años pues es una excelente manera de reducir los tamaños de las conexiones en el tablero eléctrico, además, el uso de HMIs es cada día más frecuente para poder interconectar los componentes del horno rotativo con una interfaz gráfica donde se requiera llevar un control visual de las variables del proceso tales como temperatura, humedad y vapor, de tal manera, este tipo de tecnologías podrían ser muy eficientes en el futuro de la construcción de hornos y con optimizar los tamaños de los ensamblajes electrónicos y eléctricos. Sin embargo, estas tecnologías necesitan mayor madurez dentro de la industria para poder sustituir un proceso

comprobado por más de una centuria por uno que utiliza nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Mandado Pérez, M. A., (2018) *Sistemas de Automatización y Autómatas Programables (3era ed.)* España.

[2] Bryan L.A., Bryan E. A., (1997) *Programmable Controllers. Theory and implementation (2nd. ed.)* U.S.A.

[3] Delta Electronics, Inc. (2011). *DVP-ES2-EX2-SS2-SA2-SX2 Manual de operación, programación.* Raleigh: Delta Products Corporation (USA)

[4] Webb J. W., (2003) *Programmable logic controllers principles and applications (5th ed.)* U.S.A

[5] Juan Luis Villanueva Montoto. *CADE Simu (V1.0) [Software]* España

[6] WPLSoft (Versión 2.47) [Software]. (2018). *Tayua.n1 31-1, Xingbang Road, Guishan Industrial Zone, Taoyuan Conty 33370, Taiwan : Delta Electronics, Inc.*

[7] COMMGR (Versión 1.09) [Software]. (2018). *Tayuan1 31-1, Xingbang Road, Guishan Industrial Zone, Taoyuan Conty 33370, Taiwan : Delta Electronics, Inc.*

[8] DOPSoft (Versión 2.00.07) [Software]. (2017). *Tayuan1 31-1, Xingbang Road, Guishan Industrial Zone, Taoyuan Conty 33370, Taiwan : Delta Electronics, Inc.*

[9] Rodríguez Borroto M.A., Leon Tellez, J. (2002). *Control Predictivo basado en el modelo de un horno industrial. Revista Colombiana de Fisica, Vol. 34, No. 1. Colombia.*

[10] Alvaro Vilca, W.A., (2004), *Diseño y construcción del control electrónico para un horno GLP y na cámara de leudo destinados a la producción de pan, basado en microcontroladores. (Tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Perú.*

[11] Castañeda Miranda, A., & González Parada, A., & Guzmán Cabrera, R., & Ibarra Manzano, O. (2012). *Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. Acta Universitaria, 22 (3), 14-19.*



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Control de la variabilidad de rueda dentada para maquinaria agroindustrial aplicando la Metodología Seis Sigma



Colaboración

Jorge Alberto Beristain Pérez; Ana Roselyn Pérez Méndez; Rosario Castro García, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

RESUMEN: Seis sigma, es una metodología enfocada a producir productos libres de defectos y procesos enfocados hacia el mejoramiento. El método DMAIC comprende de cinco pasos Definir, Medir, Analizar, Incorporar Mejoras y Controlar. Este proyecto se llevó a cabo en la empresa "Café de Veracruz, S.A. de C.V." ubicada en la ciudad de Huatusco, Veracruz., empresa donde fabrican maquinaria y equipo agrícola.

En este proceso, existe una variabilidad en el grosor de los dientes de ruedas dentadas para una despulpadora de Café y esta falta de calidad está generando insatisfacción en los clientes, basado en la identificación de Factores Críticos de Calidad, tales como: Diagrama de Pareto, Gráficos de Control, Estudio GR&R, además de la incorporación de un Mapa de Necesidades del Cliente e identificación de los CTQ's, esto con el objetivo de reducir piezas defectuosas y los costos por defectos de calidad.

Gracias al compromiso del gerente general, del equipo de colaboración y asesores externos, se logró culminar con éxito el proyecto y aumentar el nivel Sigma del proceso de un 2.39 a 8.79.

PALABRAS CLAVE: CTQ's, Diagrama de Pareto, Estudio GR&R, Factores Críticos de Calidad, Gráficos de Control, Mapa de Necesidades del Cliente, Metodología Seis Sigma, Satisfacción de los Clientes.

ABSTRACT: Six Sigma is a methodology focused to produce products free of defects and processes focused toward improvement. The DMAIC method comprises of five steps to Define, Measure, Analyze, incorporate improvements and Control. This project was carried out in the company "Coffee of Veracruz, S.A. de C.V." located in the city of Huatusco, Veracruz., a company where manufactured machinery and equipment. In this process, there is a variability in the thickness of the sprocket teeth.

Shows the importance of Six Sigma as a technique to reduce the variability of the thickness of the sprocket teeth for a Coffee pulper, allowing you to eliminate defective parts and contributing to the satisfaction of clients, based on the identification of critical factors such as Quality: Pareto Chart, Control Charts.

KEYWORDS: CTQ's, Pareto Diagram, GR&R Study, Critical Quality Factors, Control Charts, Customer Needs Map, Six Sigma Methodology, Customer Satisfaction.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto representa un paso más en el desarrollo de un producto único implementando una estrategia de mejora que permitiera disminuir desperdicios y fortalecer su imagen como un proveedor confiable.

Seis Sigma utiliza una metodología conocida como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve), Controlar) y una gran cantidad de herramientas estadísticas para el trabajo de los equipos (Membrado Martínez, 2013). Los empleados que participan en los proyectos de Seis Sigma reciben una intensa formación práctica antes y durante el desarrollo del proyecto. [1] [2]

La aplicación de la Metodología Seis Sigma se utilizó con el objetivo de minimizar piezas defectuosas al momento de maquilar engranajes de dientes rectos utilizados en el mecanismo de revolución de una despulpadora de café para una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de maquinaria para procesos

agroindustriales, principalmente para el procesamiento de café. [3]

El objetivo fue reducir el producto no conforme y minimizar los costos de no calidad para fortalecer las finanzas de la empresa, además de disminuir la variabilidad del proceso para hacerlo más confiable y evitar que los productos no conformes llegaran al cliente final. En el artículo se describen las acciones derivadas de la implementación de la Metodología Seis Sigma, así como también los resultados obtenidos. [4,5,6]

Seis Sigma se ha convertido en los últimos años en una de las estrategias con más éxito para la mejora de los resultados económicos de las organizaciones. Grandes empresas como Motorola o General Electric la consideran su estrategia clave y han contribuido de modo decisivo a su difusión (Membrado Martínez, 2013). [7,8]

MATERIAL Y MÉTODOS

El propósito de Seis Sigma es identificar, reducir y eliminar defectos en un proceso, los cuales son causa de inconformidades para los clientes y afectan la rentabilidad de las organizaciones. [9, 10,11]

Las etapas de Seis Sigma y las herramientas más utilizadas son las siguientes, [12,13,14]:

Tabla 1: Etapas y herramientas de Seis Sigma

Etapas Seis Sigma	Herramientas
Definir: Identifica lo importante para el cliente, el alcance del proyecto y los objetivos. El equipo debe ser cómplice del éxito.	Costo por baja calidad (COPQ), Gráfica de Pareto, Métrica de desempeño producto/proceso, Gráfica de flujo del proceso (alto nivel), la "voz del cliente, matriz críticos para el cliente.
Medir: Determinar lo que se debe medir (Y's) y valida el sistema de medición. Cuantifica el desempeño actual, revisa el alcance y el objetivo del proyecto.	Diagrama entrada-proceso-salida (IPO), Mapa de procesos (detallados), Hojas de Verificación, Diagrama de Pareto, Análisis de Sistemas de Medición (MSA). Análisis de Capacidad de Proceso.
Analizar: Determinar las causas (x's) de defectos y variación. Verifica que las causas son reales.	Diagramas de causa y efecto, matriz de causa y efectos de falla (AMEF), Gráficas de multivarianzas, correlación y regresión, prueba de hipótesis.
Mejorar: Identifica soluciones a las causas encontradas. Proporciona pruebas estadísticas de que las soluciones funcionan, posteriormente, implementarlas.	Diseño de experimentos, pruebas de error, tolerancia estadística, análisis de modos y efectos de falla (AMEF), pruebas de hipótesis.
Controlar: Establece controles para mantener la mejora. Proporciona pruebas estadísticas de que la mejora se sostiene.	Planes de control, cuadros de control, administración visual, procedimientos/instrucciones de trabajo, gráficas de control, capacidad de proceso, mantenimiento productivo total.

Fuente: Adaptado de (Pande, 2004; Pyzdek, 2003; Rath & Strong's consultants, 2002).

El proyecto se llevó a cabo en el centro de maquina- do CNC en donde se elaboran las piezas mecánicas necesarias para ensamblar la maquinaria agroindustrial. Se tomó especial atención al proceso de maquinado de una rueda dentada de crestas rectas Z30 forma con bulón esto con el objetivo de reducir la variación del grosor de los dientes y aumentar el nivel Sigma de 2.39 a 8.79. A continuación se describe cada fase del proyecto. [15,16,17]

Fase de Definición:

Para identificar los críticos de calidad (CTQs) referentes a las necesidades de los clientes se propusieron algunas herramientas de la Metodología Seis Sigma para entender los requerimientos de los mismos y entender la información recolectada y convertirla en potenciales indicadores de calidad. [18]

A continuación, se presenta en la Tabla 2, el Mapa de Necesidades del cliente para identificar cuáles son las áreas de oportunidad de la empresa y cuáles son las áreas en las cuales se puede mejorar para satisfacción de los mismos:

Tabla 2: Mapa de Necesidades del Cliente. Empresa Café de Veracruz, S.A. de C.V.

¿Quiénes son mis clientes?
Empresas que se dedican al cultivo, cosecha, procesamiento y venta de café a nivel estatal, nacional e incluso de carácter internacional, así como a particulares que deseen maquinaria para poner en marcha su propio negocio tales como beneficios y restaurantes.
¿Qué servicio o producto yo proveo a mis clientes?
Somos una empresa constituida para comercializar el café, suministros y equipos de la industria cafetalera desde su fase de producción hasta el servicio de cafetería, proporcionando servicios y productos con calidad consistente que nos afirma como un socio confiable. Contamos con éste servicio para orientar y ayudar a nuestros clientes en la planeación, diseño, construcción e instalación de sus plantas productivas para que éstas sean eficientes, eficaces y puntuales en el desarrollo de sus actividades. Contamos desde luego con un estudio personalizado de acuerdo a las características y circunstancias de nuestros usuarios, un layout para ubicar las áreas de trabajo y el desarrollo del proyecto hasta dejarlo funcionando, todo con la aprobación del cliente buscando siempre su mayor satisfacción.
¿Qué es lo que les gusta de nuestros productos o servicios?
Nuestra meta primordial es ser el principal proveedor de maquinaria agroindustrial en México y que nuestros equipos se conozcan y utilicen en el extranjero. La calidad, tecnología y diseño cimentarán las columnas de la compañía. <ul style="list-style-type: none"> • CALIDAD, sinónimo de garantía en nuestros productos y servicios. • TECNOLOGÍA, de punta para eficientar procesos y mejorar el medio ambiente. • DISEÑO vanguardista, signo de distinción de la competencia.
¿Qué es lo que necesitan que no estén consiguiendo?
Lo que ofrecemos que no ofrece la competencia: <ol style="list-style-type: none"> 1. Damos a los usuarios las capacidades necesarias para que lleven a cabo un buen uso y mantenimiento de los equipos que adquirieron y aprovechen al máximo las herramientas con las que ahora cuentan. 2. Como parte de un mejor servicio y atención a nuestros clientes, damos seguimiento periódico a los equipos y ofrecemos el mantenimiento adecuado en caso de ser necesario, esto con el fin de prolongar la vida útil de las máquinas y mantener contacto con los usuarios. 3. Como parte de un mejor servicio y atención a nuestros clientes, damos seguimiento periódico a los equipos y ofrecemos el mantenimiento adecuado en caso de ser necesario, esto con el fin de prolongar la vida útil de las máquinas y mantener contacto con los usuarios.

Fuente: Elaboración Propia.

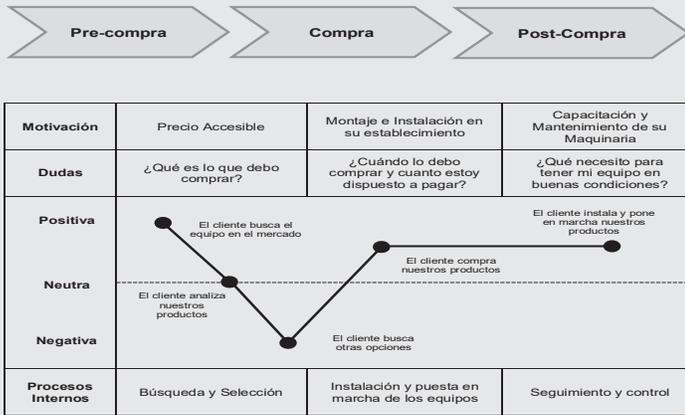


Figura 1. Mapa de Necesidades del Cliente, Servicio Pre-compra, Compra, Post-compra. Empresa Café de Veracruz, S.A. de C.V. Fuente: Elaboración Propia

Fase de Medición:

Según datos obtenidos en el área de maquinado para el proceso de fabricación de un engrane de dientes rectos Z30 con forma de bulón para una despulpadora de disco, se determinaron las fallas que presenta el centro de maquinado CNC, comprendido en el trimestre Enero 2017 – Marzo 2017, lo cual genera variaciones al momento de la fabricación del engrane, presentadas en la siguiente tabla especificando las frecuencias observadas durante el trimestre y el porcentaje de cada una de ellas.

Tabla 3: Tipos de Defecto presentados en el área de maquinado para el periodo enero 2017 – marzo 2017.

1	Errores debidos a los algoritmos de cálculo	65	28.76
2	Error de histéresis (desviación entre la posición real y la mandada por el punto de interés)	65	28.76
3	Excesos de dimensiones geométricas por deformaciones térmicas de la máquina	30	13.27
4	Desplazamientos relativos entre partes de la máquina no controlados	12	5.31
5	Mala posición en la planitud y rectitud de las superficies guía	12	5.31
6	Mala alineación de las superficies de sujeción	11	4.86
7	Mal apoyo de la pieza sobre el utillaje de amarre	9	3.98
8	No existe paralelismo de los ejes con las guías	8	3.54
9	No existe perpendicularidad del eje de husillo principal con la superficie de sujeción	8	3.54
10	Imprecisiones en los componentes utilizados en la máquina	4	1.77
11	Paros inesperados de la máquina por suministro eléctrico	2	0.88
TOTAL		226	100

Una vez establecidas todas las fallas presentadas por el centro de maquinado se procedió a elaborar un Diagrama de Pareto para identificar los pocos vitales de los muchos triviales.

Mediante este análisis es evidente cuáles son los tipos de defectos más frecuentes. Se puede observar que los cinco primeros tipos de defectos representan el 81% (pocos vitales) mientras que los otros seis representan el 19% (muchos vitales) aproximadamente. Por el principio de Pareto se puede deducir que la mayor parte de las causas que generan variaciones en el proce-

so de maquinado para el engrane de una despulpadora de disco pertenece a los cinco primeros defectos, de manera que si se eliminan las causas que los provocan desaparecería la mayor parte de los defectos. [19]

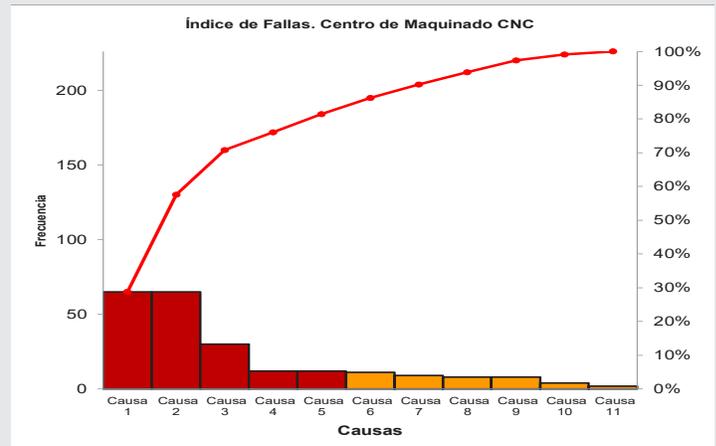


Figura 2. Diagrama causa y efecto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4: Características Técnicas del Engrane

RUEDA DENTADA DE DIENTES RECTOS Z30	
MATERIAL:	Acero Inoxidable al Cromo
PESO:	11888.51 gramos
GROSOR DE DIENTE:	14.86 mm
ESPACIO ENTRE DIENTES:	16.92 mm
CRESTA:	4 mm
DIAMETRO EJE DE PASO	60 mm

Es conveniente realizar un mapa de proceso del engrane para determinar las fases del proceso de maquinado, el cual consiste en dos áreas en específico; la primera es la de Maquilado/Habilitado, donde se realizan los cortes que conformar el engrane y la segunda es el acabado y rectificado.

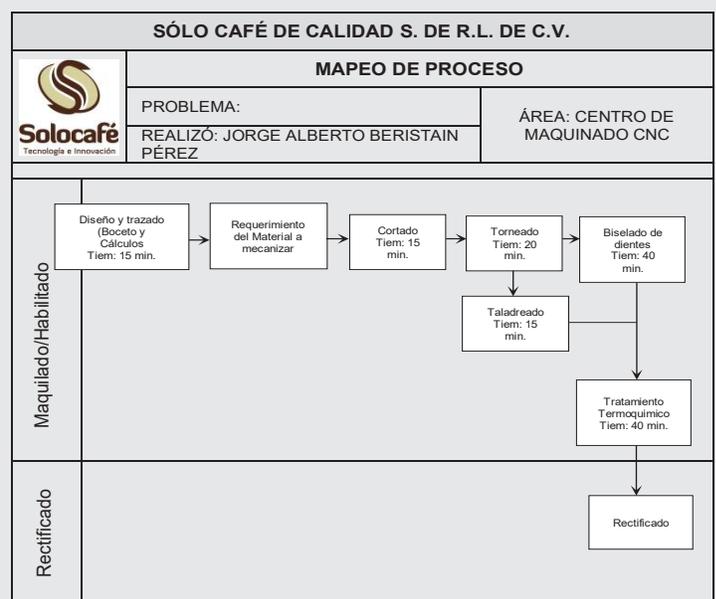


Figura 3. Mapa de Proceso Engranaje de dientes rectos Z30 con forma de Bulón. Empresa Café de Veracruz, S.A. de C.V. Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presenta el engrane terminado elaborado en Solidwork 2015 ° con sus características técnicas para el área de maquinado.

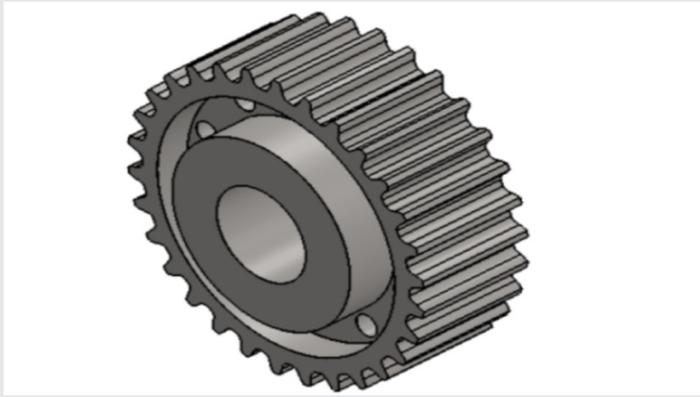


Figura 4. Engrane de dientes rectos hecho en Solidwork 2015 ° Vista Isométrica

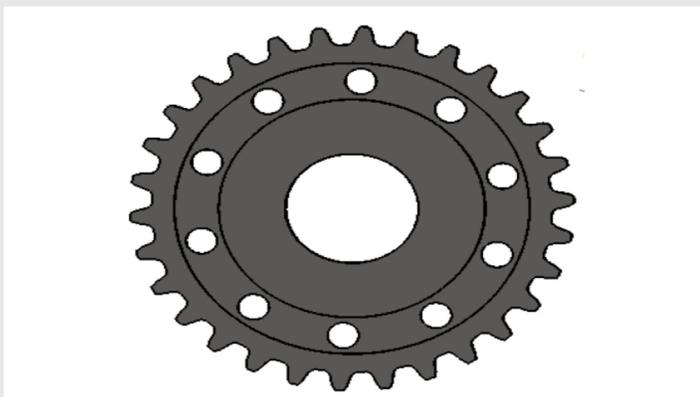


Figura 5. Engrane de dientes rectos hecho en Solidwork 2015 ° Vista Frontal

Se toma en cuenta las medidas del espesor del diente de la rueda dentada, para ello se utilizó un pie de rey digital esto con la finalidad de obtener las medidas más exactas posibles con una precisión de 0.001 mm. El dimensionamiento en Solidwork 2015 ° de la pieza en el plano de ingeniería la medida del grosor es 14.83 mm, mientras que al momento de realizar las mediciones se pudo observar que las medidas oscilaban entre 14.229 y 14.505 mm. Esto nos da una discrepancia importante entre el diseño y la manufactura.

Para poder determinar la variabilidad del proceso de este engrane importante dentro del funcionamiento de la maquina en cuestión. En ese sentido es importante realizar el análisis del sistema de medición con la finalidad de analizar la variación de las mediciones realizadas en un mismo Gage de Medición (Repetibilidad) y la variación de las mediciones realizadas por el operador (reproducibilidad). Para reducir la variación actual del proceso, se deben de identificar y separar la variación debida al sistema de medición.

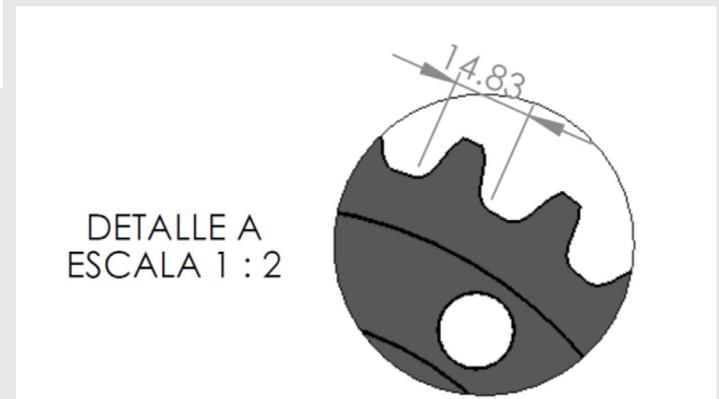


Figura 6. Engrane de dientes rectos hecho en Solidwork 2015 ° Vista de Detalle

Siguiendo la metodología propuesta por el sistema de medición MSA se realizó una prueba con 2 operadores para medir el grosor del diente de 5 engranes 2 veces, para un total de 20 repeticiones. Se utilizó el Software estadístico Minitab 15 °.

R&R del sistema de medición		
Fuente	VarComp	%Contribución (de VarComp)
R&R del sistema de medición total	0.0000001	0.00
Repetibilidad	0.0000001	0.00
Reproducibilidad	0.0000000	0.00
Operadores	0.0000000	0.00
Parte a parte	0.0013995	100.00
Variación total	0.0013996	100.00
Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. de estudio (6 * SD)
R&R del sistema de medición total	0.0002236	0.001342
Repetibilidad	0.0002236	0.001342
Reproducibilidad	0.0000000	0.000000
Operadores	0.0000000	0.000000
Parte a parte	0.0374106	0.224463
Variación total	0.0374112	0.224467
Fuente	%Var. de estudio (%SV)	
R&R del sistema de medición total	0.60	
Repetibilidad	0.60	
Reproducibilidad	0.00	
Operadores	0.00	
Parte a parte	100.00	
Variación total	100.00	
Número de categorías distintas = 235		

Figura 7. Hoja de Salida Estudio R&R. Minitab 15 °

La interpretación de los resultados del estudio R&R en el área que se señala como A y B, es la siguiente:

Minitab utiliza el procedimiento del análisis de varianza (ANOVA) para calcular los componentes de la varianza y luego, utiliza esos componentes para estimar el porcentaje de variación causado por el sistema de medición. La variación aparece en la figura No 7 R&R del sistema de medición.

Minitab calcula el porcentaje de variación al dividir cada valor de variación del estudio entre la variación total y multiplicarlo por 100. El porcentaje de variación para el estudio R&R del sistema de medición es:

$$(0.001342/0.224467)*100=0.60 \% \quad (Ec.1)$$

Este número determina el número de intervalos de confianza que se traslapa y que abarcan el rango de

variación del producto. El valor de número de categorías distintas estima cuantos grupos separados de partes puede distinguir el sistema.

Para este caso, se midieron 5 piezas diferentes, Minitab reporto que el sistema puede discernir 235 categorías distintas. Esto significa que el sistema puede distinguir entre partes de manera excelente.

Con la realización de este estudio de medición se puede determinar que la reproducibilidad tiene un porcentaje de variación del 0.60% por lo cual se considera altamente aceptable ($0.1 \cdot r < R < 0.3 \cdot r$) en base a la importancia de aplicación, costo de equipo de medición, costo de servicio de calibración o reparación, etc. por último se observa que la repetibilidad y la reproducibilidad están muy por debajo del 10% esto quiere decir que el sistema es ACEPTABLE. Los estudios R&R del sistema de medición (cruzados), igual que otros procedimientos de análisis de sistemas de medición, son experimentos diseñados para que los resultados sean válidos. La aleatorización y el muestreo son esenciales.

Fase de análisis:

El objetivo del análisis de capacidad es determinar la variación natural de un proceso cuando se han minimizado los efectos de todos los factores ajenos que no contribuyen al mismo (Bertrand L. Hansen, Prabhakar M). [21, 22]:

Además de la variación natural, hay dos factores que influyen en la capacidad del proceso: en primer lugar, las tolerancias y especificaciones en el proyecto del producto y en segundo, las mismas tolerancias y especificaciones en la medida en que afectan a la producción.

Para llevar a cabo la Capacidad del Proceso se tomaron 50 engranes totalmente al azar y se procedió a medir el grosor de los dientes. A continuación, se presentan los gráficos de control obtenidos mediante el software estadístico de Minitab 15 °.

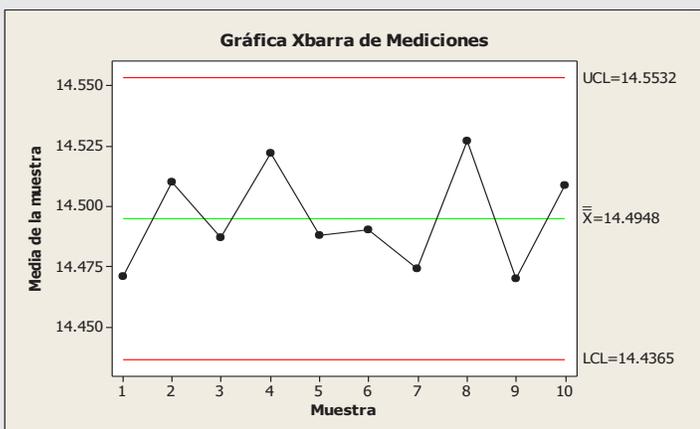


Figura 8. Gráfica Xbarra para Mediciones Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15 °

En esta gráfica se puede observar que de los 50 datos recabados para la implementación del proyecto Minitab los clasifíco en 10 subgrupos de 5 datos cada uno. Se puede observar también que no existen datos atípicos que sobrepasen los Límites de Control, aunque también se encuentran muy dispersos de la media general de 14.4948.

En la gráfica R se puede observar que al igual que la gráfica anterior no existen datos atípicos y todos los rangos de las mediciones se encuentran dentro de los límites de control. Además, se puede establecer que los operadores están midiendo los engranes de manera correcta.

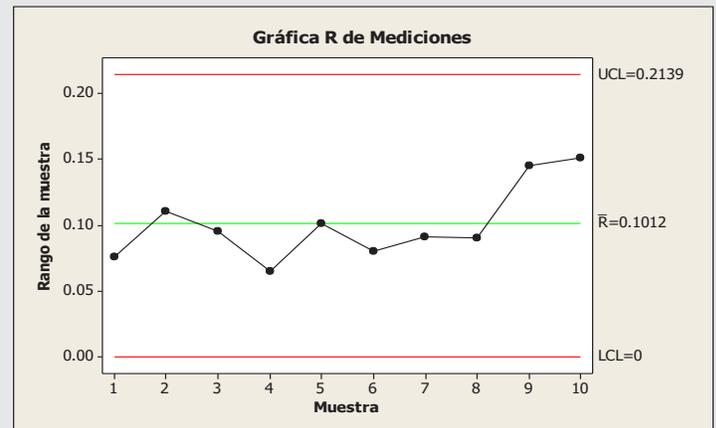


Figura 9. Gráfica de Rangos para Mediciones Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15 °

El siguiente paso en la elaboración del proyecto fue determinar si los datos en las mediciones obtenidas tenían una distribución normal. Para ello se utilizó la Prueba de Normalidad Anderson - Darling. Se establecieron las hipótesis necesarias con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5%.

H₀ = Los datos obtenidos en las mediciones se comportan de manera normal según la prueba de normalidad Anderson - Darling.

H₁ = Los datos obtenidos en las mediciones NO se comportan de manera normal según la prueba de normalidad Anderson - Darling.

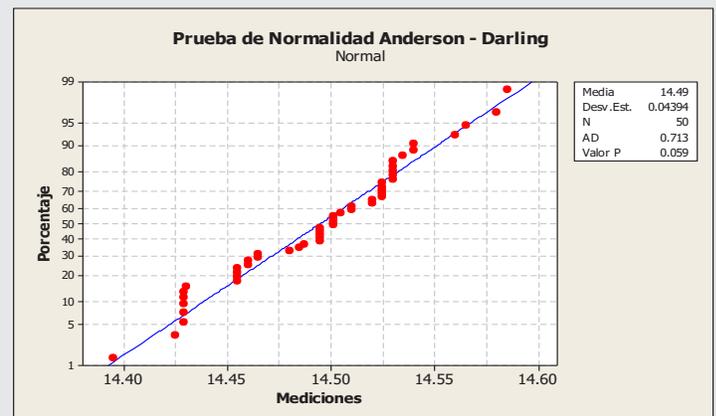


Figura 10. Prueba de Normalidad Anderson - Darling Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15 °

En base a la evidencia muestral y con un 95% de confianza, se acepta la hipótesis nula y se infiere que los datos obtenidos en las mediciones se comportan de manera normal, según la prueba de Anderson - Darling con valor $p = 0.059$.

Para realizar el informe de la capacidad de proceso fue necesario elaborar un histograma de capacidad. El valor objetivo a alcanzar para el grosor de los dientes era de 14.86 mm, más sin embargo, las mediciones obtenidas al momento de realizar las pruebas arrojaron que los datos oscilaban entre 14.395 y 14.585 mm; lo cual quiere decir que se está muy lejos de alcanzar el valor objetivo establecido por el software de diseño. Esto pudiera deberse a las causas antes mencionadas en el Diagrama de Pareto. Se estableció entonces dar un Límite de Especificación Inferior de 14.3 mm y un Límite de Especificación Superior de 14.6 mm, por lo cual las mediciones que no estuvieran dentro de esos Límites de Especificaciones serían consideradas como defectuosas.

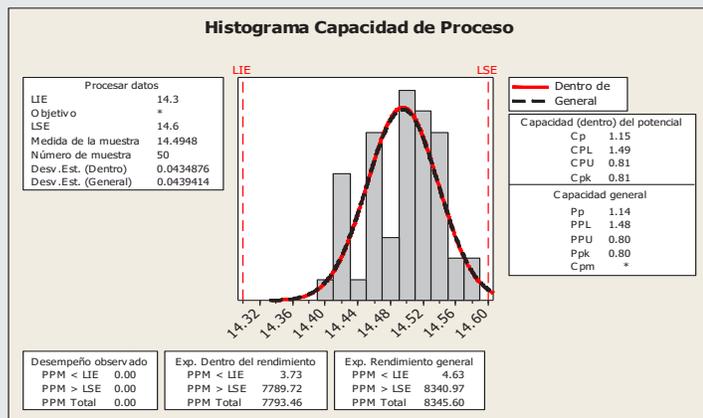


Figura 11. Histograma de Capacidad del Proceso Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15 °

Mediante esta gráfica se puede determinar que la Capacidad de Proceso (C_p) fue de 1.15, lo cual permite establecer cuantitativamente que la operación permite satisfacer las necesidades de los clientes al momento de manufacturar el engrane respecto a las características técnicas establecidas en la Ficha de Proceso que se envía al centro de Maquinado CNC. Esto con respecto a la Capacidad dentro del potencial, mientras que para la Capacidad general (P_p) se obtuvo un valor de 1.14. Esta capacidad se establece a largo plazo mientras que la Capacidad dentro del potencial hace referencia a la muestra de los 50 engranes que se tomaron aleatoriamente.

Por otro lado, el C_{pk} es igual a 0.81, y el P_{pk} es de 0.80 menor a 1, esto confirma la incapacidad actual de la operación reflejando la necesidad de plantear propuestas de mejoramiento.

Una vez realizadas las mediciones, se puede indicar que el Nivel Sigma para la capacidad dentro del poten-

cial es de 2.42 haciendo referencia que este parámetro es para las 50 muestras tomadas al azar, mientras que para la capacidad general es de 2.39 a largo plazo.

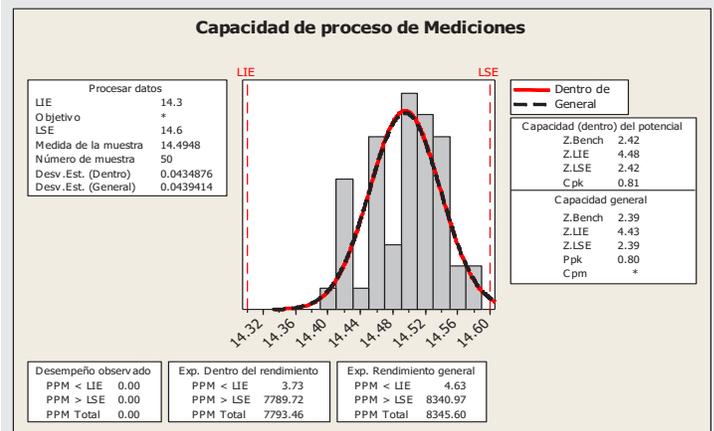


Figura 12. Histograma de Capacidad del Proceso, Cálculo del Nivel Sigma Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15 °

Mediante esta gráfica se puede observar que el rendimiento esperado a largo plazo es de 8345.60 partes por millón lo cual se traduce literalmente a que podemos encontrar 8345.60 engranes que se encuentran fuera de los Límites de Control Superior e Inferior por cada millón de engranes que se produzcan. Mientras tanto se observa que existen 7793.46 partes por millón englobadas en el rendimiento dentro del potencial.

Con base a esta evidencia estadística se deduce que se puede pasar de tener 0.834% de engranes por millón que no cumplen con las especificaciones requeridas a tener 0.779% de engranes por millón sólo si se reduce la variación del proceso.

Fase de mejora:

Se deberá de modificar las especificaciones técnicas de la Ficha de Proceso que se envía al área de maquinado y modificar las medidas que se tenían del grosor del diente de 14.86 mm a 14.5 mm en el programa de Solidwork 2015 °. Entonces ahora se tendría una reducción de 0.36 mm y una adecuación en los Límites de Especificación de ± 0.05 mm como tolerancia geométrica dentro del proceso de maquinado y que no afectara en el proceso de revolucionado del engrane. Además de ello se harían las correcciones necesarias a la máquina, tales como: mala posición en la planitud y la rectitud de las superficies guía, mala alineación de las superficies de sujeción, imprecisiones en los componentes utilizados por la máquina entre muchas otras fallas que pudieran estar ocasionando variaciones en el proceso al momento de maquilar el engrane.

Una vez hechas las correcciones necesarias se procedió nuevamente a realizar una segunda corrida para determinar si existe evidencia estadística que demostrara si hubo mejoría o no en la capacidad del proceso en la fase de mejora. Para llevar nuevamente la Capaci-

dad del Proceso se tomaron nuevamente 50 engranes totalmente al azar y se volvió a medir el grosor de los dientes utilizando nuevamente el software estadístico de Minitab 15°. Los resultados se presentan a continuación:

En la gráfica R se puede observar que al igual que la gráfica anterior no existen datos atípicos y todos los rangos de las mediciones se encuentran dentro de los límites de control. Además, se puede establecer que los operadores están midiendo los engranes de manera correcta.

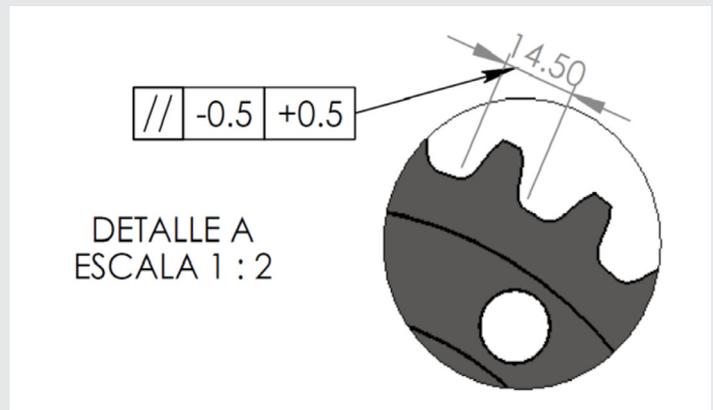


Figura 13. Engrane de dientes rectos hecho en Solidwork 2015° Vista de Detalle Fase de Mejora

Una vez realizado los ajustes en la Ficha de Proceso de maquinado del engrane y corregido los ajustes en el algoritmo de diseño en Solidwork 2015°, se estableció como nuevo valor objetivo a alcanzar para el grosor de los dientes 14.5 mm con un Límite de especificación de ± 0.05 mm.

Una vez establecidas estas nuevas especificaciones se realizó nuevamente el cálculo de los índices de capacidad estadísticos de procesos (Cp, Cpk, Nivel Sigma y Defectos por Millón de Oportunidades). Los nuevos datos obtenidos se presentan a continuación:

En esta gráfica se puede observar que no existen datos atípicos que sobrepasen los Límites de Control y ahora se encuentran más cercanos a la media de 14.49974.

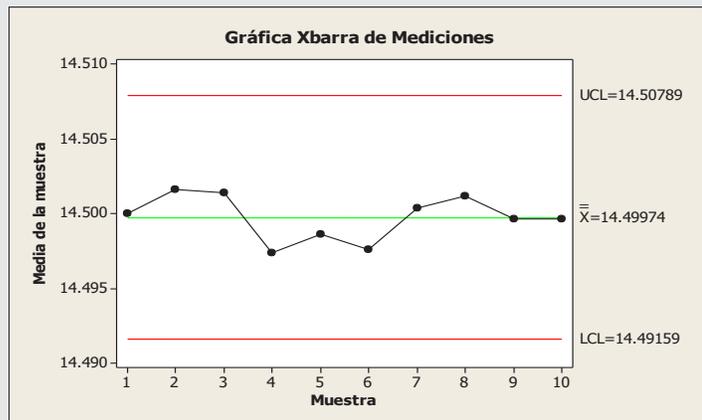


Figura 14 Gráfica Xbarra para Mediciones Fase de Mejora Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15°

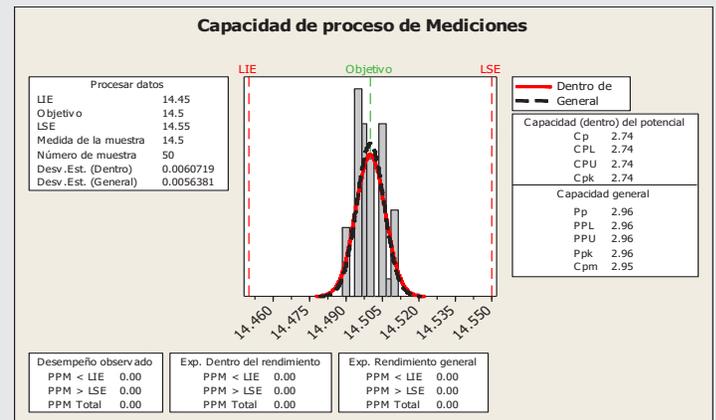


Figura 16. Histograma de Capacidad del Proceso Fase de Mejora Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15°

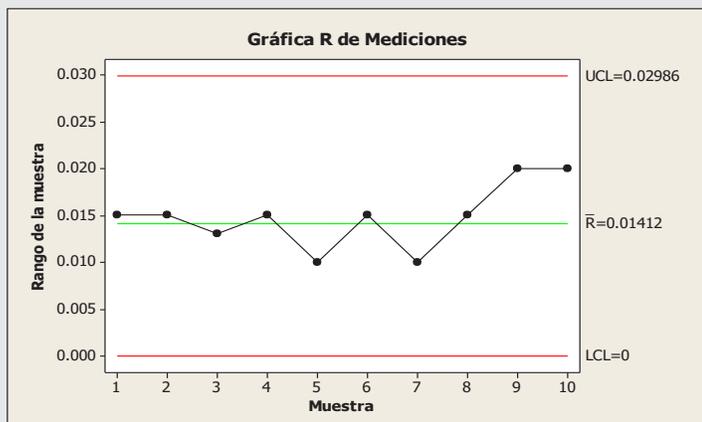


Figura 15. Gráfica de Rangos para Mediciones Fase de Mejora Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15°

Mediante esta gráfica se puede determinar que la capacidad de proceso dentro del potencial mejoró de 1.15 a 2.74, lo cual permite establecer cuantitativamente que la operación permite satisfacer las necesidades de los clientes al momento de manufacturar el engrane respecto a las características técnicas de la nueva Ficha de Proceso que se envió al centro de Maquinado CNC, mientras que la Capacidad general mejoró de 1.14 a 2.96. Por otro lado, el Cpk mejoró de un 0.81 a un 2.74 mientras que el Ppk mejoró de un 0.81 a 2.96, esto confirma que hubo una mejora significativa en la disminución de la variación del proceso respecto a la primera prueba que se realizó, lo cual sugiere que la propuesta para mejorar el proceso fue la adecuada.

Una vez realizadas las mediciones se puede identificar que el Nivel Sigma para la capacidad dentro del potencial mejoró de un 2.42 a 8.15, mientras que para la capacidad general mejoró de un 2.39 a 8.79 a largo plazo.

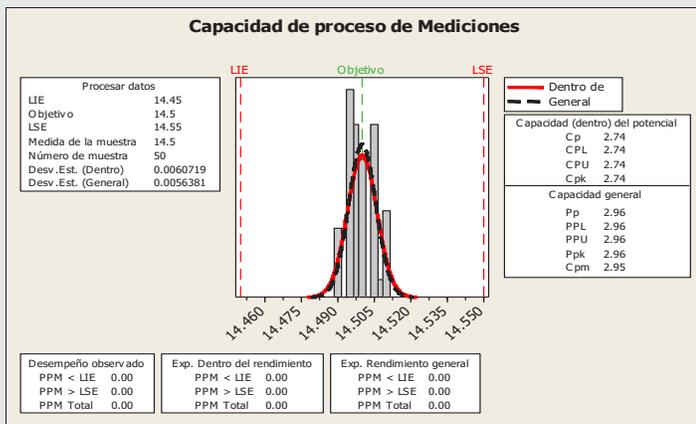


Figura 17. Histograma de Capacidad del Proceso, Cálculo del Nivel Sigma Fase de Mejora

Fuente: Elaboración Propia. Minitab 15 °

Mediante esta gráfica se puede observar que el rendimiento esperado a largo plazo se redujo a 0 partes por millón al igual que el rendimiento dentro del potencial de igual manera se redujo a 0. Esto se traduce literalmente que por cada millón de engranes que la empresa fabrique existe una probabilidad estadística del 0% de encontrar un engrane que no cumpla con las especificaciones de los Límites de Control Superior e Inferior, de esta manera resulta evidente que la variación en el proceso se redujo considerablemente y que la propuesta para mejorar fue la adecuada.

Fase de control:

Una vez implementadas las mejoras en el proceso, el último paso es asegurar que las implementaciones se mantengan y estén siendo actualizadas a través del tiempo.

Para garantizar el mantenimiento y control de las mejoras obtenidas, se sugiere que se realice una medición de manera semanal o quincenal de los índices Cp, Cpk, Nivel Sigma y para los CTQs y otros factores críticos del proceso de maquilado del engrane, utilizando la metodología de las etapas anteriores. Se sugiere la utilización de Gráficos de Control Xbarra y Gráficos de Rangos, de tal forma que el proceso este centrado en las condiciones de desempeño planificadas buscando que contribuyan a la eficiencia, eficacia y satisfacción de los clientes.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados generales del proyecto detallados en la siguiente tabla:

1. La capacidad del proceso mejoró a 2.74, ubicándolo en un Nivel Sigma de 8.79, sin embargo, se debe tener la disciplina necesaria para mantenerlo e incluso mejorarlo.
2. La credibilidad y confianza con el cliente se vio beneficiada ya que el producto no presenta más este defecto.

3. La empresa empezará a utilizar las diferentes herramientas de Seis Sigma para comenzar a corregir fallas en otros productos y/o procesos.

Tabla 5. Resultados Generales del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

GROSOR EN EL DIENTE DE LA RUEDA DENTADA	CAPACIDAD DEL PROCESO							
	ANTES (PRIMERA PRUEBA)				DESPUÉS (FASE DE MEJORA)			
	Cp	Cpk	Pp	Ppk	Cp	Cpk	Pp	Ppk
	1.15	0.81	1.14	0.80	2.74	2.74	2.96	2.96
	NIVEL SIGMA							
	ANTES (PRIMERA PRUEBA). CAPACIDAD DEL PROCESO DENTRO DEL POTENCIAL				DESPUÉS (PRIMERA PRUEBA) CAPACIDAD GENERAL			
	2.42				8.15			
	ANTES (FASE DE MEJORA). CAPACIDAD DEL PROCESO DENTRO DEL POTENCIAL				DESPUÉS (FASE DE MEJORA). CAPACIDAD GENERAL			
	2.39				8.79			
	DPMO							
ANTES				DESPUÉS				
8345.60				0				

CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología Seis Sigma es una herramienta de gran ayuda para reducir la variabilidad y centrar el proceso, eso se traduce en reducir la cantidad de producto defectuoso y aumentar la rentabilidad en la empresa (Iwaarden et al., 2008) [9].

Para la exitosa aplicación de la Metodología Seis Sigma fue necesario el compromiso del equipo de trabajo y de todos los miembros de la empresa, además de establecer controles que permitieran mantener los beneficios para evitar volver a prácticas inadecuadas.

En este artículo se ha ilustrado un ejemplo de la aplicación de Seis Sigma para la solución de un problema en específico. Con esto se demuestra que haciendo uso de las herramientas de la Metodología que se tiene disponible se pueden obtener buenos resultados y así aumentar la productividad y la competitividad de las empresas, sin importar si ésta es una grande o mediana empresa, como bien lo menciona parte de los beneficios de Seis Sigma.

Se estima que la efectividad en la aplicación ha estado fundamentada en los siguientes aspectos: a) una fuerte capacidad de liderazgo del equipo asignado al proyecto para conducir los procesos de análisis e implementación de mejoras de manera planificada; b) la efectiva utilización de métricas y herramientas de mejoramiento de la calidad en forma oportuna y con un proceso de recopilación de datos veraz y c) la disposición de la gerencia de la empresa para asignar los recursos que exigía el proyecto, con la intención de materializar las mejoras propuestas.

Con el desarrollo de esta aplicación, Seis Sigma fue adecuado para el proceso como una estrategia de me-

joramiento de la calidad y productividad, en el ámbito de los procesos de maquilado de ruedas dentadas. También, deja un antecedente para que la empresa "Café de Veracruz, S.A. de C.V. incorporen la metodología en otros procesos con otras problemáticas y con ello más empresas la adopten sin importar el tamaño para que empleen las herramientas de Seis Sigma.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Rowland Hayler (2005) "What is Six Sigma Process Management", McGraw-Hill.

[2] Barbara, Wheat, Chuck Mills y Mike Carnell (2004) "SEIS SIGMA, una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una "empresa esbelta". Ediciones Granica.

[3] Poder, E. M., (2002) "Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. Ed. Patria. México. Revista Ingeniantes 22

[4] Bañuelas, R. Antony, J. Brace, M. (2005) "An Application of Six Sigma to Reduce Waste, Quality & Reliability Engineering International" [5] Harris Elrich Betsi (2002) "Transactional Six Sigma and Lean Servicing". St Lucie Press.

[6] Hector, Rodriguez-Salazar Jesus, Rojas Julieta, Zazueta Guillermo (1996) "Estrategias de Manufactura aplicando la metodología SixSigma". Maya Editorial Oceánica.

[7] Pande, P. S., Neuman, R. P., y Cavanagh, R.R. (2000) "The six sigma way, how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance" Ed. McGraw-Hill. United States of America.

[8] Moosa, K., y Sajid, A. (2010), "Critical analysis of Six Sigma implementation. Total Quality Management & Business Excellence", Vol. 21, No. 7.

[9] Iwaarden, J. V., Wiele, T. V., Dale, B., Williams, R., y Bertsch, B. (2008), "The Six Sigma improvement approach: a transnational Comparison". International Journal of Production Research, Vol. 46, No. 23.

[10] James E. Brady, Theodore T. Allen (2006) "Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research," Quality and Reliability Engineering International. Vol. 22.

[11] J. Antony, M.Kumar, and C.N. Madu (2005) "Six Sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises" International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 22, no. 8.

[12] Harry, M., y Schroeder, R., (2000), Six Sigma: "The Breakthrough Management Strategy Revolutio-

nizing World's Top Corporations" Ed. Double Day. United States of America.

[13] Fontanie, C.W., (2007), "Six sigma and organizational culture" Northeastern University College of Business Administration, United States of America.

[14] Mintzberg, H., Quinn, J.B. y Voyer, J. (1997) "El proceso estratégico. Contextos y casos" Ed. Pearson. México.

[15] Fred, R. D. (2008) "Conceptos de administración Estratégica" Ed. Pearson. México.

[16] Quinello, R. (2006), "O processo de institucionalização do seis sigma em uma empresa automotivística" Revista de administração mackenzie, Volume 7, No. 3. [17] Geier J., (2011) "Embedding lean six sigma into everyday use ensures sustainable culture change at Xerox" Global Business & Organizational Excellence, Vol. 6, No. 30.

[18] Pyzdek, T. (2003). "The six sigma handbook" Ed. McGraw-Hill. United States of America.

[19] Harry, M & Schroeder, R. (2000), "Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionising the world's top corporations" Currency Publishers. United States of America.

[20] S. Pande, Peter; P. Neuman Robert; R. Cavanagh, Roland. (2002), "Las claves del Seis Sigma. La implantación con éxito de una cultura que revoluciona un mundo empresarial" Mc Graw Hill. España.

[21] Bertrand L. Hansen, Prabhakar M. Grare (1990) "Control de Calidad. Teoría y Aplicaciones" Ediciones DÍAZ DE SANTOS S.A. Madrid, España.

[22] Arango Serna, Martín Darío; Gómez Montoya, Rodrigo Andrés; Álvarez Uribe, Karla Cristina (2011) "Identificación de Oportunidades de mejora en la gestión del transporte del carbón en Colombia con Six Sigma" Boletín de Ciencias de la Tierra, núm. 30. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

[23] Evaluación de la variación de un sistema de medición. Disponible en: <http://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/samplematerials/TrainingSampleMeasurementSystemsMTB16ES.pdf>. Fecha de Consulta: 11 de Julio del 2017.

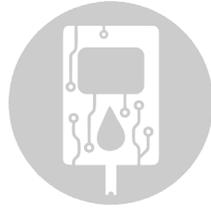
[24] Bañuelas, R. Antony, J. Brace, M. , 2005, "An Application of Six Sigma to Reduce Waste", Quality & Reliability Engineering International pp. 553-570.



Mecánica
de
Materiales

Ingeniantes

Glucómetro portátil de bajo costo



Colaboración

Marco Erick Becerra Ángeles; Raymundo Barrales Guadarrama; Jorge Miguel Jaimes Ponce; Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez; Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Universidad Autónoma Metropolitana—Azcapotzalco

RESUMEN: La auto-monitorización de la concentración de glucosa en sangre, por parte del paciente diabético, contribuye a mantener el control de la enfermedad. Interesa entonces que los glucómetros portátiles mantengan fiabilidad a un bajo costo a fin de facilitar la auto-monitorización. En este artículo se presenta el diseño, la instrumentación y la validación de un glucómetro portátil de bajo costo compatible con tiras reactivas comerciales. El instrumento es capaz de almacenar hasta 30 mediciones de glucosa con fecha y hora, configurar una alarma preventiva con indicadores de hipo e hiper-glucemia. El procesamiento analógico de la señal del sensor amperométrico (tira reactiva) se realizó con un potencióstato y la estimación de la concentración de glucosa en sangre se logró a partir del tratamiento de los datos en la relación voltaje-glucosa. La validación del instrumento consistió en una inter-comparación con un glucómetro comercial de capacidades similares (instrumento patrón) que ha arrojado una imprecisión de $\pm 30\%$ de la medición a 100 mg/dl (fiabilidad media), aunque la precisión puede mejorarse efectuando ajustes mínimos en el diseño. El prototipo cumple con los objetivos planteados: portabilidad, prestaciones similares a las de un glucómetro de gama alta, bajo costo, considerando una producción en volumen, y desarrollo propio.

PALABRAS CLAVE: Diabetes mellitus, glucosa en sangre, glucómetro, sensor amperométrico.

ABSTRACT: Self-monitoring blood glucose concentration from a diabetes mellitus patient plays an important role in the management of the disease. Therefore, a reliable, low-cost glucometer may promote self-monitoring. This paper presents the design, instrumentation and validation of a low-cost, portable glucometer compatible with commercial amperometric sensors (reagent strips). The device is capable of storing up to 30 date/hour glucose measurements and to program hypo/hyper-glycemia alarms. Analog amperometric signal sensor was processed with a potentiostat and blood glucose concentration estimation was performed from the voltage-glucose relationship. Device validation was made from an inter-comparison method using a commercial glucometer as a pattern instrument resulting in a $\pm 30\%$ uncertainty over a span of 100 mg/dl (acceptable reliability), though precision may be improved by means of some adjustments in the device. The prototype has fulfilled goals as portability, similar features as a high-end glucometer, low cost with respect to a high production and an own technology.

KEYWORDS: Diabetes mellitus, blood glucose, glucometer, amperometric sensor.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad en la que el organismo humano no puede producir insulina o responder adecuadamente a ella. La insulina es una hormona que se requiere para convertir la glucosa proveniente de los alimentos consumidos en energía; cuando no se produce esta transferencia de energía, las células se dañan. Cuando las células no pueden asimilar la glucosa, los niveles de ésta se elevan anormalmente, produciendo hiperglucemia o DM.

Existen dos tipos principales de diabetes mellitus: DM1 y DM2. La DM1 se debe al daño de las células del páncreas, las cuales se encargan de producir insulina. Las personas que padecen DM1 no producen insulina para controlar la concentración de glucosa en sangre o la producen en muy poca cantidad, lo que significa que deben proporcionarse insulina para compensar su deficiencia en el cuerpo [1]. Las personas que padecen DM2 pueden producir insulina pero esta no es suficiente para el organismo o no la usa adecuadamente. Esta condición puede manejarse con un control médico conservador.

La diabetes crónica produce diversas complicaciones orgánicas, desde una mala cicatrización hasta insuficiencia renal y ceguera [1]. En 1955 existían 135 millones de pacientes diabéticos en todo el mundo. Se esperan alrededor de 300 millones para el año 2025 [2]. En México, en 1992, se observaron 29 000 fallecimientos debidas a la DM y, desde el 2016, ocupa la segunda causa de mortalidad con 105 572 defunciones [3].

La medición periódica de la concentración de glucosa en sangre, incide en la prevención y reducción de las complicaciones en el diabético. Los glucómetros son instrumentos empleados para medir la concentración de glucosa en sangre, utilizados por los propios pacientes para llevar un autocontrol de su diabetes.

Un gran problema al que se enfrentan los pacientes diabéticos, es el costo que conlleva el control de las complicaciones de la diabetes. La compra de un glucómetro puede resultar muy costosa para pacientes de bajos ingresos en México. Sin embargo, por lo antes comentado, es de interés fomentar el uso de glucómetros. Las prestaciones de un glucómetro han de motivar el uso del instrumento, ya que se estima que hasta el 60% de los diabéticos DM1 y el 67% de los diabéticos DM2 monitorizan sus niveles con menor frecuencia de lo que establecen las recomendaciones internacionales, por diversos motivos [4].

Se han verificado esfuerzos a nivel internacional para ofrecer glucómetros accesibles a poblaciones de bajos recursos. En [5] se ha propuesto un modelo eléctrico generalizado del biosensor amperimétrico utilizado en glucómetros portátiles y un sistema electrónico simulado que responda al comportamiento de ese modelo. El glucómetro que se reporta aquí ha superado la fase de simulación. La idea de utilizar tiras reactivas comerciales coincide con el trabajo citado, aunque el glucómetro diseñado sólo funciona con tiras de un solo fabricante. En [6] se propone un glucómetro de costo bajísimo (5 USD). El circuito del acondicionador de señal no se muestra y solamente se menciona que se usó un amplificador inversor. Se sabe por otros trabajos [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13] que el procesamiento analógico de la señal no es trivial, lo que implica un costo superior. En este trabajo se ha considerado el uso de un potencióstato, de altas prestaciones, para el procesamiento analógico de la señal. En aquel trabajo, el dispositivo se ha calibrado por medio de una ecuación trascendental, con una desviación de 7 mg/dl. La desviación del prototipo desarrollado es de unos 30 mg/dl, con posibilidad de mejorarse. En otras propuestas [14], [15], [16] se busca siempre una solución material económica.

En el entorno nacional, no se han encontrado propuestas que consideren una solución material portátil robusta, pero de bajo costo. En [17] se ha propuesto un glucómetro que utiliza tiras Accu-Check® y un algoritmo de lógica difusa implementado con el "toolbox" FuzzyLogic de MAT-

LAB. Evidentemente no se trata ni de una solución portátil ni una de bajo costo. El prototipo en [18] es impráctico dada su sensibilidad a perturbaciones generadas por el cuerpo humano. El prototipo en [19] es el más cercano a la propuesta general aquí planteada, sin embargo la tira Accu-Check® utilizada no se ha acondicionado como un sensor amperimétrico, el acondicionador es empírico, instrumentado con amplificadores operacionales de bajas prestaciones (LM741).

Factores como el aumento de la prevalencia de la DM en México, la demostración de que la auto-monitorización de los niveles de glucosa en sangre, con un glucómetro, es una medida de prevención efectiva contra el avance de las complicaciones derivadas de la enfermedad, la necesidad de ofrecer glucómetros a precios accesibles y los avances en la integración de circuitos electrónicos con funcionalidades optimizadas y de bajo costo, sugieren la posibilidad de diseñar y construir glucómetros con características médicas aceptables, y, además, factibles para la industria nacional. Se presenta aquí el desarrollo de una solución material con los objetivos que esa posibilidad enmarca.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se ha llevado a cabo en el Laboratorio de Sensores perteneciente al Área de Investigación en Sensores y Procesamiento de Señales, adscrita al Departamento de Electrónica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, en la Ciudad de México.

Los biosensores detectan compuestos biológicos cuya concentración sugiera la presencia de una patología. Funcionan con base en la catálisis de enzimas que producen o consumen electrones (enzimas redox). La medición de la cantidad de electrones en la reacción redox, proporcional a la concentración del compuesto químico de interés, se realiza mediante técnicas voltimétricas, potenciométricas o conductimétricas. En este proyecto se ha utilizado una técnica voltimétrica, ya que el sistema de adquisición de datos, empleado para la medición de la concentración de glucosa, es un convertidor analógico-digital (analog-to-digital converter—ADC) embebido en un microcontrolador que únicamente es capaz de realizar conversiones numéricas a partir de niveles de voltaje en su entrada.

La tira reactiva (biosensor) para detectar la concentración de glucosa (compuesto biológico) en sangre es un sensor amperimétrico, ya que produce una corriente eléctrica asociada con la reacción redox bajo la aplicación de un voltaje constante. La reducción o la oxidación de un compuesto químico en el biosensor va a tener asociado un transporte de portadores de carga, una corriente eléctrica, llamada corriente farádica [20]. Un electrodo polarizable, en una solución en equilibrio, desarrollará un potencial basado en la proporción de las especies químicas [21]. Cuando se aplica un voltaje al electrodo,

el sistema es forzado fuera del equilibrio y resulta en una reacción redox:



Donde O : forma oxidada de la sustancia, n : número de electrones por molécula oxidada o reducida, e^- : carga de un electrón, R : forma reducida de la sustancia y ne^- : corriente farádica en la superficie del electrodo.

La celda de un sensor amperimétrico consiste de tres electrodos: el electrodo de trabajo, working electrode—WE, donde se lleva a cabo la reacción electroquímica, el electrodo de referencia, reference electrode—RE, a través del cual se aplica un potencial eléctrico constante con respecto al electrodo de trabajo WE durante la reacción y el electrodo auxiliar o de conteo, counter electrode—CE, a través del cual circulará la corriente eléctrica durante la reacción química en el WE, figura 1.

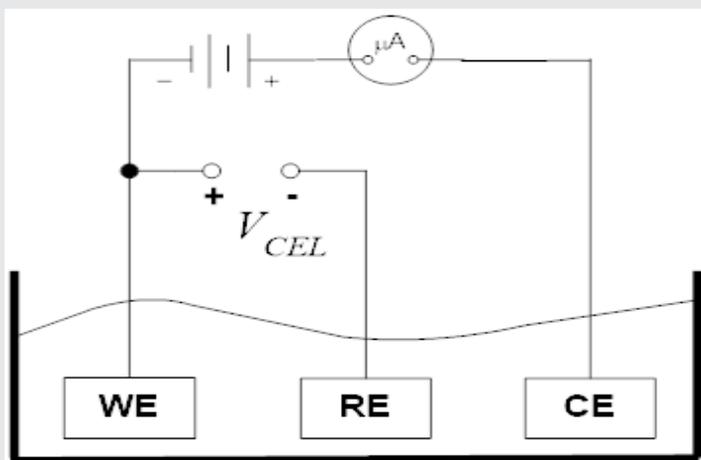


Figura 1. Esquema que muestra el montaje conceptual para la medición de la corriente farádica en un sensor amperométrico de tres electrodos.

En la figura 1, se observa que:

$$V_{CELL} = V_{WE} - V_{RE} \quad \text{Ec. (2)}$$

La cantidad de electrones ne^- debe depender únicamente de la reacción electroquímica, no de los cambios en la resistencia de la solución, por tanto, el campo eléctrico de la fuente de voltaje V_{CEL} ha de permanecer constante y, evidentemente, $i_{RE} = 0$ para evitar efectos de polarización que incidan en el valor de la corriente farádica. El potencial eléctrico de la fuente de voltaje que polariza al electrodo CE debe ser suficiente para evitar una fuga de corriente a través de V_{CEL} .

Se emplea la tira reactiva FreeStyle Optium® como biosensor, debido a su amplia disponibilidad en el mercado nacional y por bajo costo. El comportamiento de la tira es el de una celda amperimétrica de tres electrodos, figura 1. Su disposición se ilustra en la figura 2.

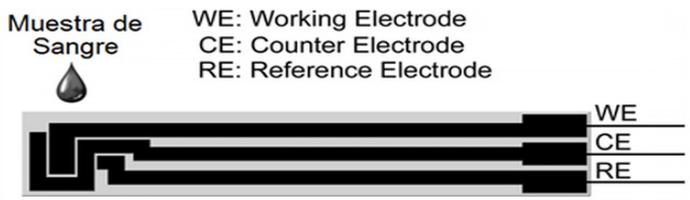
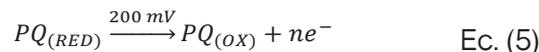
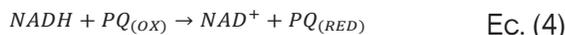


Figura 2. Imagen que muestra la disposición de los electrodos en la tira reactiva FreeStyle Optium®.

La tira reactiva funciona con muestras de sangre capilar, requiere un volumen de muestra de 0.6 μl y un tiempo de reacción de 5s, presentando un rango de medición de 20 mg/dl a 500 mg/dl [22]. El principio de funcionamiento de la tira puede consultarse a detalle en [23]. Se muestra solamente el origen de la corriente farádica a continuación.



Las tiras FreeStyle Optium® realizan la medición de glucosa con un impulso eléctrico de 200 mV, lo cual proporciona resultados más precisos que otras tiras reactivas que emplean 400 mV para la medición [24].

La instrumentación que permite la medición de la corriente farádica de una celda electroquímica o biosensor amperimétrico, de acuerdo a su modelo útil, se conoce como potencióstato, figura 3.

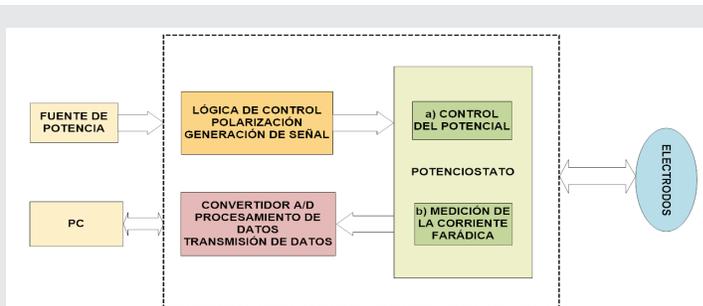


Figura 3. Diagrama a bloques que muestra la estructura funcional de un potencióstato. Tomado y adaptado de [21].

A fin de proponer un diseño práctico del potencióstato para el biosensor o tira reactiva, es necesario considerar un modelo eléctrico equivalente de tal sensor. La figura 4 muestra el propuesto por Randles [10] para una tira reactiva.

con lo cual es posible realizar una conversión numérica de datos como lo permite el ADC de un microcontrolador.

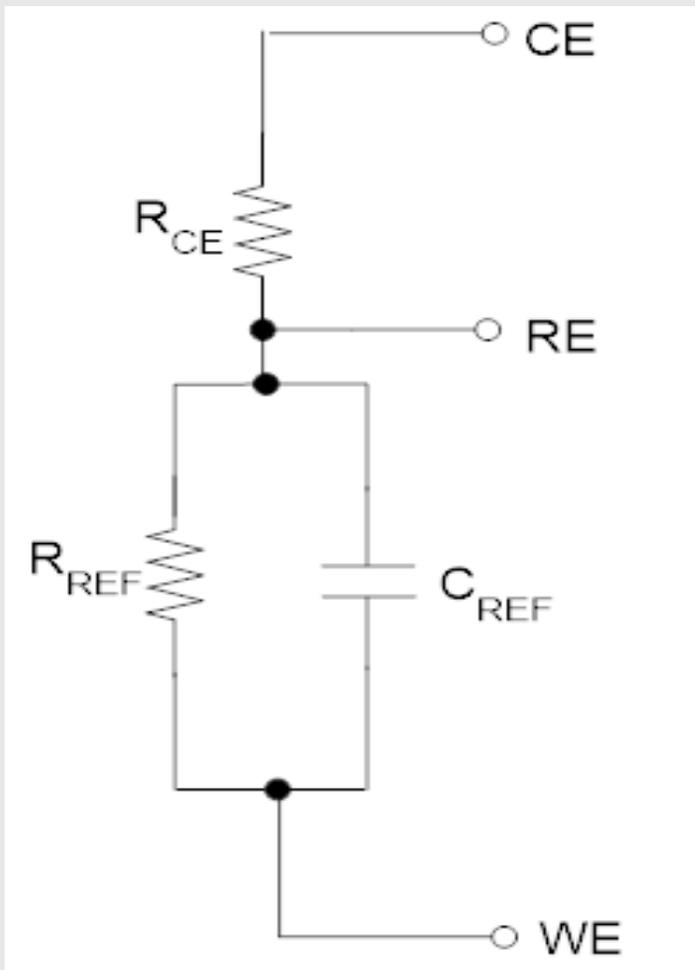


Figura 4. Modelo eléctrico equivalente de una tira reactiva según Randles. C_{REF} es un capacitor que representa la interface entre el electrodo RE y el electrolito del entorno; R_{REF} es la resistencia a la transferencia de carga y R_{CE} es la resistencia de la solución.

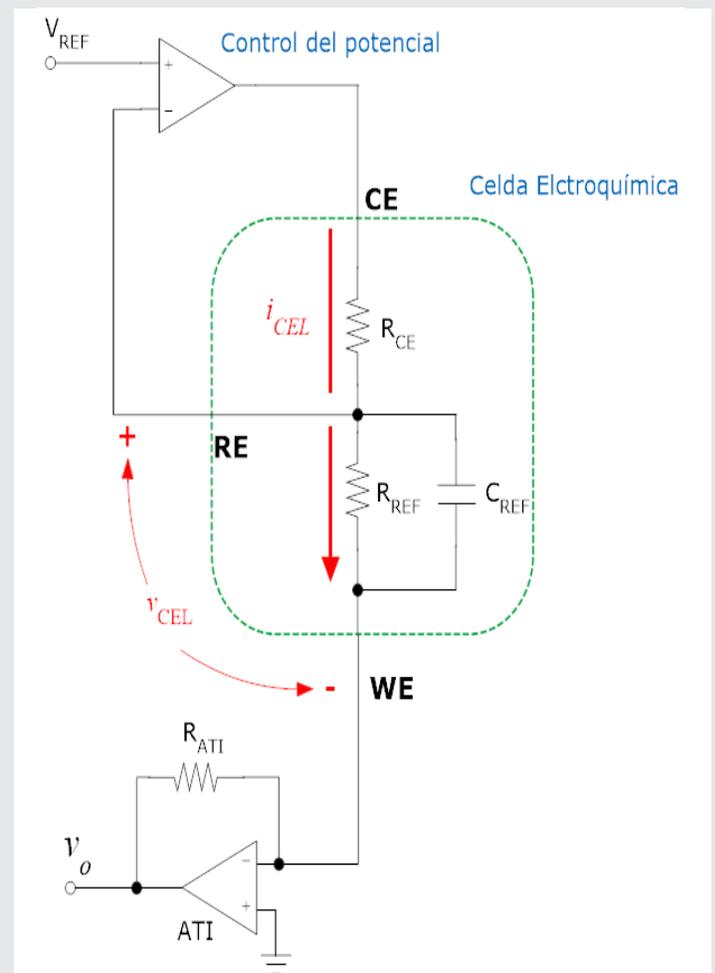


Figura 5. Esquema eléctrico del potenciostato provisto de un amplificador de transimpedancia como convertidor corriente/voltaje.

Puesto que el potenciostato ha de controlar la diferencia de potencial entre el electrodo WE y el electrodo RE, por un lado, y conducir la corriente farádica a través del electrodo CE, por otro lado, es conveniente utilizar, como solución material, un control de potencial con un amplificador operacional (AO) no inversor.

A fin de utilizar los medios de un sistema de adquisición de datos convencional, la corriente farádica i_{CEL} ha de convertirse a un voltaje. Un convertidor corriente/voltaje o amplificador de transimpedancia (ATI) es la solución conveniente. El esquema básico de la figura 5 muestra el potenciostato con su acondicionador de señal.

El electrodo WE continúa referido a tierra (virtual) debido a las propiedades del ATI y sin problemas de ruido de modo común. Se tiene entonces un voltaje proporcional a la corriente farádica:

$$v_o = -R_{ATI} i_{CEL} \quad \text{Ec. (6)}$$

La exactitud de la medición de la corriente farádica, es decir, la de la concentración de glucosa en sangre, está comprometida, de una parte, por su muy bajo valor, del orden de μA , y, por otra parte, de la exactitud del voltaje a la salida del ATI. De acuerdo a estos compromisos, la tabla 1 resume las consideraciones para la selección del AO que se configurará como ATI.

Tabla 1. Criterios de selección para el AO del TIA.

PARÁMETRO	ORDEN DE MAGNITUD	OBSERVACIONES
I_{BIAS}	pA	Implica una impedancia de entrada muy alta
I_{OS}	pA	
$V_{I(OS)}$	nV	Evita corrimiento del voltaje de salida
$V_{O(OS)}$	$\leq \mu V$	Implica una impedancia de salida muy baja

Otros parámetros a considerar son el efecto “flicker” del amplificador y el ruido térmico. El efecto “flicker” y el ruido térmico son inherentes a los componentes electrónicos que se presentan, en el primer caso, como un voltaje vruido, ecuación 7, y, en el segundo caso, como una corriente de entrada, ecuación 8, lo que va a definir la resolución del ATI y la definición de una relación señal a ruido SNR, ecuación 9.

$$v_O = v_{O(ATI)} + v_{ruido} \quad \text{Ec. (7)}$$

$$i_{ruido} = -R_{(TIA)} v_{ruido} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$SNR = \frac{i_{CEL}}{i_{ruido}} \quad \text{Ec. (9)}$$

Se ha incluido un filtro pasa-banda para mejorar la relación señal a ruido, puesto que en el presente proyecto se aplican voltajes de CD.

El valor de RATI y el alcance del glucómetro se han obtenido por exploración experimental mediante el uso de disoluciones de una solución de glucosa al 10%. La ecuación 10 permite calcular la concentración de glucosa en cada disolución para un volumen de 60 ml.

$$Vol_{soluto} = \frac{Vol_{deseado} \times \%deseado}{\%disponible} \quad \text{Ec. (10)}$$

La tabla 2 muestra las concentraciones obtenidas.

Tabla 2. Concentraciones de las diluciones de glucosa para las pruebas experimentales.

Solución	Concentración deseada [mg/dl]	Concentración deseada [%]	Volumen soluto [ml]	Volumen Solvente [ml]	Concentración obtenida [mg/dl]
1	20	0.02	0.12	59.88	31
2	50	0.05	0.3	59.7	45
3	100	0.1	0.6	59.4	64
4	150	0.15	0.9	59.1	86
5	200	0.2	1.2	58.8	112
6	250	0.25	1.5	58.5	198
7	300	0.3	1.8	58.2	212
8	350	0.35	2.1	57.9	273
9	400	0.4	2.4	57.6	417
10	450	0.45	2.7	57.3	455

La figura 6 muestra el esquema de nivel II correspondiente al sistema electrónico del glucómetro.

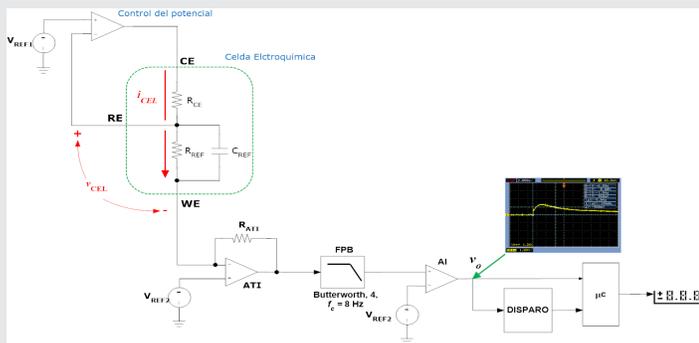


Figura 6. Esquema de nivel II que muestra el sistema electrónico del glucómetro.

El conjunto (V_{REF1}, V_{REF2}) se ha realizado con sendos reguladores de voltaje de baja caída (Low-Dropout–LDO) y

bajo consumo (P_{D(MAX)} = 386 mW) del tipo TPS769XX ([25]), de tal manera que:

$$V_{CEL} = V_{REF1} - V_{REF2} \quad \text{Ec. (11)}$$

El AO AD8508 cumple con las características cuantitativas mínimas indicadas en la tabla 1 para instrumentar el ATI. El acondicionamiento de la señal v_o, figura 6, se ha logrado con el valor experimental RATI = 270 kΩ, el cual proporciona una ganancia adecuada, con un filtro pasa-bajas de orden 4 para mejorar la relación señal-ruido al inicio de la reacción redox y con el conjunto (V_{REF3}, amplificador de instrumentación–AI) que elimina el voltaje de desequilibrio a la salida del ATI. Se ha elegido el microcontrolador ATmega328p donde la precisión de muestreo de uno de sus ADC embebidos se ha mejorado al utilizar un voltaje de referencia de 1.25 V. Puesto que la reacción redox tiene un retardo de 5s en la tira FreeStyle Optium®, se ha considerado un circuito de disparo externo que iniciaría un temporizador en el microcontrolador antes de iniciar la adquisición de datos.

El primer método para obtener la relación v_o-glucosa ha consistido en calcular el promedio de diez mediciones del voltaje de salida v_o a lo largo de 10 intervalos de tiempo separados de 5 ms a partir del inicio de la reacción redox (5 s después de depositar la dilución en el sensor) para cada una de las diluciones mostradas en la tabla 1 y llevar a cabo un proceso de calibración a partir de una intercomparación con un glucómetro patrón.

RESULTADOS

La figura 7 muestra el oscilograma correspondiente a la salida del acondicionador de señal del glucómetro, v_o en la figura 6.



Figura 7. Oscilograma de la señal v_o a la salida del acondicionador de la señal del potenciómetro.

La figura 8 muestra las señales acondicionadas del potenciómetro para las diferentes diluciones preparadas según las concentraciones indicadas en la tabla 1 antes del proceso de calibración.

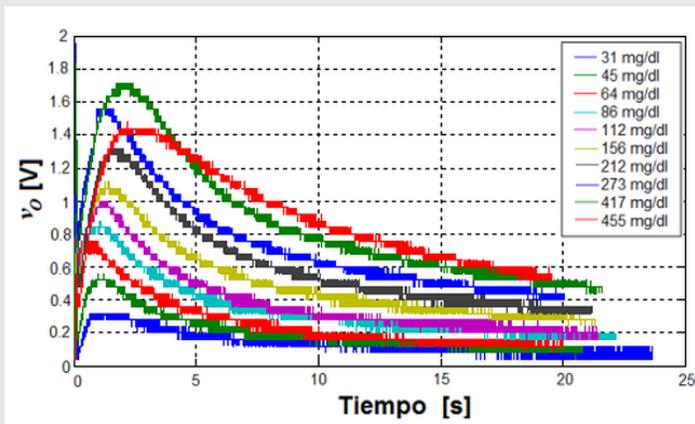


Figura 8. Gráficas correspondientes a la respuesta del potenciómetro acondicionado para diferentes diluciones de glucosa.

La calibración se llevó a cabo sobre el prototipo final del glucómetro cuyo PCB se muestra en la figura 9.

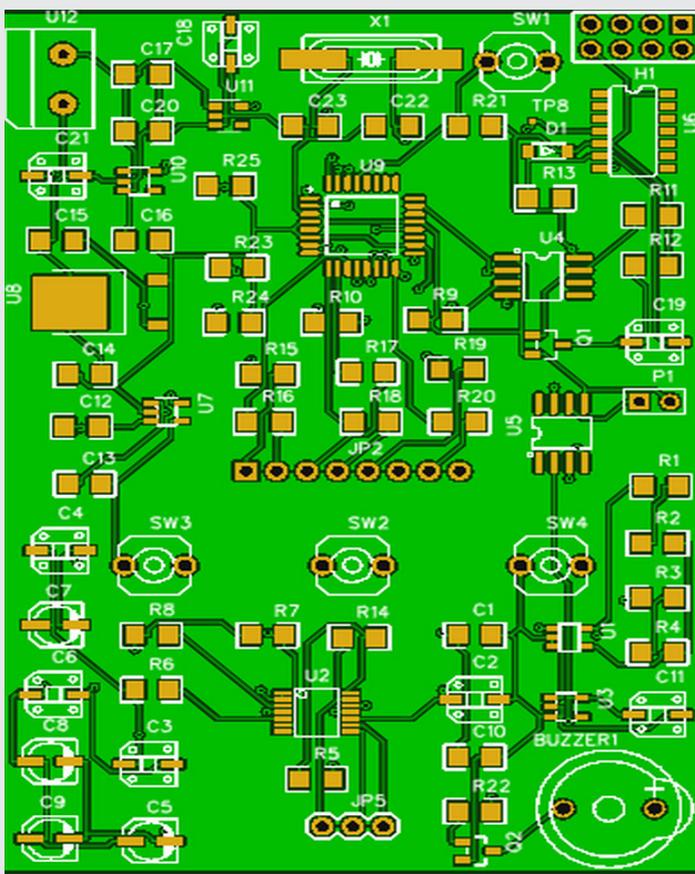


Figura 9. Imagen que muestra el PCB del prototipo final del glucómetro.

En la tabla 3 se muestra el promedio del voltaje de salida v_0 para un conjunto de diluciones frescas, de acuerdo al método descrito anteriormente.

En el prototipo, el mejor ajuste para V_{CEL} es 210 mV y, evidentemente, la curva de calibración no puede incluir el promedio para la dilución de 449 mg/dl, ya que con la referencia externa del ADC ajustada a 1.2 V, esta medición es irrealizable.

Tabla 3. Promedios del valor de v_0 en el intervalo [5s, 5.45s] para cada una de las diluciones de glucosa

Concentración[mg/d]	31	45	72	79	135	188	268	331	411	449
5	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.80	0.96	1.20	1.48
5.05	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.80	0.96	1.16	1.48
5.1	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.76	0.96	1.20	1.48
5.15	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.76	0.96	1.20	1.48
5.20	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.76	0.96	1.20	1.48
5.25	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.76	0.96	1.20	1.48
5.30	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.76	0.96	0.20	1.48
5.35	0.16	0.20	0.28	0.36	0.48	0.60	0.76	0.96	1.16	1.44
5.40	0.16	0.20	0.28	0.36	0.44	0.60	0.76	0.96	1.20	1.44
5.45	0.16	0.20	0.28	0.36	0.44	0.60	0.76	0.96	1.16	1.44
Promedio v_0 [V]	0.16	0.20	0.28	0.36	0.472	0.60	0.768	0.96	1.118	1.468

Puesto que la desviación del valor promedio de v_0 es prácticamente nula con respecto al valor de v_0 al tiempo 5 s, se ha realizado la búsqueda de la relación v_0 -glucosa con ese valor, dando como resultado la curva de la figura 10, de ecuación:

$$y = 375.7x - 37.05 \quad \text{Ec. (12)}$$

(y—concentración de glucosa [mg/dl], x— v_0 [V]) obtenida después de un ajuste lineal con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.8225$ y un error RMS de 44.16 como mejor regresión lineal. La regresión cuadrática ha tenido un error RMS de 57.01.

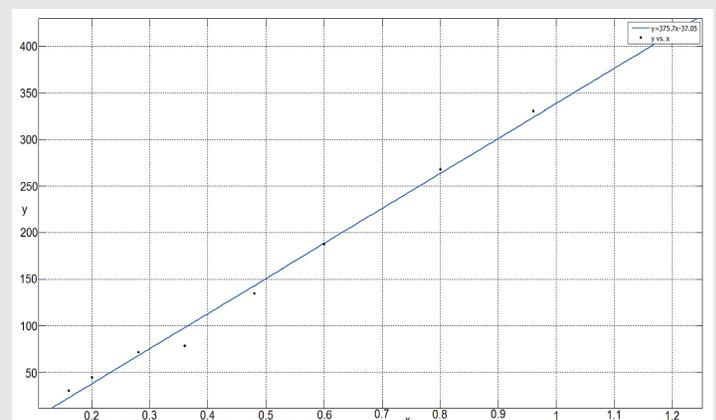


Figura 10. Gráfica correspondiente a la relación $glucosa = f(v_0)$.

La ecuación 12 se ha considerado finalmente en el proceso metrológico de la concentración de glucosa en sangre, escrito en lenguaje C y embebido sobre el microcontrolador ATmega328p.

Un proceso de calibración por intercomparación con un glucómetro patrón FreeStyle® Optium Neo [22] se ha llevado a cabo para establecer el alcance de la incertidumbre.

La figura 11 muestra las fotografías de uno de los ensayos de la inter-comparación y las figuras 12 y 13 los resultados de la exploración del intervalo dinámico de variación del mesurando.

Puesto que se verifica una clara relación lineal del comportamiento entrada-salida del instrumento, se adopta el modelo lineal ajustado, a partir de las exploraciones realizadas, ecuación 13.

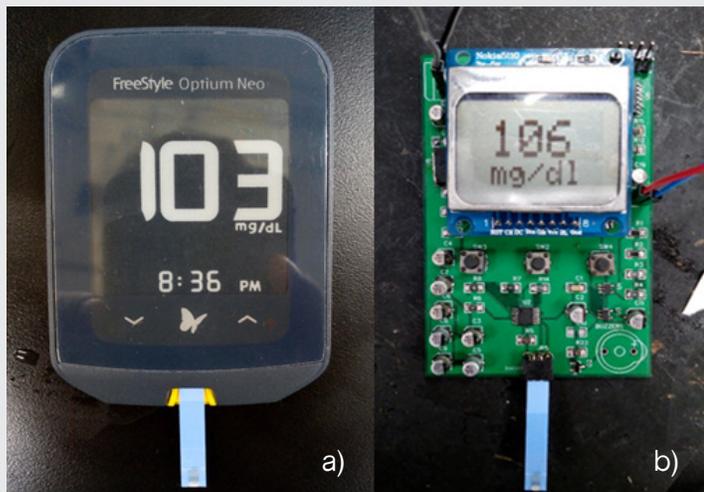


Figura 11. a) Fotografía que muestra el instrumento patrón para la inter-comparación. b) fotografía que muestra el instrumento diseñado.

$$y_m = 1.0163x_n - 1.1309 \quad \text{Ec. (13)}$$

Desde el punto de vista del usuario, la entrada estará dada por la ecuación 14.

$$x_m = \frac{y_{nk} + 1.1309}{1.0163} \quad \text{Ec. (14)}$$

El cálculo de la impresión es entonces:

$$\sigma_p^2 = \frac{1}{18} \sum_{n=1}^{18} \left\{ \frac{y_{nk} + 1.1309}{1.0163} - x_n \right\}^2 = (10.019)^2 \text{ mg/dl} \quad \text{Ec. (15)}$$

Si se elige un margen de seguridad de $3\sigma_P$, el 99 % de las mediciones estarían comprendidas en el siguiente intervalo:

$$x_n = y_{nk} \pm 30.057 \left[\frac{\text{mg}}{\text{dl}} \right] \quad \text{Ec. (16)}$$

El cálculo del error sistemático arroja: $eC = 0.492 \text{ mg/dl}$.

CONCLUSIONES

El trabajo presentado en este documento ha demostrado la viabilidad de diseñar, construir y validar un glucómetro portátil robusto (alimentación con pila de 9V construida con 6 acumuladores LR61, alarma audible programable por usuario, memoria para almacenar hasta 30 mediciones, con fecha y hora, e indicadores de hiper e hipoglucemia) a partir de componentes electrónicos comerciales y con las habilidades y conocimientos propios de un ingeniero en electrónica formado en una escuela nacional.

El costo de fabricación ha sido de \$487.00 M.N., sin tener en cuenta que este costo no corresponde a un costo por volumen, con lo cual es factible una reducción significativa, el que, comparado con los costos de dispositivos comerciales similares (FreeStyle® Optium Neo: \$645.00 M.N., One Touch® Ultra 2: \$737.50 M.N., Accu-Check® Performa: \$690.00 M.N.) resulta en un costo competitivo.

La dispersión de 30% del mesurando, mayor a una desviación de $\pm 15 \text{ mg/dl}$ (ISO 15197:2013) y el error sistemático no cercano a cero, indican claramente que es necesario un ajuste de la precisión del instrumento, sea a nivel de la precisión de la diferencia de potencial v_{CELL} , sea a nivel de la relación $v_o\text{-glucosa}$ de la ecuación 12. En cualquier caso, las correcciones se pueden llevar a cabo con relativa facilidad y haciendo $n > 18$ para obtener un instrumento de altas prestaciones.

El glucómetro portátil desarrollado demuestra ser un instrumento con características más que prometedoras

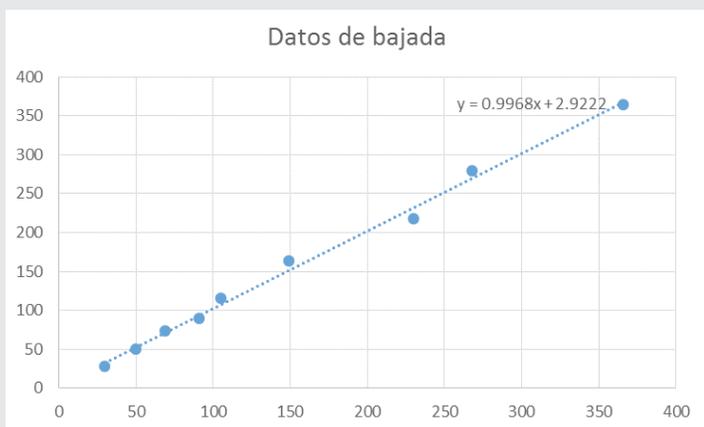


Figura 12. Gráfica de la variación del mesurando a incrementos de su valor (primera inter-comparación).

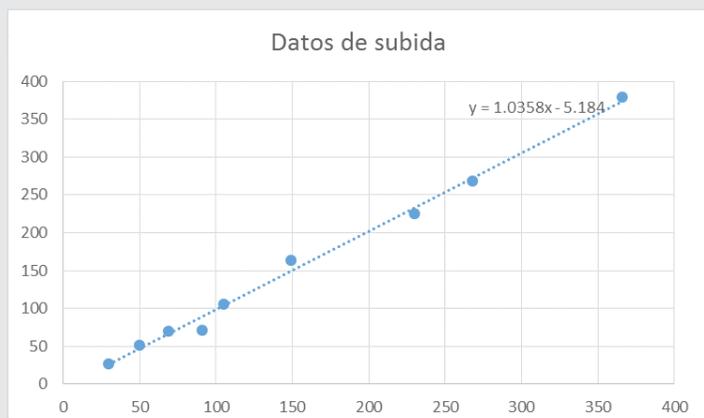


Figura 13. Gráfica de la variación del mesurando a decrementos de su valor (segunda inter-comparación).

y susceptible de fabricarse en serie por alguna empresa nacional para beneficio de personas con DM2 con recursos económicos limitados y reducir, en una medida modesta, la dependencia tecnológica del extranjero que se tiene con respecto a estos instrumentos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] (2018). *Diabetes*. Consultado el 4 de noviembre de 2018, Texas Hearth Institute, página web: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/diabetes-2/>
- [2] Moreno, L. (2001). *Epidemiología y diabetes [versión electrónica]*. Revista de la Facultad de Medicina UNAM, 44(1), 35-37.
- [3] (2016). *Principales causas de mortalidad por residencia habitual, grupos de edad y sexo del fallecido*. Consultado el 4 de noviembre de 2018, INEGI, página web: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/vitales/mortalidad/tabulados/ConsultaMortalidad.asp>
- [4] (2013). *Se presenta el 'perfil de glucosa ambulatorio', nuevo concepto en la monitorización de la glucosa*. Consultado el 5 de noviembre de 2018, página web: <http://www.jano.es/noticia-se-presenta-el-perfil-glucosa-20551>
- [5] Austin Anoop, N., Madhu Mohan, K. Guruvayurappan. (2014). *Simulation of a multi-strip blood glucometer*. TENCON-IEEE Region 10 Conference 2014: DOI:10.1109/TENCON.2014.7022473.
- [6] Shumit, S., Nayan, S., Avijit, H. (2014). *Design & Implementation of a Low Cost Blood Glucose Meter with High Accuracy*. International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (ICEEICT). DOI:10.1109/iceeict.2014.6919050
- [7] Wen-Yaw Sun Tai-Ping Chung, A.C. Paglinawan, Ying-hsiang Wang, T. Kuo. (2007). *A 600 μ W Readout Circuit with Potentiostat for Amperometric Chemical Sensors and Glucose Meter Applications*. Conference on Electron Devices and Solid-State Circuits. (pp. 1087-1090) DOI:10.1109/edssc.2007.4450317
- [8] Team 2: Bularzik, M., Price, D., Rivera, M. (n.d.) *Accessible Blood Glucose Monitor*. University of Connecticut. Biomedical Engineering Senior Design Team 2. Sponsored by the Rehabilitation Engineering Research Center on Accessible Medical Instrumentation (RERC on AMI). Obtenido el 5 de noviembre de 2018, de la página electrónica: <https://www.yumpu.com/en/document/view/34317699/accessible-blood-glucose-monitor-biomedical-engineering->
- [9] Meloni, G. N. (2016). *Building a Microcontroller Based Potentiostat: A Inexpensive and Versatile Platform for Teaching Electrochemistry and Instrumentation*. J. Chem. Educ. 2016, 93, 1320–1322.
- [10] Punter Villagrasa, J., Colomer-Farrarons, J. and Miribel, P. Ll. (2013). *Bioelectronics for Amperometric Biosensors, State of the Art in Biosensors - General Aspects*. En Toonika Rincken, IntechOpen. DOI: 10.5772/52248. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/state-of-the-art-in-biosensors-general-aspects/bioelectronics-for-amperometric-biosensors>
- [11] Britz, D. (1978). *IR Elimination in Electrochemical Cells..* J. Electroanal. Chem., 88, 309–352.
- [12] Souto, R. M. (1994). *Electronic Configurations in Potentiostats for the Correction of Ohmic Losses*. Electroanalysis, 6(7), 531-542.
- [13] N. Anju Latha, B. Rama Murthy, U. Sunitha. (2012). *Design and Development of a Microcontroller Based System for the Measurement of Blood Glucose*. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA): Vol. 2, Issue 5, (pp.1440-1444).
- [14] Dalvi, N. (2013). *Glucose Meter Reference Design (AN1560)*. Microchip Technology Inc. 2013.
- [15] Suárez, R. and Casillas, C. (2009). *Implementing a Glucometer and Blood Pressure Monitor Medical Devices*. (AN4025). Freescale Semiconductor Document Number: Application Note Rev. 1, 4/2010. Freescale Semiconductor, Inc.
- [16] Mule, S. S., Mujawar, T. H., Kasbe, M. S., Deshmukh, L. P. (2016). *Microcontroller Based Blood Glucose Meter: Design and Development*. International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies: Vol. 8 (5) (pp. 234-239).
- [17] Huante, J. y López, J. (2008). *Diseño y construcción de equipo para la monitorización continua de glucosa con MSP*. Consultado el 5 de noviembre de 2018, Instituto Politécnico Nacional, página web: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23564>
- [18] Moreno, N. y Ordoñez, F. (2003). *Biosensor no invasivo para el monitoreo de la glucosa en sangre*. Consultado el 5 de noviembre de 2018, Instituto Politécnico Nacional, página web: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/18452>
- [19] Estrada, M. (2015). *Glucómetro con alerta de hipoglucemia y almacenamiento de información para personas mayores*. Consultado el 5 de noviembre de 2018, Universidad de las Américas Puebla, pá-

gina web: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/estrada_m_m/

[20] McNaught, A. D., Wilkinson, A., Jenkins, A. D. (2006). *IUPAC compendium of chemical terminology: the gold book*. USA: [Research Triangle Park, N.C.]: International Union of Pure and Applied Chemistry.

[21] Bard, A., Faulkner, L. (2001). *Electrochemical Methods* (2nd ed.). USA: John Wiley & Sons.

[22] (n.d.). *Freestyle Optium Neo H*, Abbott Laboratories S.A., Argentina, 2018. Obtenido el 11 de noviembre de 2018, de la página electrónica: http://newadc.arlequin.info/wp-content/uploads/2015/10/especificaciones_tecnicas_fson_h.pdf

[23] (n.d.). *Evaluation of the FreeStyle Optium Neo Blood Glucose and Ketone Monitoring System*, Abbott Laboratories, 2013. Obtenido el 11 de noviembre de 2018, de la página electrónica: https://freestyle-diabetes.ie/images/uploads/documents/White_Paper__Clinical_FreeStyle_Optium_Neo.pdf

[24] (n.d.). *Tiras Freestyle Optium Glucosa*, myfreestyle, 2018. Obtenido el 11 de noviembre de 2018, de la página electrónica: <http://www.mifreestyle.com.ar/tiras-freestyle-optium-glucosa.html>

[25] (1999). *Ultralow-Power 100 mA Low Dropout Linear Regulators, TPS769XX datasheet*. Texas, USA: Texas Instruments.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Mejora del índice de eficiencia terminal de ingeniería industrial en el Instituto tecnológico de Veracruz en el área de titulación



Colaboración

Itzayana Pedraza Ramirez; Andrea López Navarrete, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

RESUMEN Identificar los departamentos involucrados en el proceso de titulación, señalando los pasos a seguir, realizar las observaciones pertinentes para la mejora de dicho proceso en el Instituto Tecnológico de Veracruz, es consecuencia necesaria de la situación imperante, es decir, los factores principales que influyen en este proceso son bajo seguimiento del historial escolar, problemas económicos, problemas personales, cambios de residencia, obligaciones laborales, falta de liberación de una lengua extranjera, etc. Con el fin de mejorar el índice de Eficiencia Terminal en el Instituto Tecnológico de Veracruz, se implica la elaboración de una Metodología, con uso de la técnica ANP (Analytic Network Process) que infiera en el incremento de la Titulación Integral. El índice de titulación genera un alto costo a la Institución, ya que por cada alumno que se encuentra estudiando se impacta la eficiencia terminal anual. Por lo que, se deben implementar estrategias para aumentar el indicador de baja titulación el cual actualmente es del 58.1 %.

PALABRAS CLAVE Análisis de proceso en red, Multicriterio, Optimización, Titulación, Índice, Eficiencia terminal.

ABSTRACT Identifying the departments involved in the titling process, indicating the steps to follow, making the pertinent observations for the improvement of said process at the Technological Institute of Veracruz, is a consequence of the prevailing situation, that is, the main factors that influence this The process is under follow-up of school records, economic problems, personal problems, changes of residence, work obligations, lack of release of a foreign language, etc. In order to improve the Terminal Efficiency Index at the Technological Institute of Veracruz, the elaboration of a Methodology is implied, with the use of the ANP (Analytical Network Process) technique that infers in the increase of the Integral Degree. The degree index generates a high cost to the Institution, since for each student who is studying the annual terminal efficiency is impacted. Therefore, we must implement strategies to increase the low degree indicator, which is currently 58.1%.

KEYWORDS Network process analysis, Multicriteria, Optimization, degree, Index, Terminal Efficiency.

INTRODUCCIÓN

Cabe destacar que para poder entender el concepto de titulación se habrá de definir como la manifestación del rendimiento escolar dentro de un sistema, que es en el nivel superior el de esta competencia.

“La educación superior se concibe como un proceso formativo disciplinario y cultural cuya tarea social es la formación de profesionistas, investigadores y técnicos útiles a la sociedad”.(GARCÍA NÚÑEZ, 2007).

Por lo que las manifestaciones específicas del rendimiento que se pueden identificar en el proceso pedagógico, y que lo afectan en determinados niveles son:

- Aprovechamiento escolar.
- Calificaciones.
- Aprobación.
- Reprobación
- Repetición.
- Deserción.
- Egreso.
- Eficiencia terminal.
- Titulación.
- entre otros.

Siendo estas manifestaciones educativas, el referente y el medio en que se expresa el citado rendimiento; aunque algunas se enfoquen más en el funcionamiento de la institución escolar (por ejemplo, la titulación), otras se relacionan, esencialmente, con las actuaciones de los alumnos. Sin embargo, por la interconectividad entre éstas y con el proceso educativo institucional, se abarcan dos ámbitos interdependientes: el de la institución escolar y el de la población estudiantil. (LÓPEZ VILLEGAS, 1995).

Es por ello que si se habla de evaluar la productividad de las Instituciones de Educación Superior la medida reina es la eficiencia terminal, es decir hablar de los egresados en general y los titulados en particular, con relación al número de alumnos que ingresaron.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ubicó a México en el cuarto lugar de los países con menos estudiantes de educación superior que nunca logran titularse. (MORALES PACHECO, 2011). Por otra parte, según la ANUIES, el promedio nacional de Eficiencia Terminal de la Educación Superior, considerando la titulación es del 39%, pero según Díaz de Cossío sería del 12%. (MARTÍNEZ RIZO, 2001).

El Tecnológico Nacional de México engloba un conjunto de establecimientos de educación superior pública de la República Mexicana, donde lo integran varios Institutos Tecnológicos en donde se puede mencionar al Instituto Tecnológico de Veracruz donde se ofertan varias licenciaturas y una de ellas que es la que mayor tiene demanda es la de Ingeniería Industrial y es en donde se basara dicha investigación, y en donde en las diferentes modalidades de titulación se destinara a la de Titulación Integral. Aunque también existan las opciones para los planes anteriores y que aún se siguen considerando en la actualidad con las opciones de titulación que existen en el estado de Veracruz en general, y en el Instituto Tecnológico de Veracruz en particular, son pocos aquellos estudiantes que se deciden en optar por la elaboración de una tesis para la obtención del grado a través de la presentación de un examen profesional; a continuación, se presentan estas opciones:

- Tesis Profesional.
- Examen Global por Áreas de Conocimiento

- Cursos de Titulación.
- Estudios de Posgrado
- Informe o memoria de Residencia Profesional.
- Memoria de experiencia profesional.

En la actualidad una de las problemáticas que aqueja a México y el mundo es el bajo índice de investigadores que existen, esto en relación al total de población; lo anterior se manifiesta en consecuencia a la disminución de la población estudiantil, de acuerdo al avance de nivel educativo, es decir que conforme se va accediendo a un mayor grado de estudios, el porcentaje de estudiantes va disminuyendo, lo cual significa que es mayor el número de estudiantes de nivel básico que del nivel superior.

Para ello es importante identificar y reconocer dónde se gesta el gusto por la investigación, si es ésta personal, si es una herencia familiar, si es una convención social, o si es una necesidad del individuo por el hambre del saber, como lo refirieran algunos filósofos, hambre que puede ser alentada en un espacio de aprendizaje escolar, para este caso se prefiere pensar que puede ser la última de las opciones antes planteadas, no dejando de lado que todos los aspectos anteriores también tienen su aportación al final en la formación de cada ser humano, pero bien guiados, como cualquier conocimiento se adquiere, se aprende, se hace parte de uno mismo y ese es el tesoro del saber, aprender a conocer por su propio medio. Uno de los primeros contactos que puede tener el estudiante con la investigación, lo más cercana a la científica, es a través de la realización de la tesis para obtener el grado de la licenciatura y/o su equivalente, sin embargo el problema es que el número de titulados, no es el mismo que el de egresados, y el día de hoy existen cada vez mayor número de opciones para titularse, que no requieren necesariamente desarrollar un proceso de investigación, por lo tanto que no sea de extrañar que el número de investigadores siga reduciendo y peor aun cuando México no brinda el apoyo ni difusión necesaria en este rubro, para lograr un mayor desarrollo del país.

El problema es que el número de titulados, no es el mismo que el de egresados, lo cual es preocupante ya que el día de hoy existen cada vez mayor número de opciones para titularse, que no requieren necesariamente desarrollar un proceso de investigación, pero los estudiantes tienden a desaprovechar estas oportunidades brindadas, existen también diferentes factores por las cuales a veces los alumnos tienen impedimentos para seguir con su proceso de titulación o lo dejan al tiempo como son la falta de dinero, el retraso del trámite por la parte administrativa, el tener un trabajo laboral que impida el tener el tiempo necesario para el seguimiento del trámite o inclusive el cambio de residencia.

El proceso de titulación es un trámite administrativo que actualmente cuenta con cinco formas de titularse,

todas comprendidas en la Titulación Integral la cual, se empezó a aplicar en la modalidad de estudios por Competencias y sus consecuentes, sin embargo, este proceso es particularmente lento, ya que intervienen varios departamentos, los cuales se encuentran dispersos y sin conexión clara con los elementos anteriores o posteriores a su respectiva responsabilidad, dificultando así la labor del cliente (alumno) y, en algunos casos, la mala comunicación entre las mismas, entorpece y confunde la información que proporciona al cliente.

Por tal motivo, en esta investigación se conocerá del proceso en su totalidad, los requisitos de cada departamento para lograr un proceso eficaz y fluido del mismo; que a simple vista parece una tarea sencilla, pero al no existir la correcta comunicación entre las áreas puede llegar a existir pérdida de información o incluso confusión entre un departamento y otro. El problema identificado es que en el Instituto Tecnológico de Veracruz el número de titulados, no es el mismo que el de egresados, lo cual afecta en el índice de Eficiencia Terminal.

METODOLOGIA

Los problemas de toma de decisiones multicriterio (Multi criteria Decision Making o MCDM) se caracterizan porque tienen en cuenta al menos dos criterios de decisión. Existen diferentes técnicas para facilitar la toma de decisiones multicriterio, García y Noriega (2008), mencionan que estas técnicas son poco conocidas, pero tienen la ventaja de poder integrar en la evaluación aspectos económicos, estratégicos, sociales y tecnológicos, por lo que se recomienda ampliamente su uso. Entre estas técnicas se encuentran: Modelo Lineal Aditivo (MLA), Técnica de Preferencias Ordenadas por Similitud a una Solución Ideal, MOORA (Multi-Objective Optimización by Ratio Analysis), Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), Análisis Dimensional (AD), Modelos de escalas sectoriales, ANP (Analytic Network Process).

Estos métodos son los más utilizados para lo que nos interesa, sin embargo se propone ANP (Analytic Network Process). Por ende, con el fin de mejorar el índice de Eficiencia Terminal en el Instituto Tecnológico de Veracruz, la presente investigación implica la elaboración de una Metodología, con uso de la técnica ANP (Analytic Network Process) que infiera en el incremento de la Titulación Integral.

Como se mencionó, los métodos que se ocuparán en el desarrollo de este proyecto son la entrevista, la revisión de lineamientos del TecNM y la observación del proceso para poder desarrollar la investigación, así como el uso de la herramienta ANP que nos ayudará en la mejora del proceso administrativo de titulación. La entrevista se realizará a los encargados de los distintos departamentos y personas involucradas en el proceso de titulación a los que se considerarán como encargados del proceso, y serán parte fundamental para el de-

sarrollo del proceso tanto del estado actual como del estado futuro.

Los lineamientos del TecNM sirven como bases para determinar las actividades y responsabilidades de los distintos departamentos y personas involucradas en el proceso de titulación; dichos lineamientos se revisarán y en conjunto con la observación de las actividades realizadas se podrá tener un punto meta al cual se quiere llegar con la mejora del procedimiento, puesto que, dentro de estos lineamientos se encuentran todas las especificaciones de las distintas partes de proceso y con eso se puede saber qué es lo que se está cumpliendo correctamente y qué es lo que no se realiza como es debido. Se realizará una identificación del proceso de Titulación Integral del Instituto Tecnológico de Veracruz, con ello se evaluarán los datos que inciden en el proceso de Titulación Integral con ayuda de la plataforma Moodle la cual tiene una importancia en la institución para hacer más dinámicos los procesos, posterior se elaborará una alternativa de mejora en el proceso de Titulación Integral mediante la técnica ANP (Analytic Network Process) y se validará la alternativa mediante estándares del Sistema Nacional de Competencias para obtener resultados óptimos en el proceso.

Analytic Network Process (ANP) El ANP, también llamado de Proceso Analítico en Red, es una generalización del AHP. Actualmente se considera una herramienta más completa que el AHP, dado que se permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre todos los elementos (criterios y/o alternativas). Se presenta cómo se relacionan los elementos en el método ANP dentro de la estructura jerárquica AHP, y así se puede ver las diferencias entre las dos metodologías. (Aznar-Bellver, 2012).

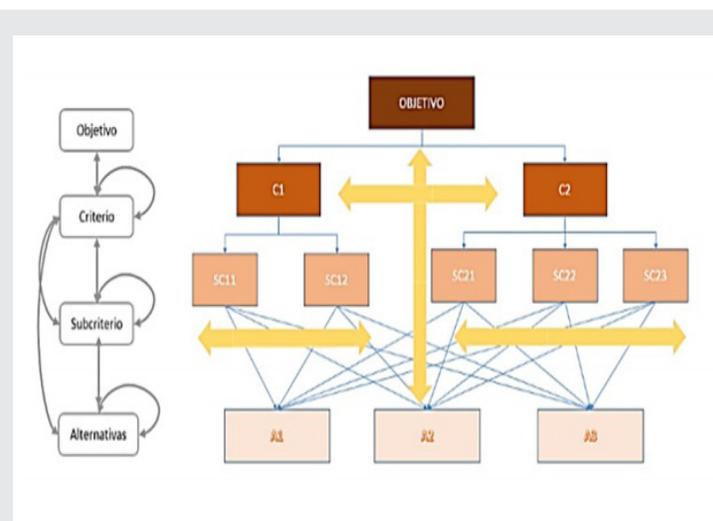


Figura 1. Relación entre elementos en ANP en la estructura jerárquica AHP Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver, 2012)

Unas de las diferencias entre los métodos es que el ANP tiene una estructura en red y no jerárquica como

en el método AHP. Su estructura está formada por varios componentes, también llamados de nodos o clúster, siendo que dentro de cada componente contiene una serie de elementos agrupados. La conexión entre los componentes se llama interdependencia, mientras que la realimentación es definida por las relaciones entre los elementos dentro del mismo componente. (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012).

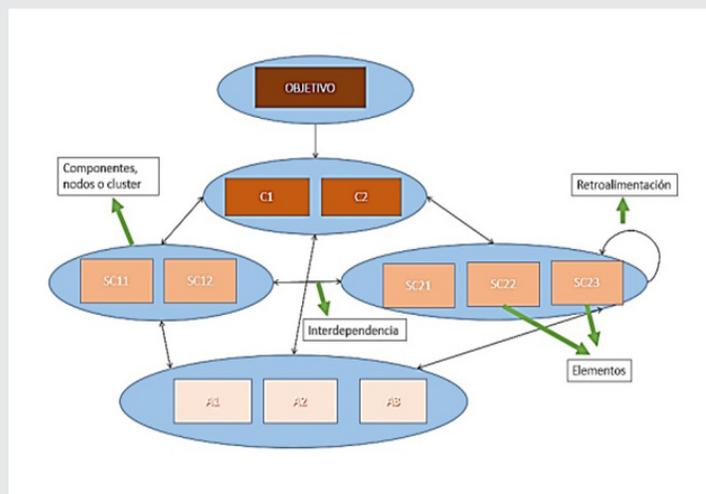


Figura 2. Ventajas de Analytic Network Process (ANP)

Según Zhu, Dou y Sarkis (2010, p. 309) la metodología ANP ofrece una ventaja frente a las limitaciones de la metodología AHP en la que se aprecia a continuación:

- Presentan más ventajas que otras técnicas de decisión, como el DEA, Expert System, Goal Programming, etc.
- Su estructura mejora la comprensión de gestión y la transparencia de la técnica, tampoco es complicado para desarrollar el modelado.
- Los criterios cualitativos y cuantitativos pueden ser introducidos en el problema de decisión.
- Puede resultar valiosa para ayudar a múltiples partes (partes interesadas o Stakeholders) a llegar a una solución común debido a su estructura, y si es implementado adecuadamente, puede utilizarse como una herramienta de consenso. Un ejemplo muy claro de las diferencias entre el AHP y ANP son definidas por los autores Zhu et al, (2010). Vamos a suponer que se quiere evaluar el rendimiento del proveedor considerando tres criterios: Coste, calidad y tiempo.

Factores que interponen la Titulación en el país

Dos de cada diez jóvenes mexicanos tienen acceso a la educación terciaria y, sin embargo, una vez dentro, tres de cada diez estudiantes de educación terciaria no logran titularse. Y es que, si bien hay suficientes estudios sobre seguimientos de egresados, no es así sobre estudios de por qué los egresados no llegan a titularse.

De ahí la relevancia de realizar un estudio descriptivo en una universidad pública y estatal a través de una encuesta a egresados de cinco generaciones de estu-

diantes que, habiendo finalizado sus planes de estudio no obtuvieron sus títulos, con el objetivo de identificar los Factores que impiden, dificultan o retrasan la titulación.

En la actualidad, la educación superior es una necesidad para la formación educativa de todo ser humano, de ahí la idea básica de considerar a la educación como una inversión que realiza el individuo con el fin de incrementar su eficiencia productiva, sus ingresos económicos y su calidad de vida en general.

Ser egresado titulado de nivel superior es en esta era de globalización una necesidad fundamental para enfrentar la competencia laboral. Según Romo (2003), es la síntesis de una etapa que se cierra y, sobre todo, la oportunidad de abrirse a nuevas perspectivas, es decir, no debe ser visto como un trabajo terminal sino como uno que abre perspectivas o cierra etapas para abrir nuevas.

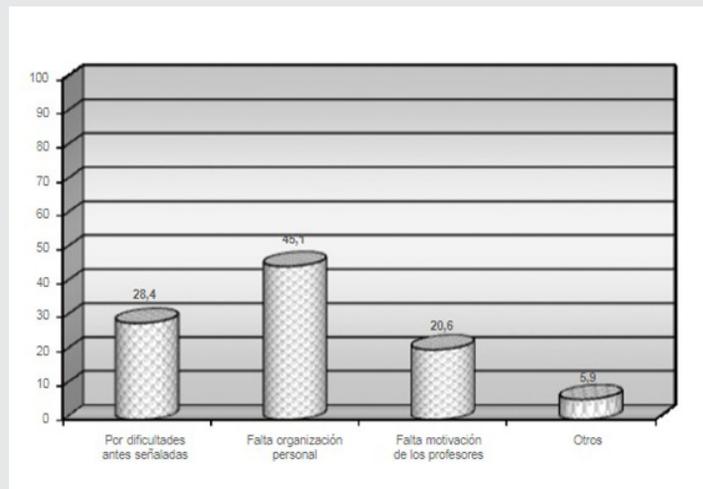


Figura 3. Factores que influyen para No titularse

CONCLUSIONES

Como se ha podido observar la eficiencia terminal a nivel general es baja en relación al número de alumnos que ingresan en el nivel superior; para contrarrestar esa problemática las diferentes instituciones tanto del sector público como privado han llevado a cabo estrategias para brindar más opciones de titulación para la obtención del grado.

Dentro de las cuales se mencionan dentro del plan liquidación; los estudios de posgrado, la sustentación del examen por áreas de conocimiento, Ceneval, cursos de titulación, experiencia profesional, tesis profesional, y en las opciones de Titulación integral; Tesis o Tesina, Ceneval, Informe Técnico de Residencia profesional, Proyecto de Investigación.

Sin embargo, aunque se debe reconocer que los porcentajes han incrementado, con la implementación de

dichas estrategias, no llegan a cumplimentar las expectativas esperadas por las instituciones de educación superior y no se llegan a los resultados esperados.

Es por ello, que resulta imperante identificar las causas que imposibilitan la titulación, con el primordial objetivo de abordarlas para lograr contrarrestar éstas y así aumentar el índice de eficiencia terminal, observándolas en un caso particular, para la obtención de generalidades en las instituciones educativas del nivel superior.

BIBLIOGRAFÍAS

[1] Yadira Elizabeth Pola Zambrano & Víctor del Carmen Avendaño Porras. (octubre de 2015).

[2] LA EFICIENCIA TERMINAL EN EL NIVEL SUPERIOR EN MÉXICO. enero 2019, de Centro Regional de Formación Docente e Investigación Educativa.

[3] Rodríguez Betanzos, A. (2014). Factores que dificultan titularse de una universidad mexicana. Cuadernos de Investigación Educativa, 5 (20), 117-127.

[4] Gómez, Francisco Javier Pericacho, Rodríguez, María Vaíllo, Gallego, Silvia Zamorano, & Sanchez-Paulete, Nuria Camuñas. (2019). Procesos de mejora en los centros educativos: ejemplificación de tres campos de análisis e innovación docente.

[5] Jiménez Moreno, J. (2017). La Evaluación de los Egresados de Formación Profesional en México: Reflejo de la Implementación de la Política de Competitividad en la Educación Superior. Education Policy Analysis Archives/Archivos Analíticos de Políticas Educativas, (25), 1-18.

[6] Pérez Beteta, Luis. (noviembre 2006). Revista del Departamento Académico de Ciencias Administrativas. Contabilidad y Negocios, 1 Num. 2, pp. 41-44.

[7] Ing. Héctor Arreola Soria. (octubre de 2007). El Sistema Nacional de Institutos El Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos ante la ante la Sociedad del Conocimiento Sociedad de Conocimiento. 2019, de SEP Sitio web: http://www.cudi.edu.mx/otono_2007/presentaciones/hector_arreola.pdf

[8] Instituto Tecnológico de Veracruz. (2019). Tecnológico Nacional de México. abril, de TecNM Sitio web: www.tecnm.mx

[9] Jorge A. Marconi. (25-ABRIL-2012). Administración educativa. 2019.

[10] Sabetay Palatchi Menasse(2012). Revisión metodológica en las áreas de planeación y organización aplicadas a pymes en la industria de la construcción.

[11] Valda Sánchez, Freddy, & Arteaga Rivero, Carlos. (2015). Diseño e implementación de una estrategia de gamificación en una plataforma virtual de educación. Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia, 9(9), 65-80.

[12] Barragán-Cordero, Disney, & Torres-Carrillo, Alfonso. (2018). Estudios sobre procesos educativos en organizaciones y movimientos sociales. Folia, (48)



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

QRApp”: Plataforma cognitiva tecnológica como didáctica en el recurso educativo abierto en la inclusión digital



Colaboración

Ana Lilia Sosa López; Roberto Custodio Martínez; Manuel Torres Vásquez, Instituto Tecnológico Superior de Centla.

RESUMEN: El sistema QRApp es una herramienta tecnológica digital, que se ha desarrollado para mejorar el desempeño del aprendizaje de las aritméticas-lógicas de los estudiantes de Primaria, favoreciendo así, la accesibilidad a la información en espacios inclusivos y didácticos. “QRApp”, representa una aplicación móvil, generando contenidos didácticos para la accesibilidad al conocimiento de una comunidad de aprendizaje, representados en códigos QR, que devuelven la información contenida tanto en formato de audio y video, permite ser un recurso educativo abierto para el acceso al conocimiento y al aprendizaje de la ciencia y tecnología. La difusión de la plataforma digital se realizará a estudiantes del 5to. año con el propósito de que utilicen la aplicación QRApp e interactúen con el contenido temático, esto traerá consigo información que se pueda medir de forma cualitativa y cuantitativa en el aprendizaje de las matemáticas, permitiendo la creación de programas de intervención en la gestión educativa.

PALABRAS CLAVE: Código QR, Accesibilidad, Inclusión Digital, Educación, TICS.

ABSTRACT: The QRApp system is a digital technological tool that has been developed to improve the performance of logical arithmetic learning of primary school pupils, thus promoting access to the information on inclusive and teaching spaces. “QRApp”, represents a mobile application, create educational content to access the knowledge of a community of learning professional, represented in QR codes, which returns information in audio format as well as video, allowing you to be a resource education to access the knowledge and learning of science and technology. The diffusion of the digital platform will be made with elementary students in order to use the QRApp application and interact with subject matter, this will yield information that can be measured in qualitative and quantitative way in the learning of the Mathematics, allowing the creation of intervention in educational management programmes.

KEYWORDS: Point-to-Point QR code, accessibility, Digital Inclusion, education and TICs.

INTRODUCCIÓN

El sistema QRApp es una Plataforma Cognitiva Tecnológica que puede se utilizada como estrategia de enseñanza para nuevas prácticas docentes, así como poder mejorar el desempeño del aprendizaje de los estudiantes de primaria, favoreciendo así, la accesibilidad a la información en espacios inclusivos y didácticos. “QRApp”, representa una aplicación móvil que devuelve información contenida tanto en formato de audio y video que puede ser utilizado por cualquier estudiante que desea conocer contenidos temáticos de las aritméticas-lógicas, así como de facilitar al docente dentro de su práctica estrategias digitales que permitan añadir a su actividad académica, una idea innovadora en la generación del conocimiento de nuestros estudiantes.

[1] Escamilla menciona que: “el hacer uso de estos instrumentos permite al alumno comprender con mayor objetividad el tema, pues estamos atacando su proceso cognitivo con estímulos sensoriales que intervienen de una manera crucial en la adquisición y comprensión de sucesos. Para los niños es muy agradable, amena e interesante una clase con apoyo de recursos multimedia.”

Así como uno de los factores que se tomaron en cuenta para la creación de la aplicación fue que los docentes de la primaria León Alejo Torres, de la ciudad de Frontera, Centla, Tabasco, no cuentan con una capacitación constante hacia el desarrollo de objetos digitales de aprendizaje que fortalezca el conocimiento significativo de los estudiantes y que los estudiantes no cuenten con un material didáctico digital que complemente los temas de los libros de matemáticas gratuitos del gobierno, ya que solo ofrecen vínculos hacia Internet donde solo se presentan parte del tema en cuestión y en otros casos el material que se ofrece son obsoletos. Es importante señalar que la aplicación QRApp fue diseñada para fines académicos y científicos, el proyecto tiene muchas posibilidades de causar un gran impacto en la sociedad, es por ello que se busca la operatividad del sistema, para medir el impacto en el aprendizaje de las matemáticas para aquellas personas que lo utilicen, además de que QRapp mitiga la brecha digital que tienen las personas con discapacidad auditiva y visual, al implementarlo entrarían en la parte de inclusión social.

[2] Ordoñez afirma que “un código QR (Quick Response code, código de respuesta rápida) es un método de representación y almacenamiento de información en una matriz de puntos bidimensional. Mismo autor señala que fue diseñada con el objetivo principal de conseguir una decodificación sencilla y rápida de la información contenida gracias a su empleo para codificar URLs de internet y a las aplicaciones de decodificación existentes para teléfonos móviles con cámara, se caracterizan por disponer de 3 cuadrados en las esquinas, que facilitan el proceso de lectura”.

En nuestro país no hay una completa inclusión social para personas con discapacidad, se ha observado en la localidad de Frontera, Centla, del estado de Tabasco, que hay una verdadera exclusión social, pero sobre todo académica, en donde los profesores no están preparados para atender a un estudiante con alguna capacidad diferente, pero sobre todo no poseen las estrategias didácticas que coadyuven al logro académico y de aprendizaje de los estudiantes.

De igual manera el avance tecnológico ha aumentado y con ello la posibilidad de mejorar antiguas prácticas de docentes tradicionalistas, el romper paradigmas de los docentes no es fácil, ya que cambiar los estilos de aprendizaje orientadas a las estrategias de apren-

dizaje es difícil si la educación se ve desde el punto de vista lineal y no transversal.

La aplicación facilita y favorece la accesibilidad a la información de las aritméticas-lógicas en espacios inclusivos a través de QRapp representados en códigos QR, divididos en 3 colores fundamentales (negro, Amarillo y Azul), en donde el código QR de color negro representa contenidos educativos aritméticas-lógicas para cualquier tipo de persona, el código QR de color amarillo contenidos multimedia de audio para personas con discapacidad visual y código QR de color azul, contenidos en lenguajes de señas para personas con discapacidad auditiva, sean utilizados como herramienta tecnológica, ya que devuelven la información contenida tanto en formato de audio y video, sin embargo, hacen falta inclusión de estas para personas con discapacidad auditiva y visual [3].

Para la APP no existe competencia en el mercado de forma integral y comercial, permite una accesibilidad y una inclusión social, para personas con discapacidad y sin discapacidad, es una aplicación que se puede adaptar a las necesidades de los usuarios, ya que puede almacenarse contenidos didácticos e informativos, pero sobre todo puede servir de apoyo para los libros de textos de las escuelas de educación básica de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el proceso de desarrollo del proyecto se realizó diferentes estudios de fiabilidad que demostraron que dicho proyecto es lo suficientemente sustentable y que pueda cumplir con las expectativas que se tienen, de ahí la necesidad de realizar encuestas de campo a personas con discapacidad, alumnos, padres, maestros y turistas habitantes del municipio de Centla.

En cumplimiento con lo anteriormente mencionado, se encuestaron a 200 personas, quedando como resultado de la investigación cuantitativa el 31% con ayuda de maestros de educación especial fueron personas invidentes y con problemas auditivos indicaron factible la construcción de la plataforma al igual que su uso. Dentro del otro 69% se encuentran padres de familia, alumnos y turistas sin discapacidad (los cuales resaltan que en muchas zonas del país hacen falta guías turísticos). Toda la información recolectada de los requerimientos y de la recopilación de la información, donde se identificaron cuáles son las aplicaciones de interés de las personas, el uso que le dan a estas y los problemas que tienen las aplicaciones móviles.

Toda esta información se almacena en un documento de Excel, para generar por medio de graficas el porcentaje de las respuestas de las encuestas que se hicieron a las personas, realizando un reporte de la investigación cualitativa que se realizó de forma observable, quedando los siguientes resultados, ver Tabla 1.

Tabla. 1. Reporte cualitativo

Método	Característica
Entrevista	Estuvieron muy interesados en la aplicación, le gustaría que la escuela tuviera ese recurso ya que sería un poco más fácil la actividad escolar con sus alumnos.
Grupo focal	El comportamiento de los niños fue de asombro ya que ellos no esperaban la visita a su aula de clases, al proyectar la presentación ellos estaban emocionados por saber qué es lo se presentaría ese día, su comportamiento durante la presentación fue muy atento.
Observación	Algunos niños han interactuado con alguna computadora y en sus casas tienen un teléfono celular y por lo tanto han utilizado aplicaciones móviles.

Se obtuvo como resultado después del análisis de la investigación de campo una propuesta de una aplicación lectora de código QR el cual es una tecnología con muchas funcionalidades educativas, aunque esta tecnología lleva tiempo en el mercado para un sin fin de usos, aún no se ha integrado del todo para personas con las discapacidades antes mencionadas, además que estará sincronizada con un sistema Web el cual puede ser implementado en escuelas, museos, galerías, librerías y ciudades históricas.

Tanto para fines educativos, publicitarios y entretenimiento, de esta manera mejorar estas áreas [4]. La aplicación QRApp tiene un tamaño digital de 8,30 MB, no causa efectos sobre la batería del dispositivo, además de ser una aplicación que consume pocos recursos tecnológicos. Otro punto importante para la utilización de la aplicación se requiere una conexión a internet o datos móviles.

Se diseñó el logotipo el cual se muestra en la Fig. 1, una oreja y un ojo, el cual la oreja es representa por una imagen que significa personas con discapacidades auditivas, la imagen del ojo representa personas con discapacidad visual, las siglas QRApp significan QR(-Código QR), mientras App (Aplicación Móvil), para la elaboración se utilizó Corel Draw y se aplicaron técnicas de diseño como la psicología del color.

RESULTADOS

QRApp puede ser utilizado en diversos sectores de la educación primaria, desde los docentes y estudiantes en las aulas de clases, hasta los padres de familia, que necesitan información adicional, cuando se trata de las evaluaciones de los estudiantes, la aplicación puede ser adaptado según las necesidades de los usuarios y agentes educativos como en las diferentes áreas de las escuelas, un ejemplo de gran impacto es que pueda ser utilizado en las bibliotecas escolar, en donde pueda encontrarse material didáctico-digital mediante

códigos QR que coadyuven a la gestión y difusión de los recursos bibliotecarios, ofreciendo una gama de posibilidades diversas. Una de las fortalezas de la aplicación radica que es una App interactiva, de fácil uso y amigable para el usuario.



Fig. 1. Logotipo de la Aplicación QRApp (Diseño propio)

Se verán beneficiados desde de niños hasta adultos que desean adquirir conocimientos, al utilizar la aplicación se genera un conocimiento que abarca las tres formas de aprendizaje la kinestésica, visual, auditiva con las cuales se pueda lograr un aprendizaje significativo.

Para el aprendizaje kinestésico se mostrará información interactiva o evaluativa que incentive o motive el avance del aprendizaje adquirido con la aplicación. Mediante el aprendizaje visual, se mostraran videos desde multimedias para cualquier tipo de persona que desee aprender de algún tema en particular como para las personas con discapacidad auditiva, se mostrarán videos en lenguaje de señas que contengan material educativo.

El aprendizaje auditivo consiste en la proyección de audios temáticos relevantes y para las personas con discapacidad visual se generaran material auditivo con las explicaciones del contenido temático a desarrollar [5].

4.1. Diseño Final y Pasos para usar la Plataforma

En la Fig. 2 se muestra la pantalla de inicio del sistema web y de la aplicación QRApp, donde se ha iniciado con las pruebas a la aplicación, de la cual en el sistema web el usuario puede subir información almacenándola por categoría, idioma y tipo, tan solo al registrarse. El panel de administración puede verse en el siguiente link <http://qrapp.com.mx/> donde se deberá realizar una nueva cuenta donde se deberá elegir la opción de Iniciar Sesión para continuar.

4.2. Como descargar la aplicación

La aplicación se encuentra alojada en <http://qrapp.com.mx/>

com.mx/QRapp.apk, al acceder se descargará automáticamente en su navegador web, para posteriormente enviarlo a su dispositivo ya sea por cable de datos o Bluetooth.

estarán de forma digital e interactiva para que los usuarios puedan interactuar con el material en sus casas, a través de dispositivos electrónicos, que permitan enriquecer el trabajo educativo.

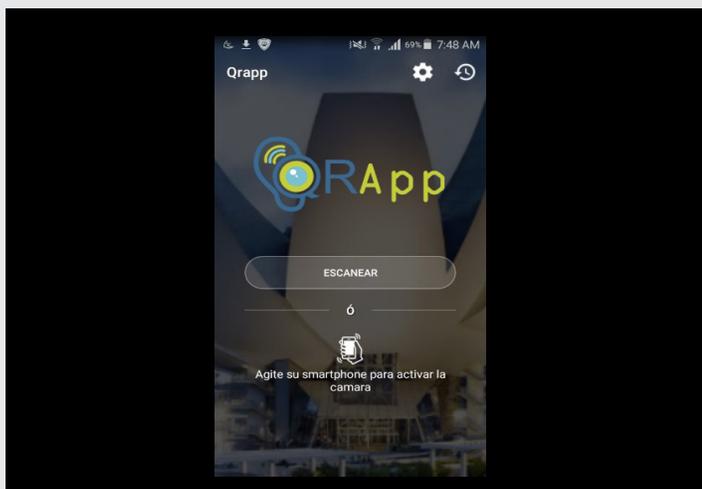


Fig. 2. Pantalla principal de la aplicación (Diseño propio)

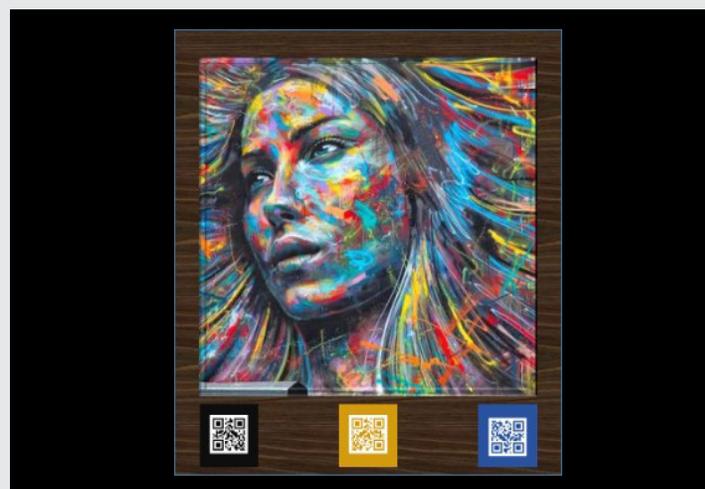


Fig. 4. Ejemplo gráficos del manual con el código QR

4.3. Redes Sociales

Se cuenta con una página en Facebook para dar difusión y promoción de la aplicación la cual lleva el nombre de QRApp el cual se encuentra en el siguiente enlace <https://www.facebook.com/QRAppinclusion-social/>, como se puede ver en la Fig. 3, de igual manera se realizó un correo en una cuenta Gmail como qrapp-mexico@gmail.com.

En la Fig. 5, se observa un ejemplo del generado para la presentación en las aulas de clases donde el código QR que se observa contiene un vídeo que se proyectará en el momento que se escanea con el celular. Así como en la Fig. 6 se puede observar los trabajos que se están realizando para las pruebas operativas de la aplicación.



Fig. 3. Pantalla principal de la publicidad en Facebook (Diseño propio)



Fig. 5. Ejemplo gráficos del manual con el código QR

Durante la implementación de QRApp en las escuelas de educación básica se generaron códigos QR de forma impresa, en pequeños manuales, como se observa en la Fig. 4 que servirán de material extra complementarios a los libros de texto gratuito, para los docentes presenciales. Así como también dichos manuales

CONCLUSIONES

La aplicación desarrollada fomenta la interacción de los usuarios, rompiendo paradigmas con la tradicionalista experiencia de aprendizaje, así como de crear ambientes de aprendizaje para que exista una gestión educativa acorde a las necesidades de las instituciones educativas. Para la realización de los videos en lenguaje de señas, se necesitará contar con un equipo de tra-

bajo que estará integrado por estudiantes, tesistas e inclusive egresados normalistas, que buscan introducir la práctica docente a través de la experiencia, cuando se inicie la comercialización de QRApp se buscará generar empleos para personas con discapacidad auditiva, será un instrumento educativo con el cual se tendrá accesibilidad al conocimiento[7].



Fig. 6. Presentación del Proyecto

Durante la implementación de QRApp en las escuelas de educación básica se generaran códigos QR de forma impresa, en pequeños manuales para las capacitaciones que servirán de material extra complementarios a los libros de texto gratuito, para los docentes presenciales. Así como también dichos manuales estarán de forma digital e interactiva para que los usuarios pueden interactuar con el material en sus casas, a través de dispositivos electrónicos, que permitan enriquecer el trabajo educativo.

Las actividades que se están realizando como parte de la difusión de la aplicación, será primero la capacitación de los docentes de la escuela primaria será, en el espacio del consejo técnico escolar, que ellos utilizan cada último día del mes, donde se establecerá un cronograma de actividades para llevar a cabo la capacitación, en donde se pueden enlistar las siguientes:

- Introducción al uso del lector QR en los dispositivos móviles
- Exploración de la aplicación QRApp
- Almacenamiento de material didáctico a la plataforma
- Manejo y utilización del material contenido en la plataforma
- La siguiente actividad que se realizará es la capacitación con los estudiantes en donde se enlistan las siguientes:
- Uso del material didáctico contenido en la plataforma
- Examen exploratorio.

Todas estas actividades facilitará la operatividad en los usuarios para que tengan un acercamiento con la aplicación y esto ayude al manejo de la misma, así como

también se puede conocer el impacto académico y se puede medir de forma cualitativa que permita tener datos medibles para conocer el aprendizaje significativo de los estudiantes que utilicen la aplicación, así como del conocimiento de las matemáticas.

Está diseñada la aplicación para que los docentes generen códigos QR con material educativo, esto permitirá que se logren estrategias didácticas y se logrará que los alumnos se motiven a interactuar con la aplicación, esto enriquecerá el trabajo docente y académico, así como constituye un aporte didáctico y tecnológico, lo que se busca con la implementación de la aplicación es que los resultados obtenidos con el uso de los QR académicos se pueda lograr una calidad educativa digital y el logro de apropiación de actividades en el aula así como enriquecer el trabajo en el aprendizaje de las matemáticas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] J. G, Escamilla de los Santos. *Selección y Uso de la tecnología Educativa*. México: Editorial Trillas. 2013.

[2] J, Ordoñez. (2010). *Códigos QR*. Recuperado el 16 de noviembre del 2016 en la dirección url: https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/063009.pdf

[3] "Inclusión de Niños con Discapacidad en la Escuela Regular" UNICEF ISBN: 92-806-3773-8. Recuperado el 28 de junio de 2018 http://www.unicef.cl/archivos_documento/47/debate8.pdf publicado diciembre, 2001.

[4] zRecursos Educativos Abiertos. UNESCO 2017. <http://www.unesco.org/new/es/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/> Recuperado el 25 de enero 2018.

[5] M. Luna Kano (2013). *Tecnología y discapacidad: Una mirada pedagógica*. Recuperado el 15 de noviembre de 2017, de *Revista Digital Universitaria UNAM*. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num12/art53/>

[6] Toyoutome. 2014 <http://toyoutome.es/blog/codigos-qr-sirven-para-personalizar-el-aprendizaje/33345> Recuperado 21 de noviembre de 2017.

[7] Menzinsky Alexander, López Gertrudis, Palacio Juan. *Versión 2.6. Julio 2016. Derechos registrados en Safe Creative n° de registro: 1607208414838. Guía de Scrum Manager*. url http://www.scrum-manager.net/files/scrum_1.pdf



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Estandarización de un bioindicador para la evaluación de los efectos genotóxicos inducidos por fármacos en meristemas de semilla de lenteja (*Lens culinaris*)

RESUMEN: Actualmente existe un mayor interés en desarrollar pruebas *in vitro* (bioindicadores) para conocer y estudiar los efectos genotóxicos que causan diversos fármacos, extractos de plantas medicinales, plaguicidas u otras sustancias tóxicas en las células. El objetivo de este trabajo fue estandarizar el uso, como bioindicador, de los meristemas de la radícula de lenteja (*Lens culinaris*) para la evaluación de los efectos genotóxicos ocasionados por diversas sustancias. Para ello se embebieron las semillas de lenteja, en una solución al 1% del fármaco colchicina, como control negativo, ya que se sabe que la colchicina daña el citoesqueleto de las células evitando su división y, por otro lado, se utilizó agua purificada como control positivo, con el fin de observar la división celular. Los meristemas de la radícula recién germinada se observaron al microscopio con tinción de orceína, se identificaron y se cuantificaron las diferentes fases de la mitosis con el fin de calcular el índice mitótico (IM) y así poder evaluar el efecto genotóxico. Este bioindicador tiene la característica que se puede utilizar a futuro para la evaluación de los efectos genotóxicos de fármacos, extractos de plantas y plaguicidas.

PALABRAS CLAVE: Colchicina, Genotóxico, Índice mitótico, *Lens culinaris*, Meristemo, Bioindicador.



Colaboración

Rosario Areli Rivera Antonio; Julia Martínez Grajales; Arturo Cabrera Hernández; Heidi Anabel Jácome Sánchez, María Cristina López Méndez, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ABSTRACT: Nowadays there is a great interest in developing *in vitro* tests (bioindicators) to know and study the genotoxic effects on cells that cause various drugs (extracts of medical plants, pesticides or other toxic substances) in the cells. The objective of this work was to standardize the use, as a bioindicator, of the meristems of the lentil radicle (*Lens culinaris*) for the evaluation of the genotoxic effects caused by various substances. For this, the seeds were embedded, in a 1% solution of the drug colchicine, as a negative control, since it is known that colchicine damages the cytoskeleton of the cells preventing their division and on the other hand, purified water was used as a positive control, in order to observe cell division. The meristems of the recently germinated radicle were observed under an optical microscope with orcein dyeing, were identified and quantified the different phases of mitosis in order to calculate the mitotic index (MI) and thus be able to evaluate the genotoxic effect.

This bioindicator has the characteristic that can be used in future for the evaluation of the genotoxic effects of various drugs, plant extracts and pesticides.

KEYWORDS: Colchicine, Genotoxic, Mitotic index, *Lens culinaris*, Meristem, Bioindicator.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos problemas de salud debido a la exposición de ciertos agentes genotóxicos y tratamientos médicos con los que las personas se automedican para minimizar los males comunes [1].

Por lo anterior se han realizado estudios que respaldan la inhibición del ciclo celular por medio de daños al ADN y a la formación de huso mitótico, causados por la ingesta de fármacos sin prescrip-

ción médica, estos estudios se basan en modelos in vivo o in vitro que incluyen el uso de roedores a los cuales se les induce un tipo de "cáncer", lo cual implica el sufrimiento y muchas veces el sacrificio del animal. Otra alternativa implica el uso de tejidos y/o microorganismos además de diferentes materiales que implican un mayor costo e inversión en el equipo y la técnica utilizada para dichas pruebas.

Un modelo simple que ha sido comúnmente utilizado para estudios iniciales es el uso de meristemos de la punta de la raíz de cebolla (*Allium cepa* test) o la germinación de haba (*Vicia faba*), estas pruebas tienen la característica de ser un tejido de células en división y gracias a esta particularidad se puede realizar dicha validación.

Sin embargo, debido a la falta de biodisponibilidad de estas plantas en la región, el tratamiento fisicoquímico de los bulbos de la cebolla para su almacenamiento, así como la poca relación en el costo-beneficio al utilizar estas plantas comestibles, generan algunas limitantes para utilizar especies de *Vicia faba* (haba) y *Allium cepa* (Cebolla) como pruebas genotóxicas.

Debido a dichas limitantes, en la presente investigación se empleó y estandarizó un bioindicador de estudio in vitro realizando una adaptación del modelo de *Allium cepa* test la cual implica la utilización, el estudio y la validación de germinación en semillas de lenteja (*Lens culinaris*). Esta semilla tiene la característica que ha sido poco estudiada, de poca importancia económica y de fácil acceso.

El bioindicador propuesto de esta semilla promueve a futuro el desarrollo de una prueba genotóxica, rápida y económica para el examen preliminar de medicamentos y además poder utilizar dicho modelo como monitoreo de diversos agentes toxicológicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico

Se utilizaron diez semillas de *Lens culinaris* en buen estado fitosanitario, con un peso aproximado de 45 mg y 6.40 mm de diámetro.

Germinación

La primera fase de la germinación es la absorción de agua por la semilla o imbibición [2]. Esta se realizó sumergiendo las semillas en agua purificada y en colchicina al 1% como control negativo durante seis horas a temperatura ambiente [3], transcurrido este tiempo se retiraron y con el fin de mantenerlas hidratadas durante todo el experimento se les agregó aproximadamente 1.5 mL de solución cada ocho horas hasta que las radículas en ambos grupos alcanzaron aproximadamente los 6-8 mm. Se registró la longitud de la radícula en lapsos de 8 horas durante un período de 56 horas con el fin de observar la cinética de crecimiento de las raíces.

Tinción

Para la tinción de los meristemos de la raíz, se utilizó orceína acética al 2%, se seleccionaron las raíces con una longitud mayor desarrollada y se procedió a realizar los siguientes pasos; se cortaron de 1-2 mm de raíz y se sumergieron en un tubo de ensayo con 0.2 mL de orceína acética, posteriormente se dejó actuar durante 3 minutos [4], la solución de la orceína acética con la radícula se calentó sobre un mechero hasta la emisión ligera de vapores y se dejó enfriar sin permitir que se seque la raíz.

Finalmente se colocaron los meristemos en portaobjetos y se realizó el aplastamiento en monocapa denominado "squash" [5], la cual se fundamenta en ejercer presión uniforme con la yema del pulgar sobre la laminita evitando la formación de burbujas.

Observación de la preparación

Los frotis obtenidos se observaron en un microscopio óptico con objetivo 100X y aceite de inmersión. Se tomaron diversas fotografías para su posterior conteo de las 4 fases de mitosis [6].

RESULTADOS

Cinética de germinación

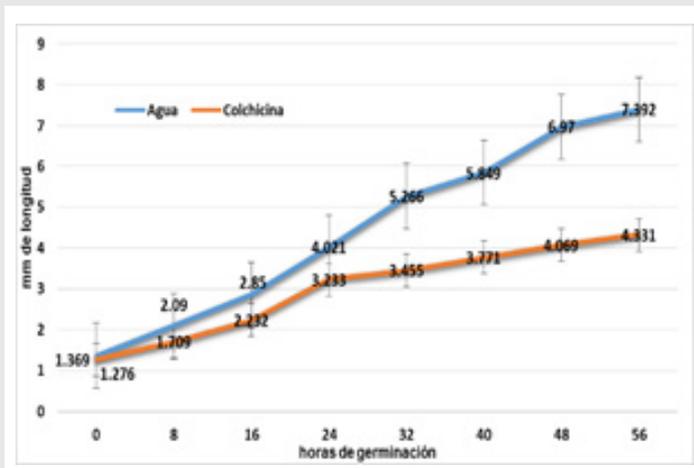
Cuando se controla una hidratación adecuada en las semillas de lenteja se genera una elongación significativa en la raíz ya que las células se encuentran en condiciones óptimas de crecimiento. Sin embargo, cuando la hidratación se lleva a cabo en presencia de sustancias tóxicas la división celular de los meristemos radiculares puede llegar a inhibirse, esto depende del grado de toxicidad y el tiempo de exposición. Este tipo de alteraciones generalmente impide el crecimiento normal de la raíz y, por tanto, su elongación [7].

El contacto de raíces con sustancias químicas las hace sufrir alteraciones de sus características normales como forma, longitud y coloración [8].

Después de la primera etapa de la germinación ya sea en agua purificada o en solución de colchicina al 1%, transcurrieron 12 horas para el brote de la raíz de la semilla, posteriormente se registró el crecimiento de la raíz cada 8 horas durante 56 horas.

En la gráfica 1 se muestra la comparación de crecimiento en promedios por horas de los dos tratamientos, en los cuales la colchicina ocasionó un efecto retardado en el desarrollo de las raíces, debido a una inhibición en actividades de quinasas de tipo A, cuya función es regular el ciclo celular, mientras que en el control de agua se mantuvo un crecimiento positivo. Este tipo de pruebas in vitro donde las raíces se crecen en contacto con sustancias tóxicas que causan un posible daño al DNA podrían relacionarse con los efectos de estas en los seres humanos, puesto que los cromosomas de las plantas y animales son morfológicamente similares y

parecen responder a tratamientos con agentes tóxicos de forma similar a mamíferos y otras eucariotas [9].



Gráfica 1. Comparación de crecimiento de la raíz de lenteja (n=10).

OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS EN MICROSCOPIO.

De los frotis obtenidos, se lograron evaluar un total de 115 células para ambos grupos, seleccionando aquellos que mostraran una proliferación de células meristemáticas y de esa forma cuantificar el porcentaje de células por cada fase de la mitosis. (Urteaga y Lallana, 2005) [10].

Las figuras 1, 2, 3 y 4 son muestras representativas de los meristemos observados en colchicina con su respectivo grupo control.

En las imágenes 1 y 2 se puede observar con claridad como la colchicina produjo un daño citotóxico en el huso mitótico inhibiendo el ciclo celular y además no se logró observar ninguna célula en anafase o metafase.



Figura 2. Células correspondientes al grupo control en profase observadas a objetivo 100X

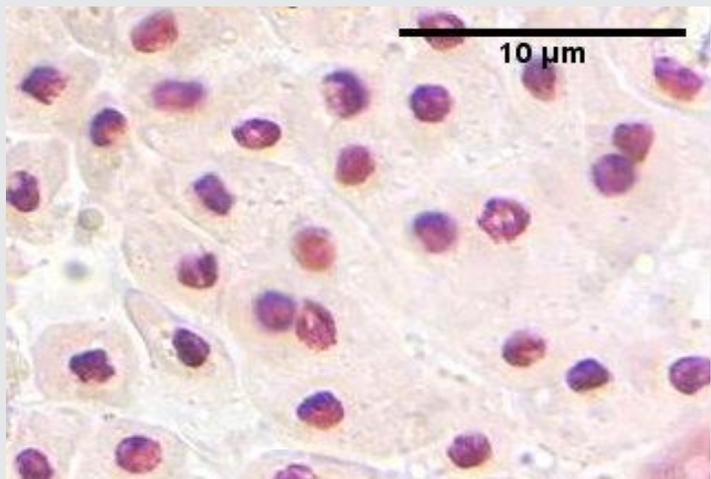


Figura 3. Inhibición en el ciclo celular por colchicina observadas al microscopio óptico 100X

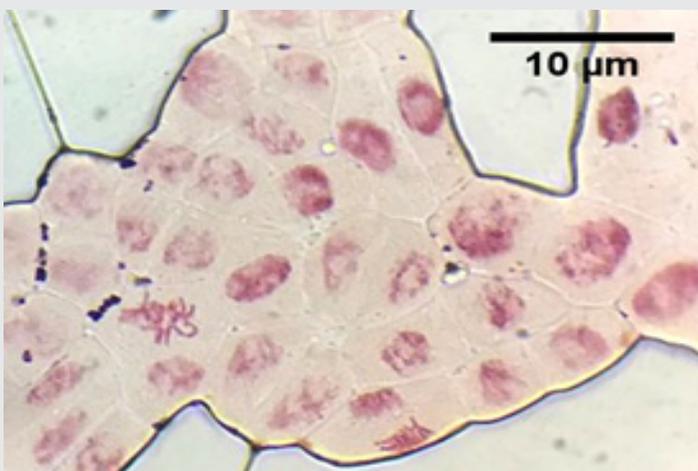


Figura 1. Células en metafase y telofase encontradas en grupo control con objetivo 100X.

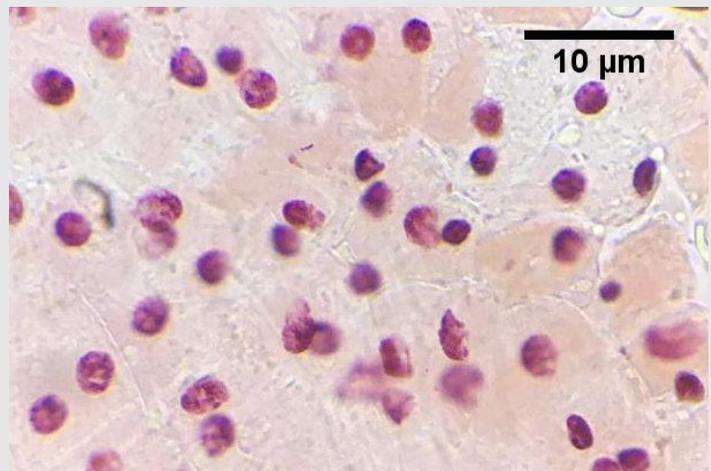


Figura 4. Efecto citotóxico causado por colchicina, observación óptica 100X

Los gráficos 2 y 3 resumen lo encontrado en porcentaje de células evaluadas para grupo control y grupo de prueba (colchicina), en donde hubo una diferencia significativa en la regulación del ciclo ya que no se encontraron células en división para el grupo de prueba a diferencia de su grupo control que mantuvo una actividad mitótica considerable.

Tabla 1 Efecto del extracto acuoso de *J. spicigera* sobre *C. albicans*

Tratamiento	Profase %	Metafase %	Anafase %	Telofase %	Fase S	Índice mitótico (IM)	No. de células contadas
Agua	13.30	4.34	2.60	5.21	76.55	0.2347	115
Colchicina	11.30	0	0	0	88.70	0.113	115

La inhibición de la actividad mitótica podría atribuirse al deterioro de la síntesis de ADN o al bloqueo de la fase G2, evitando que la célula entre en ciclo mitótico [11] o una alteración de la síntesis de nucleoproteínas y un nivel reducido de ATP para proporcionar energía al alargamiento de microtúbulos que conforman las fibras del huso lo que muy probablemente aminoraría el movimiento cromosómico [12].

CONCLUSIONES

Lens culinaris es una semilla que gracias a la característica de germinación rápida en condiciones normales de temperatura y luz permitió la estandarización de un bioindicador experimental in vitro efectivo de implementar en laboratorios y utilizarlo como una prueba preliminar, de ese modo conocer el efecto genotóxico de ciertas sustancias como son fármacos, plaguicidas, entre otros. Además de conocer las concentraciones límites permisibles de los extractos de plantas medicinales que hoy en día se utilizan sin ningún control y que por desconocimiento se cree que por ser naturales no producen ningún efecto a nivel celular, dañando la salud de quien lo consume en tiempos prolongados.

Por otro lado, cabe resaltar que en nuestro modelo de estudio se logró observar lo reportado por estudios previos de algunos autores, que la colchicina actúa como un buen control negativo en la inhibición del ciclo celular y gracias a esto va a permitir comparaciones y observaciones específicas que afectan la fase M en presencia de diversas sustancias a evaluar [13].

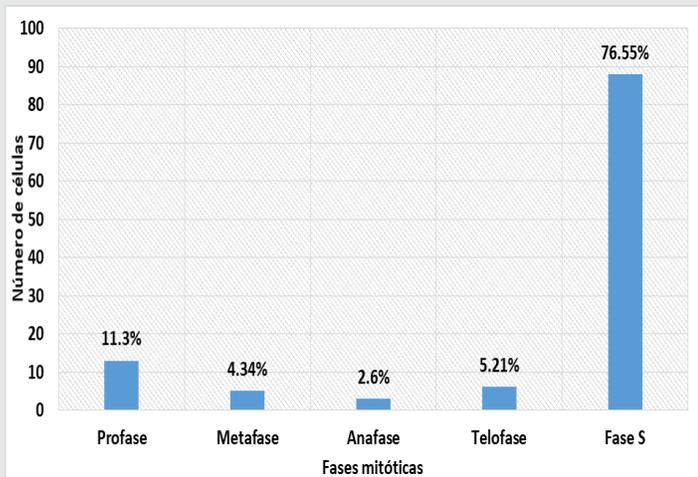
BIBLIOGRAFÍA

[1] Zalacain, M. Sierra, L. Patiño A. (2005). *El ensayo de micronúcleos como medida de inestabilidad genética inducida por agentes genotóxicos*, (pp. 227-236).

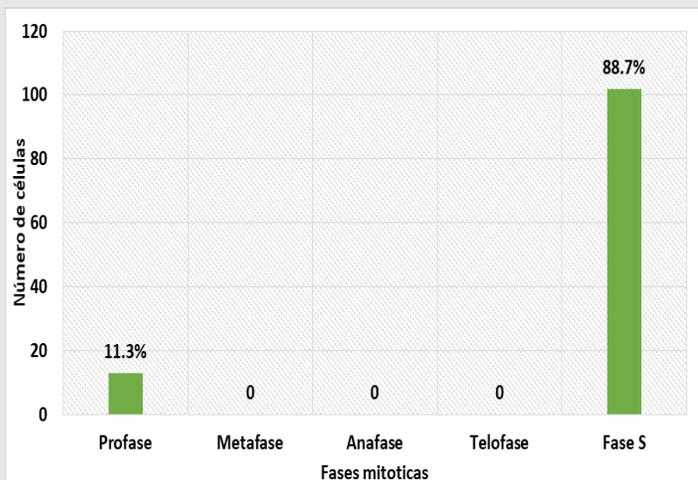
[2] Besnier Romero, F. (1989). *Semillas. Biología y Tecnología*. Ed. Mundi-Prensa. (p.637) Madrid.

[3] Delgado, Lina & Uribe, Marcela & Angel, Marta. (2010). *Estandarización de la técnica citogenética squash para conteo de cromosomas mitóticos en rubus glaucus Benth. Universidad Tecnológica de Pereira*.

[4] Muñoz-Solarte, D. M. y Guerrero-Pepinosa, N. (2013). *Allium test para evaluar el efecto citotóxico y genotóxico de extractos naturales en células me-*



Gráfica 2. Porcentaje de células evaluadas para grupo control (n=115 células)



Gráfica 3. Porcentaje de células tratadas con colchicina 1% (n=115)

La tabla 1 expresa a *Lens culinaris* en condiciones con una efectiva actividad mitótica, se obtuvieron porcentajes significativos del índice mitótico para cada grupo, así como en la fase M haciéndose notable en profase con un 13.30% y telofase con 5.21%, mientras que en tratamiento prueba (colchicina) se presentó una inhibición en el ciclo celular, encontrándose la mayoría de las células en profase (11.30%) e interfase dañadas (88.70%) lo que pone en un papel de control negativo a colchicina en una concentración de 1%.

risteméticas de *Allium cepa*. Universidad de Antioquia.

[5] D. Colombera (1970) A Squash Method for Chromosomes of Ascidiacs (Tunicata), *Caryologia*, Universidad de Padova, Italia.

[6] Segura, María; Cruz, Sarai; López, Roberto; Zavala, Guadalupe; Jiménez, Luis. (2008). Visualización de la mitosis con el microscopio de fuerza atómica pp. 87-90. México.

[7] Restrepo, R., D. Reyes, M.C. Ortiz, F.A.R. Ruiz y V.V. Kouznetsov. 2012. Aberraciones cromosomales en bulbos de cebolla *Allium cepa* inducidas por moléculas híbridas 4-aminoquinolónicas. *Universitas Scientiarum* 17 (3), 253-261. Doi: 10.11144/javeriana.SC17-3.aceb.

[8] Khanna, N. y S. Sharma. 2013. *Allium cepa* root chromosomal aberration assay: A review. *Indian J. Pharm. Biol.* 1 (3), 105-119.

[9] Hemachandra, C.K y A. Pathiratne. 2015. Assessing toxicity of copper, cadmium and chromium levels relevant to discharge limits of industrial effluents into inland Surface waters using common onion, *Allium cepa* bioassay. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 94(2), 199-203. Doi. 10.1007/s00128-014-1373-8.

[10] Urteaga, F. y Lallana, V. (2005). Optimización de una técnica de tinción para determinación de efectos citogenéticos en ápices radicales de *Allium cepa*. *Revista Científica Agropecuaria*, 9(1), 63-70.

[11] Haq, I., S. Kumar, A.Raj, M.Lohani y G.Satyana-rayana. 2017. Genotoxicity assessment of pulp and paper mill effluent before and after bacterial degradation using *Allium cepa* test. *Chemosphere* 169, 642-650. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.101.

[12] Hemanth, N.K., M. Taj y S. Jagannath. 2015. Clastogenicity of sugar factory effluent using *Allium* assay. *Res. Plant Biol.*

[13] Sun, Y., Cheng, S. and Liang, G. 1994. Induction of autotetraploid plants of *Sorghum versicolor*, *Cytologia* 59: 109-114



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Evaluación de la eficiencia anti-fúngica del extracto de Justicia Spicigera en hongos productores de aflatoxinas



Colaboración

Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña; Johana Ramírez Hernández, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco; María Guadalupe Delgado López, Centro de Investigación Biomédica de Oriente; Juan Carlos Guevara Contreras; Cesar Sánchez de La Luz, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

RESUMEN: Los hongos son un misterio, tan grande que es el reino que alberga distintos géneros, z poco conocidos hasta el momento, con gran impacto tanto para el desarrollo humano como para el mismo deterioro de la salud.

México posee una enorme diversidad de recursos naturales como son las plantas medicinales. Justicia spicigera posee antecedentes etnobotánicos contra padecimientos como anemia, presión arterial y problemas urinarios, entre otros. Farmacológicamente al extracto de Justicia se le ha comprobado actividad antibacteriana, antiprotzoaria y antifúngica. Tomando en cuenta esta última propiedad, así como el incremento de las enfermedades por hongos y la biodisponibilidad de esta planta, consideramos la importancia de continuar con el estudio de Justicia spicigera que permita determinar su actividad contra diferentes especies de hongos de importancia médica.

PALABRAS CLAVE: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*, eficiencia antifúngica, Justicia spicigera.

ABSTRACT: Fungi are a mystery, so great that it is the kingdom that hosts different genres and little known so far, with great impact for both human development and the same deterioration of health. Mexico has an enormous diversity of natural resources such as medicinal plants. Justicia spicigera has an ethnobotanical background against conditions such as anemia, blood pressure and urinary problems, among others. Pharmacologically, the extract of Justice has been proven antibacterial, antiprotozoal and antifungal activity. Taking into account this last property, as well as the increase of fungal diseases and the bioavailability of this plant, we consider the importance of continuing with the study of spicigera Justice that allows to determine its activity against different species of fungi of medical importance.

KEYWORDS: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*, antifungal efficiency, Justicia spicigera.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos están ampliamente distribuidos en la naturaleza, entre éstos se encuentran los hongos [1], quienes se han convertido en un problema tal, que el poco conocimiento sobre ellos causa una gran desventaja; al presentarse problemas en la salud derivados del consumo desmoderado de alimentos contaminados; principalmente semillas, leguminosas y verduras a las que no se les realiza un análisis para la determinación de hongos.

Se han descrito más de doscientas especies de hongos que pueden ser patógenas para los humanos. Las más comunes son las distintas especies de *Cándida* y *Aspergillus* que pueden producir tanto infecciones localizadas, como invasivas y con mayor frecuencia de las vías respiratorias provocando alteraciones pulmonares, sinusitis, entre otras enfermedades las cuales cabe la posibilidad de terminar en algún tipo

de cáncer, ya que las especies de *Aspergillus* contienen aflatoxinas que son toxinas producidas en cultivos agrícolas como el maíz, cacahuates, la semilla de algodón y los frutos secos, los síntomas provocados por estas toxinas son casi indetectables hasta cierto punto; por tanto son difíciles de diagnosticar sin las herramientas adecuadas. La diversidad botánica de México es muy amplia y un alto porcentaje de esta se usa en la medicina tradicional. Ejemplo de lo anterior es el muicle (*Justicia spicigera*) es una planta originaria de México, se encuentra presente en climas cálidos [2, 3]. Posee antecedentes etnobotánicos contra padecimientos como anemia, presión arterial y diabetes [4,5]. Farmacológicamente al extracto de Justicia se le ha comprobado actividad antibacteriana, antiprotozoaria y antifúngica. [4]. Considerando los antecedentes y disponibilidad de la planta, se considera evaluar el efecto antifúngico de *Justicia spicigera*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este proyecto se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, el extracto de *J. spicigera* fue donado por la Dra. María Guadalupe Delgado López del Centro de Investigación Biomédica de Oriente (CIBIOR), para este trabajo los hongos se inocularon en el medio de cultivo agar dextrosa y papa, con los métodos estandarizados por el Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI) para el estudio de la sensibilidad a los antifúngicos (documentos M27-A3, M38-A y M44-A).

Para la preparación del inóculo se partió de un cultivo de 48 h, en agar papa dextrosa a 35 (± 2°C). Se tomaron colonias de cada cepa de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus* y *Candida albicans* y se resuspendieron en una solución de agua estéril, homogeneizando durante 15 segundos, ajustando la turbidez a 0.5 de la escala McFarland (equivalente a 1 x 10⁶ a 5 x 10⁶ UFC).

Se realizó la inoculación por extensión de placa, una vez que se preparó el inóculo de cada cepa se extrajeron entre 200-600 µL del mismo y se colocaron en la placa Petri. Se distribuyeron homogéneamente por la superficie con la ayuda de un asa de Digraskly. Se utilizó como control positivo voriconazol a 1 µg/mL, agua estéril utilizada como control negativo y se adicionaron por separado 9 diluciones diferentes del extracto de *J. spicigera*, C1 30 µg/mL, C2 25 µg/mL, C3 20 µg/mL, C4 19 µg/mL, C5 15 µg/mL, C6 10 µg/mL, C7 9 µg/mL, C8 5 µg/mL, C9 4 µg/mL con el fin de determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI).

Se incubó por 72 horas a 35 (± 2°C). El diámetro de cada zona de inhibición se midió con un vernier. Nueve diluciones se consideraron para el extracto, se utilizaron controles positivos y negativos, el control negativo fue agua estéril y positivo voriconazol y el experimento se realizó por triplicado[7].

De acuerdo a los Métodos estandarizados por el CLSI para el estudio de la sensibilidad a los antifúngicos (do-

cumentos M27-A3, M38-A y M44-A) (Cantón-Lacasa et al, 2007). Estas categorías están basadas en los puntos de corte que se establecieron mediante el método de dilución, las concentraciones que el anti fúngico alcanza en suero y la distribución de las (concentraciones mínimas inhibitorias) CMI para la especie estudiada. El documento M44-A describe el método de difusión en agar para levaduras del género *Candida*.

RESULTADOS

El objetivo final de las pruebas de sensibilidad In vitro a los antifúngicos es predecir la respuesta de los pacientes al tratamiento. Sin embargo, el establecimiento de una correlación entre la sensibilidad In vitro de un hongo a un antifúngico y la eficacia clínica de ese antifúngico para tratar la micosis es difícil de obtener y no está totalmente resuelto en la actualidad. Para la mayoría de los antifúngicos el éxito terapéutico disminuye a medida que aumenta la concentración mínima inhibitoria (CMI), pero se ha observado que hasta el 50% de los pacientes infectados con un organismo resistente a un antifúngico responde clínicamente al tratamiento con ese agente [6].

En éste proyecto se determinó que la CMI en del extracto acuoso de *Justicia spicigera* (*J. spicigera*) sobre *Candida albicans* (*C. albicans*) fue de 4 µg/mL.

Vega-Ávila y col. analizaron en 2012, un extracto etanólico de *J. spicigera* que no afectó a concentraciones de 5.0 mg/mL el crecimiento de *C. albicans*. Reportes previos indican que el extracto etanólico de las hojas en concentraciones de 0.375 mg/disco (Jacobó-Salcedo et al, 2011) y 2.0 mg/disco [10] no inhiben el crecimiento de este hongo. Sin embargo, una fracción hexánica inhibió el crecimiento de *C. albicans* con MIC de 0.25 mg/mL.

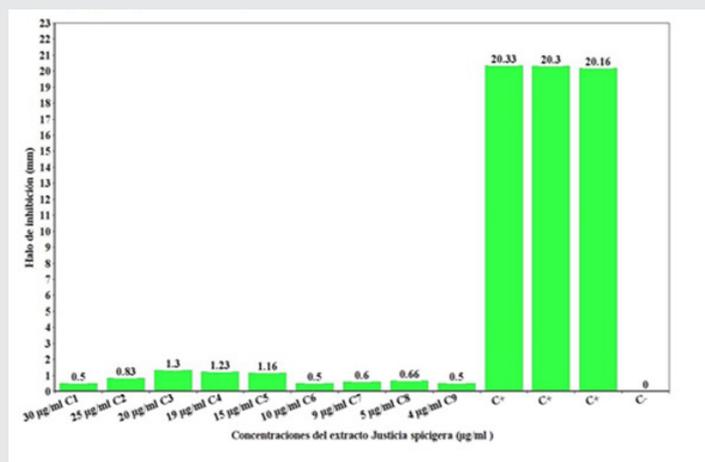
Los dos grupos de trabajo anteriormente mencionados emplearon la técnica de difusión en agar, en tanto que nosotros empleamos el método estandarizado por el Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio CLSI para el estudio de la sensibilidad de los antifúngicos; lo que nos permitió evaluar la actividad del extracto acuoso de *J. spicigera* en diversas concentraciones, incluso más altas que la probada por dichos grupos de trabajo.

Tabla 1 Efecto del extracto acuoso de *J. spicigera* sobre *C. albicans*

Concentraciones del extracto <i>Justicia spicigera</i>	Halo de inhibición (mm)
30 µg/mL C1	0.6
25 µg/mL C2	0.83
20 µg/mL C3	1.3
19 µg/mL C4	1.23
15 µg/mL C5	1.16
10 µg/mL C6	0.5
9 µg/mL C7	0.6
5 µg/mL C8	0.66
4 µg/mL C9	0.5

La tabla 1, muestra la medida del halo de inhibición de las diferentes concentraciones del extracto de la planta *J. spicigera*, $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9$, aplicadas a la cepa *C. albicans*, ya que en las cepas *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus fumigatus* no se obtuvieron halos de inhibición.

A partir de los resultados presentados en la gráfica 1 se observa que el extracto presentó una inhibición del crecimiento micelial, que no es dependiente de la dosis usada, la tasa de crecimiento para este extracto se mantuvo alrededor de 1.23 a 0.5 mm a dosis de 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ a 30 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Las concentraciones, C_2, C_3, C_4, C_5 , son las que tienen mayores resultados al ser aplicadas sobre la cepa.



Gráfica 1 Comparación de las diferentes concentraciones utilizadas del extracto de *J. spicigera* aplicado en la cepa *C. albicans*

La figura 1 muestra que el control positivo (C+) utilizado es voriconazol; el cual alcanzó un halo de inhibición de 20.00, 20.40, 20.25 mm, C_1 30 $\mu\text{g}/\text{mL}$ alcanzó un halo de inhibición de 1.5, 0.5, 0 mm, C_2 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ alcanzó un halo de inhibición de 0, 1, 1.5 mm, C_4 19 $\mu\text{g}/\text{mL}$ alcanzó un halo de inhibición de 0, 3.2, .2 mm y en la zona de C- no se formó halo de inhibición.



Figura 1 Cultivo de la cepa *C. albicans*

Con base a los datos obtenidos del diámetro del halo de inhibición, se establecieron las siguientes categorías:

1. Sensible
2. Intermedio / Sensible dependiente de dosis
3. Moderadamente sensible
4. Resistente

Estas categorías están basadas en el método de dilución en caldo, documento M27-A3.

Las 9 concentraciones del extracto de la planta *J. spicigera* (*muicle*), se realizaron por triplicado, los resultados obtenidos fueron: C_1 moderadamente sensible, C_2 sensible, C_3 sensible, C_4 sensible, C_5 sensible, C_6 moderadamente sensible, C_7 moderadamente sensible, C_8 moderadamente sensible, C_9 moderadamente sensible, comparado con el documento M44-A.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con el extracto de la planta *J. spicigera* (*muicle*), en la inhibición del crecimiento de la cepa *Candida albicans* fueron prometedores, no obstante cabe destacar que las concentraciones no lograron el mismo efecto necesario para la inhibición del crecimiento de las cepas *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus fumigatus* a partir de estos resultados se observa una tendencia a aumentar la concentración del extracto sobre estas cepas, para que presenten un efecto inhibitorio.

El extracto de la planta *J. spicigera* en las concentraciones 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 19 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 15 $\mu\text{g}/\text{mL}$, es prometedor para la inhibición del crecimiento de la cepa *C. albicans*.

El voriconazol que es un potente antifúngico generó un halo de inhibición mucho mayor comparado con cualquiera de las diferentes concentraciones del extracto de *J. spicigera*, al aplicarse en la cepa *C. albicans*.

Los resultados obtenidos se clasificaron en: 30 $\mu\text{g}/\text{mL}$ moderadamente sensible, 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ sensible, 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ sensible, 19 $\mu\text{g}/\text{mL}$ sensible, 15 $\mu\text{g}/\text{mL}$ sensible, 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ moderadamente sensible, 9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ moderadamente sensible, 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ moderadamente sensible, 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ moderadamente sensible.

De acuerdo a resultados obtenidos del extracto de *J. spicigera* sobre la cepa *C. albicans*, se propone que la concentración mínima inhibitoria para este hongo es de 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis, Microbiológico de Alimentos*. (Eds.), Facultad de Química (2da. Ed.). Universidad Autónoma de México.

[2] Vega-Ávila, E., Tapia-Aguilera, R., Reyes-Chilpab, R., Guzmán-Gutiérrez, S., Pérez-Flores, J., Velas-

co-Lezama, R. (2012). Actividad antibacteriana y antifúngica de *Justicia spicigera*. *Rev. Latinoamer. Quím.* 40/2, 75-82.

[3] Altamirano Jácome, S. E. (2013). Desarrollo de una bebida funcional elaborada a base de extracto de muicle (*Justicia spicigera*). (Tesis) Facultad de ingeniería química. Universidad veracruzana.

[4] Peña Agüero, B. (2010). Usos y aplicaciones del muicle (*Justicia spicigera schlect et schdl*) (Tesina). Diplomado de medicina tradicional mexicana. Licenciatura en Enfermería. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

[5] Girón Cruz, N. (2015). Evaluación de la actividad antidiabética y antioxidante in vitro de extractos polares de *Justicia spicigera* y elucidación estructural de los compuestos fenólicos mayoritarios. (Tesis). División de estudios de posgrados. Universidad Tecnológica de la Mixteca.

[6] Odds FC, Brown AJP, Gow NAR. (2003). Antifungal agents: mechanisms of action. *Trends Microbiol.* 11: 272-9.

[7] Barrera Necha, LL y García Barrera LJ. (2008). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium sp.* Aislado de papaya (*Carica papaya*). *UDO Agrícola*, 8 (1): 33-41.

[8] Vega-Ávila et al. (2012). Actividad antibacteriana y antifúngica de *Justicia spicigera*. *Rev. Latinoam. Quím [online]*. 40 (2): 75-82.

[9] Jacobo-Salcedo et al. (2011). Antimicrobial and cytotoxic effects of Mexican Medicinal Plants. *NPC Natural Product Communications*, 6 (12): 1925-1928.

[10] Murillo-Álvarez, J.I., Encarnación, D.R., Franzblau, S.G. (2001). Antimicrobial and cytotoxic activity of some medicinal plants from Baja California Sur (México). *Pharmaceutical Biology* 39:445-449.



Mecánica
de
Materiales

Ingeniantes

Diseño y evaluación de una pulidora de piezas de fundición usando maíz como abrasivo



Colaboración

Maria Guadalupe Santillan Valdelamar; Francelin Dimas Díaz; Sergio Serrano González, Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo

RESUMEN: El presente trabajo tiene como finalidad diseñar y construir una máquina que proporcione pulido a piezas metálicas de manufactura mediante movimiento vibratorio que ayudará a las pequeñas y medianas empresas de la región del Valle del Mezquital que necesitan realizar procesos de tratamiento de superficies y aumentar la calidad en los productos metal mecánicos que ofrecen. El diseño de la máquina se realiza aplicando la metodología de diseño mecánico el cual consta de la tolva, la bancada, el sistema de suspensión, el motor y el sistema de vibración usando el software Solid Works. Se construye la máquina de pulido utilizando distintos materiales con un peso total de 163.86kg, se realiza una prueba general de funcionamiento con 3 piezas metálicas diferentes: polea de aluminio, placa de acero y pedal de aluminio sometidos a 30 minutos al proceso de pulido utilizando maíz como abrasivo. El resultado fue la eliminación del 50% de óxido en la polea, sin cambios en la placa de acero y reducción del 30% de óxido en el pedal.

PALABRAS CLAVE: Abrasivos, diseño, movimiento vibratorio, piezas mecánicas, prueba de funcionamiento, pulido.

ABSTRACT: The purpose of this paper is to design and build a machine that provides polished metal parts for manufacturing by vibratory movement that will help small and medium-sized companies in the Valle del Mezquital region that need to perform surface treatment processes and increase quality in the mechanical metal products they offer. The design of the machine is carried out applying the mechanical design methodology which consists of the hopper, the bedplate, the suspension system, the motor and the vibration system using the Solid Works software. The polishing machine is built using different materials with a total weight of 163.86kg, a general performance test is performed with 3 different metal parts: aluminum pulley, steel plate and aluminum pedal subjected to 30 minutes to the polishing process using corn as abrasive. The result was the elimination of 50% of oxide in the pulley, without changes in the steel plate and 30% reduction of rust in the pedal.

KEYWORDS: Abrasives, design, vibratory movement, mechanical parts, performance test, polishing.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de superficies consiste en la modificación de la microestructura y/o la composición superficial de un componente mediante métodos mecánicos, físicos o químicos, que pueden implicar el aporte de otro material para cambiar las propiedades superficiales del mencionado componente. Una de sus consecuencias más importantes es que permite alargar significativamente la vida útil de todo tipo de componentes empleados en un gran número de aplicaciones industriales. Por otra parte, colabora de forma significativa a disminuir la fricción entre componentes. [1]

El pulido es un proceso de abrasión utilizado para eliminar muy pequeñas cantidades de metal de una superficie que debe ser plana con precisión a un tamaño y cabalmente lisa, ayuda a aumentar la duración al desgaste de una pieza, proporcionar un mejor sellado

y eliminar la necesidad de empaquetaduras o sellos. El pulido solo elimina aproximadamente 0.0005 plg. (0.01mm) de material. [2]

Los tratamientos mecánicos también conocidos como limpieza mecánica implica la remoción física de suciedad e incrustaciones de una pieza de trabajo mediante abrasivos o acciones mecánicas similares. Con frecuencia, los procesos usados para limpieza mecánica sirven para funciones adicionales a la limpieza, como la remoción de rebabas y el mejoramiento del acabado superficial. Los diferentes procesos mecánicos a utilizar dependerán del tipo de material a pulir, la dureza del material, su forma y la rugosidad inicial que este posea. [3]

Para realizar los tratamientos de pulido existen diversos equipos y máquinas, las máquinas de pulido vibratorias ofrecen infinidad de ventajas; eliminan rebabas en todo tipo de piezas, ideales para partes delicadas o complicadas, acción de corte profunda, reducción de tiempo de proceso, revisión continua del proceso, construcción práctica y económica comparada con otros equipos de pulido.

En la actualidad hay empresas con una gran variedad de máquinas de pulido y con avanzada tecnología, pero con costos elevados y dimensionales enfocadas al sector industrial para grandes cantidades de piezas a pulir.

Hoy en día se utilizan diferentes métodos para dar un perfecto acabado a piezas de manufactura, el sandblasteo es un método que comúnmente se utiliza en el sector industrial, con esta técnica se puede limpiar, pulir, desbastar cualquier superficie, con un bajo costo si se compara con otros métodos utilizados.

En México las pequeñas y medianas empresas como son los talleres de torno, de fresado, talleres mecánicos o empresas donde realizan pequeñas piezas deben realizar un proceso de pulido a sus piezas para que sean de calidad sin embargo los costos de las máquinas comerciales no les permiten adquirirlas.

Actualmente en el Estado de Hidalgo hay pequeñas y medianas empresas que se dedican a la fabricación y elaboración de productos metálicos por lo que una máquina de pulido vibratoria será de gran beneficio ya que aumentará la calidad y presentación de sus productos además de que la máquina de pulido vibratoria es económica comparada con otros equipos y puede dar tratamiento a variedad de piezas metálicas.

El propósito de este trabajo es diseñar y construir una máquina que proporcione pulido a piezas metálicas de manufactura mediante movimiento vibratorio para ayudar a las pequeñas y medianas empresas de la región del Valle del Mezquital que necesitan realizar procesos

de tratamiento de superficies y aumentar la calidad en los productos metal mecánicos que ofrecen.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología a desarrollar en este proyecto es el Proceso de Realización de Producto (PRP) donde se abarcan cuatro funciones, las cuales son: diseño, desarrollo o construcción, prueba de funcionamiento y documentación de diseño. [4]

El diseño mecánico está basado en [5], el cual es utilizado para obtener un producto útil en este caso una máquina de pulido vibratoria; que satisfaga la necesidad de proporcionar pulido a piezas metálicas de manufactura, además de ser seguro, confiable económico y de manufactura práctica. Los parámetros del diseño se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de diseño de la máquina

Elementos	Características
Tolva	Volumen de 0.4425 m ³
Sistema de suspensión	Peso a soportar de 550 kg.
Bancada	Peso a soportar de 110 a 1000 kg.
Sistema vibratorio	Capacidad para mover la tolva y el abrasivo.
Motor eléctrico	Potencia de 3 HP y velocidad de giro de 1800 rpm.

Fuente: Elaboración propia

Para elaborar el diseño de la máquina de pulido se utilizó el software Solid Works en el cual todas las cotas están en milímetros (mm). En la figura 1 se muestra el diseño de la máquina de pulido vibratoria con vista isométrica con proyecciones de la máquina y sus subelementos.

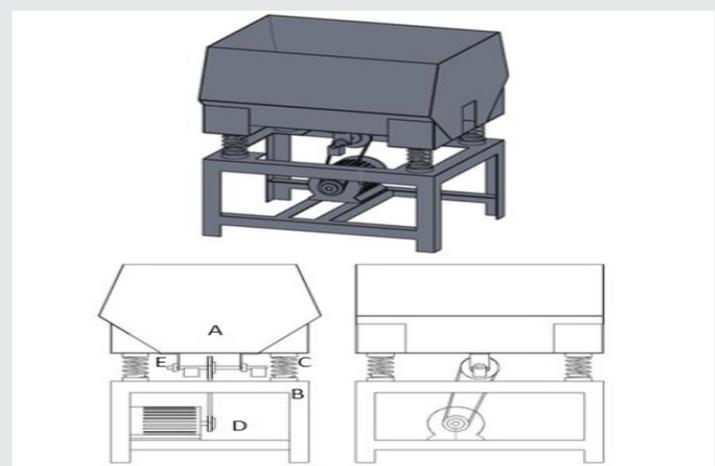


Figura 1. Vista isométrica y subelementos

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe el proceso de fabricación de cada elemento, así como los materiales utilizados.

Tolva.

Para las paredes laterales se emplearon 2.32m² de lámina galvanizada lisa, calibre 12, espesor 2.6924mm y peso 21.06kg/m². La base interior fue hecha con 0.64m² de lámina rollada en caliente calibre 10, espesor de 3.42mm y peso de 26.847kg/m². En la figura 2 se presenta el diseño de la tolva.

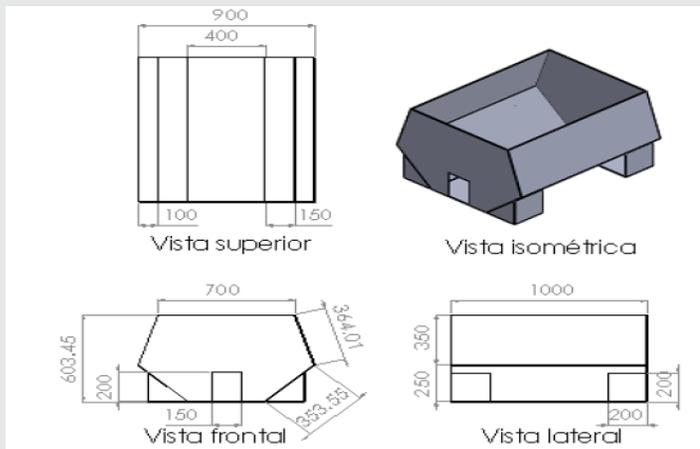


Figura 2. Diseño de la tolva
Fuente: Elaboración propia

Bancada.

La bancada se define como un elemento sobre el que se monta la máquina y donde recaerá el peso, diseñada para no sufrir daño o deformación. Se utilizaron 5.8m² de ángulo de acero estructural A36. En la figura 3 se presenta el diseño de la bancada en sus diferentes vistas.

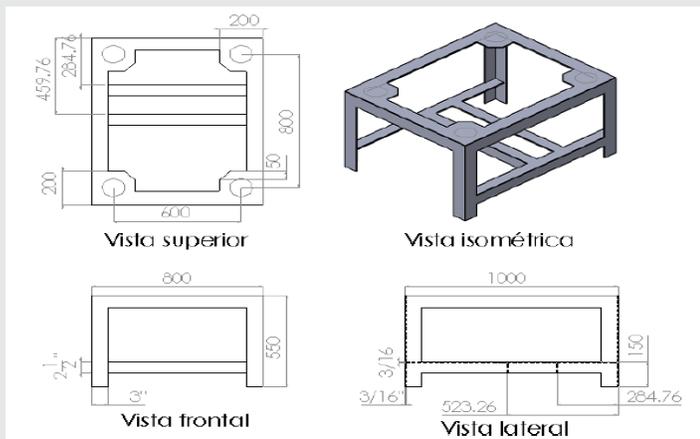


Figura 3. Diseño de la bancada
Fuente: Elaboración propia

Sistema de suspensión.

Su función es aislar las vibraciones de la tolva, para que no se transmitan a la bancada. En la tabla 2 se muestran las medidas acondicionadas para este sistema.

Tabla 2. Dimensiones de los subelementos del sistema de suspensión.

Elemento	Función	Material	Dimensiones (mm)		
			Ángulo interior	Ángulo exterior	Longitud
Pivotes exteriores	Evitar que los resortes salgan de su posición cuando vibre la tolva.	Acero al carbono A36	75	100	100
Pivotes internos	Evitar que el resorte se pandee durante la vibración.	Acero al carbono A36	25.4	74	50
Resortes	Ser un muelle elástico que evite la propagación de vibración a todo el sistema.	Acero estirado en duro 0.60 a 0.70 C, alambre de 10 mm.	80	100	190

Fuente: Elaboración propia

Sistema de vibración.

Su función principal es hacer vibrar la tolva por medio de transmisión de potencia con poleas mostrado en la figura 4. Se transfiere la potencia del motor a través de la polea A a la B, por medio la correa C, la polea A hace rotar el eje D, el cual, tiene movimiento rotativo mediante los baleros E. Para desbalancear la rotación del eje D, se le agregan contra pesos F de manera excéntrica, para desbalancear el eje C, lo que producirá vibración. Para que la tolva vibre se debe unir el elemento G en la parte inferior de la tolva.

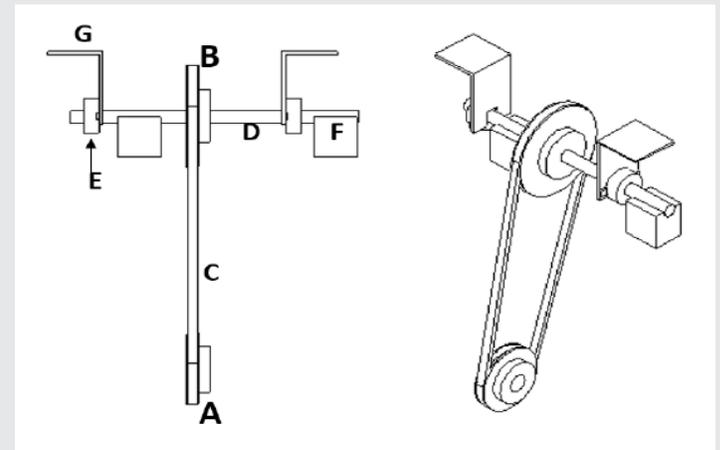


Figura 4. Sistema de vibración de la máquina.
Fuente: Elaboración propia

Los materiales para la fabricación de la polea son aluminio A329 para las poleas de sistema vibratorio y acero estructural A36 para el eje, los contrapesos y el balero.

Ensamble Final.

En la etapa final se ensamblan todos los elementos que constituyen la máquina de pulido como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Ensamble final
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se muestran los pesos de cada componente y el total.

Tabla 3. Peso de cada subelemento de la máquina

Elemento	Carga concentrada (kg)
Tolva	61.00
Resortes	7.00
Bancada	52.86
Motor	41.00
Contrapesos	2.00
Total	163.86

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

En las pruebas de funcionamiento se verificó que los elementos de la máquina como la tolva, la bancada y los resortes resisten el proceso de pulido [6].

El funcionamiento de la máquina consiste en transferir la potencia de un motor trifásico de 3HP mediante un conjunto de poleas que hacen rotar el eje que está unido a la tolva, para provocar la vibración se desbalancea el eje con contrapesos excéntricos sobre resortes helicoidales de compresión para aislar la vibración del resto de la máquina a la tolva. Para transmitir la vibración se adaptó un eje conectado directamente a la tolva.

En el funcionamiento de la máquina se observa que los resortes aíslan la vibración del resto de los elementos de máquina haciendo que solo vibre la tolva.

Se realizó una prueba general de funcionamiento en la máquina de pulido sometiendo a tratamiento tres piezas de distinto material, características y dimensiones, utilizando 50Kg de maíz como abrasivo.

Prueba 1.

En la figura 6 se presenta una polea de aluminio A329 sometida 30 minutos de vibración en la tolva. Como resultado se eliminó 50% de óxido de la superficie de la polea.



Figura 6. Polea A329 antes y después
Fuente: Elaboración propia

Prueba 2.

En la figura 7 se presenta una placa de acero A36 sometida 30 minutos de vibración en la tolva. El resultado fue sin cambios debido a la dureza del acero con respecto al abrasivo utilizado.



Figura 7. Placa de acero A36 antes y después
Fuente: Elaboración propia

Prueba 3.

En la figura 8 se presenta un pedal de aluminio sometido 30 minutos de vibración en la tolva. El resultado observado fue la eliminación de óxido de la superficie del pedal en aproximadamente 30%.

Los resultados observados en las piezas de prueba una vez sometidas a la máquina de pulido solo se logra retirar impurezas, óxido y ralladuras.

CONCLUSIONES

Al concluir las pruebas no se comprobó la funcionalidad de la máquina de pulido debido a la utilización de maíz como abrasivo.



Figura 8. Pedal de aluminio antes y después

Fuente: Elaboración propia

[6] Budynas G. Richard, Keith Nisbeth J., (2008), *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, the Mc Graw Hill*.

Finalmente, el resultado de pulido en las piezas metálicas no es el esperado ya que no se desprenden pequeñas cantidades de metal por lo que la máquina no proporcionó pulido a piezas de manufactura, solo eliminó imperfecciones como óxido, suciedad y ralladuras.

RECOMENDACIONES

Para futuras pruebas se recomienda utilizar abrasivos especiales como cerámicos, plásticos o sintéticos para lograr el pulido en las piezas metálicas como se desee, aumentar un tiempo mayor a 30 minutos de tratamiento, recalcular eje y poleas para aumentar vibración y cambiar la potencia del motor a más de 3 HP. Por otro lado se sugiere colocar a lo más 250kg de abrasivo en la tolva.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Agüero (2007), *Ingeniería de superficies y su impacto medio ambiental*, *Revista de Metalurgia*, 43(1), <https://doi.org/10.3989/revmetalm.2007.v43.i1.53>

[2] Steve F. Krar, A. R. (2009), *Tecnología de las Máquinas Herramientas*, Sexta edición, Editorial Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.

[3] Groover P. Mikell, (2007), *Fundamentos de manufactura moderna tercera edición*, *Materiales procesos y sistemas*, capítulo 28 limpieza y tratamientos superficiales pp.660, 665. Mc Graw Hill.

[4] Prziembel, C.E.G (1995), *Integrating the product realization process (PRP) into the undergraduate curriculum; curriculum development project of the asme council on education New York: the American society of mechanical engineers*.

[5] Mott I. Robert, (2004), *Diseño de elementos de máquinas*, Cuarta edición, Pearson education.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Implementación del enfoque de marketing digital utilizando la minería de opiniones para la determinación de estrategias de mejora en una empresa panificadora

RESUMEN: En la actualidad el 80% de las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en México, fracasan durante los primeros dos años de creación, de acuerdo con información del Centro de Desarrollo para la Competitividad Empresarial. En la mayoría de los casos, dicho fenómeno se deriva por la ausencia de estrategias de marketing orientadas al incremento de la competitividad. Uno de los factores que mejora la capacidad competitiva en una empresa, es la satisfacción de los clientes, que son una parte fundamental para poder mantenerse en el mercado. Por lo tanto, este proyecto tuvo como propósito ayudar a una empresa panificadora de la ciudad de Orizaba, Veracruz, a conocer mejor su mercado en el que opera a través de las Tecnologías de la Información y llevarla a un proceso de transformación digital. Se aplicó la técnica de Minería de Opiniones en redes sociales para el análisis de los componentes subjetivos que están implícitos en los contenidos generados por los usuarios en internet, lo que permitió conocer sus gustos, necesidades, afinidades y preferencias de consumo, por consiguiente, dicha información sirvió de apoyo para brindar las recomendaciones necesarias en la reestructuración de los procesos de negocio.

PALABRAS CLAVE: Competitividad Empresarial, estrategias de marketing, mercado objetivo, Minería de Opiniones, Pymes, redes sociales, satisfacción de los clientes, Tecnologías de la Información.



Colaboración

Milton Amaury Robles Domínguez; Eduardo Roldán Reyes; Gabriela Cabrera Zepeda, Instituto Tecnológico de Orizaba

ABSTRACT: At present, 80% of small and medium enterprises (SMEs) in Mexico fail during the first two years of creation, according to information from the Development Center for Business Competitiveness. In most cases, this phenomenon derives from the absence of marketing strategies aimed at increasing competitiveness. One of the factors that improves the competitive capacity of a company is customer satisfaction, which is a fundamental part of being able to stay in the market. Therefore, this project was intended to help a baking company in the city of Orizaba, Veracruz, to better understand its market in which it operates through Information Technologies and take it to a process of digital transformation. The Mining of Opinions technique was applied in social networks for the analysis of the subjective components that are implicit in the contents generated by the users on the internet, which allowed knowing their tastes, needs, affinities and consumption preferences, consequently, this information served as support to provide the necessary recommendations in the restructuring of business processes.

KEYWORDS: Business Competitiveness, marketing strategies, target market, Opinion Mining, SMEs, social networks, customer satisfaction, Information Technologies

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con información publicada de Google México, existen 4.2 millones de unidades económicas en el país y el 99.8% son consideradas pequeñas y medianas empresas (Pymes), las cuales contribuyen al 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y sólo el 27% de ellas tienen presencia en internet, ya sea a través de redes sociales, sitios web o geolocalización [1]. Se conoce

que el 50% de las pequeñas y medianas empresas mexicanas fracasan durante el primer año, incrementándose a un 75% en el segundo año, esta situación se le atribuye a que dichos negocios no cuentan con una estrategia que les asegure la continuidad y crecimiento en el mercado [2].

En los últimos años, el marketing ha evolucionado rápidamente por las grandes empresas, diversificando sus enfoques, técnicas y herramientas, las cuales, muchas de ellas han sido desarrolladas por las actuales Tecnologías de Información y Comunicación (TICS) y que lograron integrarlas a sus diferentes estrategias organizacionales para mantenerse en la competencia de los mercados a nivel mundial. Según un estudio de la compañía SAP, cuatro de cada cinco Pymes de todo el mundo perciben beneficios tangibles a medida que se embarcan en un proceso de transformación digital [3].

Debido a las grandes investigaciones de la llamada revolución científico-tecnológica, cada vez se fortalece una tendencia en el desarrollo de la civilización industrial y que ha contribuido a la aplicación creciente de las tecnologías de la información. Gracias a la expansión de la Web 2.0, los últimos años han visto un crecimiento exponencial de la información subjetiva disponible en Internet, este fenómeno ha originado interés por el análisis de la minería de opiniones, la cual, se caracteriza por ser una disciplina orientada al análisis de textos, una tarea del procesamiento del lenguaje natural en donde se busca determinar la polaridad de las opiniones expresadas por el emisor hacia un asunto u objeto determinado.

Es por ello que, un gran número de organizaciones afrontan el difícil reto de comprender y aprender sobre los cambios que ocurren en la sociedad actual, que impactan tanto en el ambiente interno y externo de las empresas. Ante esta situación, existe la necesidad de explorar herramientas cada vez más eficaces que permitan conservar y mejorar el posicionamiento en el mercado, así como la búsqueda de alternativas para mantenerse a la altura de las exigencias de los clientes.

Los datos subjetivos tienen un gran potencial, por ello, este proyecto tiene como finalidad otorgar a una Pyme del sector de panificación, los conocimientos necesarios para la aplicación de las Tecnologías de la Información que permita recopilar, analizar e interpretar los sentimientos de los cibernautas, de manera que, aporte información importante para la toma de decisiones y puedan implementarse las estrategias orientadas al desarrollo y fortalecimiento de la relación con los clientes.

El marketing digital posee algunas características que permiten que pequeñas y medianas empresas

tengan alto retorno sobre la inversión de tiempo y dinero en la comunicación vía internet, pero esto no tendría sentido sin el conocimiento del público objetivo, por consiguiente, la aplicación de la minería de opiniones es una opción viable para llevar a cabo un análisis sobre los clientes de la empresa, de manera que, pueda extraerse la mayor cantidad de información subjetiva a través de redes sociales y obtener una visión global de la valoración tanto en productos como en servicio.

En la actualidad, se incrementa el número de empresas que confía en el análisis a los comentarios generados por sus usuarios, como un indicador para medir la satisfacción de los mismos. Tradicionalmente las encuestas se han considerado como la técnica idónea para recopilar información sobre el grado de satisfacción de las personas, pero a raíz del auge de internet y en consecuencia con las grandes cantidades de información que se generan diariamente a través de este medio, las organizaciones han recurrido al procesamiento automático de las opiniones [4]; en función del procesamiento de la información recopilada dependerá la posterior toma de decisiones para la empresa, ya sea en una adecuada segmentación de consumidores, acceso a las tecnologías de la información, mayor diversificación de rango de productos e incluso la apertura de nuevos canales de venta.

ESTADO DEL ARTE

En una revisión de diferentes tesis de nivel maestría, orientadas a coadyuvar en al área de minería de textos, se encuentra la investigación denominada "Aplicación de la minería de opiniones para la extracción del conocimiento significativo durante la creación de planes estratégicos en las Pymes" [5], en la cual, se desarrollaron estrategias para el análisis de opiniones permitiendo determinar la polaridad y la recolección de retroalimentación tanto de líderes como colaboradores dentro de una organización, permitiendo extraer conocimiento implícito y poder llevar a cabo una evaluación más precisa del equipo de planeación y de los participantes de los proyectos estratégicos derivados del ejercicio de la planeación estratégica. Asimismo, en el artículo denominado "El marketing digital y su influencia en la administración empresarial" [6], se impone la búsqueda de herramientas cada vez más eficaces en aras de conservar y mejorar el posicionamiento en el mercado, así como la búsqueda de alternativas para mantenerse a la altura de las exigencias. Propone reflexionar acerca de algunas de las particularidades del marketing digital y su influencia para la administración empresarial.

OBJETIVO

Desarrollar un modelo de minería de web social aplicando la minería de opiniones como estrategia de marketing digital para una empresa de producción de bienes alimenticios.

Objetivos específicos

1. Establecer un análisis situacional sobre el mercado en el que se compite para la recolección de información de las empresas de panificación y consumidores.
2. Definir las variables independientes para comprobar las relaciones causales con el bajo nivel de preferencia en los consumidores.
3. Examinar el mercado objetivo en redes sociales mediante la minería de opiniones para identificar la polaridad de las opiniones emitidas por los clientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación, se llevó a cabo a través de medios digitales, asimismo, para la obtención de la información se utilizó la plataforma Facebook, considerada en la actualidad como una de las redes sociales más importantes en el ámbito de la comunicación, difusión y marketing de un gran número de organizaciones. Con respecto a la empresa en estudio llamada "Panadería Flores", ubicada en avenida de los censos #1541 de la ciudad de Orizaba, Veracruz, México, cuenta con una página oficial en dicha plataforma, donde tiene poco más de 3,300 seguidores y que actualmente continúa en ascenso (figura 1); además, de acuerdo con el último censo realizado en la ciudad de Orizaba por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [7], se obtuvo un registro de 120,844 habitantes y según las estadísticas, el número de viviendas asciende a 39,845 de las cuales, el 39.89% cuenta con una computadora personal y el 74.60% cuenta con teléfono móvil, siendo factores importantes y de gran impacto para la aplicación de encuestas, así como también, hallar una excelente área de oportunidad para la captación de información subjetiva a través de las tecnologías de la información.

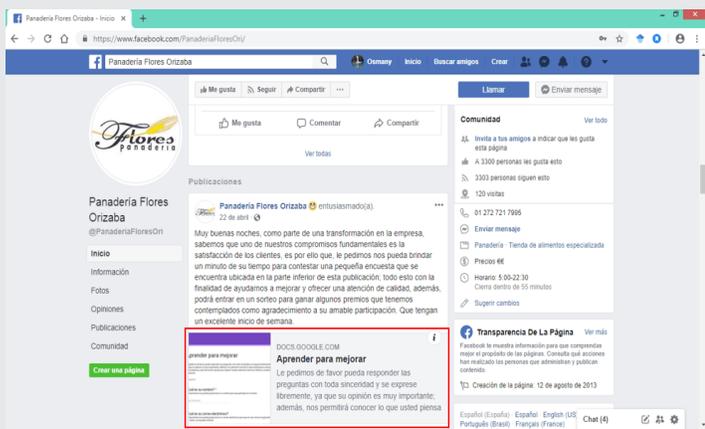


Figura 1. Página oficial de Facebook de la empresa "Panadería Flores"

Una de las áreas fundamentales del e-commerce es el marketing digital, que permite conocer exactamente qué y cómo se pretende atraer y mantener clientes, por lo tanto, la propuesta de solución se

encuentra orientada en la aplicación de técnicas y herramientas en el área de la Administración de Tecnologías de la Información. Ante la necesidad que prevalece en la empresa de adentrarse en un proceso de transformación digital, con la aplicación de la técnica de Minería de Opiniones y su previo análisis se podrá mejorar la relación comercial con los clientes y explotar nuevas oportunidades de mercado

Se debe considerar que, al igual que ocurre con otras herramientas de investigación, la realización de un plan integral de marketing digital requiere la ejecución de una serie de actividades y análisis por medio de estrategias mercadológicas y estadísticas que brinden información confiable y útil para la empresa.

Una parte fundamental para realizar un estudio estadístico de cualquier tipo, es obtener resultados confiables y que puedan ser aplicables. Para calcular el tamaño de una muestra fue necesario tomar en cuenta tres factores: 1) El porcentaje de confianza con el cuál se quiere generalizar los datos desde la muestra hacia la población, 2) El porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización, 3) El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis. Para el análisis de la competencia, se llevó a cabo un estudio que fue realizado por medio de encuestas en la ciudad de Orizaba, sin embargo, al no conocer los datos con exactitud sobre la población consumidora de productos de panificación, se estableció la siguiente fórmula para calcular el tamaño de la muestra (Ec.1):

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2} \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

Z_a = Nivel de confianza

p = Probabilidad de éxito o proporción esperada

q = Probabilidad de fracaso

d = Precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Por lo tanto, considerando que no se conoce la población total, surge la siguiente interrogante: ¿A cuántas personas tendríamos que preguntar sobre su conocimiento de empresas panificadoras en la ciudad?, y el cálculo se determinó de la siguiente manera:

Seguridad = 95%

Precisión = 3%

Proporción esperada = Se asume que puede ser próxima al 5%; que para este caso, al no tener una idea concreta de dicha proporción, se utiliza el valor $p = 0.5$ (50%) que maximiza el tamaño de la muestra. Entonces:

$Z_{0.95} = 1.962$ (Valor en tablas de la distribución normal Z, tomando 95% de seguridad)

p = Proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

$q = 1 - p$ (en este caso $1 - 0.05 = 0.95$)

d = precisión (en este caso se estima un 3%. Sustitui-

yendo las variables con sus valores correspondientes, la fórmula (Ec.2) quedó de la siguiente manera:

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}{0.03^2} = 203 \quad \text{Ec. (2)}$$

De esta manera se determinó que el tamaño de la muestra que se debe tomar en cuenta fue de 203, por lo tanto, se llevó a cabo la aplicación del número de encuestas que arrojó la fórmula antes mencionada (Ec. 2) a través de dos plataformas digitales, por lo que, para la promoción y difusión de la encuesta fue necesario lanzarla en la red social Facebook (tal y como se muestra en el recuadro rojo de la figura 1), y una vez que el usuario la haya identificado, procedió a responderla por medio de la herramienta tecnológica de "Formularios de Google", ya que brinda comodidad y confianza para el usuario en el momento de responder, desde cualquier lugar, a la hora que crea pertinente y con el dispositivo de su preferencia, así como también, ofrece una mayor velocidad en la transferencia y registro de datos en comparación con la forma de aplicación tradicional (lápiz y papel), además de contribuir al medio ambiente.

Como primer paso se estableció conocer los datos personales del usuario y acerca del consumo de pan en su vida (esta pregunta sirvió de filtro para determinar si era factible continuar con la encuesta) y la frecuencia con que lo hace, por lo que, en la tabla 1 se muestran los resultados:

Tabla 1.- Especificaciones de interruptores

Frecuencia	Consumidor	Porcentaje
Todos los días	138	67.98%
Cada 2 días	46	22.66%
Cada 3 días	8	3.94%
Ocasionalmente	11	5.42%
Total	203	100.00%

Posteriormente, el siguiente paso consistió en conocer en dónde se encontraba posicionada la empresa en estudio y, de acuerdo con los resultados de la encuesta (tabla 2), se muestra un 17.73% de preferencia por parte de los ciudadanos orizabeños:

Tabla 2. Principales competidores de la empresa

Competidor	Preferencia	Porcentaje
Panadería "Chuy"	61	30.05%
Panadería "Covadonga"	48	23.65%
Panadería "Flores"	36	17.73%
Panificadora "Ara"	24	11.82%
Panificadora "El Trillo"	11	5.42%
Pastelería "Mayita"	8	3.94%
Supermercados	5	2.46%
Otros	10	4.93%
Total	203	100.00%

Con el objetivo de almacenar la mayor cantidad de información subjetiva, la plataforma digital "Formularios de Google" permitió establecer preguntas concretas en donde cada participante tuvo la oportunidad de compartir su opinión y percepción del desempeño que ha tenido la empresa (figura 2).



Figura 2. Preguntas establecidas en "Formularios de Google"

Es importante resaltar que, una de las grandes ventajas que ofrece "Formularios de Google", es que la transferencia de información se realiza de manera automática en una hoja de cálculo de Excel, con los datos precisos de la fecha y hora en que fue contestada la encuesta por cada participante (figura 3); además, es una estrategia "verde" en pro de minimizar el impacto ambiental, ya que permite la extracción de información sin la necesidad de utilizar enormes cantidades de papel como solía realizarse hace algunos años.

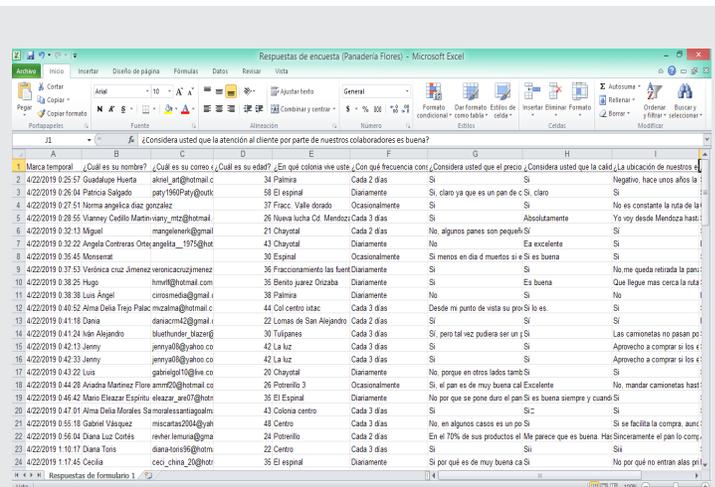


Figura 3. Base de datos sobre las opiniones emitidas en redes sociales

Del mismo modo, continuando con la extracción de información proveniente de la encuesta aplicada, se logró determinar las variables independientes que influyen en el bajo nivel de preferencia por parte de los consumidores de pan, considerando los siguientes porcentajes:

- Precio (39%)
- Ubicación (34%)
- Atención al cliente (27%)

RESULTADOS

En el mundo de la minería de datos (Data Mining) es imprescindible contar con software especializado que permita trabajar los datos para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto que se lleve a cabo. En este contexto, Rapidminer Studio permite el desarrollo de un proceso de análisis de datos mediante el encadenamiento de operadores a través de un entorno gráfico.

Una vez recolectada toda la información subjetiva a través de redes sociales, se procedió a implementar la técnica de Minería de Opiniones con la ayuda del software Rapidminer, de manera que, se logró detectar la polaridad de las opiniones emitidas por los encuestados. Más allá de una polaridad básica, también se puede obtener un valor numérico dentro de un rango determinado, que de alguna forma trate de obtener un “rating” objetivo asociado a una determinada opinión.

Para la correcta ejecución del algoritmo de clasificación, se implementaron 3 etapas: 1) Preprocesamiento: en donde se importó el archivo de Excel con las opiniones de los clientes y se establecieron los operadores correspondientes. El programa cuenta con diversos operadores para diferentes tipos de análisis, sin embargo, para esta investigación se utilizó Filter Stopwords, con el fin de eliminar aquellas palabras como preposiciones, pronombres, entre otros; que no tienen un significado en concreto y además, no aportan información relevante en la polaridad de las opiniones. 2) Entrenamiento: en donde se entrena un algoritmo “Máquina de Soporte Vectorial” (SVM, por sus siglas en inglés) para posteriormente validarlo. 3) Procesamiento: en donde se ingresó el texto u opinión a analizar.

En la figura 4, se observa el Layout (esquema de distribución de los operadores) para la variable “Precio”, y al realizar la ejecución del programa, se obtuvo 62.1% de opiniones negativas, mientras que, solo un 37.9% de opiniones positivas mostradas en la figura 5:

Mientras tanto, ocurre algo similar con las otras variables, dando como resultado un 73.1% de opiniones negativas y 26.9% de opiniones positivas para la variable “Ubicación” (figura 6); de manera simultánea, para la variable “Atención al cliente” se obtuvo un

76.2% de opiniones negativas y 23.8% de opiniones positivas (figura 7).

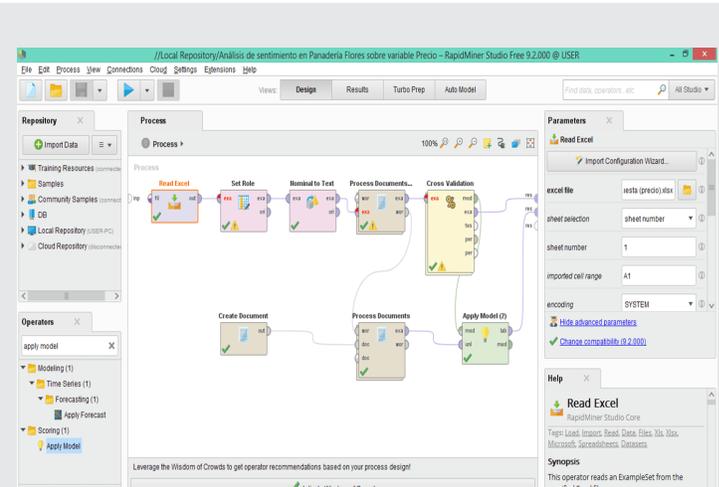


Figura 4. Esquema de distribución de los operadores en Rapidminer para la variable “Precio”

Row No.	prediccion(Sentimiento)	confidenc(Positive)	confidenc(Negative)	accesibles	acceso	aceptable	ati
1	Negativo	0.379	0.621	0	0	0	0

Figura 5. Porcentajes obtenidos del análisis de la polaridad de las opiniones para la variable “Precio”

Row No.	prediccion(Sentimiento)	confidenc(Positive)	confidenc(Negative)	acá	adelantes	atenera	agua
1	Negativo	0.269	0.731	0	0	0	0

Figura 6. Porcentajes obtenidos del análisis de la polaridad de las opiniones para la variable “Ubicación”

derablemente en el elevado porcentaje de opiniones negativas que arrojó la Minería de Opiniones.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se pudo confirmar que, las personas no se encuentran satisfechas con los precios de los productos ofrecidos por la empresa, así como también, les resulta complicado adquirir sus productos en las sucursales debido a la lejanía en que se localizan; otro aspecto importante a considerar, es la atención al cliente, que muestra el porcentaje más alto en opiniones negativas, lo que demuestra que la empresa tiene severas deficiencias en la relación y comunicación con sus clientes.

La información obtenida de la Minería de Opiniones ha sido un gran aporte para la empresa, ya que no tenía conocimiento sobre las debilidades que está presentando. En este proyecto, se logró conocer las estadísticas que mostraron los datos subjetivos mediante la aplicación de algoritmos de Machine Learning, que es una disciplina científica de la Inteligencia Artificial, y que contribuyó satisfactoriamente a la identificación de patrones en los datos previamente almacenados y analizados, permitiendo a una empresa conocer los sentimientos de sus clientes y así, poder reestructurar sus procesos y aprovechar eficientemente los recursos con una adecuada planeación estratégica.

Hecha esta salvedad, se recomienda a la gerencia replantear sus estrategias de negocio para poder obtener un mejor posicionamiento en el mercado, o al menos, no continuar en declive que pueda provocar su desaparición, fenómeno que afecta a la gran mayoría de las pequeñas y medianas empresas del país.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Paredes, S. (2018). Forbes. Consultado el 15 de Diciembre de 2018, de la página electrónica <https://www.forbes.com.mx/solo-3-de-cada-10-pymes-mexicanas-estan-en-internet-google/>

[2] Salcedo, B. (2015). MHigh Marketing. Consultado el 5 de Enero de 2019 de la página electrónica <http://www.mhigh.com.mx/blog/consecuencias-de-la-falta-de-marketing-estrategico>

[3] SAP. (2017). SAP Digital Business. Consultado el 23 de Noviembre de 2018, de la página electrónica <https://www.sap.com/latinamerica/trends/digital-transformation.html>

[4] Romero, M. (2016). Infotecarios. Consultado el 19 de Diciembre de 2018, página electrónica: <http://www.infotecarios.com/mineria-opinion-una-tecnica-analisis-informacion-linea/#.XC8AkDBKjcd>

[5] Conde, S. (2017). Aplicación de la minería de opiniones para la extracción del conocimiento sig-

Row No.	prediccion(Sentimiento)	confianza(Positivo)	confianza(Negativo)	actual	altura	agradable	ati
1	Negativo	0.238	0.762	0	0	0	0

Figura 7. Porcentajes obtenidos del análisis de la polaridad de las opiniones para la variable “Atención al cliente”

Por otra parte, se procedió a realizar un análisis de nube de tags, que suele ser una técnica o recurso de marketing visual, a través de la cual, coadyuva a complementar los resultados obtenidos, que para este caso, permitió conocer el número de palabras clave del conjunto de información que se ejecutó en Rapidminer. De manera que, para esta tarea, se requirió la ayuda de una página web especializada que utiliza su propio algoritmo para mejorar la experiencia del usuario, e incluso, facilitar la visibilidad de lo más solicitado, así como también, contribuyó a ampliar el panorama de la gerencia en poder determinar lo que funciona y lo que no, dentro de la empresa.

Se observa en la figura 8, el análisis de nube de tags sobre la información extraída de las encuestas y, de acuerdo con el texto ilustrativo, nos comprueba que las palabras más usadas por los encuestados fueron: negativo, caro, elevado, malo, entre otras.



Figura 8. Nube de tags

En consonancia con lo anteriormente expuesto, las palabras emitidas por los encuestados repercuten consi-

nificativo durante la creación de planes estratégicos en las Pymes. Orizaba. Instituto Tecnológico de Orizaba.

[6] Salazar Corrales, A., Paucar Coque, L. M., & Borja Brazales, Y. (2017). *El marketing digital y su influencia en la administración empresarial. Dominio de las Ciencias*, 1161 - 1171.

[7] Inegi. (2017). *El Mundo de Orizaba*. Consultado el 3 de Diciembre de 2018, de la página electrónica <https://www.pressreader.com/mexico/el-mundo-de-orizaba/20170905/281573765843768>



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Producción de azúcar a partir de sorgo dulce; una alternativa ambiental y económica para la agroindustria mexicana

RESUMEN: La relevancia de la industria azucarera en México se manifiesta en la aportación que tiene está, generando el 0.4% del PIB nacional, siendo la cuarta agroindustria más productiva del país. Esta se encuentra presente en 227 municipios y 15 estados de la República. En México la materia prima utilizada en esta industria es la caña de azúcar, sin embargo, en el periodo 2013-2018 los precios del producto han ido en aumento en el país, causado principalmente por la introducción de los edulcorantes artificiales y productos no calóricos, ocasionando un menor poder adquisitivo en las familias mexicanas. El grupo de investigación del ITVer está desarrollando nuevos procesos enfocados a la diversificación del sorgo dulce, en ese sentido uno de los productos de interés es el azúcar de sorgo dulce a partir de la variedad RB CAÑAVERAL, la cual tiene las siguientes características: altos contenidos de azúcares, resistencia a sequías e inundaciones y bajos requerimientos hídricos, entre otros. Este cultivo origina rendimientos de hasta 109 kg de azúcar por tonelada de sorgo dulce, y su producción en campo es de tres veces al año, estas características del sorgo son una oportunidad para mitigar el impacto ambiental y mejorar la agroindustria debido a los bajos costos como materia prima.

PALABRAS CLAVE: Sorgo dulce, azúcar, procesos, agroindustria



Colaboración

Leidy Yarely Lopez Olivares; Noe Montes García; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; María Guadalupe Aguilar Uscanga, Instituto Tecnológico de Veracruz - UNIDA

ABSTRACT: The relevance of the sugar industry in Mexico is demonstrated by its 0.4% contribution to the national PIB, being the fourth most productive agribusiness in the country. It is present in 227 municipalities and 15 states of the Republic. In Mexico, the raw material used in this industry is sugarcane; in the 2013-2018 period the prices of the product have been increasing in the country, mainly caused by the introduction of artificial sweeteners and non-caloric products, causing less purchasing power in Mexican families. The ITVer research group is developing new processes focused on the diversification of sweet sorghum, one of them being to produce sweet sorghum sugar from the RB CAÑAVERAL variety which has the following characteristics: high sugar content, resistance to droughts and floods, low water requirements, among others. This crop, harvested three times a year, produces yields of up to 109 kg sugar per ton of sweet sorghum. These characteristics provide an opportunity to mitigate the environmental impact and to improve agribusiness due to its low cost as a raw material.

KEYWORDS: Sweet sorghum, sugar, process, agribusiness.

INTRODUCCIÓN

El endulzante por excelencia mundial desde hace muchos siglos es la azúcar (sacarosa) la cual se obtiene principalmente de la caña de azúcar y la remolacha, mundialmente se produce en alrededor de 127 países, excediendo las más de 180 millones de toneladas al año, los primeros lugares en producción de azúcar son Brasil con 40 millones de toneladas, India con 32 millones, Unión Europea con 20 millones, Tailandia con cerca de 15 millones, China con 10 millones, Estados Unidos con casi 8 millones y México con más de 6.4 millones de toneladas (DOF, 2018). México ocupa el séptimo lugar en producción y en consumo mundial (Verguera, 2018). De acuerdo a la información brindada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en promedio un mexicano consume de 42 a 52 kg de azúcar al año (López, 2018). El Comité Nacional para el Desarrollo

Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), registra que esta agroindustria proporciona alrededor de 930 mil empleos directos, aproximadamente 2.2 millones de empleos indirectos, y es considerada una actividad importante por su impacto social y económico; representa el 0.4% del PIB nacional, el 11.6% del PIB primario, y 2.5% del PIB manufacturero.

La industria azucarera nacional está conformada por 51 ingenios los cuales están distribuidos en 15 estados de la república destacándose Veracruz con 18 (CNIAA, 2018), se producen varios tipos de azúcar en los que se encuentran refinada, estándar, blanco especial y mascabado, las cuales satisfacen en su totalidad la demanda nacional que en este ciclo fue de 4.1 millones de toneladas (CONADESUCA, 2019). La materia prima fundamental en México para la industria azucarera es la caña de azúcar, la cual es una gramínea tropical de tallo macizo de 2 a 5 m de altura, con 5 o 6 cm de diámetro, cilíndrico, alargado y sin ramificaciones, dividido en nudos y entrenudos, donde se almacena el azúcar (López, 2018). Cabe mencionar que en el periodo 2013-2018 el precio del azúcar se ha visto en aumento, de acuerdo a la información brindada por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), derivado de diferentes circunstancias en las que destaca la introducción de edulcorantes artificiales o productos no calóricos al mercado nacional, el cual va en aumento cerca del 40% anual (CONADESUCA, 2019), así como también el incremento del costo de la materia prima y los tiempos de pérdida en los periodos de zafra incrementando los costos de producción, mantenimiento, etc., ocasionando un menor poder adquisitivo en las familias mexicanas. Debido a estas circunstancias es que se ve la necesidad del desarrollo de nuevas alternativas que maximicen los rendimientos de producción y además contribuyan a minimizar los efectos en los suelos, tal es el caso del sorgo dulce, cuyo cultivo cuenta con características similares a la caña de azúcar, pero con beneficios económicos y ambientales.

El sorgo dulce (*Sorghum bicolor*, (L.) Moenc) es un cultivo que puede ser utilizado para producir azúcar, alcohol y biocombustible. Se piensa que antes de ser registrado en la historia fue producido en la India y en Siria desde 700 años A. C. Se considera al sorgo como el quinto cereal más importante del mundo (Núñez, 2008). Se registra que los principales países productores son Estados Unidos con más de 12 millones de toneladas, India con 9 millones, México con 7 millones, China con más de 6 millones, Nigeria con casi 5 millones, Argentina con 2 millones, Sudán con 2 millones, Etiopía con casi 2 millones y Australia con más de un millón de toneladas (FAO, 2019). México está situado en el tercer lugar de producción mundial con 7.1 millones de toneladas al año, proporcionando alrededor del 11% de las cosechas mundiales (FAO, 2019). En términos de ubicación geográfica, alrededor del 85%

de las cosechas anuales se obtienen en sólo cinco entidades federativas, que en orden de importancia son: Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Sinaloa, las cuales reportan producción en ambos ciclos agrícolas, destacando el ciclo primavera-verano con el 63% de la producción anual, (FAO, 2019). Existen diversas variedades de sorgo dulce (RB cañero, Dale, Etanol, Huasteco y Norteño entre otros) con tallos ricos en azúcares, granos y biomasa los cuales pueden ser utilizados para la fabricación de diversos productos de interés biotecnológico considerando el aprovechamiento integral de toda la planta (Montes et al., 2010). Este potencial lo hace un cultivo muy atractivo para la obtención de diversos productos tales como: bioetanol, ácidos orgánicos (acético, láctico y succínico), endulzantes (azúcar y jarabe de alta fructosa), edulcorantes (xilitol, manitol y sorbitol) y bebidas alcohólicas (ron y alcohol de sorgo) entre otros.

Se ha estudiado que el tallo del sorgo dulce concentra grandes cantidades de azúcar (Uribe et al., 2017); entendiendo que estas cantidades pueden ser similares o más altos que los de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), aunque el mecanismo de acumulación del azúcar es diferente (García, 1986); se tiene estipulado que la caña de azúcar requiere al menos de 12 a 16 meses de clima tropical para madurar, mientras que el sorgo requiere de 3 a 5 meses, es tolerante a la sequía, salinidad e inundaciones, además puede llegar a medir de 1 a 3 m dependiendo la superficie (Bueno, 2009). La composición físico-química del sorgo dulce varía según la variedad, estadio de la planta y condiciones de cultivo, en promedio los azúcares del sorgo dulce consisten de 85 % (en peso) de sacarosa, 9 % glucosa y fructosa 6 % en promedio, y sólo sacarosa se puede convertir fácilmente en azúcar blanco (Silva et al., 2016).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar que, debido a la composición de azúcares en el sorgo dulce, es una excelente alternativa para la agroindustria azucarera en México, de forma que se puede integrar en cualquier ingenio debido a la naturaleza y similitud del proceso de producción con la azúcar de caña, pero a la vez minimizando la problemática económica y ambiental que actualmente se tiene con el cultivo de caña.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materia Prima:

Para llevar a cabo este estudio, primero se realizó una investigación enfocada a la selección de la materia prima considerando las variedades de sorgo dulce generadas y registradas por el INIFAP ante el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), estas variedades que se seleccionaron fueron: RB Cañaveral, RB-Cañero, G-Star 501 y Tanol 2, ya que fueron las que contenían mayor cantidad de azúcares y se encuentran registradas ante el SNICS,

lo que tiene la ventaja de que se puede disponer de estas semillas en México sin depender de otros países.

Proceso de Producción:

La planta piloto de bioetanol de primera y segunda generación que se encuentra ubicada en el Instituto Tecnológico de Veracruz, tiene como función el desarrollo de nuevos procesos o alternativas para el mercado de los biocombustibles, pero de la mano, se desarrollan proyectos de investigación en los que se encuentra la producción de azúcar de sorgo dulce, que de acuerdo a la literatura requiere del mismo proceso de producción del azúcar de caña, proporcionando rendimientos similares, actualmente una tonelada de caña genera cerca de 112 kg de azúcar (CONADESUCA, 2019), mientras que una tonelada de sorgo dulce genera alrededor de 109 kg generando un panorama positivo para la producción de azúcar a base de sorgo dulce (Gnansounou, 2005). Actualmente la planta piloto cuenta con una capacidad de producción de 4 toneladas diarias, lo que desde un punto de vista industrial es bastante bajo para definir si el proyecto es rentable o no, es por eso, que se analizó cada una de las etapas, entradas y salidas, se realizó un escalonamiento para una planta con capacidad de 200 toneladas diarias y con los datos obtenidos de los balances de materia y energía, así como el análisis económico se compara esta nueva tecnología con la actual tecnología que tienen los ingenios, para definir si es competitivo.

Mercado:

Para el estudio de mercado en el que se aborda la demanda y oferta que existe del producto, se llevó a cabo una investigación a través de diferentes fuentes de información y bases de datos tales como: Comité Nacional para el Desarrollo de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) y la Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcohólicas (CNIAA), basado en datos históricos que se tienen registrados, con estos datos se realizó una regresión lineal para determinar la relación existente entre las variables y determinar la ecuación de regresión, con la cual se hace un pronóstico del comportamiento que pueden tener a futuro estos dos factores.

El análisis de la regresión lineal se determinó mediante el software Excel, partiendo de la ecuación de regresión (Ecuación 1).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde: Y_i es la variable dependiente; X_i es la variable independiente; β_0 es la ordenada al origen y β_1 es la pendiente de la función. Se realizó el diagrama de dispersión en el software mencionado, posteriormente se prosiguió a obtener la ecuación de regresión mediante la línea de tendencia que representan los datos y así poder conocer la proyección que siguen la oferta y demanda nacional.

Por otra parte, para conocer los precios que se están obteniendo de este producto a nivel nacional e internacional se consultó el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SIIM) encargada de proporcionar el comportamiento de los precios de productos agrícolas, pecuarios y pesqueros en los mercados nacionales e internacionales, y por otra parte se consultó el Contrato N°11 de New York, quien se encarga de operar los precios del azúcar a nivel internacional la cual se realiza en centavos americanos por libra inglesa, la comercialización de azúcar comprende 12 meses de los cuales iniciando en el mes de octubre y finalizando en septiembre (Magallón, 2014).

Así también se analizó el estatus económico de la materia prima ya que parte fundamental es determinar si existe un alto impacto en este factor, se prosiguió a buscar los informes en el reporte final de producción de azúcar y caña, donde se brindan los parámetros para calcular el pago de la caña a los agricultores, así como en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para los datos del sorgo dulce, conociendo esto se puede comparar ambos precios por tonelada.

RESULTADOS

Materia Prima:

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), inició un programa de investigación sobre la introducción de cultivares provenientes de la Estación Meridian, al Campo Experimental Río Bravo-CIRNE en Tamaulipas durante el año 2006 (Cisneros et al., 2018). Las variedades experimentales presentaron mejora en varias características en las que destacaron la mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades que los sorgos de grano sembrados en la zona, rendimientos y producción de azúcares, la principal variedad con mejoras fue el RB-Cañero (Montes et al., 2010). Una segunda prueba durante el ciclo P-V- 2012 en Cotaxtla, Ver., dio inicio buscando obtener mayor aumento en las siguientes características: producir un alto rendimiento de tallos medianos a grandes, crecimiento vigoroso y tolerancia al acame, alto porcentaje de jugo extraíble y contenido total de sólidos solubles (°Brix), principalmente azúcares, por otra parte, mayor tolerancia a sequía, a suelos con mal drenaje, a manchas foliares por antracnosis, pudrición del tallo y al virus del mosaico del maíz. Se clasificaron 19 genotipos con base en la producción de carbohidratos y biomasa: dos híbridos comerciales de sorgo para grano (RB-Norteño y RB-Huasteco), sus respectivas líneas progenitoras (SBA 22 y SBA25) y 15 genotipos de sorgo dulce, destacando las variedades de RB-Cañero, RB CAÑAVERAL y el híbrido RB TEHUA. En ese estudio se cuantificó la cantidad de glucosa, fructuosa, sacarosa (°Brix), azúcares totales solubles, hemicelulosa y lignina (polisacáridos estructurales), biomasa del tallo, peso del bagazo, volumen, pH y peso del jugo.

Respecto al análisis de las variedades estudiadas en la Tabla 1 se muestran los resultados de la evaluación de los azúcares de las cuatro variedades que generaron mayores concentraciones.

El contenido de °Brix y de azúcares varía en diferentes variedades y también depende de las condiciones ambientales, época del año y etapa de cosecha, por lo tanto, esta variedad es un buen productor de azúcares solubles, cabe mencionar que la altura es un carácter de importancia en sorgo dulce porque está asociado con la producción de azúcares (Murray et al., 2009), en base a estos resultados se puede observar que el RB CAÑAVERAL es la variedad que presenta el mayor contenido de °Brix y de azúcares totales, convirtiéndose en el cultivo principal para producir azúcar compitiendo directamente con la caña, pues sus propiedades endulzantes se encuentran en el mismo nivel ahora.

Tabla 1. Pruebas de encendido de las briquetas enriquecidas con microalgas y briquetas control.

Genotipo	Altura	Biomasa (t hā ⁻¹)		Volumen del jugo (L ha ⁻¹)	°Brix	Azúcares Totales (g L ⁻¹)
	(cm)	Total	Tallo			
RB CAÑAVERAL	218	32	25	8261	16.5	158.0
RB-Cañero	213	42	31	10273	13.4	119.5
G-Star 501	202	32	21	7033	10.6	84.5
Tanol 2	202	35	24	7920	13.0	126.9

Proceso de Producción:

Los resultados obtenidos a nivel planta piloto son una base importante para poder llevar a cabo el análisis para un escalamiento a plantas comerciales, por lo tanto, este estudio partirá de la capacidad de procesar 200 toneladas de sorgo dulce al día, lo que equivale al 0.03% de la producción nacional, basándose en la tecnología y rendimientos obtenidos de la Planta Piloto de Bioetanol del Instituto Tecnológico de Veracruz. En la Figura 1 se describe el mapa del proceso con los balances y flujos de alimentación de acuerdo a la capacidad estipulada.

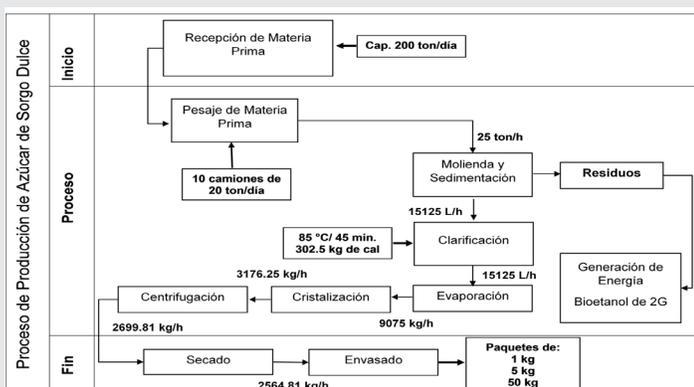


Figura 1. Diagrama general del proceso de producción de azúcar a partir de sorgo dulce (Fuente: elaboración propia).

Con el escalonamiento realizado y un proceso de producción óptimo se denota un panorama sobresaliente en la producción de azúcar de sorgo dulce, registrando una producción de 2564.81 kg/h, este proceso se contempla desde la recepción de la materia prima teniendo una capacidad de 200 ton., prosiguiendo con el pesaje de la misma mediante una báscula para camiones, se continua con el proceso de molienda el cual extrae el jugo de sorgo dulce, posteriormente se lleva mediante bombeo a un tanque de clarificación en el cual se debe calentar a una temperatura de 85°C para eliminar las impurezas o materias extrañas, continuando con la evaporación cuyo objetivo es eliminar la mayor cantidad de agua, resultando una melaza con un 60% de solubles concentrados, sigue la cristalización cuyo actividad consiste obtener una masa cocida con concentraciones de 85-90% de cristales, la centrifugación es la etapa donde se realiza la separación de los cristales mediante movimientos rotatorios, el secado consiste que, mediante un tambor rotatorio se suministra calor para que los cristales pierdan la humedad y así poder ser envasados en paquetes de 1kg, 5kg para ventas domésticas y en costales de 50 kg para exportación, brindando un panorama favorable en la producción de azúcar ya que se cuenta con un rendimiento de 109 kg/t y un proceso eficiente al 100%, generando una participación y competencia en el mercado nacional e inclusive internacional, proporcionado tentativamente un precio más bajo en el producto final.

Mercado:

Evaluando la oferta y demanda de acuerdo a los datos históricos, se construyó la Figura 2, apreciando que el ciclo 2018-2019 la oferta asciende a los 6.4 mt, mientras que la demanda está por debajo de los 4.1 mt. Apreciando la línea de tendencia que estas generan y por consiguiente la ecuación de regresión correspondiente a cada una de las variables analizadas.

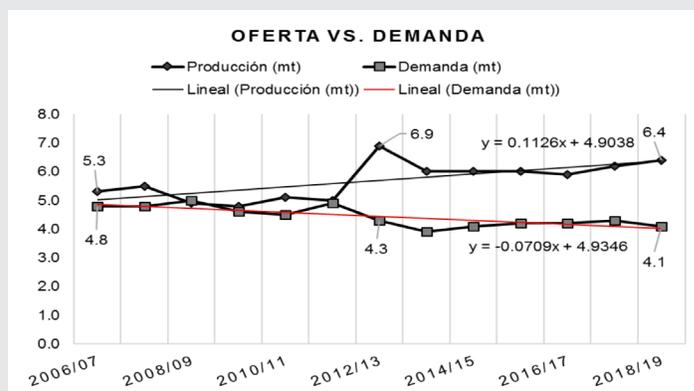


Figura 2. Análisis de la oferta y la demanda del azúcar en México. (Fuente: elaboración propia).

Como podemos apreciar existe un superávit en la producción del azúcar con respecto a la demanda que se tiene nacionalmente, pero a nivel mundial estamos situados en el séptimo lugar de producción por

debajo de países como Estados Unidos, Unión Europea y Brasil que se destaca con más de 30 millones de toneladas al año, demostrando un panorama nada competitivo internacionalmente para el país, México solo contribuye con cerca del 3% de la producción mundial y exporta principalmente a Estados Unidos, República Dominicana, Canadá, Australia, Puerto Rico de acuerdo al Tratado de Libre Comercio (CONADESUCA, 2019).

Por otra parte, mediante la determinación de ecuación de regresión lineal y el análisis de la línea de tendencia, se expresa que la demanda origina una baja a partir del 2013 a la actualidad, dicha ecuación se presenta a continuación y ayudará a pronosticar los próximos ciclos.

$$Y_i = 4.6267 - 0.0576 X_i \quad \text{Ec. (2)}$$

Por consiguiente, analizando la baja en este factor, generada principalmente por la introducción de los edulcorantes artificiales y productos no calóricos, destacándose el Jarabe de Maíz de Alta Fructuosa (JMAF) con una demanda del 24% y el 3.1% a otros edulcorantes (García, 2018), se estima que el JMAF ha presentado un incremento del 40% anualmente del 2010 a la actualidad (CONADESUCA, 2019), la industria estimaba un máximo de 26 Kg per cápita, hasta antes de la entrada del JMAF, ahora se ubica en 22 Kg (García, 2018), la principal característica que presentan estos productos es un poder endulzante mayor con menores índices calóricos, además de precios más bajos, beneficiando a la industria refresquera y dulcera principalmente. Cabe mencionar que estas sustancias siempre han estado en discusión en los principales foros alimenticios y de salud, generando desconcierto entre los consumidores de productos bajos en calorías, e incluso múltiples dudas entre las propias autoridades regulatorias, en especial cuando se habla de los daños que ocasionan a la salud (Rubén, 2010), generando así una oportunidad al azúcar de sorgo dulce, que aunque todavía no es conocida brinda el mismo poder endulzante que la azúcar de caña, pero a menor costo tanto para los consumidores como para los agricultores.

Así también se calculó la ecuación 3 para la oferta, que se muestra a continuación.

$$Y_i = 5.0333 + 0.1448x_i \quad \text{Ec. (3)}$$

Y el panorama que esta refleja es alentador en este sector de la agroindustria, pues del 2014 a la actualidad se ve una tendencia que se mantiene entre el rango de 6 a 6.5 millones de toneladas producidas por cada ciclo de zafra, es decir, que se va al alza en este panorama, pero, remarcando que actualmente los ingenios trabajan aún rendimiento por fábrica del 11.27%,

demonstrando que tanto en tecnología y proceso no están optimizando, afectado el costo del producto final, así como el bolsillo de las familias mexicanas. Se manifiesta que al analizar el precio de la azúcar según datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) y realizar el gráfico comparando el precio internacional, se construye la Figura 3.

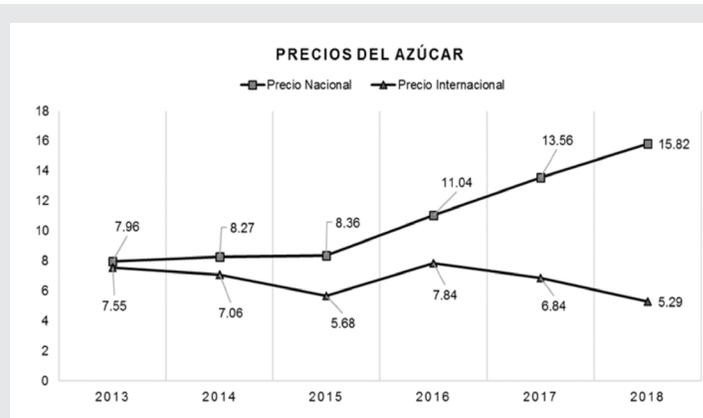


Figura 3. Precios de la azúcar nacionales e internacionales (Fuente: SNIIM, 2019).

Se muestra que el costo que se registra nacionalmente es elevado al que se concluye internacionalmente, reflejando una baja competitividad de la agroindustria azucarera mundialmente, de seguir así los panoramas, no se verá beneficiada la industria al exportar el producto, generando un mayor aumento en el precio nacional y afectado al bolsillo mexicano.

Como se mencionó, una de las principales causas del aumento del precio en la azúcar es el incremento en el costo de la materia prima, desencadenando un análisis para evaluar la evolución del precio por tonelada de caña de azúcar y del sorgo dulce, con el fin de poder hacer una comparación entre ambos cultivos. La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos, en donde podemos ver que el costo por tonelada de caña de azúcar ha ido al alza desde el 2013 hasta 2018, y se prevé siga en incremento.

Tabla 3. Costo de la Tonelada de Caña y Sorgo Dulce (Fuente: Elaboración propia).

Ciclo	Caña	Sorgo Dulce
2011/12	695	320
2012/13	455	300
2013/14	474	350
2014/15	543	430
2015/16	747	400
2016/17	892	390
2017/18	859	350

Contrariamente a la caña de azúcar, el sorgo dulce que si bien ha ido en aumento este no ha sido significativo o muy elevado en comparación con el porcentaje de aumento que ha tenido la caña de azúcar. El histórico muestra los precios en pesos mexicanos del

2011 al 2018, en el cual se aprecia que en los periodos 2012 a 2015 se mantuvo una relación cercana entre precio de venta por tonelada de ambos cultivos, pero en los siguientes ciclos la tonelada de caña de azúcar se disparó en gran medida, esto principalmente se debe a que, el Congreso Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar decreto que el pago de la caña de azúcar se dará en base al pago de la tonelada de azúcar estándar, el cual en los últimos ciclos ha ido en aumento. Esto podría beneficiar a los productores de caña debido a que en promedio el costo de producción por tonelada de caña supera los \$650.00 pesos mexicanos (SAGARPA, 2018), cabe mencionar que la materia prima es un punto clave en la calidad del producto, actualmente se han registrado bajos contenidos de azúcar en la caña lo que se ve reflejado en un menor rendimiento del jugo y en la producción de azúcar, esto debido a la falta de agua en el riego del cultivo, lo cual se puede minimizar con la introducción de sorgo dulce como materia prima en esta industria, ya que requiere cuatro veces menos agua, obteniendo un aprovechamiento de 3 cosechas al año.

CONCLUSIONES

Se entiende que el sorgo dulce nunca se había tomado en cuenta en el sector azucarero, debido a los bajos contenidos de azúcares que manejaba, pero con la manipulación genética de diferentes variedades, se han logrado índices cercanos e incluso superiores a la caña de azúcar, enmarcado la nueva era para este cultivo.

Se estima que, con el sorgo dulce como materia prima, utilizando la variedad RB-CAÑAVERAL, además de la tecnología y procesamiento de la planta piloto de bioetanol del Instituto Tecnológico de Veracruz, con una capacidad de procesar 200 toneladas diarias, se puede obtener una producción de 2564.81 kg/hr con un rendimiento cercano al 100%, volviendo altamente competitivo la introducción de azúcar de sorgo al mercado nacional e internacional.

El sorgo dulce representa una alternativa sustentable y económica para este sector de la industria, sin embargo, la introducción de una alternativa totalmente innovadora en un sector que lleva años haciendo lo mismo, podría generar dificultad de aceptación, pero al ser una opción económica tanto para agricultores, comerciantes y consumidores, sólo se requiere de una buena estrategia mercadológica para diversificando un cultivo y producto de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Bueno, Gloria. (2009). *Sorgo dulce: sus potencialidades productivas*. ICIDCA, 15-21.

[2] Cisneros L. MA.E., Montes, G. N. y Ortiz, Ch. F. E.. (2018). *Sorgos Dulces Para La Producción De*

Biomasa y Azúcares: Rb-Piruli, Rb Cañaveral y Rb Tehua. Inafap, 12-34.

[3] *Cámara Nacional De Las Industrias Azucarera y Alcoholera (2018)*. Consultada en octubre, de la página web <http://www.cniaa.mx/Ingenios>.

[4] CONADESUCA . (2019). *Balance Nacional Del Azúcar y Los Edulcorantes*. México: (informe 2018-2019). Secretaria de Agricultura Y Desarrollo Rural.

[5] CONADESUCA. (2019). *Histórico Del Precio De Referencia Del Azúcar Base Estándar Para El Pago De La Caña De Azúcar*. (Informe 2018-2019). SA- DER.

[6] CONADESUCA. (2019). *Reporte Final de Producción de Caña y Azúcar*. (Informe 2018-2019). Secretaria De Agricultura Y Desarrollo Rural.

[7] *Diario Oficial de la Federación*. (2018). *Programa Institucional de Desarrollo del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar* (Informe 2015-2018). CONADESUCA.

[8] FAO. (2019). *El sorgo dulce*. Consultado en septiembre, en la página web <http://www.fao.org/3/w1808s/w1808s03.htm#TopOfPage>

[9] García, B. (1986). *Alcohol de biomasa. I. Azúcares solubles fermentables en tallos de variedades de maíz y sorgo dulce*. ATA, 571-580.

[10] Garcia, L. (2018). *Análisis del Mercado de los Edulcorantes en México*. México: CONADESUCA.

[11] Gnansounou, E. (2005). *Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China*. *Bioresource Technology*, 985-1002.

[12] López, E. (2018). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. (Informe 2017-2030). SAGARPA.

[13] Montes G. N.; Pecina, Q. V.; Cisneros, L. M. E.; y García, G. M. A. (2010). *Producción De Sorgo Dulce [Sorghum Bicolor (L.) Moench] En Tamaulipas*. Inifap, 14-28.

[14] Murray S. C., Rooney, W.L., Hamblin, M.T., Mitchell, S.E. and Kresovich, S. (2009). *Sweet Sorghum Genetic Diversity and Association Mapping for Brix and Height*. *The Plant Genomic.*, 48-62.

[15] Nuñez, A. (2008). *Insumos para la producción de biocombustibles*. Argentina : MCTIP.

[16] Ruben, J. (2010). *Edulcorantes Naturales*. Redalyc, 3-12.

[18] SAGARPA. (2018). *Informe De Zafra 2017-2018*. México: CONADESUCA.

[19] Silva E. S.R. da Costa, P. C. A., de Souza, V.F. y Lacerda, D. N.N. (2016). *Maturation curves of sweet sorghum genotypes*. *Ciencia e Agrotecnologia* 40, 46-56.

[20] Uribe G. S.; Rebolledo, G. R. L.; Montes, G. N.; Aguilar, U. M. G. y Gómez, R. J., G. (2017). *Tecnología de producción de sorgo dulce [Sorghum bicolor (L.) Moench] en Veracruz*. Veracruz: INIFAP.

[21] Verguera, R. (2018). *El mercado del azúcar en México*. *Revista Trimestral de Análisis de Cultura Económica*, 17-20.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo otorgado en la beca de la C. Leidy Yarely López Olivares para la realización de este trabajo que forma parte de su tesis de Maestría en Ingeniería Industrial. Así también a la Maestra en Ciencias Patricia G. Hayward Jones por su apoyo en la revisión del resumen en inglés.



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Elaboración de briquetas de aserrín enriquecidas con microalgas cultivadas a partir de fuentes contaminadas y ozonificadas

RESUMEN: Se evaluó el efecto de la adición de un consorcio de microalgas de *Chlorella spp* cultivada bajo condiciones de fermentación a partir de efluentes contaminados por actividad antropogénica para la formación de briquetas de aserrín. Este proceso está enfocado en el aprovechamiento de los sobrantes de la industria maderera de la zona (aserrín) y fuentes hídricas contaminadas con residuos de aguas residuales de la ciudad de Misantla y estuvo enfocado en contribuir con una alternativa para el aprovechamiento integral de la biomasa. Las briquetas se elaboraron mediante la combinación de aserrín de madera, microalgas y la adición de almidón de maíz como aglutinante, que mejoró la compactación, así como el mantenimiento de su integridad física. La forma de la briqueta propuesta, se debió a la facilidad que tuvo la elaboración de un compactador cilíndrico. Los parámetros cinéticos del consorcio microbiano mostraron un crecimiento del consorcio de microalgas de 7.08 log No. de cel/ml en el sustrato tratado y su concentración en el fotobio-reactor fue de 1.85 g/L. Esta microalga contiene generalmente un 30% de lípidos en base a su peso seco (No determinado) por lo que la combustión de las briquetas con microalgas fue superior, encendieron más rápidamente y se mantuvieron mayor tiempo encendidas que las briquetas control.

PALABRAS CLAVE:

Microalgas, briquetas, biomasa, aserrín



Colaboración

Karina Hernández Demetrio; Gustavo Martínez Castellanos; Daniela Guadalupe Reyes Méndez; Leslie Marleth García Cano, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ABSTRACT: The effect of the addition of a consortium of microalgae of *Chlorella spp* cultivated under fermentation conditions in grey wastewater for the formation of sawdust briquettes was evaluated. This process is focused on the use of biomass waste produced in the wood industry (sawdust) and water sources contaminated with waste water from the city of Misantla and focused on contributing as an alternative for the comprehensive use of both polluting wastes. The briquettes were made by combining wood sawdust, microalgae and the addition of corn starch as a binder that improved compaction, as well as maintaining their physical integrity. The shape of the proposed briquette was due to the ease with which the cylindrical compactor was made. The kinetic parameters of the microbial consortium showed a growth of the microalgae consortium of 7.08 log No. of cel/ml and the concentration of microbial biomass in the photobioreactor was 1.85 g/L. This microalgae generally contains 30% lipids based on their dry weight (Not determined) so the combustion of the briquettes with microalgae was superior, they ignited more quickly and they were kept on longer than the control briquettes.

KEYWORDS: Microalgae, briquettes, biomass, sawdust

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales y la demanda de energía obligan a los países a buscar nuevas alternativas ecológicas como son la energía eólica, mareomotriz, geotérmica, hidroeléctrica, solar y empleo de biomasa. Esta última se refiere al uso racional de los microorganismos para tratar y aprovechar en menos tiempo recursos biológicos. Recientemente, se han implementado nuevos usos de la biomasa, considerándola una alternativa limpia y segura, debido a la amplia gama de biocombustibles que derivan de esta fuente de energía (Celulosa, etanol, lípidos, electricidad, etc). Las microalgas pueden generar biomasa algal a través de los micronutrientes extraídos de aguas residuales debido a la biodegradación de la materia orgánica, utilizándo-

la para su reproducción, crecimiento y acumulación de lípidos, considerándola como una alternativa ecológica sustituyente de nutrientes sintéticos [1]. Las ciudades generan muchos residuos que pueden ser considerados como biomasa. En el caso de Misantla, Veracruz, existe una industria maderera muy importante en la región, que genera remanentes (aserrín, viruta, etc) de la transformación de la materia prima. Actualmente, estos sobrantes no son utilizados para ningún fin en particular, pero puede ser aprovechados por su composición como biocombustibles para elaboración de diversos subproductos, como es la formación de briquetas. En este mismo sentido, esta ciudad no cuenta con una planta de tratamiento para las aguas residuales, lo que resulta en un factor contaminante de enorme trascendencia para la población. Esta probado por diversos investigadores que las microalgas pueden aprovechar este tipo de residuos siempre y cuando existan los nutrientes necesarios y la carga contaminante no sea excesiva [2, 3, 4]. Por tanto, los nutrientes pueden ser un factor considerable para el desarrollo y reproducción de microalgas en estas condiciones, debido a que se adaptan de manera sorprendente a diversas condiciones ambientales y se pueden implementar para fines industriales. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio exploratorio para la utilización de los remanentes de aserrín y su combinación con biomasa de microalgas, estableciendo un proceso de formación de un biocombustible sólido (Briquetas enriquecidas) con características mejoradas con respecto al uso común de los residuos de aserrín.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el desarrollo de este trabajo se planteó la elaboración de briquetas de aserrín enriquecidas con consorcios microbianos, para la formación y prueba de las briquetas se usó la siguiente metodología general (Figura 1):

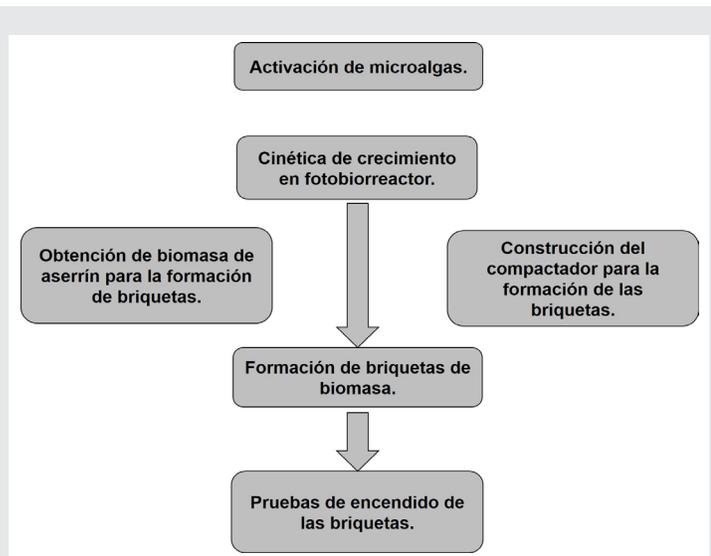


Figura 1: Diagrama de flujo del plan de trabajo de la investigación realizada. Tomado de elaboración propia

Microorganismos utilizados

Para realizar este trabajo se usó un consorcio fotosintético de microorganismos que se aislaron en el ITS Misantla, en el área de acuicultura del departamento de Ingeniería Ambiental con coordenadas de ubicación 19°55'51.86"N 96°51'6.09"O. Este consorcio se aisló en el año 2012 mediante medios de enriquecimiento y agotamiento de nutrientes para la selección del microorganismo y cuenta con al menos un 95% de células de morfología perteneciente al género *Chlorella*, identificado visualmente mediante un microscopio óptico compuesto (Carl Zeiss) y las características reportadas en la literatura: algas verdes unicelulares, con forma esférica, de 2 a 10 μm de diámetro, sin flagelo, con cloroplasto único y con clorofilas a y b [5].

Condiciones de crecimiento en fotobiorreactor

Para el crecimiento de las microalgas se utilizó un fotobiorreactor no estéril de 2L con las siguientes condiciones de trabajo: agitación a 100r.p.m., aireación de 240 L/h mediante una bomba ELIT 802, luz artificial provista mediante 4 lámparas ARGOS de 8w, (200 Lúmenes) con un fotoperiodo de 12 horas luz/12 horas de oscuridad y se cubrió el reactor con gasa simple para permitir el intercambio de gases (Figura 2).



Figura 2: Fotobiorreactor para el cultivo de microalgas.

Recolección del agua para la fermentación

La toma del agua superficial se realizó en un arroyo contaminado con aguas grises y negras ubicado a las afueras del ITS Misantla, utilizando las medidas necesarias para la recolección (guantes de látex, botas de plástico y cubre bocas). Las muestras tomadas se almacenaron en garrapas de plástico de 6 L y para eliminar la alta carga microbiana inicial del agua residual, se trataron con un ozonificador (CD-05 Ozone Generator), el cual se operó de manera continua en un lapso de 10 minutos en cada una de las garrapas utilizadas. Al terminar el proceso las muestras se hi-

gienizaron por su parte externa y se guardaron en refrigeración a 7°C hasta su utilización.

Activación de los consorcios

Para la activación y crecimiento de las microalgas se preparó un medio de cultivo con un fertilizante comercial COMPO FOLIAR® PS a una concentración de 1 g/L [5]. Los microorganismos se dejaron incubando a una concentración de 20 % v/v de inóculo en el fotobiorreactor por un periodo de 5 días, realizando el conteo diario con la cámara de Neubauer.

Determinación del crecimiento de las cinéticas mediante conteo directo

Para las cinéticas de crecimiento se siguieron las mismas condiciones de cultivo e inóculo utilizada en la activación, sin embargo, para el crecimiento de los microorganismos se utilizaron las aguas residuales ozonificadas como medio de cultivo directo. Se realizaron las cinéticas durante 14 días evaluando su crecimiento diario mediante el conteo directo durante un periodo de 14 días usando una cámara de Neubauer a 40X.

Concentración de las microalgas

Para esta operación, se retiró el cultivo del fotobiorreactor, se depositó en una garrafa de 2 L, se dejó reposar por 6 h para sedimentar la microalga y se decantó el exceso de agua hasta obtener un volumen final de 300 mL.

Formación de las briquetas de aserrín

La biomasa algal concentrada se mezcló con el aserrín de madera de cedro obtenido en una carpintería local. La combinación de los elementos de la mezcla se realizó mediante un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA) variando la concentración de las algas utilizadas, el aserrín y el aglomerante. La formación de las briquetas de microalgas se realizó mediante la implementación de un compactador construido en el taller de electromecánica del ITS Misantla. El compactador, tenía un tubo de acero de 3 in de diámetro y una altura de 10 cm, un pistón de acero y le fue adaptado un gato hidráulico de 4 ton. una vez elaboradas las mezclas, se sometieron al proceso de compactación y se secaron a condiciones medioambientales durante 5 días.

Evaluación de la capacidad de encendido

La prueba de encendido tuvo como finalidad establecer, la rapidez y la facilidad que tenían las briquetas elaboradas en prenderse para su uso como combustible. Para este propósito, se realizó una cama de aserrín con leña seca, igual para todas las briquetas y se clasificó de la siguiente manera [6]:

Enciende: Cuando al quemarse la cama las briquetas quedan encendidas por un tiempo considerable, hasta consumirse.

No enciende: Cuando al quemarse la cama las briquetas no encienden o enciendan y se apagan sin quemarse por completo.

RESULTADOS

La cinética de crecimiento mostró un mantenimiento constante del log No de cel/ml manteniéndose en valores cercanos y mayores a 7 unidades logarítmicas. En la cinética microbiana con el medio sintético el mejor valor de crecimiento se obtuvo al día 14 de crecimiento, sin embargo, en el medio de aguas residuales todas las cinéticas evaluadas mantuvieron valores cercanos a 7 log No. de cel/ml, por lo que las cinéticas se pararon al día 14, ya que se consideró que fue tiempo suficiente de adaptación y reproducción de la microalga a este medio de cultivo. Los parámetros cinéticos del consorcio microbiano mostraron un crecimiento del consorcio de microalgas de 7.08 log No. de cel/ml y la concentración de biomasa microbiana en el fotobiorreactor fue de 1.85 g/L.

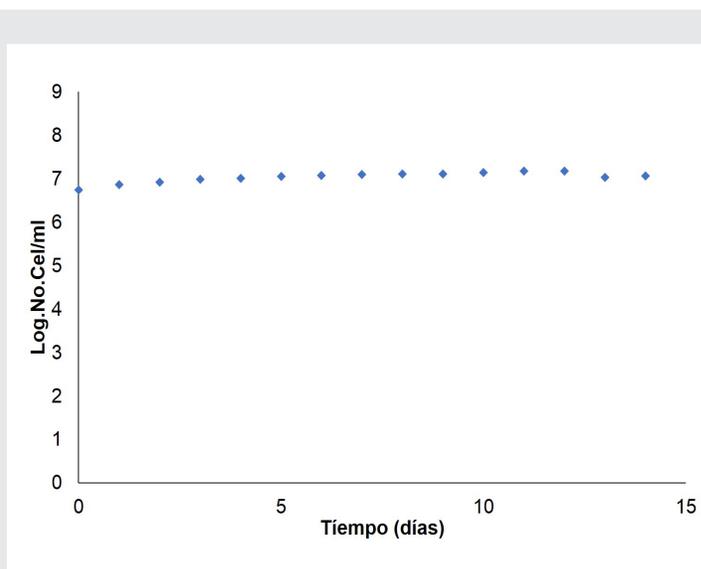


Figura 3: Resultados obtenidos de la cinética de agua residual.

Para determinar la formación de briquetas con consorcios de microalgas, se realizaron pruebas experimentales de acuerdo al DBCA planteado, sin embargo, muchas de las briquetas elaboradas mostraban exceso o falta de humedad y poca resistencia estructural, por lo que fueron inmediatamente descartadas.

Las briquetas que pasaron la prueba visual y manual, fueron las que contenían una proporción de 6 % de aglutinante, 25 % de aserrín y 69 % de líquido, incluyendo el consorcio concentrado de microalgas. Durante estas pruebas pudo establecerse, que si bien las briquetas con microalgas, disminuían su dureza estructural de 11 a 10 Kg/fuerza, evaluado con un durómetro marca Rockwell, tenían la resistencia suficiente para ser manipuladas sin perder la integridad estructural.

Puede observarse que las briquetas con microalgas eran uniformes, cilíndricas y no variaban su coloración con respecto al control (sin microalgas) (Figura 4).



Figura 4. Briquetas enriquecidas de aserrín sin microalgas (izquierda) y con biomasa de microalgas (derecha).

Para la evaluación de la prueba de tiempo de encendido y combustión, se dispuso de una cama de material inflamable, sobre la cual se colocaron las briquetas elaboradas estableciendo el tiempo de encendido (Tabla 1).

Tabla 1. Pruebas de encendido de las briquetas enriquecidas con microalgas y briquetas control.

TIPO DE BRIQUETA	PRUEBA DE ENCENDIDO	TIEMPO
Aserrín	Enciende	85 segundos
Aserrín con microalgas	Enciende	49 segundos

Como pudo observarse experimentalmente, la briqueta enriquecida con microalgas tardó la mitad del tiempo en encenderse, permaneció encendida más tiempo que la briqueta control y se consumió completamente.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación se enfocó a establecer la combinación de un subproducto inflamable (aserrín) con un consorcio de microalgas que mejorara su capacidad de utilizarse como combustible sólido inflamable, sin perder características estructurales. Pudo observarse que la utilización de un aglutinante como el almidón de maíz fue esencial para mantener la integridad estructural y que la adición de microalgas disminuyó la dureza de las briquetas, sin embargo, se mejoró la capacidad de encendido y aunque no se midió cuantitativamente, si se observó un mayor tiempo de combustión y consumo comple-

to del combustible propuesto. Mayores pruebas deben de ejecutarse para establecer a partir de este estudio, las proporciones adecuadas para la producción de este tipo de materiales combustibles a escala industrial y promover el uso de combustibles renovables que puedan contribuir a la disminución del uso de combustibles fósiles.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Acosta, & Paolini, J. (2006). *Dinámica de la biomasa microbiana (C y N) en un suelo de la península de Paraguaná tratado con residuos orgánicos Multiciencias*. 6: 180-187.

[2] Shelef, G., Azov, Y., Moraine, R., & Oron, G. (1980). *Algal Mass Production as an integral Part of a Wastewater Treatment and Reclamation System*. In *Algae Biomass*. Amsterdam: Shelef & Soeder, Ed., Elsevier/North-Holland Biomedical Press.

[3] Arbib, Z., Ruiz, J., Álvarez-Díaz, P., Garrido-Pérez, C., Barragan, J., & Perales, J. A. (2013). *Long Term Outdoor Operation of a Tubular Airlift Pilot Photobioreactor and a High Rate Algal Pond as Tertiary Treatment of Urban Wastewater*. *Ecological Engineering*, 52, 143-153.

[4] Cabanelas, I. T. D., Ruiz, J., Arbib, Z., Alexandre Chinalia, F., Garrido Pérez, C., Rogalla, F., Andrade Nascimento, I., & Perales, J. A. (2013). *Comparing the Use of Different Domestic Wastewaters for Coupling Microalgal Production and nutrient Removal*. *Bioresource Technology* 131, 429-436.

[5] Cresencio Gómez N., Madrigal Santos J. I., Carreón Aguilera P., Mejía Macario L. y Martínez Castellanos G. 2012. *Aislamiento y crecimiento de consorcios de microalgas y cianobacterias en fotobiorreactores con medios no definidos*. Artículo en extenso en *Memoria del Coloquio de Investigación Tecnológica del Estado de Veracruz 2012*. Misanthla, Veracruz, México.

[6] López Rivera, J., Cajina Valdivia, C., Ramírez Camas, J., Reyes Aguilera, E., Olivas Reyes, N., & Molina Cruz, L. (2016). *Evaluación de los parámetros físicos y químicos de las briquetas obtenidas con la maquina briquetadora construida en FAREM-Estelí*. *Revista Científica De FAREM-Estelí*, (16), 3-14.



Ingeniantes

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla