



EmprendeCiencia

Una publicación del CIE Pánuco Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Año 2024, Vol. 3, num. 3



EMPRENDECIENCIA, Año 2024, número 3, volumen 3, agosto-diciembre 2024, Revista electrónica de publicación semestral emitida por el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Avenida Artículo Tercero Constitucional S/N Colonia Solidaridad, Pánuco Veracruz C.P. 93990 teléfono 8462662898. <https://www.panuco.tecnm.mx>, emprendeciencia@panuco.tecnm.mx Editora Responsable Dra. Lilia Alejandra Alvarado Delfín, Número de reserva de derechos al uso exclusivo **04-2022-110414061500-102** y con **ISSN 2954-5129**. Otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación e Incubación Empresarial, M.T.A. Lilia Alejandra Alvarado Delfín Avenida Artículo Tercero Constitucional S/N Colonia Solidaridad, Pánuco Veracruz C.P. 93990. Fecha de la última actualización 30 de diciembre del 2024.

EmprendeCiencia

Año 2024 vol. 3 núm. 3

ISSN 2954-5129

<https://www.panuco.tecnm.mx>

La Revista **EmprendeCiencia** es una publicación multidisciplinaria respaldada por el Centro de Innovación e Incubación Empresarial del Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco. Su objetivo principal es proporcionar un espacio destinado a la difusión de trabajos y proyectos relacionados con áreas como el emprendedurismo, el desarrollo empresarial, el desarrollo tecnológico, la innovación educativa y la innovación social. Esta revista sirve como un foro para que los investigadores y profesionales compartan sus conocimientos, avances y experiencias en estos campos, contribuyendo así al intercambio de ideas y al desarrollo de estas áreas de interés.

Los escritos presentes en esta revista han pasado por un riguroso proceso de evaluación realizado por especialistas en el campo, y las perspectivas expresadas en ellos son completamente responsabilidad de los autores. Tanto el contenido de los artículos como la responsabilidad asociada recaen en los autores y sus respectivas instituciones. La reproducción parcial o total del material de esta revista está permitida, siempre y cuando se obtenga la autorización de los autores y se haga una adecuada referencia al contenido original.

Créditos

Directivos:

Lic. Joseph Cruz Martínez

Encargado de la Dirección General

Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco

Ing. Taurino Vargas Plata

Encargado de la Sub dirección de Vinculación

Responsable del Centro de Innovación e Incubación Empresarial

Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco

Consejo Editorial:

Dra. Lilia Alejandra Alvarado Delfín

Editora Responsable / Coordinadora General

M.C.A. Manuel Cornelio Torres Maza

Dr. Gil Santana Esparza

Dra. Violeta Jiménez Zarate

Coordinadores Editoriales

Equipo Técnico:

M.S.I. Patricia Hernández Rodríguez

Diseño de Portada

Dr. Eric Álvarez Baltierra

Diseño web

M.S.I. Héctor Hugo Moreno Pérez

Administrador Web

Ing. Ludivina Valdéz Tovar

Asistente Administrativa

Comité Editorial:

M.C.A Samira King Delgado

M.F. Luz Ángela Hernández Rivera

M.C.A. Jesús Muñiz Blanco

M.A. Marlene Pérez Arteaga

TecNM Campus Pánuco

Comité Científico

Dr. Arturo Ernesto Mares Gardea
TecNM Campus Gustavo A. Madero

Dr. Jorge Alberto Galaviz Pérez
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. Arturo López Marure
Instituto Politécnico Nacional

Dr. Juan Carlos Manjarrez López
Universidad Tecnológica de Puebla

Dr. Adrián Vázquez Vázquez
Universidad Politécnica Altamira

Dra. Liz del Carmen Cruz Netro
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

Dr. Ernesto Cavazos Reyes
Fundación Solidaridad Latinoamericana

Dr. Hugo Rojas Chávez
TecNM Campus Tláhuac II

Dr. Marco Antonio Ríos Medina
Universidad Santander México

M.I.T. Carlos Augusto Jiménez Zarate
Universidad Autónoma de Nuevo León

Dra Mayra Elizabeth Brosing Rodríguez
Universidad Autónoma de Nuevo León

Dra. Zugey Berenice Cuevas Carballo
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dra. Jessica Ivonne Hinojosa López
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

M.S.I. Rosa María Hernández Rejón
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dr. Ángel José Martínez Salinas
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Jarniel García Morales
TecNM Campus CENIDET

Dra. María Yasmín Hernández Pérez
TecNM Campus CENIDET

Dra. Violeta Jiménez Zarate
TecNM Campus Pánuco

Dr. Gil Santana Esparza
TecNM Campus Pánuco

M.C.A. Manuel Cornelio Torres Maza
TecNM Campus Pánuco

Dra. Lilia Alejandra Alvarado Delfín
TecNM Campus Pánuco

M.C.A. Samira King Delgado
TecNM Campus Pánuco

M.C.A. Jesús Muñiz Blanco
TecNM Campus Pánuco

M.F. Luz Ángela Hernández Rivera
TecNM Campus Pánuco

Dr. Eric Álvarez Baltierra
TecNM Campus Pánuco

ÍNDICE

Productos de limpieza en general y derivados de la marca DomClean <i>Canuas León Nery Diana, Israel Hernández Romero</i>	1
Importancia del análisis ciclo de vida en el sector agroalimentario: una revisión de literatura <i>Cruz Rivero Lidilia, Estévez Gutiérrez Guadalupe Aranzazú, Lince Olguín Ernesto; Gutiérrez Salas Angela Aurora</i>	14
De la Teoría a la Práctica: Implementación y Retos Éticos de los Chatbots Médicos en Entornos Marginales <i>Ahumada Cervantes María de los Ángeles. Eric Alvarez Baltierra, Melo Morín Julia Patricia</i>	26
Descripción de los Beneficios de una Pasta Dental con Nanohidroxiapatita Y Su Impacto en el Mercado Actual <i>Pérez Cruz Pablo Isaí, Galaviz Pérez Jorge Alberto</i>	45
Análisis de Procedimientos para Aplicación de las NIF, NIIF Y NAGA en el Proceso de Desarrollo de la Contabilidad Y Revisiones Electrónicas de las Autoridades Competentes. <i>Castillo García Carlos Eduardo, Torres Maza Manuel Cornelio, Alvarado Delfín Lilia Alejandra</i>	54
¿Existen las derivadas de orden no entero? <i>Rosales García J. J, Pérez Arteaga Marlene, Pérez Arteaga Elizabeth</i>	68
Innovación en el Control Térmico de Colmenas Usando Tecnología Peltier <i>Cruz Corona, Hector, Torres Maza Manuel Cornelio, Alvarado Delfín Lilia Alejandra</i>	79
Síntesis de Catalizadores NiMo y CoMo Soportados en Alúmina-Sílice para la Obtención de Biodiésel <i>Ramos Malpica Heidy, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Aguilar Sánchez Nelly Cristina, García Zaleta David Salvador, Galaviz Pérez Jorge Alberto, Hernández Cruz María Guadalupe</i>	90
Efecto de la Adición de Re en la Actividad de Catalizadores de Pt-Ir/Al₂O₃-SiO₂ para la Hidrodesulfuración de DBT <i>Ceballos Ramón Andriy, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Olmos López José Armando, Galaviz Pérez Jorge Alberto, García Zaleta David Salvador, Hernández Cruz María Guadalupe</i>	98

Revisión Teórica Del Tecnoestrés En Los Estudiantes Universitarios En Periodo Pandémico	107
<i>Salas-Rubio María Inés , Hinojosa López Jessica Ivonne</i>		
Qwicly: Sistema de integración de proveedores calificados	123
<i>Muñiz Blanco Jesús, King Delgado Samira</i>		

Productos de limpieza en general y derivados de la marca Dom Clean

Canuas León Nery Diana, Israel Hernández Romero

Dom Clean (Marca en proceso de registro)

Domclean.plgd@outlook.com

Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas

ishernandez@uv.mx

Palabras clave:

Emprendimiento, productos de limpieza, mujer emprendedora

RESUMEN

El presente artículo trata temas relacionados con la actividad emprendedora de la marca Dom Clean, desde la idea, hasta los factores que puedan delimitar el emprendimiento. Como también, la oportunidad del negocio, el emprendimiento como tal y los motivos que dieron paso al surgimiento de dicho emprendimiento. Y a su vez, demostrar la importancia de las mujeres emprendedoras y exitosas en México, puesto que cada vez existen más mujeres emprendedoras en el país, y sus negocios influyen de forma importante en la economía nacional.

Keywords:

Entrepreneurship, cleaning products, enterprising woman

ABSTRACT

This article addresses issues related to the entrepreneurial activity of the Dom Clean brand, from the idea to the factors that may define the venture. As well as, the business opportunity, the entrepreneurship as such and the reasons that gave rise to the emergence of said entrepreneurship.

And at the same time, demonstrate the importance of entrepreneurial and successful women in Mexico, since there are more and more entrepreneurial women in the country, and their businesses have an important influence on the national economy.

INTRODUCCIÓN

“Cuando una mujer emprende, no solo cambia su vida, sino también la sociedad que la rodea. El espíritu emprendedor femenino es una fuerza transformadora que impulsa el progreso y la equidad en nuestra sociedad” (**González Villarreal, 2023**).

Las condiciones económicas han cambiado tanto en el país como en el mundo. En los últimos años, las mujeres empresarias en México han jugado un papel

importante ya que realizan contribuciones significativas a la sociedad y la economía global.

Los desarrollos científicos y tecnológicos, la internacionalización y globalización del conocimiento y la economía, ofrecen la posibilidad y desafían a las instituciones a promover procesos de investigación, innovación, creatividad y emprendimiento empresarial, en la solución de problemas de su entorno a partir de la aplicación del conocimiento.

El desarrollo local y regional busca aumentar las posibilidades de una sociedad, aprovechando las potencialidades de los sujetos como iniciadores de ideas innovadoras que causan impacto económico y social, posibilitando el crecimiento progresivo no solo en el empleo sino a nivel productivo y económico y social en las comunidades **(Duarte, 2007)**.

Resaltando el concepto en particular de Amartya Sen, mismo que nos dice: “La meta del desarrollo humano es la libertad, El desarrollo de la comunidad se mide por el grado de libertad que tenga” **Amartya Sen, premio nobel de economía 1998**.

Se puede ver como involucra la concepción de desarrollo a la teoría del desarrollo local, diciendo que éste, busca que los individuos de un territorio aumenten las posibilidades que poseen los sujetos de tener oportunidades de desarrollar procesos productivos, que les permitan generar su propio empleo y riqueza, consintiéndoles además mejorar su calidad de vida y proyectarse a futuro como generadores de valor agregado a todos los procesos que hacen parte del funcionamiento económico y social de la comunidad. Los emprendedores comprenden todas las actividades involucradas en la identificación de oportunidades y la creación de organizaciones para aprovecharlas **(Duarte, 2007)**.

Un grupo de autores, **(Neck, Brush y Allen, 2009)**, afirman que el emprendimiento se distingue por su misión y por los resultados esperados. Los autores parten de la premisa fundamental que el comportamiento de un emprendimiento está enraizado en su propósito o misión, que constituye la base de su existencia. Al mismo tiempo, los resultados implican el impacto que tiene el emprendimiento en la comunidad y en otros grupos de interés.

En este contexto puede plantearse que un emprendedor es la persona que busca e identifica una oportunidad de negocio, realizando una nueva propuesta de valor para los clientes, y crea o desarrolla un negocio asumiendo riesgos inherentes.

Es por ello, que la marca de productos de limpieza Dom Clean, que tiene el propósito de brindar productos efectivos y de calidad, que ayuden a la comunidad, pero en especial a las mujeres de todas las edades tanto en el hogar como en su higiene personal, aborda el emprendimiento como la formulación de una propuesta que implica la creación de valor para los clientes.

DESARROLLO

El emprendimiento viene de una oportunidad, está a su vez, es una necesidad insatisfecha, pues se traduce en términos de mercado mal atendidos.

La principal idea de este proyecto fue brindarle a la comunidad servicios de mejor calidad a bajo costo, además de lograr una realización personal y poder poner en práctica conocimientos adquiridos, así como también, el aprovechamiento de tiempo libre al ser una persona desempleada y poder generar ingresos. Además, de que, la importancia del emprendimiento es crear empleos productivos y trabajos dignos para los colaboradores, con miras a lograr un desarrollo económico justo e igualitario. De igual manera, la sostenibilidad empresarial representa una nueva orientación para hacer negocios, realizando procesos organizacionales que promuevan la inclusión social, la igualdad de oportunidades, así como también el uso racional de los recursos naturales y la adopción de sistemas de producción más responsables con el medio ambiente, con el propósito de conservar un entorno favorable para las futuras generaciones, sin dejar en menoscabo la viabilidad económica-financiera de la empresa **(Barcellos, 2011; Sanahuja y Tezanos, 2017)**.

Todos estos motivos nos llevaron a la creación de productos de limpieza. Mismos que ayudan al sector del hogar. Los productos de limpieza para el hogar ayudan a reducir los malos olores creado por la poca higiene, a través de la utilización de estos productos de limpieza además de desinfectar los pisos deja un agradable

aroma, también se puede evitar la generación de alergias, irritaciones en la piel u otras enfermedades causadas por la insalubridad. Esto ha surgido como un emprendimiento innovador para la marca Dom Clean, que se encarga de ofertar productos de limpieza que ayuden y sirvan al sector doméstico a bajos precios y con buena eficiencia.

Además, esta idea surge debido a que actualmente en el mercado no se cuenta con productos eficaces que ayuden a quitar toda esa grasa que se tiene acumulada en la cocina después de un largo periodo de tiempo. Este producto que actualmente es muy demandado en el mercado no es fácilmente conseguido y económicamente no se está al alcance de todo el público. Es por ello, que se procedió a trabajar con esta necesidad para lograr obtener un servicio ante esta demanda.

Se comenzó investigando que productos se encuentran en el mercado que puedan ayudar a esta problemática, dicha investigación nos arroja algunos de ciertas marcas reconocidas, pero en cuestión calidad-precio no era lo más factible, además de que tienen poca disponibilidad.

Lo que dio la tarea de la creación de uno, dicho producto nombrado como “quita cochambre” está constituido principalmente de sosa caustica, junto con otros elementos.

Las instrucciones de uso de este producto son sencillas, simplemente se aplica una cantidad generosa sobre la superficie a limpiar (la persona deberá de usar guantes), dejando actuar durante un periodo de 15 a 20 minutos y después con la ayuda de una fibra tallar para quitar toda la grasa, y por último, con un limpiador húmedo, quitar la suciedad.

Esté puede ser utilizado para superficies de metal como lo son las estufas, los hornos, las parrillas, los sartenes, hornillas, etc. y en casos de plástico, se pueden limpiar, aplicando producto sobre un limpiador húmedo.



figura 1: Quita-cochambre

Este producto, nos llevó a la elaboración de otro muy parecido, un desengrasante que puede ser utilizado para después de haber cocinado, éste es aplicado con atomizador y se limpia con un limpiador húmedo, él cual, nos sirve para limpiar estufas, vidrios y superficies.



figura 2: Desengrasante para estufas

Además, se cuenta con productos que son de uso personal como el repelente de mosquitos, que está constituido con productos completamente organicos; como la citronella, cítricos, entre otros. Esté, es aplicado con atomizador sobre la piel que será expuesta a los mosquitos.



Figura 3: Repelente de mosquitos

Se cuenta también con un tratamiento capilar, que de igual forma es orgánico, su constitución es principalmente de vaselina, con un agradable aroma a Jazmín, mismo que le brinda una amplia serie de beneficios al cabello. Este, se aplica sobre el cabello húmedo y se peina.



Figura 4: Tratamiento capilar

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de estos productos han sido muy favorables, mismos resultados fueron comparados con productos que actualmente ya se encuentran en el mercado. Podemos destacar lo siguiente:

Del quita-cochambre (fig. 1), se han obtenido muy buenos resultados, siendo el producto más vendido entre todos los que ofrece la marca Dom Clean, este fue comparado con algunas marcas conocidas que sirven igual o tiene usos similares. Dicha comparación, nos demuestra que el Quita-cochambre de la marca Dom Clean tiene un alto nivel de eficiencia, haciéndolo un producto muy útil para las amas de casa en el hogar, quita la grasa en un 95% de las superficies en las que han sido utilizadas, que comparado con los demás, su nivel de eficiencia está muy por encima de ellos, que nos brindan alrededor del 80 al 85% de eficacia.



figura 5: Resultados del quita-cochambre

Este nivel de eficiencia fue obtenido mediante encuestas que fueron realizadas a personas que han utilizado el quita-cochambre, dichas encuestas, evalúan el efecto del producto, la durabilidad del mismo, el olor que esté tiene, la cantidad que debe ser administrada y efectos secundarios que pudieran tener en la piel de la persona que lo utiliza.

Mismos resultados se ven reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados de encuesta “eficiencia del producto “quita-cochambre””.

Presentación	Se obtuvo que un 65% de los encuestados les agrada esa presentación, mientras que el otro 35% preferirían alguna otra presentación como 500 ml y 1 litro
Eficiencia	En cuestión de efectos los resultados de las encuestas nos arrojan que un 70% de las personas consideran que tiene un buen efecto, mientras que, el 20% y 10% lo consideran bueno, pero podría mejorar
Durabilidad	Un 100% de los encuestados opinan que la cantidad de producto tiene una excelente duración.
Relación calidad-precio	En una escala del 1 al 10, donde 1 fue malo y 10 fue bueno, un 75% de los encuestados opinan que la calidad-precio es buena, y un 20% opina que es bueno, pero se podría mejorar.
Sugerencias	En este apartado los encuestados, opinan que el aroma del producto no es muy agradable y podría cambiar, dentro de estas sugerencias se mencionaron algunos aromas como: Cítricos (73.5%), lavanda (6.7%), frutal (6.7%), nardos (6.7%) y aroma fresco (6.7%).

Estás opiniones comparadas con las demás productos, nos resalta que el quita-cochambre es un buen producto, la relación con la calidad y el precio es aceptable y considerada para los clientes, ya que comparado con otras marcas el precio no es tan favorable para todas las personas y prefieren no adquirirlo. Mientras que el

quita -cochambre de la marca Dom Clean es accesible para todo el público por su bajo costo.

Dentro de las comparaciones y opiniones de los clientes debemos resaltar que requiere algunas mejoras como lo es el aroma, puesto que, aunque a algunas personas no les importa su aroma, hay algunas que si son susceptibles al olor y preferirían que fuera un aroma más agradable.

El desengrasante de estufas (fig. 2), por su parte, tambien arrojo excelente resultados obteniendo un alto nivel de eficiencia, que va desde el 90 al 95%, mismo que fue medido, bajo encuestas realizadas a clientes que lo han adquirido más de una vez.

Este producto comparándolo con algunos otros de diferentes marcas, se puede decir, que cumple muy bien con su función, además de que nos brinda una excelente limpieza en las estufas, tambien nos ayuda con la grasa que se encuentra en los vidrios, losetas e incluso ayuda con las salpicaduras de grasas en las campanas. Tiene un excelente aroma a esencia de pino, haciéndolo completamente diferente a cualquier otro desengrasante del mercado. Su manera de aplicarlo por medio de spray hace que sea muy práctico y útil en la cocina.

En las encuestas, podemos observar la evaluación del efecto del producto, la durabilidad del mismo, el olor que esté tiene, la cantidad que debe ser administrada y efectos secundarios que pudieran tener en la piel de la persona que lo utiliza.

Los resultados obtenidos de esta encuesta nos arrojan la siguiente información:



Figura 6: Gráfico con los datos de eficiencia del desengrasante

¿Qué tan agradable es el olor de este producto?
21 respuestas

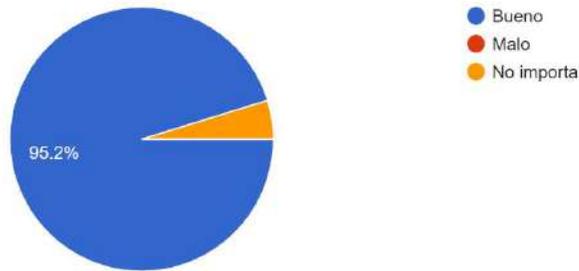


figura 7: Grafico de resultados del desengrasante. Agrado del aroma

¿Te parece correcta la cantidad del producto en la que se vende el desengrasante?
21 respuestas

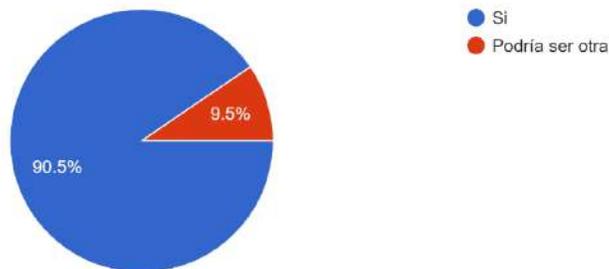


Figura 8: grafico de resultados del desengrasante. Agrado de la presentación

Con estos resultados y los que se muestran en la figura 9, donde se puede observar el antes y el después de la aplicación del producto en una estufa que estaba relativamente sucia. Nos señalan que el producto es del agrado de las personas en la presentación de 250 ml, nos dicen además que es del total agrado el aroma que tiene, aunque pudieran cambiarlo y en cuestiones de efectividad está por encima del 90%.

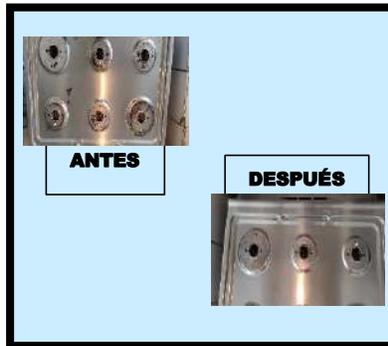


figura 9: Resultados de desengrasante para estufas

Para los resultados del repelente de mosquitos (fig. 3), se hicieron pruebas que duraron 4 horas, estas mismas fueron realizadas con una persona de prueba que se sometió a estar durante este periodo de tiempo en un lugar abierto expuesto a una gran cantidad de mosquitos. Dando como resultado, que durante este tiempo la persona estuvo libre de picaduras de zancudos, estos si se le acercaban, pero sin llegar a picar. Está prueba se realizó, tres veces con diferentes personas, con el propósito de observar las reacciones del repelente en diferentes tipo de piel y diversos niveles de pH, mismo que nos dio como resultado una excelente aceptación de efecto entre estas características de estudio. El producto al ser orgánico y no contener ningún químico que dañe o irrite la piel ha tenido una buena aceptación en el mercado.

Las comparaciones con otros productos nos demuestran que esté realmente cumple con el tiempo de efecto que se asegura, ya que algunos que se encuentran en el mercado no funcionan del todo en cuestión de tiempo que dicen durar. Esté al ser un repelente que no se le agregan químicos agresivos, sirve tanto en adultos como niños, sin necesidad de comprar dos presentación como en algunos del mercado que manejan para adultos y para niños. Además de que cuenta con un excelente aroma, mismo que sirve tanto para ahuyentar a los mosquitos como para ser del agrado de las personas. Su aplicación es sencilla y al ser por spray ayuda a que rinda el producto y no se desperdicie nada.



figura 10: Muestra de aplicación de repelente

Por último, para los resultados del tratamiento capilar (fig. 4), se realizó una prueba durante 30 días, en cabello chico, que estaba reseco, para esta prueba se le pide a la persona que no utilizara ningún otro tipo de producto en el cabello, a excepción del shampoo de costumbre.

Este producto ofrece beneficios que lo hacen completamente diferente de cualquier otro producto que se encuentra en el mercado, ya que ofrece el lograr tener un cabello más suave, le brinda una excelente hidratación haciendo que no luzca opaco y seco, le otorga facilidad al peinar aun con el cabello seco, ayuda a que sea liso en cabello lacio al mismo tiempo que le brinda volumen, y tambien sirve para el cabello chino logrando controlar el encrespamiento, además de que ayuda al cabello a aumentar su brillo haciendo que luzca con vida y hacer que sea más fácil de manejarlo, sin sentir pesadez en él.



Figura 10: muestras de resultados del tratamiento capilar

CONCLUSIONES

Finalmente podemos concluir que los productos que se han manejado hasta el momento han tenido una gran aceptación en el mercado, gracias a las encuestas realizadas podemos destacar grandes puntos a favor, como el que los clientes se encuentran conformes con la eficiencia que les brindan estos productos, y que hasta el momento no se han dado casos de algún efecto secundario dañino en las personas que han utilizado la mercancía. Gracias a éstas también, se ha logrado recabar información que será útil para seguir trabajando en la mejora de los mismos, como el de mejorar el olor que tiene el “quita-cochambre”. Además de que se priorizará y se tendrá muy en cuenta las opiniones de los clientes que principalmente son mujeres amas de casa y mujeres jóvenes.

Podemos destacar también, que el objetivo principal de la marca de brindar productos efectivos y de calidad, que ayuden a la comunidad, pero en especial a las mujeres de todas las edades tanto en el hogar como en su higiene personal, se están logrando cumplir con éxito, de igual forma, se ha logrado dos grandes propósitos personales, el primero en brindar a las mujeres productos útiles y que estén al alcance de sus posibilidades y el segundo la realización personal y profesional, utilizando conocimientos que fueron adquiridos a lo largo de la carrera y que son de completo agrado.

REFERENCIAS

- Barcellos, L. (2011). Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona]. Repositorio Digital de la Universidad de Barcelona. Recuperado Enero 17, 2024, de http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/35386/2/LBP_TESIS.pdf
- BBVA MÉXICO. (2023). La importancia de las mujeres emprendedoras en México. BBVA. Recuperado Diciembre 18, 2023, de <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/mujeres-emprendedoras-en-mexico.html>
- Calderón Gaona, J. L., & Paso Chusin, J. B. (2021). “Emprendimiento innovador como factor para el desarrollo de una nueva línea de productos de limpieza en la empresa Distribuciones Surtimax y su comercialización en el cantón La Maná, año 2020.” [Proyecto de investigación]. Universidad Técnica De Cotopaxi. Recuperado Enero 17, 2024, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7468/1/UTC-PIM-000327.pdf>
- Duarte Cueva, F. (2007). Contabilidad y negocios: Emprendimiento, empresa y crecimiento empresarial. Revista del Departamento Académico de Ciencias Administrativas, 2(3), 46-49. Recuperado Diciembre 18, 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281621764007>
- Freire, A. (2004). Pasión por emprender (1.ª ed.) [Studocu]. Aguilar. Recuperado Diciembre 18, 2023, de <https://www.studocu.com/es-ar/document/escuela-normal-superior-de-comercio-n->

46-domingo-guzman-silva/administracion/libro-pasion-por-emprender-de-la-idea-a-la-crua-realidad-andy-freire/58276632

- González Villarreal, L. (2023). Emprendimiento femenino: Un camino conjunto. Pro Mujer. Recuperado Diciembre 18, 2023, de <https://promujer.org/es/blog-es/emprendimiento-femenino-un-camino-conjunto/>
- Moreira, P., & Urriolagoitia, L. (2011). Emprendimiento social. Revista Española del Tercer Sector, 17, 1. Recuperado Enero 18, 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3652377>
- Neck, H., Brush, C. & Allen, E. (2009). The landscape of social entrepreneurship. Business Horizons, 52, 13-19. Recuperado Enero 18, 2024, de [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007-6813\(08\)00132-8](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007-6813(08)00132-8)
- Petrilli Cambambia, P. A., Uribe Cuahtzihua, F., Munguía Martínez, M., & Zavaleta Hernández, L. D. (2021). Emprendimiento de productos de limpieza sostenible y biodegradable (1.a ed.) [RED IBAI]. Red iberoamericana de academias de investigación A.C. recuperado Enero 17, 2024, de <https://redibai-myd.org/portal/wp-content/uploads/2022/05/978-607-99595-4-8.pdf>
- Sanahuja, J., y Tezanos, S. (2017). Del milenio a la sostenibilidad: retos y perspectivas de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Política y Sociedad, 54(2), 533-555. Recuperado Enero 17, 2024, de <http://dx.doi.org/10.5209/POSO.51926>

Importancia del análisis ciclo de vida en el sector agroalimentario: una revisión de literatura

Cruz Rivero Lidilia*, Estévez Gutiérrez Guadalupe Aranzazú*, Lince Olguín Ernesto*, Gutiérrez Salas Angela Aurora**

*TECNM-ITS de Tantoyuca

*lidilia.cruz@itsta.edu.mx

**TECNM-ITS de Ciudad Madero

Palabras clave:

Análisis Ciclo de Vida, Apicultura, agricultura, producción

Keywords:

Life Cycle Analysis, Apiculture, production, agriculture

RESUMEN

En la actualidad, para evaluar cuantitativamente los impactos ambientales generados por productos y procesos, es el Análisis Ciclo de Vida (ACV), dicha metodología es muy utilizada en los países desarrollados (europeos, EE. UU), pero deficiente en América Latina. Por ello es importante explorar en el fortalecimiento de estudios Análisis Ciclo de Vida (ACV) en la agricultura, fundamentalmente en el sector apícola. Metodológicamente, se debe considerar la identificación en la literatura que uno de los principales obstáculos es el déficit de estudios ACV en la apicultura. Se identificaron dos particularidades sobre el ACV: 1) dificultades sobre ausencia de datos históricos, y 2) mayor afluencia de información en ACV con productos industriales. Las Recomendaciones fueron pensadas desde el punto de vista apicultor, en contexto con la producción informal y débil aplicación de criterios técnico-administrativo.

ABSTRACT

Currently, to quantitatively assess the environmental impacts generated by products and processes, is the Life Cycle Analysis (LCA), this methodology is widely used in developed countries (European, US), but deficient in Latin America. Therefore, it is important to explore the strengthening of Life Cycle Analysis (LCA) studies in agriculture, mainly in the apiculture sector. Methodologically, one must consider the identification in the literature that one of the main obstacles is the lack of studies of ACV in beekeeping. Two particularities were identified about LCA: 1) difficulties in the absence of historical data, and 2) greater inflow of information in LCA with industrial products. The Recommendations were thought from the point of view beekeeper, in context with the informal production and weak application of technical-administrative criteria.

INTRODUCCIÓN

El análisis ciclo de vida (ACV) SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) lo define: como un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas con un proceso, producto o servicio mediante la identificación y cuantificación de la energía y materiales consumidos y de los residuos generados al ambiente, para valorar el impacto de estos consumos y generaciones al ambiente, para valorar e implementar mejoras ambientales. Este análisis incluye el Ciclo de vida entero del proceso, producto o servicio, incluyendo la extracción y procesado de las materias primas; transformación, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; reciclado y eliminación final (Aranda, Zabalza, Martínez, Valero, & Scarpellini, 2006).

En 1997 se publica la primera de las normas ISO referidas al ACV: la norma ISO 14040:1997, que establece los principios y estructura de esta metodología. En años sucesivos aparecen otras normas ISO relacionadas con el ACV, entre las que destacan: ISO 14041:1998 (objetivo, alcance y análisis de inventario) e ISO 14043:2001 (Interpretación del impacto del ciclo de vida). Estas normas han sido revisadas y reemplazadas por la ISO 14040:2006 (principios y marco de referencia) y por la ISO 14044:2006 (requisitos y directrices) (Schmid Gallego, 2008).

Estas herramientas se consideran integrales en la medición y direccionamiento de la carga ambiental y la huella ecológica asociadas con la fabricación de un producto, un proceso o actividad, desde la cuna hasta la tumba (Anielski & Wilson, 2010).

El ACV representa entonces una forma de contabilizar sistemáticamente las entradas y salidas energéticas y de materiales a lo largo de todas las etapas de un ciclo de vida, desde la adquisición de las materias primas, producción, procesamiento, empaquetado, uso y finalmente reciclaje o disposición de un producto o varios recursos empleados en un respectivo sector (Heller & Keoleian, 2000).

En las particularidades del Análisis Ciclo de Vida, en el sector de producción Apícola, el fin del ACV es brindar opciones óptimas para explorar para el desarrollo y fortalecimiento de este campo de la gestión ambiental aspectos en el que también se consideró la experiencia de los investigadores en aspectos en el desarrollo de una investigación sobre ACV.

DESARROLLO

Se realizó un estudio que consiste en una búsqueda sistemática de información en base a artículos y datos Web; se consideraron varios aspectos considerando

- a). Criterios de selección: Selección de los estudios y fuentes revisadas.
- b). Fuentes de datos: Se considera las bases de datos, bibliotecas, y otras fuentes utilizadas para encontrar literatura relevante.

c) Método de análisis: Se sintetizarán los estudios seleccionados para identificar los patrones recurrentes en la literatura acerca de las principales dificultades y vacíos experimentados al desarrollo de estudios de ACV. Los metabuscadores utilizados son: Google Académico, ResearchGate, Emeraldinsight.

Se realiza el concepto de búsqueda “Aplicación de Análisis ciclo de vida en la apicultura” Como punto de partida de la investigación, al no encontrar un precedente de dicha investigación, se definió una ruta de búsqueda general [(“análisis ciclo de vida” + “agricultura”)] y [(“ACV” + “industrial”)] y se acotó la búsqueda mediante unos límites de tiempo para abarcar la literatura publica entre los años 2008 a 2022.

Cabe destacar que para cada base de datos se ajustó tanto la ruta de búsqueda como el intervalo de tiempo.

RESULTADOS

A continuación, se presenta una recopilación de información de los artículos de ACV, con base en una búsqueda de artículos científicos en base a datos virtuales centradas en un periodo de estudio de 2008-2022.

En el 2019 Flor Coello, presento una investigación que se basó en la estimación de los impactos ambientales de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la remolacha en el cantón Cayambe con un enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV), con el propósito de comparar los resultados que evidencien los posibles beneficios en los aspectos económicos, sociales y sobre todo ambientales de ambas producciones agrícolas. Utilizando como principal metodología la huella de carbono, huella hídrica y ACV, pero siguiendo los lineamientos de ISO 14067, 14046 y 1404, donde se determinó la unidad funcional para cada una de las entradas y salidas de la fase agrícola de la remolacha para evaluar los impactos ambientales. (Coello Shiguango, 2019).

Joselyn Yépez, en octubre del 2018 presentó el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de Queso Mozzarella, permitiendo analizar los impactos ecológicos, sociales y económicos generados en la producción, con la finalidad de establecer estrategias de sustentabilidad de un agronegocio. Por medio del Análisis ciclo de vida, se realizó un registro de inventarios de la entrada y salida para cada fase ACV, permitiéndole conocer a la empresa los impactos de producir el kilogramo de queso Mozzarella en el ambiente, debido a que emite 0,023kg de metano (CH₄), 3.91kg de dióxido de carbono (CO₂) y 28.8 litros de agua residual. En dicho estudio se propuso una variedad de estrategias para la mejora continua y una producción sustentable por medio de un MESMIS (Evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (Yépez, 2018).

Para el año 2017 Herranz & García, presentaron la situación actual ambiental a lo largo de su ciclo de vida de los paneles de lana mineral de vidrio para la construcción de conductos de climatización. Su uso cada vez es más habitual en la realización de instalaciones de alta eficiencia, sustituyendo frecuentemente a los conductos de chapa metálica revestidos con mantas de lana mineral de vidrio, debido a las ventajas que aportan a la instalación. Por medio de este análisis permite cuantificar

el impacto ambiental de dicho producto. De este estudio los resultados obtenidos permiten identificar las etapas e indicadores más críticos durante el ACV, con base a la norma UNE-EN 15804:2012+A1 (define el marco común para armonizar la estructura de las declaraciones ambientales de un producto en materiales de construcción y de veracidad) (Herranz & García, 2017).

En el año 2017 los autores Nucci, Mele, Nishihara y Cárdenas Realizaron un estudio para comparación, desde el punto de vista ambiental, entre nafta y mezclas nafta-etanol promovidas por la Ley Nacional 26.093 a nivel de uso. Utilizando el Análisis o Evaluación de Ciclo de Vida (LCA– Life Cycle Assessment) como herramienta adecuada para esta comparación. Con esto se contribuye en un área que actualmente está esperando mayor desarrollo mediante la incorporación de datos locales de producción. A partir de este análisis, surge que la percepción de sustentabilidad asociada a los biocombustibles frente a los combustibles fósiles no es absoluta, sino que dependerá en gran medida de las prácticas adoptadas para disminuir el impacto ambiental de la cadena de producción de biocombustibles (De Nucci, Mele, Nishihara, & Cárdenas, 2017).

En la actualidad la contaminación y los impactos ambientales que representan las actividades humanas sobre el medio ambiente es uno de los principales conflictos en la sociedad. Para el año 2017 Fernando Canellada empleo los métodos de análisis medioambiental como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la Huella de Carbono que permiten determinar cuantitativamente los diferentes impactos ambientales debidos a las actividades industriales, en este caso, en el sector alimentario, y en base a estos resultados, poder tomar decisiones para mejorar los procesos productivos de forma que sean más sostenibles. Utilizando el inventario del consumo de materias primas, recursos energéticos, con los datos recopilados se mostró que la producción de la leche empleada para la elaboración de los quesos es la principal causa de los impactos ambientales, obteniendo una huella de carbono de 10,2 kg de CO₂ por kg de queso, finalmente, a partir de estos resultados se pudo

indicar algunas propuestas de mejora de la quesería de carácter medioambiental (Canella Barbón, 2017).

Katherine Yáñez en 2017 utilizó la metodología de la norma ISO 14040, que consta de cuatro etapas que son la Definición y alcance de los objetivos, análisis del inventario, evaluación de los impactos e interpretación de los resultados, para determinar el impacto ambiental de bandejas biodegradables a base de almidón de camote y fibra de caña de azúcar a través del análisis del ciclo de vida.

Como resultado de todo este proceso se determinó que las bandejas biodegradables tienen un moderado impacto ambiental, según los datos arrojados por el software Eco it, ya que es de 402 t de CO₂ equivalente, pero con repercusión en la producción de dichas bandejas. Contribuyendo a la mejora de la línea de producción y reduciendo con ello los impactos ambientales (Yañez Gozzer, 2017). Por otro lado, en el año 2016 Diana Quevedo, presentó una Determinación de las cargas ambientales de la bebida gaseosa de una capacidad de 350ml retornable, enfocado al análisis de ciclo de vida. Donde cuantificaron las entradas y salidas de cada una de las etapas del proceso productivo: tratamiento de agua potable, preparación de jarabe simple y terminado, embotellado y almacenamiento; obteniendo así un análisis de “la cuna a la puerta”. Pero toda la evaluación del análisis se empleó el software para Análisis ciclo de vida “SIMAPRO”, donde evalúa los impactos ambientales, obteniendo como resultado un perfil medioambiental, que permite hacer recomendaciones en la reducción de impactos ambientales en la operación de la producción (Quevedo Rojas, 2016).

Alberto Álvarez, en noviembre del 2016, debido a la actual y creciente preocupación por el medio ambiente y la implicación del ser humano sobre dicha problemática, presentó un Análisis ciclo de vida del cultivo ecológico de la Vid para la vinificación en la comarca Utiel- Requena, pero con el objetivo de valorar el impacto ambiental que tiene la vid referente al Análisis ciclo de vida se complementó con las normas

ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, con este fin se recopilaban datos de inventario que permite dar una propuesta de mejora, en ajustar o minimizar las dosis y números de aplicaciones de productos fitosanitarios pues su producción contribuye en gran medida a la mayoría de impactos ambientales analizados en la producción de la VID (Álvarez, 2016).

Fedele, Mazzi, Niero, Zuliani, & Scipioni, en 2014, evaluaron el ACV, en el sector agroalimentario, tomando como punto de referencia las principales diferencias entre estudios agrícolas e industriales y la necesidad de evaluar los datos de salida de los procesos naturales que resultan de las prácticas agrícolas, especialmente en la fertilización y los tratamientos con pesticidas. considerando el ACV comparativo “desde la cuna hasta la tumba”, basados en datos históricos y de incertidumbre, donde este estudio confirma la utilidad del enfoque metodológico ACV (Fedele, Mazzi, Niero, Zuliani, & Scipioni, 2014).

En 2012 Leinonen, Williams, Wiseman, Guy & Kyriazakis en el artículo Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems, indican que el principal objetivo es aplicar en Análisis Ciclo de Vida desde la cuna a la tumba, para cuantificar las cargas ambientales por 1000Kg de huevos producidos en los principales sistemas de producción de huevos de gallina en el Reino Unido: 1) jaula, 2) granero, 3) rango libre, y 4) orgánico. Que a su vez utilizaron la simulación Montecarlo para cuantificar las incertidumbres en los resultados y permitir comparaciones entre los sistemas.

El método ACV permite realizar comparaciones entre sistemas y la identificación de puntos críticos de impactos ambientales que podrían estar sujetos a mitigación (Leinonen, Williams, Wiseman, Guy, & Kyriazakis, 2012).

En 2008 Ntiamoah, A., & Afrane, en el artículo Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach. Journal of Cleaner Production, menciona los impactos ambientales del cacao en Ghana,

considerando su análisis en el sistema requerido para producir y procesar 1 kg de grano de cacao. El estudio se realizó de acuerdo con la norma internacional ISO 14040 e ISO 14043 (Ntiamoah & George, 2008).

Rebolledo et al (2021), realiza un estudio que analiza el nivel de ecoeficiencia de los sistemas de producción de miel, identificando recursos clave para mejorar el rendimiento económico y reducir los impactos ambientales, este análisis lo realiza utilizando el software Ecoinvent v3.8.

La tabla 1 presenta un resumen con la selección de ACV, en la que se identifican la unidad funcional, metodología de evaluación de impacto, alcance del sistema, entre otros aspectos. Cabe destacar que el ACV tiene un amplio campo de investigación en los impactos ambientales no solo en la huella de carbono.

Tabla 1. Resumen de aplicación de (Análisis Ciclo de Vida, ACV).

AUTORES	PRODUCTO	PAÍS	INDICADORES	ALCANCE	BASE DE DATOS
Flor Coello (2019)	Remolacha	Ecuador	huella de carbono, huella hídrica	De la cuna a la cuna	Datos históricos
Joselyn Yépez (2018)	Queso Mozzarella	Ecuador	Huella de carbono, huella hídrica	De la cuna a la tumba	MESMIS CROPWAT 8.0. (software)
Herranz & García (2017)	Paneles de lana mineral de vidrio	España	Huella de carbono, Consumo residual	Cuna a la cuna	Norma UNE-EN 15804:2012+A1 Software (TEAM TM 5.2 PWC) ISO 14044
Nucci, Mele, Nishihara & Cárdenas (2017)	Biocombustibles (mezclas nafta/etanol de caña de azúcar)	Argentina	Acidificación, huella de carbono, eutrofización	Cuna A la Cuna	ISO 14040, Datos históricos
Fernando Canellada (2017)	Queso	España	Huella de carbono, impactos ambientales	Cuna a la tumba	SIMAPRO (software)

Katherine Yáñez (2017)	Bandejas biodegradables a base de almidón de camote y fibra de caña de azúcar	Perú	Impactos ambientales	De la cuna a la tumba	ECOIT (software), ISO 14040
Diana Quevedo (2016)	Bebida gaseosa	Colombia	Impactos ambientales	De la cuna a la cuna	SIMAPRO (software)
Alberto Álvarez (2016)	Vino	España	Impactos ambientales	De la cuna a la Tumba	ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 Datos de inventario
Fedele, Mazzi, Niero, Zuliani, & Scipioni (2014)	Caña (como azúcar)	Italia	Huella de Carbono, Impactos ambientales	Cuna a la Tumba	Ecolvent (Software)
Leinonen, Williams, Wiseman, Guy & Kyriazakis (2012)	Huevos	Reino unido	Impactos ambientales	Cuna a la Cuna	Simulación Montecarlo, ACV
Ntiamoah, A., & Afrane (2008)	Cacao	Ghana	Impactos Ambientales	Cuna a la Cuna	Ecolvent (Software)
Rebolledo-et al., (2021).	Miel-Apicultura.	México	Huella de carbono		Ecoinvent v3.8 database. MS Excel

En la investigación que se implementó en los meta-buscadores antes mencionados, no se encontró ningún artículo o investigación sobre el análisis en el sector apícola, dado que esta limitante puede ser subsanada creando una investigación de los procesos y flujos de inventario en la producción de la miel, para crear un impacto ambiental y a su vez un antecedente para futuras investigaciones en el país de México. Pero por otra parte en la ejecución del ACV en el municipio de Tantoyuca, Veracruz, un factor a considerar es la barrera de recolección de los

datos, dado que los mismos productores (apicultores) no cuentan con datos históricos de entrada y salida del producto (miel).

CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación, se puede concluir que el análisis Ciclo de Vida es una metodología relativamente nueva para el país de México, debido al déficit de difusión, sobre todo en su aplicación en el sector apícola. Dicha aplicación en los productos alimenticios requiere una investigación a profundidad para recabar datos. Se debe de reconocer la importancia que requiere una fase de inventario, representa un reto, no solo para los investigadores, sino también para los productores, se debe de lograr una correcta divulgación de la importancia de los datos, permitirá generar datos históricos para la implementación inmediata de ACV.

Cabe destacar que las herramientas del ciclo de vida son eficaces, debido a que conducen a la mejora continua de las empresas, pero se debe tener un cuidado al momento de implementarlas, ya que al no efectuarlas correctamente pueden generar una pérdida en las compañías.

Finalmente, un dato muy importante es que se cuenta con las normas ISO 14040 a 14044 que se puede apreciar en los artículos anteriores, hay que fungir como un manual para la buena práctica de la metodología ACV, pero un factor importante es la facilidad de recabar los impactos ambientales por medio de los softwares (SIMAPRO, ECOIT, etc.) dando uno datos precisos de las emisiones de Dióxido de carbono, agua residual entre otros.

REFERENCIAS

- Álvarez, M. (2016). *Análisis de ciclo de vida del cultivo ecológico de la vid para vinificación en la comarca Utiel-Requena*. Valencia.
- Anielski, & Wilson. (2010). *Organisation Internationale de Normalisation*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es>
- Aranda, A., Zabalza, I., Martínez, A., Valero, A., & Scarpellini, S. (2006). *El Análisis Del Ciclo De Vida Como Herramienta De Gestión Empresarial*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Canella Barbón, F. (2017). *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono de una quesería tradicional asturiana*. Oviedo: MBTA.
- Coello Shiguango, F. L. (2019). *Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la remolacha (Beta Vulgaris) en el cantón Cayambe*. Quito: Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana /.
- De Nucci, P., Mele, F., Nishihara, A., & Cárdenas, G. (2017). Estudio Comparativo de diferentes Mezclas Nafta/Etanol de caña de azúcar Usando El enfoque de Ciclo de Vida. *Industrial y Agrícola de Tucumán*, 47-58.
- Fedele, A., Mazzi, A., Niero, M., Zuliani, F., & Scipioni, A. (2014). Can the Life Cycle Assessment methodology be adopted to support a single farm on its environmental impacts forecast evaluation between conventional and organic production? An Italian case study. *Journal Of Cleaner Production*, LXIX, 49-59. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.034>
- Heller, M., & Keoleian, G. (2000). Indicadores de sostenibilidad basados en el ciclo de vida, para el sector alimentario. 59.
- Herranz, G. S., & García, N. (2017). *Análisis De Ciclo De Vida De Los Paneles De Lana Mineral De Vidrio Para La Construcción De Conductos De Climatización. Verificación Externa*. Madrid.
- Leinonen, I., Williams, A., Wiseman, J., Guy, J., & Kyriazakis, I. (2012). Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. *Poultry Science Association Inc*, 26-40. doi:10.3382/ps.2011-01635
- Ntiamoah, A., & George, A. (2008). Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 1735-1740.
- Quevedo Rojas, D. (2016). *Determinación de las Cargas Ambientales de la Bebida Gaseosa Colombiana de 350ml Retornable, Mediante El Análisis De Ciclo de Vida (ACV)*. Bogota.
- Schmid Gallego, A. (2008). *Diferenciación Espacial En La Metodología de Análisis Del Ciclo De Vida: Desarrollo De Factores Regionales Para Eutrofización Acuática y Terrestre*. Santiago: USC.
- Rebolledo-Leiva, R., Angulo-Meza, L., González-Araya, M. C., Iriarte, A., Vásquez-Ibarra, L., & Rengel, F. M. (2021). A new method for eco-efficiency assessment using carbon footprint

and network data envelopment analysis applied to a beekeeping case study. Journal of Cleaner Production, 329, 129585.

Yañez Gozzer, K. C. (2017). *Impacto ambiental de bandejas biodegradables a base de almidón de camote (ipomoea batatas) y fibra de caña de azúcar (saccharum officinarum l.), utilizando el análisis del ciclo de vida*. Trujillo.

Yépez, P. (2018). *Análisi De Ciclo de Vida (ACV) De Queso Mozzarella, Como Estrategía Para Un Agronegocio Sustentable: Un Estudio En La Empresa Andilacteos En La Ciudad De Otavalo*. Otavalo

De la Teoría a la Práctica: Implementación y Retos Éticos de los Chatbots Médicos en Entornos Marginales

Ahumada Cervantes María de los Ángeles. Eric Alvarez Baltierra, Melo Morín Julia Patricia

*Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Pánuco,
angeles.ahumada@itspanuco.edu.mx.*

Palabras clave:

Chatbots médicos, modelos de lenguaje extensivo, atención sanitaria, desigualdad, privacidad de datos

RESUMEN

La exclusión en la atención médica es un problema global que afecta desproporcionadamente a comunidades marginadas. Los modelos de lenguaje extensivo (LLM) como GPT-3 y GPT-4 prometen revolucionar la atención médica mediante chatbots, mejorando el acceso y la calidad del cuidado. Estos modelos facilitan interacciones efectivas, proporcionando orientación y predicciones precisas. Sin embargo, su implementación presenta desafíos significativos, como la protección de la privacidad bajo regulaciones como el GDPR y la necesidad de una integración segura y ética que complemente la atención humana.

Los chatbots médicos pueden reducir la desigualdad en la atención sanitaria, ofreciendo asistencia continua en múltiples idiomas y mejorando la comprensión del sistema de salud. No obstante, la efectividad de estas tecnologías requiere un enfoque culturalmente sensible y una infraestructura tecnológica adecuada. Además, aunque los LLM pueden manejar tareas administrativas y proporcionar diagnósticos preliminares, no reemplazan la empatía y el juicio clínico humano.

El desarrollo futuro de estos sistemas debe priorizar la seguridad, privacidad y eficacia, promoviendo la colaboración entre tecnólogos, médicos y reguladores. Así, se podría avanzar hacia un sistema de atención más inclusivo y eficiente, donde la tecnología y la humanidad trabajen juntas para mejorar la calidad de vida de todos. Los avances en IA multimodal también prometen enriquecer estas interacciones, proporcionando un enfoque diagnóstico y terapéutico más completo.

Keywords:

Medical chatbots, extensive language models, healthcare, inequality, data privacy

ABSTRACT

The exclusion in healthcare is a global issue that disproportionately affects marginalized communities. Extensive language models (LLM) like GPT-3 and GPT-4 promise to revolutionize healthcare through chatbots, improving access and quality of care. These models facilitate effective interactions, providing guidance and accurate predictions. However, their implementation presents significant challenges, such as privacy protection under regulations

like GDPR and the need for safe and ethical integration that complements human care.

Medical chatbots can reduce inequality in healthcare by offering continuous assistance in multiple languages and improving the understanding of the healthcare system. Nevertheless, the effectiveness of these technologies requires a culturally sensitive approach and adequate technological infrastructure. Additionally, while LLMs can handle administrative tasks and provide preliminary diagnoses, they do not replace human empathy and clinical judgment.

The future development of these systems must prioritize security, privacy, and efficiency, promoting collaboration between technologists, doctors, and regulators. Thus, it could advance towards a more inclusive and efficient healthcare system, where technology and humanity work together to improve the quality of life for all. Advances in multimodal AI also promise to enrich these interactions, providing a more comprehensive diagnostic and therapeutic approach.

INTRUDUCCIÓN

La exclusión en la atención médica representa un desafío global significativo, afectando desproporcionadamente a comunidades en distintas regiones. Obstáculos que varían desde limitaciones económicas hasta barreras culturales y geográficas dificultan el acceso de muchos a una atención de calidad, exacerbando las disparidades en los resultados de salud (Meskó, 2023). En este entorno, la inteligencia artificial (IA) surge como un catalizador para el cambio, brindando nuevas vías para superar estas desigualdades. Los Modelos de Lenguaje Extensivo (LLM), tales como GPT-3 y GPT-4 de OpenAI, junto con innovaciones como Med-PaLM 2 y BioMistral, están liderando esta revolución tecnológica, prometiendo mejorar el acceso y la calidad de la atención médica mediante su uso en chatbots médicos (Meskó & Topol, 2023).

Los LLM destacan por su impresionante capacidad para generar y procesar texto con alta coherencia y precisión, cualidades cruciales para su aplicación en el ámbito médico. Estos modelos facilitan interacciones efectivas con los pacientes, ofreciendo orientación e información esencial, sobre todo a aquellos en áreas con recursos limitados. Su interacción basada en lenguaje natural posibilita una comunicación intuitiva y personalizada, vital para su eficacia y aceptación en prácticas clínicas.

Sin embargo, la adopción de estos sistemas tecnológicos implica retos significativos. La protección de la privacidad es primordial, en especial bajo regímenes regulatorios como el

(General Data Protection Regulation) GDPR (Hintze & El Emam, 2018). Además, aunque los LLM pueden optimizar notablemente la predicción de desarrollo de enfermedades y decisiones clínicas, su integración requiere una cuidadosa atención a la seguridad y la ética, asegurando que complementen adecuadamente el cuidado humano. Lejos de sustituir a los médicos, los chatbots médicos están diseñados para apoyarlos, asumiendo responsabilidades administrativas y analíticas que permiten a los profesionales médicos dedicarse a aspectos más complejos del cuidado del paciente (Robeznieks, 2023).

Este artículo delinea cómo los chatbots médicos, potenciados por LLM, podrían jugar un rol transformador en la reducción de la exclusión en la atención médica (Adams, 2023), explorando cómo estos modelos pueden ser aprovechados para expandir la accesibilidad y mejorar la calidad del cuidado médico, mientras se manejan con cautela los desafíos que presentan su implementación.

DESARROLLO

Aplicaciones y Desafíos de la Inteligencia Artificial en la Atención Médica: El Caso de los Chatbots

Los chatbots médicos representan una revolución en la interacción entre tecnología y atención médica, proporcionando un soporte ininterrumpido y accesible para pacientes en áreas desatendidas y subrepresentadas (Shi, Keneshloo, Ramakrishnan, & Reddy, 2020). Estos programas de inteligencia artificial funcionan mediante conversaciones en lenguaje natural, lo que les permite asistir en el diagnóstico preliminar, ofrecer consejos médicos y orientar a los pacientes en la gestión de sus tratamientos (Thirunavukarasu et al., 2023).

Existen principalmente dos categorías de chatbots médicos: los básicos, que operan con reglas y respuestas preprogramadas, y los avanzados, que utilizan modelos de lenguaje extensivo para producir respuestas más precisas y adaptadas al contexto del usuario. Los chatbots avanzados no solo responden preguntas; también aprenden de las interacciones continuas, mejorando su capacidad de ofrecer diagnósticos más acertados y personalizados con el tiempo.

A pesar de sus beneficios, la implementación de chatbots médicos conlleva desafíos significativos. La privacidad del usuario es una preocupación primordial, especialmente bajo regulaciones como el Ley General de Protección de Datos (GDPR). Además, mientras que

los chatbots pueden mejorar la eficiencia en el acceso a la información médica, su uso en el diagnóstico y la toma de decisiones clínicas plantea preocupaciones éticas (Li et al., 2023), importantes que deben ser cuidadosamente evaluadas para asegurar que complementen adecuadamente la atención médica humana, en lugar de intentar reemplazarla (Wolf et al., 2020).

Barreras en la Salud: Confrontando la Desigualdad en el Acceso Médico

La desigualdad en el acceso a servicios médicos de calidad es una realidad persistente que afecta desproporcionadamente a poblaciones marginadas en todo el mundo. Estas comunidades enfrentan una serie de barreras—económicas, geográficas, sociales y culturales—que no solo limitan su acceso a la atención médica, sino que también amplifican las disparidades en los resultados de salud. Las minorías étnicas, las comunidades rurales y remotas, y los grupos socioeconómicos bajos, son particularmente vulnerables en este contexto.

Los chatbots médicos, impulsados por modelos de lenguaje extensivo, presentan una oportunidad innovadora para abordar estos desafíos. Al ofrecer asistencia médica disponible las 24 horas del día en múltiples idiomas, estos sistemas pueden proporcionar información y educación de salud crítica a quienes la necesitan, independientemente de su ubicación o situación económica. Además, facilitan una mayor comprensión y navegación del sistema de salud, ayudando a los usuarios a programar citas, entender sus derechos y opciones de tratamiento, y recibir asesoramiento médico de forma más accesible (Balas et al., 2023).

Sin embargo, mientras que la tecnología ofrece herramientas potenciales para superar la marginación, su implementación efectiva requiere un enfoque cuidadoso que considere las particularidades culturales y sociales de cada comunidad, asegurando que la asistencia tecnológica se integre de manera respetuosa y efectiva (Haug & Drazen, 2023).

Avances en IA: Modelos de Lenguaje Extensivo en el Campo Médico

Los Modelos de Lenguaje Extensivo (LLM) están redefiniendo las posibilidades en el ámbito médico a través de su capacidad para comprender y generar lenguaje humano de manera precisa. Estos modelos se basan en enormes volúmenes de datos médicos y textos para aprender patrones lingüísticos y conceptos clínicos, lo que les permite ofrecer respuestas informadas y contextualmente relevantes. En medicina, los LLMs, como Med-PaLM 2 y

MEDITRON-70B (Google Research, n.d.), se aplican específicamente para interpretar consultas médicas, proporcionar diagnósticos preliminares y sugerir tratamientos basados en evidencia científica (Jiang et al., 2023).

La integración de estos modelos en chatbots médicos ha facilitado la automatización de tareas rutinarias, permitiendo a los profesionales de la salud concentrarse en aspectos más críticos del cuidado del paciente. Además, los LLMs ofrecen la promesa de mejorar la precisión de los diagnósticos médicos y la personalización del tratamiento, lo que es crucial en áreas con escasez de recursos médicos (Maharjan et al., 2024).

No obstante, el despliegue de LLMs (Meskó, 2023) la práctica médica implica consideraciones éticas y técnicas significativas, como la seguridad de los datos del paciente y la necesidad de mantener una supervisión humana adecuada para evitar dependencias indebidas en las decisiones automatizadas. A medida que estos modelos evolucionan, su potencial para transformar la atención médica continúa expandiéndose, prometiendo avances significativos en la accesibilidad y calidad del cuidado de la salud (Lee, Bubeck, & Petro, 2023).

Diálogo Digital: La Dinámica de los Chatbots y la Interacción Paciente

La interacción entre chatbots y pacientes, especialmente aquellos impulsados por modelos de lenguaje extensivo (LLM), ha revolucionado la manera en que se maneja la atención médica rutinaria. Estos sistemas ofrecen una monitorización continua y personalizada, esencial para pacientes con condiciones crónicas, al facilitar la administración de tratamientos y la observación del progreso de la salud en tiempo real. Por ejemplo, los chatbots pueden registrar y analizar síntomas, signos vitales y otros datos relevantes, lo que permite intervenciones tempranas ante cambios en el estado de salud del paciente (Hopkins et al., 2023).

Además de la monitorización, los chatbots proporcionan recomendaciones y consejos personalizados basados en el historial médico y las necesidades específicas de cada paciente, lo que mejora la precisión y la personalización del tratamiento. También fomentan una mayor adherencia al tratamiento mediante recordatorios para la toma de medicamentos y citas médicas, elementos cruciales para la gestión eficaz de la salud (Ferrario & Biller-Andorno, 2024).

La interacción continua que ofrecen los chatbots no solo facilita la gestión de la salud, sino que también empodera a los pacientes al permitirles tomar un rol activo en el manejo de su propia salud, fomentando una mejor autogestión y compromiso con el tratamiento (Jacob, 2023).

Proyecciones y Desafíos para la Implementación de Chatbots Médicos

La accesibilidad de los chatbots médicos es fundamental, especialmente para comunidades marginadas y regiones con recursos limitados. Factores como la infraestructura tecnológica, incluyendo el acceso a internet y dispositivos compatibles, juegan un papel crucial en la efectividad de estos sistemas. En áreas rurales o en desarrollo, la falta de recursos tecnológicos adecuados puede restringir significativamente el uso de chatbots médicos (Fogel & Kvedar, 2018).

La alfabetización digital de los usuarios es otro factor determinante. Individuos de mayor edad o aquellos menos familiarizados con la tecnología pueden enfrentar dificultades al interactuar con estos sistemas, lo que demanda el desarrollo de interfaces intuitivas y programas de educación digital (Omar et al., 2024) para facilitar su uso. Además, la capacidad de los chatbots para operar en múltiples idiomas y adaptarse a diferentes contextos culturales es esencial para su aceptabilidad y eficacia a nivel global (Cao et al., 2023).

La financiación del desarrollo, implementación y mantenimiento de chatbots médicos también representa una barrera importante. Modelos económicos accesibles, junto con el apoyo de gobiernos y organizaciones no gubernamentales, son esenciales para democratizar el acceso a estos servicios (Bolton et al., 2024).

Mirando hacia el futuro, los avances en inteligencia artificial prometen elevar la personalización en el cuidado médico a niveles sin precedentes. Se anticipa que los chatbots del futuro serán multimodales, combinando texto, voz e imágenes para enriquecer la interacción y la experiencia del usuario, lo que podría revolucionar la forma en que se proporciona la atención médica (Følstad et al., 2021).

Modelos de Lenguaje y Alivio de la Escasez de Recursos Médicos

La escasez global de profesionales médicos ha emergido como un desafío crítico, afectando tanto a naciones desarrolladas como en desarrollo. Los Modelos de Lenguaje Extensivo (LLM)

se proponen como una solución viable para mitigar esta crisis, al ofrecer apoyo en tareas clínicas y administrativas y optimizando la eficiencia general del sistema de salud (Mbakwe et al., 2023).

Estos modelos pueden gestionar una gran cantidad de tareas administrativas como la documentación médica, el procesamiento de formularios y la gestión de citas, liberando así tiempo valioso para que los médicos se concentren en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes. Además, los LLM proporcionan acceso instantáneo a información médica actualizada y basada en evidencia, facilitando a los médicos la toma de decisiones informadas de manera más rápida y eficiente (Gebrael et al., 2023).

A pesar de su disponibilidad continua y su capacidad para operar las 24 horas del día, los desafíos asociados con el uso de LLMs en la medicina son significativos. Estos modelos, aunque avanzados, pueden enfrentar dificultades para comprender completamente contextos médicos complejos y multifacéticos, lo que podría llevar a errores en diagnóstico o tratamiento. Además, la confianza tanto de pacientes como de profesionales de la salud en decisiones automatizadas sigue siendo limitada, lo que puede restringir la aceptación y utilización de LLMs en entornos clínicos (García Ríos & Rueda Torres, 2022).

La privacidad y seguridad de los datos también constituyen preocupaciones críticas, ya que el manejo de datos sensibles implica riesgos significativos. Por ello, es esencial implementar medidas de seguridad robustas para proteger la información de los pacientes (Sallam, 2023).

Aunque enfrentan desafíos, los LLMs ya están realizando contribuciones notables, como proporcionar diagnósticos preliminares y apoyar a los médicos en la toma de decisiones clínicas, mostrando un claro potencial para mejorar la gestión de la atención médica y reducir la carga sobre el sistema de salud (Ong et al., 2024).

La Complementariedad entre Modelos de Lenguaje y la Práctica Médica Humana

A pesar de los avances significativos en los modelos de lenguaje extensivo (LLM), existen roles esenciales en la atención médica que estos modelos no pueden asumir. Los aspectos de empatía, comprensión y la interacción humana siguen siendo fundamentales en la relación médico-paciente y son cruciales para una atención efectiva. Los médicos humanos aportan juicio clínico y una capacidad de interpretación contextual que los LLM simplemente no pueden replicar (Meskó & Topol, 2023).

Además, muchas intervenciones médicas requieren habilidades manuales y juicios que dependen de la experiencia y la intuición humana, aspectos que los LLM no están diseñados para manejar. Sin embargo, esto no resta valor a los LLM como herramientas de apoyo valiosas. Pueden realizar tareas administrativas, proporcionar información basada en evidencias y asistir en el diagnóstico preliminar, lo cual permite a los médicos centrarse más en el cuidado directo de los pacientes (Jacob, 2023).

Aun así, existe un potencial notable para que los modelos de lenguaje extensivo (LLM) y los profesionales de la salud trabajen de manera conjunta, optimizando la eficacia del sistema sanitario. Los LLM resultan especialmente efectivos en el manejo de actividades administrativas y rutinarias, liberando a los médicos para que dediquen más tiempo al cuidado directo de los pacientes y a la gestión de situaciones médicas más complejas (Atutxa, Pérez, & Casillas, 2018).

Además, los LLM ofrecen un gran valor al proporcionar diagnósticos iniciales y consejos basados en análisis de datos, los cuales pueden ser posteriormente evaluados y ajustados por médicos. Los LLM también desempeñan un papel crucial como herramientas educativas, actualizando constantemente a los profesionales médicos con nuevos descubrimientos y pautas clínicas, promoviendo así el aprendizaje continuo y el enriquecimiento de sus habilidades clínicas (Bommasani, Liang, & Lee, 2022).

Sensibilidad Emocional en Chatbots Médicos: Avances en la Comunicación Empática

La habilidad de los chatbots para identificar y reaccionar ante las emociones de los usuarios representa un campo dinámico y en expansión dentro de la inteligencia artificial, denominado inteligencia emocional artificial (Gamage, De Silva, Mills, Alahakoon, & Manic, 2024). Esta innovación está diseñada para enriquecer las interacciones entre usuarios y chatbots, haciéndolas más intuitivas y empáticas (Luna-Jiménez & Gil-Martín, 2024). Los progresos en la detección de emociones y las respuestas emocionales adaptativas por parte de los chatbots están mejorando notablemente la experiencia de usuario.

Mediante el análisis de voz, los chatbots pueden percibir emociones a partir de variaciones en el tono, ritmo y volumen del habla, identificando estados emocionales como alegría, tristeza, frustración o estrés. Adicionalmente, con la incorporación de cámaras y tecnología de reconocimiento facial, estos sistemas pueden discernir expresiones faciales y gestos que

reflejan emociones, una funcionalidad especialmente valiosa en contextos de telemedicina y consultas virtuales (Businessner, 2023).

En el terreno del análisis de texto, los modelos avanzados de procesamiento del lenguaje natural permiten a los chatbots evaluar el contenido y el contexto de las comunicaciones escritas para detectar emociones latentes. El análisis de sentimientos, una técnica habitual, examina el tono emocional de las palabras y frases usadas por el usuario (Ochieng et al., 2024).

Estos chatbots también pueden ser programados para emitir respuestas empáticas mediante frases y tonos que reflejen comprensión y apoyo emocional, aspectos esenciales en áreas como el soporte psicológico y la atención al paciente. Aprovechando el reconocimiento de emociones, los chatbots pueden ajustar sus interacciones para calmar, motivar o consolar a los usuarios según sea necesario. Por ejemplo, un chatbot podría ofrecer palabras de aliento a un paciente ansioso o distraer a un niño durante un procedimiento médico (Venerito & Iannone, 2024).

La interacción emocional mejorada con los chatbots tiene el beneficio de hacer las interacciones más gratificantes y eficaces, aumentando la comprensión y el apoyo percibido por los usuarios, lo que puede fomentar una mayor adherencia al tratamiento. Además, permite que los profesionales médicos se concentren en aspectos más críticos del cuidado sin descuidar las necesidades emocionales de los pacientes (Elyoseph et al., 2024).

No obstante, existen riesgos asociados, como la posibilidad de que los usuarios desarrollen una confianza excesiva en interacciones limitadas emocionalmente, y dependencia emocional en situaciones donde se necesitaría interacción humana real, lo que no está disponible (Wang, Li, Yin, Wu, & Liu, 2023). Las preocupaciones sobre privacidad y ética también son significativas, dado que el reconocimiento y la respuesta emocional implican el manejo de datos personales sensibles, lo que plantea dilemas sobre la privacidad y el uso ético de la información

Salvaguardias de Privacidad en Chatbots Médicos: Cumplimiento y Seguridad en la Era Digital

La salvaguardia de la privacidad del usuario constituye un pilar esencial en la adopción de chatbots y modelos de lenguaje extensivo (LLM) en el ámbito médico. La Regulación General

de Protección de Datos (GDPR), una ley integral de la Unión Europea, desempeña un rol vital al establecer un marco legal riguroso para la gestión de datos personales (Meskó, 2023) . Esta regulación asegura un procesamiento de datos transparente, seguro y responsable, crucial en el manejo de información médica sensible (Hacker, Engel, & Mauer, 2023).

La integración de estos sistemas tecnológicos en la medicina introduce complejidades significativas en cuanto a la conformidad con las normativas de datos. Los chatbots y LLMs, al necesitar acceso a vastos volúmenes de información para su funcionamiento y aprendizaje efectivo, deben adherirse estrictamente a principios de protección de datos como la legalidad, la equidad, la transparencia y la integridad, tanto bajo la GDPR como bajo legislaciones relevantes en Estados Unidos (Murdoch, 2021) y otros países.

Los retos en esta integración incluyen no solo la adherencia a los principios mencionados, sino también la transparencia en el tratamiento de los datos. Es imperativo que los usuarios entiendan cómo se recolectan, procesan y almacenan sus datos personales. Para enfrentar estos desafíos, es crucial que los desarrolladores de chatbots implementen políticas claras y accesibles sobre la gestión de datos, y practiquen la minimización de datos, limitando la recolección al mínimo necesario y utilizando técnicas como la anonimización para proteger las identidades de los usuarios (Mackey, 2020).

Además, la protección de la integridad de los datos médicos es fundamental, involucrando el uso de técnicas avanzadas como el cifrado de datos en tránsito y en reposo, así como auditorías de seguridad periódicas para prevenir y mitigar vulnerabilidades.

El control de la información procesada por los LLMs es también crítico, haciendo indispensable el uso de estrategias de filtrado proactivo para evitar el procesamiento de datos dañinos o inapropiados. La combinación de filtros automáticos y revisiones humanas es esencial para garantizar una gestión adecuada. Listas negras y blancas ayudan a bloquear o permitir términos y fuentes, respectivamente, mientras que el monitoreo continuo y las auditorías regulares ayudan a identificar y corregir rápidamente problemas, asegurando la transparencia y la trazabilidad de la información (Gilbert, Harvey, Melvin, Vollebregt, & Wicks, 2023).

Integración de Modalidades en IA: Texto, Voz e Imágenes en Asistencia Médica

Los modelos multimodales, que integran sistemas de inteligencia artificial capaces de procesar y generar contenido en formatos de texto, voz e imágenes, están redefiniendo las interacciones en el ámbito de la salud digital. Estos sistemas avanzados están diseñados para sintetizar y analizar datos de diversas fuentes, proporcionando respuestas que son tanto completas como altamente contextualizadas. Esta capacidad multimodal mejora significativamente la interacción con los usuarios, elevando la experiencia del usuario y la efectividad de los sistemas de salud digital (Kung et al., 2023).

Al integrar texto, voz e imágenes, estos modelos adquieren una comprensión más rica y matizada de las consultas de los usuarios, lo cual es de gran utilidad en medicina, donde los síntomas y las condiciones pueden variar ampliamente en su presentación. La capacidad de combinar análisis de datos visuales con descripciones verbales y escritas permite un diagnóstico más preciso y una intervención más efectiva (Shao, Chen, Zhang, Zhang, & Chen, 2024).

Además, la interacción a través de múltiples canales facilita una comunicación continua y mejora el monitoreo de la salud del paciente, optimizando la adherencia al tratamiento y mejorando los resultados de salud. Por ejemplo, en la telemedicina, estos modelos permiten consultas virtuales más completas, donde los pacientes pueden verbalizar síntomas, enviar imágenes de sus afecciones y recibir feedback instantáneo en formato de texto, beneficiando especialmente a aquellos en áreas remotas o con limitaciones de movilidad (McTear & Ashurkina, 2024).

En especialidades como la dermatología, los modelos multimodales pueden evaluar imágenes de condiciones cutáneas junto con descripciones verbales o textuales, facilitando diagnósticos de problemas como el acné, la psoriasis y el melanoma con mayor precisión. Esta integración de información visual y textual no solo acelera el diagnóstico sino que también agiliza la administración de tratamientos efectivos. De manera similar, en la rehabilitación y la terapia física, estos modelos son valiosos al proporcionar instrucciones verbales y textuales para ejercicios, mientras analizan visualmente los movimientos del paciente para asegurar que se ejecuten correctamente (Tang et al., 2023).

Evaluación Comparativa: Desempeño de la IA Frente a Expertos Médicos

En áreas como la dermatología y la medicina general, investigaciones recientes han evaluado la eficacia de los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM), como ChatGPT, en la creación de preguntas de opción múltiple basadas en estándares de textos médicos. Si bien estos modelos han demostrado ser capaces de generar preguntas rápidamente, la calidad y validez de las formuladas por expertos humanos han resultado ser superiores a las de la inteligencia artificial. Este hallazgo subraya el valor de los LLM para la generación de contenido rápido, pero también recalca la importancia de la supervisión humana para garantizar la calidad y la relevancia clínica del contenido producido (Thirunavukarasu et al., 2024).

En oftalmología, comparaciones del desempeño entre el modelo GPT-4 y oftalmólogos expertos han mostrado que la IA puede alcanzar un rendimiento comparable al de los especialistas y superior al de médicos en formación durante simulaciones de exámenes. Estos resultados sugieren que los LLM podrían estar cerca de alcanzar un nivel de conocimiento y análisis clínico aplicable en entornos clínicos reales. No obstante, la capacidad de estos modelos para manejar la variabilidad y la complejidad de casos clínicos aún presenta desafíos, lo que requiere una integración cuidadosa y una personalización adicional para su aplicación efectiva en la práctica médica (Padovan et al., 2023).

En dermatología, estudios comparativos de la precisión diagnóstica entre modelos de IA y dermatólogos experimentados, como uno llevado a cabo por Stanford Medicine, han mostrado que los algoritmos de aprendizaje profundo pueden incrementar la precisión diagnóstica del cáncer de piel para médicos, enfermeros y estudiantes de medicina, aunque los dermatólogos experimentaron menos mejoría notable en comparación con los no especialistas (Conger, 2024).

En radiología, los modelos de IA han demostrado una capacidad para interpretar imágenes de rayos X con una precisión comparable a la de los radiólogos humanos. Estos sistemas, entrenados con grandes conjuntos de datos de imágenes médicas, han sido efectivos en la identificación de condiciones como fracturas y nódulos pulmonares.

Finalmente, en el diagnóstico de enfermedades infecciosas, algunos modelos de IA han sido evaluados por su habilidad para diagnosticar condiciones basadas en síntomas reportados

por los pacientes, alcanzando altas tasas de precisión en la identificación de enfermedades infecciosas comunes (Ghaffar Nia, Kaplanoglu, & Nasab, 2023).

Reflexiones Finales: Implicaciones y Futuro de los Chatbots y LLM en Medicina

Los Modelos de Lenguaje Extensivo (LLM) y los chatbots médicos ofrecen un potencial significativo para mitigar las desigualdades en el acceso a la atención sanitaria. Gracias a su habilidad para suministrar información y consejería de salud de manera continua en múltiples idiomas, estos sistemas tienen la capacidad de alcanzar a poblaciones tradicionalmente marginadas o desatendidas. Operando ininterrumpidamente, estos recursos tecnológicos son especialmente valiosos en regiones aisladas o desfavorecidas, marcando el camino hacia una revolución en el cuidado de la salud (Singhal et al., 2023).

La implementación de tecnologías multimodales que integran texto, voz e imágenes en los chatbots facilita un enfoque diagnóstico y terapéutico más completo. Esta funcionalidad no solo mejora la precisión diagnóstica al amalgamar diversas fuentes de datos, sino que también enriquece la interacción con el usuario, haciéndola más intuitiva y accesible. Los pacientes pueden comunicar sus síntomas de múltiples formas, permitiendo evaluaciones médicas más detalladas y personalizadas (Zia & Abbas, 2024).

No obstante, la adopción de estas tecnologías enfrenta retos significativos. La integración de chatbots médicos con APIs es crucial para conectar eficazmente estos sistemas avanzados con las bases de datos y estructuras sanitarias existentes. Estas interfaces permiten una interacción segura y eficiente, asegurando el manejo cuidadoso de los datos del paciente y la conformidad con normativas como la Ley General de Protección de Datos (Murdoch, 2021).

Aunque los LLM y los chatbots médicos traen numerosos beneficios, como mejorar la accesibilidad a los servicios de salud y optimizar recursos, no están diseñados para sustituir la intervención humana. Su rol es principalmente de apoyo, permitiendo que los profesionales médicos se concentren en aspectos más críticos del cuidado de los pacientes. La empatía y el juicio clínico, propios de la interacción humana, siguen siendo indispensables y son elementos que la tecnología aún no puede replicar completamente (Egli, 2023).

Mirando hacia el futuro, el desarrollo y la implementación de estos sistemas deben manejarse con un enfoque equilibrado que priorice la seguridad, la privacidad y la eficacia. La colaboración entre tecnólogos, médicos, reguladores y pacientes es fundamental para

optimizar estos sistemas y maximizar su impacto positivo en la salud global (Chow, Wong, & Li, 2024). Al enfrentar estos retos y aprovechar las oportunidades disponibles, podemos avanzar hacia un sistema de atención médica más inclusivo y eficiente, donde la tecnología y la humanidad trabajen conjuntamente para mejorar la calidad de vida de todos.

REFERENCIAS

- Meskó, B. (2023). The impact of multimodal large language models on health Care's future. *Journal of Medical Internet Research*, 25(1) doi: <https://doi.org/10.2196/52865>
- Meskó, B., & Topol, E. J. (2023). The imperative for regulatory oversight of large language models (or generative AI) in healthcare. *npj Digital Medicine*, 6(120). <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00873-0>
- Hintze, M., & El Emam, K. (2018). Comparing the benefits of pseudonymisation and anonymisation under the GDPR. *Journal of Data Protection & Privacy*, 2(2), 145-158. <https://www.henrystewartpublications.com/sites/default/files/JDPP2.2ComparingthebenefitsofpseudonymisationandanonymisationundertheGDPR.pdf>
- Robeznieks, A. (2023). Why generative AI like ChatGPT cannot replace physicians. American Medical Association. Retrieved from <https://www.ama-assn.org/practice-management/digital/why-generative-ai-chatgpt-cannot-replace-physicians>
- Adams, K. (2023). Google Cloud, Mayo Clinic Strike Generative AI Partnership. MedCity News. Retrieved from <https://medcitynews.com/2023/06/google-cloud-mayo-clinic-generative-ai-llm-healthcare/>
- Shi, T., Keneshloo, Y., Ramakrishnan, N., & Reddy, C. K. (2020). Neural Abstractive Text Summarization with Sequence-to-Sequence Models. *ACM/IMS Transactions on Data Science*, 2(1), 1-37. <https://doi.org/10.1145/3419106>
- Thirunavukarasu, A. J., Ting, D. S. J., Elangovan, K., Gutierrez, L., Tan, T. F., & Ting, D. S. W. (2023). Large language models in medicine. *Nature Medicine*, 29(8), 1930-1940. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02448-8>
- Li, H., Moon, J. T., Purkayastha, S., Celi, L. A., Trivedi, H., & Gichoya, J. W. (2023). Ethics of large language models in medicine and medical research. *The Lancet Digital Health*, 5(6), e333-e335. [http://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00083-3](http://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00083-3)

- Wolf, T., Debut, L., Sanh, V., Chaumond, J., Delangue, C., Moi, A., Cistac, P., Rault, T., Louf, R., Funtowicz, M., Davison, J., Shleifer, S., von Platen, P., Ma, C., Jernite, Y., Plu, J., Xu, C., Le Scao, T., Gugger, S., Drame, M., Lhoest, Q., & Rush, A. M. (2020). Transformers: State-of-the-Art Natural Language Processing. Proceedings of the 2020 EMNLP (Systems Demonstrations), 38-45. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-demos.6>
- Balas, M., Wadden, J. J., Hébert, P., C., Mathison, E., Warren, M. D., Seavilleklein, V., . . . Ing, E. B. (2023/11//). Exploring the potential utility of AI large language models for medical ethics: An expert panel evaluation of GPT-4. Journal of Medical Ethics, doi: <https://doi.org/10.1136/jme-2023-109549>
- Haug, C. J., & Drazen, J. M. (2023/03/30//). Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023. The New England Journal of Medicine, 388(13), 1201-1208. doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMra2302038>
- Google Research. (n.d.). Med-PaLM: A Medical Large Language Model. Retrieved July 27, 2024, from <https://sites.research.google/med-palm/>
- Jiang, L. Y., Liu, X. C., Nejatian, N. P., Nasir-Moin, M., Wang, D., Abidin, A., ... Oermann, E. K. (2023). Health system-scale language models are all-purpose prediction engines. Nature, 619, 357-362. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06160-y>
- Maharjan, J., Garikipati, A., Singh, N. P., Cyrus, L., Sharma, M., Ciobanu, M., Barnes, G., Thapa, R., Mao, Q., & Das, R. (2024). OpenMedLM: Prompt Engineering Can Out-Perform Fine-Tuning in Medical Question-Answering with Open-Source Large Language Models. Scientific Reports, 14, 14156. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64827-6>
- Meskó, B. (2023). The impact of multimodal large language models on health Care's future. Journal of Medical Internet Research, 25(1) doi: <https://doi.org/10.2196/52865>
- ee, P., Bubeck, S., & Petro, J. (2023). Benefits, Limits, and Risks of GPT-4 as an AI Chatbot for Medicine. The New England Journal of Medicine, 388(13), 1233-1239. <https://doi.org/10.1056/NEJMsr2214184>
- Hopkins, A. M., Logan, J. M., Kichenadasse, G., & Sorich, M. J. (2023). Will ChatGPT Transform Healthcare? JNCI Cancer Spectrum, 7(2), pkad010. <https://doi.org/10.1093/jncics/pkad010>
- Ferrario, A., & Biller-Andorno, N. (2024/01//). Large language models in medical ethics: Useful but not expert. Journal of Medical Ethics, doi: <https://doi.org/10.1136/jme-2023-109770>

- Jacob, J. (2023). ChatGPT: Friend or Foe?—Utility in Trauma Triage. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 27(8), 563-566.. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24498>
- Fogel, A. L., & Kvedar, J. C. (2018). Artificial intelligence powers digital medicine. *npj Digital Medicine*, 1(5). <https://doi.org/10.1038/s41746-017-0012-2>
- Omar, M., Ullanat, V., Loda, M., Marchionni, L., & Umeton, R. (2024). ChatGPT for digital pathology research. *The Lancet Digital Health*. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(24\)00114-6](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(24)00114-6)
- Cao, Y., Zhou, L., Lee, S., Cabello, L., Chen, M., & Hershovich, D. (2023). Assessing Cross-Cultural Alignment between ChatGPT and Human Societies: An Empirical Study. In *Proceedings of the First Workshop on Cross-Cultural Considerations in NLP (C3NLP)*, pages 53–67. <https://aclanthology.org/2023.c3nlp-1.7>
- Bolton, E., Venigalla, A., Yasunaga, M., Hall, D., Xiong, B., Lee, T., Daneshjou, R., Frankle, J., Liang, P., Carbin, M., & Manning, C. D. (2024). BioMedLM: A 2.7B Parameter Language Model Trained On Biomedical Text. *Neuroinformatics*. <https://arxiv.org/pdf/2403.18421>
- Følstad, A., Araujo, T., Law, E. L. C., Brandtzaeg, P. B., Papadopoulos, S., Reis, L., Baez, M., Laban, G., McAllister, P., Ischen, C., Wald, R., Catania, F., Meyer von Wolff, R., Hobert, S., & Luger, E. (2021). Future directions for chatbot research: an interdisciplinary research agenda. *Computing*, 103(2915-2942). <https://doi.org/10.1007/s00607-021-01016-7>
- Mbakwe, A. B., Lourentzou, I., Celi, L. A., Mechanic, O. J., & Dagan, A. (2023). ChatGPT passing USMLE shines a spotlight on the flaws of medical education. *PLOS Digital Health*, 2(2), e0000205. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000205>
- Gebrael, G., Sahu, K. K., Chigarira, B., Tripathi, N., Thomas, V. M., Sayegh, N., ... & Li, H. (2023). Enhancing Triage Efficiency and Accuracy in Emergency Rooms for Patients with Metastatic Prostate Cancer: A Retrospective Analysis of Artificial Intelligence-Assisted Triage Using ChatGPT 4.0. *Cancers*, 15(14), 3717. <https://doi.org/10.3390/cancers15143717>
- García Ríos, M. P., & Rueda Torres, J. (2022). Reflexiones en torno a la ética, la inteligencia humana y la inteligencia artificial. *Gaceta Médica de México*, 158(11). <https://doi.org/10.24875/GMM.20000818>
- Sallam, M. (2023). ChatGPT Utility in Healthcare Education, Research, and Practice: Systematic Review on the Promising Perspectives and Valid Concerns. *Healthcare*, 11(887). <https://doi.org/10.3390/healthcare11060887>

- Ong, J. C. L., Chang, S. Y.-H., William, W., Butte, A. J., Shah, N. H., Chew, L. S. T., Liu, N., Doshi-Velez, F., Lu, W., Savulescu, J., & Ting, D. S. W. (2024). Ethical and regulatory challenges of large language models in medicine. *Lancet Digital Health*, 6, e428–e432. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(24\)00061-X](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(24)00061-X)
- Meskó, B., & Topol, E. J. (2023). The imperative for regulatory oversight of large language models (or generative AI) in healthcare. *npj Digital Medicine*, 6(120). <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00873-0>
- Jacob, J. (2023). ChatGPT: Friend or Foe?—Utility in Trauma Triage. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 27(8), 563-566.. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24498>
- Atutxa, A., Pérez, A., & Casillas, A. (2018). Machine Learning Approaches on Diagnostic Term Encoding With the ICD for Clinical Documentation. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22(4), 1323-1333. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2017.2743824>
- Bommasani, R., Liang, P., & Lee, T. (2022). Language Models are Changing AI. We Need to Understand Them. Stanford HAI. Retrieved from <https://hai.stanford.edu/news/language-models-are-changing-ai-we-need-understand-them>
- Gamage, G., De Silva, D., Mills, N., Alahakoon, D., & Manic, M. (2024). Emotion AWARE: an artificial intelligence framework for adaptable, robust, explainable, and multi-granular emotion analysis. *Journal of Big Data*, 11(93), 1-28. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00953-2>
- Luna-Jiménez, C., Gil-Martín, M., D'Haro, L. F., Fernández-Martínez, F., & San-Segundo, R. (2024). Evaluating emotional and subjective responses in synthetic art-related dialogues: A multi-stage framework with large language models. *Expert Systems With Applications*, 255(2024), 124524. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124524>
- Businessner. (2023). Emotion Recognition AI: Analyzing Human Feelings for Enhanced User Experiences. Recuperado de <https://businessner.com/emotion-recognition-ai-analyzing-human-feelings-for-enhanced-user-experiences/>
- Ochieng, M., Gumma, V., Sitaram, S., Wang, J., Chaudhary, V., Ronen, K., . . . O'Neill, J. (2024). Beyond metrics: Evaluating LLMs' effectiveness in culturally nuanced, low-resource real-world scenarios. Ithaca: Retrieved from <https://www.proquest.com/working-papers/beyond-metrics-evaluating-llms-effectiveness/docview/3064393029/se-2>

- Venerito, V., & Iannone, F. (2024). Large language model-driven sentiment analysis for facilitating fibromyalgia diagnosis. *RMD Open*, 10(e004367). <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2024-004367>
- Elyoseph, Z., Refoua, E., Asraf, K., Lvovsky, M., Shimoni, Y., & Hadar-Shoval, D. (2024). Capacity of Generative AI to Interpret Human Emotions From Visual and Textual Data: Pilot Evaluation Study. *JMIR Mental Health*, 11(e54369). <https://doi.org/10.2196/54369>
- Wang, X., Li, X., Yin, Z., Wu, Y., & Liu, J. (2023). Emotional intelligence of Large Language Models. *Journal of Pacific Rim Psychology*, 17(1), 1-12. <https://doi.org/10.1177/18344909231213958>
- Meskó, B. (2023). The impact of multimodal large language models on health Care's future. *Journal of Medical Internet Research*, 25(1) doi:<https://doi.org/10.2196/52865>
- Hacker, P., Engel, A., & Mauer, M. (2023). Regulating ChatGPT and other Large Generative AI Models. Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT). <https://doi.org/10.1145/3593013.3594067>
- Murdoch, B. (2021). Privacy and artificial intelligence: challenges for protecting health information in a new era. *BMC Medical Ethics*, 22(122). <https://doi.org/10.1186/s12910-021-00687-3>
- Mackey, E. (2020). A Best Practice Approach to Anonymization. In R. Iphofen (Ed.), *Handbook of Research Ethics and Scientific Integrity* (pp. 323-343). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16759-2_14
- Gilbert, S., Harvey, H., Melvin, T., Vollebregt, E., & Wicks, P. (2023). Large language model AI chatbots require approval as medical devices. *Nature Medicine*, 29, 2396-2398. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02412-6>
- Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Madriaga, M., Aggabao, R., Diaz-Candido, G., Maningo, J., & Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health*, 2(2), e0000198. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198>
- Shao, L., Chen, B., Zhang, Z., Zhang, Z., & Chen, X. (2024). Artificial intelligence generated content (AIGC) in medicine: A narrative review. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 21(1), 1672-1711. <https://doi.org/10.3934/mbe.2024073>
- McTear, M., & Ashurkina, M. (2024). Transforming Conversational AI: Exploring the Power of Large Language Models in Interactive Conversational Agents. *Apress*. <https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0110-5>

- Tang, L., Sun, Z., Iday, B., Nestor, J. G., Soroush, A., Elias, P. A., . . . Peng, Y. (2023/12//). Evaluating large language models on medical evidence summarization. *NPJ Digital Medicine*, 6(1), 158. doi: <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00896-7>
- Thirunavukarasu, A. J., Mahmood, S., Malem, A., Foster, W. P., Sanghera, R., Hassan, R., ... & Ting, D. S. J. (2024). Large Language Models Approach Expert-Level Clinical Knowledge and Reasoning in Ophthalmology: A Head-to-Head Cross-Sectional Study. *PLOS Digital Health*, 3(4), e0000341. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000341>
- Padovan, M., Cosci, B., Petillo, A., Nerli, G., Porciatti, F., Scarinci, S., Carlucci, F., Dell'Amico, L., Meliani, N., Necciari, G., Lucisano, V. C., Marino, R., Foddis, R., & Palla, A. (2023). ChatGPT in occupational medicine: A comparative study with human experts. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2023.05.17.23290055>
- Conger, K. (2024). AI improves accuracy of skin cancer diagnoses in Stanford Medicine-led study. *Stanford Medicine News*. Retrieved from <https://med.stanford.edu/news/all-news/2024/04/ai-skin-diagnosis.html>
- Ghaffar Nia, N., Kaplanoglu, E., & Nasab, A. (2023). Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction. *Discover Artificial Intelligence*, 3(5). <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00049-5>
- Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., et al. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature*, 620, 172-174. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2>
- Zia, T., & Abbas, A. (2024). Med-Gemini: Transforming Medical AI with Next-Gen Multimodal Models. *Unite.AI*. Retrieved from <https://www.unite.ai/med-gemini-transforming-medical-ai-with-next-gen-multimodal-models/>
- Murdoch, B. (2021). Privacy and artificial intelligence: challenges for protecting health information in a new era. *BMC Medical Ethics*, 22(122). <https://doi.org/10.1186/s12910-021-00687-3>
- Egli, A. (2023). ChatGPT, GPT-4, and Other Large Language Models: The Next Revolution for Clinical Microbiology. *Clinical Infectious Diseases*, 77(9), 1322–1328. <https://doi.org/10.1093/cid/ciad407>
- Chow, J. C. L., Wong, V., & Li, K. (2024). Generative Pre-Trained Transformer-Empowered Healthcare Conversations: Current Trends, Challenges, and Future Directions in Large Language Model-Enabled Medical Chatbots. *BioMedInformatics*, 4(1), 837–852. <https://doi.org/10.3390/biomedinformatics4010047>

Descripción de los Beneficios de una Pasta Dental con Nanohidroxiapatita Y Su Impacto en el Mercado Actual

Pérez Cruz Pablo Isaí, Galaviz Pérez Jorge Alberto

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Jalpa de Méndez, Tabasco, 86205, México
192S4014@egresado.ujat.mx.*

Palabras clave:
*Nanotecnología,
Nanohidroxiapatita,
Pasta Dental*

RESUMEN

La nanotecnología ha revolucionado diversos campos, incluida la odontología. La incorporación de nanopartículas, como la nanohidroxiapatita (nHAP), en las pastas dentales ha generado un gran interés debido a sus propiedades únicas y su potencial para mejorar la salud bucal. La nHAP, un componente mineral natural del esmalte dental ofrece una serie de beneficios cuando se incorpora en formulaciones dentales, incluyendo la remineralización del esmalte, la reducción de la sensibilidad dental y la prevención de caries. El mercado mundial de pastas dentales ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la mayor conciencia sobre la salud bucal y la búsqueda de productos más efectivos. El presente trabajo tiene como objetivo describir y detallar los beneficios de una pasta dental formulada con nanohidroxiapatita, explorando su impacto en el mercado actual de las pastas dentales y su potencial para revolucionar los cuidados bucales y ofrecer soluciones innovadoras para la prevención y tratamiento de enfermedades bucales.

Keywords:
*Nanotechnology,
Nanohydroxyapatite,
Toothpaste*

ABSTRACT

Nanotechnology has revolutionized various fields, including dentistry. The incorporation of nanoparticles, such as nanohydroxyapatite (nHAP), into toothpastes has generated a great deal of interest due to their unique properties and potential to improve oral health. A natural mineral component of tooth enamel, nHAP offers a number of benefits when incorporated into dental formulations, including enamel remineralization, reduction of tooth sensitivity and caries prevention. The global toothpaste market has experienced significant growth in recent years, driven by increased oral health awareness and the search for more effective products. This paper aims to describe and detail the benefits of a toothpaste formulated with nanohydroxyapatite, exploring its impact on the current toothpaste market and its potential to revolutionize oral care and offer innovative solutions for the prevention and treatment of oral diseases.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es la manipulación de la materia a escala nanométrica, donde un nanómetro (nm) es igual a 1×10^{-9} metros (m), esto quiere decir, a la escala de átomos y moléculas, con el objetivo de crear y diseñar materiales, dispositivos y sistemas funcionales a dicha escala, con el fin de generar innovaciones tecnológicas produciendo un impacto a nivel social, ambiental, económico e industrial ^[1].

La nanotecnología tiene el potencial de ser el detonante de la nueva revolución científico -tecnológica e industrial que se avecina para el mundo ya que abarca una amplia gama de aplicaciones y ha incursionado en básicamente todos los dominios de la ciencia y la tecnología ^[2].

Una de las áreas de mayor interés de aplicación de la nanotecnología es la medicina, donde se utiliza principalmente para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, además de generar un desarrollo óptimo y dinámico en tecnologías de terapia génica, regeneración de órganos y tejidos, y técnicas de generación de imágenes.

La consecuencia del desarrollo de la nanotecnología en el campo de la medicina ha producido la entrada de la nanotecnología al campo de la odontología, dando lugar a tecnologías avanzadas aplicadas a la higiene y salud bucal ^[3].

Se estima que las enfermedades dentales afectan a más de 3500 millones de personas y la caries dental es el trastorno de salud más frecuente a nivel mundial. La caries dental es el daño que generalmente ocurre cuando distintas bacterias producen ácidos que atacan el esmalte dental provocando la pérdida de minerales destruyendo la integridad de los dientes ocasionando problemas como dolor, infecciones, mal aliento y pérdida de dientes. La causa más común de las caries es la falta de un cepillado correcto y la deficiencia en la eliminación de la placa bacteriana debido a pastas dentales ineficaces ^[4-5].

El tamaño del mercado mundial de las pastas dentales aumenta rápidamente, principalmente por dos factores, el incremento en la población y el aumento en la concientización sobre salud e higiene. Para comprender el aumento del mercado de las pastas dentales se toma en cuenta que para el 2023, el mercado mundial de las pastas dentales alcanzó los 18,700 millones de dólares, y solo en la primera mitad del

2024 ya ha superado los 19,370 millones de dólares. Un punto importante para tener en cuenta es que la pandemia produjo un aumento en los consumidores que se interesan por tendencias de salud e higiene más naturales y sostenibles. Por lo tanto, desde 2021 existe un incremento significativo por la preferencia de pastas dentales libres de flúor y hechas a base de ingredientes naturales [6].

La nanotecnología ha contribuido con el desarrollo de pastas dentales libres de flúor y hechas con ingredientes naturales que tienen nanopartículas específicas como ingrediente activo, las cual son adicionadas a las pastas dentales mejorando y optimizando las funciones de remineralización, actividad antimicrobiana, prevención de caries, además de brindar fortalecimiento al esmalte dental y combatir la hipersensibilidad.

Las nanopartículas existen en la naturaleza o pueden crearse de forma intencional o no intencional debido a actividades humanas, se definen como unidades cuyas dimensiones se encuentran entre 1 y 100 nm, a dicha escala, exhiben propiedades únicas incluyendo el aumento en el área superficial, y características físicas, mecánicas y biológicas mejoradas en comparación al mismo material a granel [7].

La Nanohidroxiapatita (nHAP) ha recibido un interés significativo para su uso como ingrediente activo en pastas dentales para la prevención de caries. La nHAP es un compuesto mineral natural presente en el esmalte dental, lo que las convierte en una sustancia biocompatible y segura para su uso en pastas dentales. Diversos estudios han demostrado la eficacia de la nHAP en la prevención de la caries, remineralización del esmalte y control de la placa bacteriana [8].

El presente trabajo tiene como objetivo describir los beneficios de una pasta dental formulada con nanohidroxiapatita, explorando su impacto en el mercado actual de las pastas dentales y su potencial para revolucionar los cuidados bucales y ofrecer soluciones innovadoras para la prevención y tratamiento de enfermedades bucales.

DESARROLLO

La nanohidroxiapatita (nHAP) es un mineral de fosfato de calcio que constituye la mayor parte de la sustancia mineral de nuestros huesos y dientes. Su estructura cristalina y composición química le confieren propiedades únicas que la hacen esencial para la fortaleza y resistencia de nuestro sistema esquelético, entre sus propiedades se encuentra su alta biocompatibilidad, alta estabilidad química y alta resistencia mecánica [9].

Debido a su biocompatibilidad y propiedades mecánicas, la hidroxiapatita se utiliza en diversas aplicaciones biomédicas:

- Implante óseo: Se utiliza como recubrimiento en implantes ortopédicos y dentales para promover la osteointegración.
- Relleno óseo: Se emplea para rellenar defectos óseos causados por traumas, infecciones o cirugía.
- Ingeniería de tejidos: Se utiliza como andamio para la regeneración de tejidos óseos.

En el campo de la odontología, las pastas dentales con nHAP son una alternativa segura, eficiente y eficaz en comparación a las pastas dentales convencionales.

La primera pasta dental con nHAP fue desarrollada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), esto por la necesidad de que sus astronautas experimentaban una pérdida significativa de contenido mineral en huesos y dientes, debido a la ausencia de gravedad. Por ello requerían una pasta dental que proporcionara un efecto de remineralización para contrarrestar los efectos de desmineralización que estaba ocurriendo.

Posteriormente en 1993 se comercializó la primera pasta dental con nHAP, desde entonces han surgido diversas marcas que comercializan pastas dentales con nHAP implementadas con diversas tecnologías que ofrecen productos de alta calidad para soluciones en específico como la reducción de la hipersensibilidad o el blanqueamiento dental. Además, cada vez aumentan el número de estudios in vitro y ensayos clínicos que validan la eficacia de las pastas dentales con nHAP [10].

El mercado actual de las pastas dentales es muy competitivo y está liderado principalmente por Colgate-Palmolive, Procter & Gamble Company y Unilever las cuales comercializan pastas dentales convencionales que contienen flúor y representan aproximadamente el 90% del mercado mundial de las pastas dentales. Sin embargo, las tendencias actuales y la constante expansión del mercado de las pastas dentales han producido una notable segmentación y el surgimiento de mercados emergentes los cuales se están centrando en aprovechar las oportunidades que plantean satisfacer las necesidades y requisitos de diversas aplicaciones, enfocados primordialmente en la remineralización, alivio de la sensibilidad y prevención de caries ^[11].

Las pastas dentales con nHAP son una alternativa prometedora que cumple en satisfacer dichas necesidades. A continuación, se enlistan los principales beneficios de las pastas dentales con nHAP y su potencial impacto en el mercado mundial de las pastas dentales.

Efecto de Remineralización

Para comprender el proceso de remineralización hay que comprender también el efecto de la desmineralización. La desmineralización ocurre cuando se pierden o eliminan iones minerales de apatita (principalmente fosfato y calcio) del esmalte, causado principalmente por el ataque ácido que provocan los alimentos consumidos o por el ataque microbiano de las bacterias de nuestra boca. En caso contrario, la remineralización es el proceso reversible de la desmineralización, se entiende como restauración de dichos iones minerales. La nHAP tiene la capacidad de brindar disponibilidad de iones calcio y fosfato que se añaden a la estructura del esmalte a partir de los fluidos orales sobresaturados, de ese modo se rellenan las irregularidades porosas y se restaura la integridad del esmalte.

La remineralización es uno de los principales beneficios que brinda una pasta dental con nHAP, las nanopartículas pueden penetrar en las micro fisuras y áreas desmineralizadas del esmalte, ayudando a reparar y fortalecer la estructura del diente. Este proceso de remineralización es crucial para mantener la integridad del esmalte y prevenir la formación de caries ^[12].

Huang et al. analizaron el efecto de remineralizante de la nHAP utilizando incisivos de toros adultos, donde el esmalte bovino fue sometido a desmineralización artificial por medio de condiciones cíclicas de pH para posteriormente ser sometidos a soluciones remineralizantes con nHAP a pH controlado. Encontraron que la nHAP produce una alta disponibilidad de iones de calcio y fósforo lo cual beneficia y optimiza el proceso de la remineralización [13].

Rahee et al. compararon la efectividad de tres diferentes pastas dentales remineralizantes estudiando el contenido mineral de 18 premolares maxilares sanos a los que se les provocó lesiones inducidas artificialmente. El potencial de remineralización se estudió evaluando la concentración de calcio y fósforo en diferentes etapas. Los datos se analizaron estadísticamente y se concluyó que la nanohidroxiapatita tiene el mayor potencial de remineralización en las lesiones inducidas.

Reducción de la Sensibilidad Dental

La sensibilidad dental ocurre cuando la dentina, la capa interna del diente, queda expuesta, provocado usualmente por la erosión, abrasión y técnicas inadecuadas de cepillado que junto con la exposición a químicos abrasivos de las pastas dentales producen un dolor agudo.

La nanohidroxiapatita puede formar una capa protectora sobre la superficie del diente, sellando los túbulos dentinarios expuestos y reduciendo la sensibilidad. Estudios han demostrado que la nHAP promueve la deposición y crecimiento de cristalitas que son químicamente similar a los minerales presentes en el esmalte.

Vano et al (2014). realizaron un estudio utilizando pastas dentales con concentraciones de nHAP de 15% y 2% encontrando una reducción significativa de la hipersensibilidad, evaluando la sensibilidad al aire frío y la sensibilidad al tacto en pacientes que utilizaron la pasta dental durante 2 y 4 semanas. Demostraron también que la reducción de la hipersensibilidad se debía al cierre progresivo de aberturas tubulares por un efecto de remineralización de la nHAP.

Anand et al. compararon dos pastas dentales, la primera con nHAP y la segunda con arginina, el componente principal de las pastas dentales para la sensibilidad. La evaluación consistió en la medición de un estímulo eléctrico con la capacidad de provocar una puntuación VAS de 2 (escala visual analógica para el dolor), en pacientes seleccionados en función de dicha puntuación, tomando mediciones durante 4 semanas. Los resultados mostraron un 85% de reducción de hipersensibilidad para la pasta dental con nHAP contra un 79% para la pasta con arginina, demostrando la eficacia de las pastas dentales con nHAP ^[14].

Además de esto, ninguno de los estudios informó sobre efectos secundarios o adversos en los pacientes, demostrando así la seguridad de las pastas dentales con nHAP.

Prevención de Caries

Se estima que más del 35% de la población mundial sufre de caries dental sin tratar, según la OMS (2022) es la enfermedad bucodental más frecuente en todo el mundo. Las caries dental es una enfermedad multifactorial que generalmente ocurre cuando bacterias de nuestra boca (*Streptococcus mutans*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Bifidobacterium* y *Scardovia*) entran en contacto con azúcares y almidones procedentes de nuestra alimentación, a su vez las bacterias generan ácidos como subproducto de su metabolismo. Cuando no existe una buena higiene se forma una placa bacteriana que permanece en los dientes y así el ácido que producen las bacterias ataca el esmalte lo cual provoca la pérdida de minerales y contribuye a la destrucción de la integridad del esmalte llevando así a la formación de caries ^[15].

Las pastas dentales con nHAP cuentan con propiedades antibacterianas y antimicrobianas que pueden inhibir el crecimiento de bacterias responsables de la caries dental. Al fortalecer el esmalte y reducir la presencia de bacterias, se disminuye el riesgo de desarrollar caries y erosión ácida.

Philip et al. mencionan que el gobierno japonés aprobó oficialmente la nHAP como agente efectivo en la prevención de caries y explican que su eficacia se debe a la biocompatibilidad y biomimetismo que tienen las nanopartículas de hidroxiapatita al unirse con proteínas y fragmentos de placa bacteriana, de modo que inhiben la

proliferación de bacterias produciendo un efecto antimicrobiano y antibacteriano. Además, el efecto de remineralización restaura y repara caries tempranas ^[16].

RESULTADOS

La nanohidroxiapatita (nHAP) ha emergido como un componente clave en la formulación de nuevas generaciones de pastas dentales. Su estructura cristalina, similar a la del esmalte dental brinda un material sintético biomimético que le atribuye interesantes propiedades como su biocompatibilidad, su potencial efecto de remineralización y su actividad antibacteriana la convierten en una opción efectiva y prometedora para la reducción de la hipersensibilidad y el tratamiento y prevención de caries dentales.

El mercado de las pastas dentales con nHAP está en auge debido a la creciente conciencia de los consumidores sobre la salud bucal y la búsqueda de productos naturales y efectivos. Si bien las grandes marcas dominan el mercado de las pastas dentales convencionales, las pastas con nHAP están ganando terreno y creando un nuevo segmento de mercado. El mercado de las pastas dentales con nHAP ofrece grandes oportunidades para empresas que buscan desarrollar productos innovadores y satisfacer las necesidades de los consumidores.

CONCLUSIONES

Las pastas dentales con nHAP representan una alternativa prometedora para el cuidado bucal, ofreciendo beneficios superiores en comparación con las pastas convencionales. Su capacidad para remineralizar el esmalte, reducir la sensibilidad y prevenir la caries las posiciona como una opción atractiva tanto para los profesionales de la salud bucal como para los consumidores.

A futuro, se espera que la investigación continúe explorando nuevas aplicaciones de la nHAP en el campo de la odontología y que el mercado de las pastas dentales con nHAP siga creciendo.

REFERENCIAS

- [1] Lic. en Nanotecnología - ¿Qué es la Nanotecnología? (s. f.). <https://nanolic.ens.cnym.unam.mx/aspirantes/qu%C3%A9-es-la-nanotecnolog%C3%ADa>
- [2] Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry. *Molecules*, 28(2), 661. <https://doi.org/10.3390/molecules28020661>
- [3] Glowacka-Sobotta, A., Ziental, D., Czarczynska-Goslinska, B., Michalak, M., Wysocki, M., Güzel, E., & Sobotta, L. (2023). Nanotechnology for Dentistry: Prospects and Applications. *Nanomaterials*, 13(14), 2130. <https://doi.org/10.3390/nano13142130>
- [4] World Health Organization: WHO. (2023, 14 marzo). *Salud bucodental*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
- [5] *La caries dental*. (s. f.). Instituto Nacional de Investigación Dental y Craneofacial. <https://www.nidcr.nih.gov/espanol/temas-de-salud/la-caries-dental#:~:text=La%20caries%20dental%20es%20el,que%20se%20le%20llama%20caries>
- [6] *Tamaño del mercado de pasta de dientes, participación y análisis de la industria, por tipo (blanqueamiento dental, a base de hierbas, dientes sensibles y otros), por usuario final (adultos y niños) y por canal de distribución (supermercado/hipermercado, tiendas de conveniencia, farmacias y tiendas en línea) y pronóstico regional, 2024-2032*. (2023). Fortune Business Insights. <https://www.fortunebusinessinsights.com/toothpaste-market-104484>
- [7] Gronwald, B., Kozłowska, L., Kijak, K., Lietz-Kijak, D., Skomro, P., Gronwald, K., & Gronwald, H. (2023). Nanoparticles in Dentistry—Current Literature Review. *Coatings*, 13(1), 102. <https://doi.org/10.3390/coatings13010102>
- [8] Anil, A., Ibraheem, W. I., Meshni, A. A., Preethanath, R. S., & Anil, S. (2022). Nano-Hydroxyapatite (nHAp) in the Remineralization of Early Dental Caries: A Scoping Review. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(9), 5629. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095629>
- [9] Lara-Ochoa, S., Ortega-Lara, W., & Guerrero-Beltrán, C. E. (2021). Hydroxyapatite Nanoparticles in Drug Delivery: Physicochemistry and Applications. *Pharmaceutics*, 13(10), 1642. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13101642>
- [10] O'Hagan-Wong, K., Enax, J., Meyer, F., & Ganss, B. (2021). The use of hydroxyapatite toothpaste to prevent dental caries. *Odontology*, 110(2), 223-230. <https://doi.org/10.1007/s10266-021-00675-4>
- [11] *Mercado de pasta de dientes Insights*. (s. f.). <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-toothpaste-market>
- [12] Neel, E. A., Aljabo, A., Strange, A., Ibrahim, S., Coathup, M., Young, A., Bozec, L., & Mudera, V. (2016). Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone. *International Journal Of Nanomedicine*, Volume 11, 4743-4763. <https://doi.org/10.2147/ijn.s107624>
- [13] Pepla, E., Besharat, L. K., Palaia, G., Tenore, G., & Migliau, G. (2014, 1 septiembre). *Nano-hydroxyapatite and its applications in preventive, restorative and regenerative dentistry: a review of literature*. PubMed Central (PMC). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4252862/>
- [14] Oubenyahya, H. (2021). Nano hydroxyapatite toothpaste as a treatment for dentine hypersensitivity: A systematic review. *Deleted Journal*, 8(3), 122. https://doi.org/10.4103/sjoralsci.sjoralsci_27_21
- [15] Spatafora, G., Li, Y., He, X., Cowan, A., & Tanner, A. C. R. (2024). The Evolving Microbiome of Dental Caries. *Microorganisms*, 12(1), 121. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010121>
- [16] *View of Effectiveness of Nano-hydroxyapatite in Caries Prevention: Literature Review*. (s. f.). <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/iseth/article/view/4218/3869>

Análisis de Procedimientos para Aplicación de las NIF, NIIF Y NAGA en el Proceso de Desarrollo de la Contabilidad Y Revisiones Electrónicas de las Autoridades Competentes.

Castillo García Carlos Eduardo, Torres Maza Manuel Cornelio, Alvarado Delfín Lilia Alejandra

Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

carloscastillo.e2008@gmail.com

RESUMEN

Palabras clave:

Auditoría, NIF, NIA, Inventarios.

Dentro de la contabilidad es esencial seguir rigurosamente la normatividad competente, esta para brindar información contable útil y relevante para la toma de decisiones de cualquier usuario o entidad que lleva a cabo actividades económicas, por lo tanto, en este trabajo de investigación, se estudian las normas de información financiera (NIF) de acuerdo al marco legal en México, las cuales estandarizan la información presentada en estados financieros y convergen con las normas internacionales de información financiera (NIIF). Se realizó también, un análisis de las normas de auditoría generalmente aceptadas (NAGA) y las NIA (Normas Internacionales de Auditoría) planteando un enfoque en los inventarios y revisando puntos importantes para una revisión. Se diseñó una tabla comparativa de los dos marcos normativos, concluyendo que ambos tienen diferente propósito y enfoque.

ABSTRACT

Keywords:

Auditing, FRS, ISA, Inventories

Within accounting, it is essential to rigorously adhere to the relevant regulations to provide useful and relevant accounting information for decision-making by any user or entity engaged in economic activities. Therefore, this research examines the Financial Reporting Standards (FRS) based on the legal framework in Mexico, which standardize the information presented in financial statements and align with the International Financial Reporting Standards (IFRS). An analysis was also conducted on the Generally Accepted Auditing Standards (GAAS) and the International Standards on Auditing (ISA), focusing on inventories and reviewing key points for examination. A comparative table of the two regulatory frameworks was designed, concluding that both have different purposes and approaches.

INTRODUCCION

En 2024, con el avance cada vez más de las tecnologías disruptivas, fue importante abordar el tema de las auditorías en cuanto a revisiones electrónicas, para un mejor control del cumplimiento en la información brindada por los contribuyentes, en el caso de errores u omisiones de información requerida por parte del Servicio de Administración Tributaria o cualquier otro órgano regulador. Para esto, las **Normas de Información Financiera (NIF)** son normas emitidas por el Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera que regulan la presentación de información financiera en los principales estados financieros, cuidando su fidelidad y su estandarización a nivel nacional.

Actualmente se cuenta con un nuevo marco conceptual que entró en vigor el 1 de enero de 2023, el cual hace cambios importantes en la interpretación de nuevos conceptos, así como también otros que pasan a segundo plano siendo igual de importantes, pero presentándose de una manera mucho más clara y fácil de interpretar. El nuevo marco conceptual, es indispensable por ser las bases para entender las normas de información financiera y se integra por 10 capítulos, presentando un cambio significativo en su estructura.

Por otra parte, las Normas de Auditoría Generalmente Aceptadas, por sus siglas (NAGA) son un conjunto de principios y procedimientos establecidos en México para darle guía a una auditoría, garantizando que los trabajos sean consistentes y confiables, y son emitidas por el Instituto Mexicano de Contadores Públicos, sin embargo, fueron remplazadas el 1 de enero de 2013 por las Normas Internacionales de Auditoría (NIA) con el fin de converger con un estándar internacional establecido por la **International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB)** y la **International Federation of Accountants (IFAC)**.

En esta investigación académica, se abordan las similitudes y diferencias entre ambos marcos normativos, dando un especial enfoque a los inventarios, que representan una partida esencialmente importante en el mercado global actual y futuro.

Dicho esto, se le da un desarrollo a esta investigación de cómo y cuáles son los principios fundamentales requeridos para llevar a cabo una auditoría de revisiones electrónicas o de cualquier otro tipo, pues dichas bases, se encuentran plasmadas en estos marcos normativos y garantizan la fidelidad de la información presentada en los diferentes estados financieros, importantes para la toma de decisiones estratégicas en un entorno global siempre competitivo.

DESARROLLO

Para el estudio en este tema, se decidió realizar un análisis bibliográfico y comparativo de las NIF y NIA, destacando cada uno de sus tratos y enfoques distintos, como también analizando sus similitudes al tratar la información contable.

Dentro de estas NIF, pudo notarse que se encuentran otro tipo de normas, llamadas “**Normas Particulares**” las NIF serie B, que se enfoca en los estados financieros en su conjunto, la serie C, en conceptos específicos de los estados financieros, también la serie C, que trata temas particulares relevantes, y la serie E, actividades especializadas de distintos sectores.

Estas series de normas, redundantemente, se especifican cada una en tratos de información contable de distintos tipos particularmente, cada serie con una cantidad distinta de normas. En nuestro caso se decidió darle un enfoque a la NIF número 4 de la serie C (**NIF C-4**) que atiende el concepto específicamente de inventarios.

Esta norma nos habla del tratamiento contable de los inventarios, y como deben ser registrados en asientos las diferentes transacciones en compra de mercancías, como también nos habla del control de inventario, con el método analítico y el método de inventarios perpetuos, esenciales para un control distinto según lo requiera la situación. El coste de los inventarios es importante, por eso nos facilita información sobre costos históricos y costos predeterminados, con sus aspectos básicos, materia prima, mano de obra directa y gastos indirectos de producción.

Las tres principales clases de inventarios son mencionados aquí, el de materias primas, el de la producción en proceso y el de artículos terminados, además de los estados de costo de producción y ventas, útil para un buen análisis de producción, y la importancia también de tener reservas para mercancías obsoletas.

Otro punto importante que en esta norma se trata, son los diferentes métodos de valuación de inventarios, para ser reflejados monetariamente, importante para la re-expresión de inventarios, y pueden elegirse entre las diferentes opciones de métodos según el artículo 41 de la ley de ISR.

Como se puede observar, la utilización de las NIF es una manera de regular y estandarizar la información que se maneja en la contabilidad y que pueda ser analizada por cualquier usuario de interés, por esto, garantiza prevenir riesgos de error u omisión de alguna información emitida, trayendo consecuencias como discrepancias o casos de observación por parte del Servicio de Administración Tributaria o cualquier entidad bursátil interesada.

Continuando con el análisis, las Normas de Auditoría Generalmente Aceptadas fueron creadas por el Instituto Mexicano de Contadores Públicos (IMCP) y constituían el marco de referencia para las auditorías en México antes de la adopción por completo de las Normas Internacionales de Auditoría (NIA) en 2013.

Las NAGA se basaban en tres fundamentos principales:

- Normas Personales: Que se enfocaban en las cualidades que debía poseer un auditor, como independencia, capacidad profesional y cuidado en el trabajo.
- Normas de Ejecución del Trabajo: Establecían cómo debía desarrollarse la auditoría, planeación, supervisión, estudio del control interno y la obtención de evidencia suficiente y competente.
- Normas Relativas al Dictamen: Proporcionaban directrices sobre la redacción y contenido del informe del auditor.

Actualmente las **Normas Internacionales de Auditoría (NIA)** son emitidas por la **IAASB**, un organismo que opera bajo el auspicio de la IFAC. Estas normas tienen como objetivo estandarizar los procedimientos de auditoría a nivel global para garantizar la calidad, transparencia y uniformidad en los informes de auditoría. Fueron adoptadas en México en 2013 debido a que las empresas nacionales comenzaron a interactuar más con mercados globales por lo que era necesario un estándar internacional, además de que estas NIA ofrecían un enfoque más detallado y riguroso, al mismo tiempo que generaba mayor confianza a los estados financieros de empresas ante inversionistas extranjeros.

Estas NIA no están diseñadas específicamente para inventarios, pero tiene varias normas que contemplan y abarcan indirectamente ese rubro, por lo tanto, las NIA relevantes para auditar inventarios serían las siguientes:

NIA 315: Identificación y evaluación de los riesgos de incorrección material mediante el conocimiento de la entidad y su entorno.

Permite al auditor identificar riesgos relacionados con los inventarios, como obsolescencia o mal manejo.

NIA 330: Respuestas del auditor a los riesgos valorados.

Describe cómo el auditor debe diseñar procedimientos específicos para mitigar riesgos, incluyendo los inventarios.

NIA 500: Evidencia de auditoría.

Indica que el auditor debe obtener evidencia suficiente y adecuada sobre los saldos de inventario, como inspecciones físicas.

NIA 501: Evidencia de auditoría adicional sobre partidas específicas.

Específicamente aborda los inventarios cuando son materiales para los estados financieros. Incluye procedimientos como:

- ✓ Observación de recuentos físicos.
- ✓ Confirmación de la existencia de inventarios almacenados por terceros.

NIA 540: Auditoría de estimaciones contables y revelaciones relacionadas.

Útil para revisar estimaciones en inventarios, como provisiones por obsolescencia o pérdida de valor.

NIA 700: Formación de la opinión y emisión del informe de auditoría.

Garantiza que los inventarios estén correctamente presentados en los estados financieros.

Estas NIA exigen procedimientos robustos para garantizar la existencia, valuación, integridad y presentación adecuada de los inventarios, tanto NIA 500 como la NIA 501 hablan de la obtención suficiente de evidencia, la primera, establece que esta debe ser relevante, confiable y suficiente, como también la manera en que esta evidencia debe ser evaluada, mientras que la NIA 501 proporciona herramientas sobre cómo el auditor debe abordar partidas significativas como los inventarios, al requerir la obtención de evidencia suficiente sobre la existencia y condición del inventario mediante el conteo físico o procedimientos alternativos.

Posteriormente a este análisis, es notable que las NIA tienen una función y enfoque muy distinto a las NIF, mientras estas últimas se utilizan para valorar, presentar y revelar la información financiera, las NIA se centran en el por qué y cómo verificar que la información sea razonable y se encuentre de incorrecciones materiales.

A continuación, se presenta un análisis comparativo enfocado en la partida de inventarios de ambos marcos normativos.

Tabla 1.- Comparativa de NIA y NIF en la Partida de Inventarios

Aspecto	Normas de Información Financiera (NIF)	Normas Internacionales de Auditoría (NIA)
Definición de Inventario	Bienes destinados a la venta en el curso normal de las operaciones, producción en proceso y materias primas para producción.	No se define específicamente; se evalúan los inventarios con base en la información financiera presentada por la entidad.
Objetivo Principal	Regular el tratamiento contable, valuación, presentación y revelación de los inventarios en los estados financieros.	Garantizar que los inventarios sean razonablemente presentados en los estados financieros mediante procedimientos de auditoría.
Normas Aplicables	NIF C-4 Inventarios: Regula aspectos específicos como valuación, presentación y revelación de los inventarios.	NIA 501: Evidencia adicional sobre inventarios. NIA 315, 330, 500, 540: Identificación de riesgos, evidencia y estimaciones.
Valuación	<ul style="list-style-type: none"> - Costos históricos: Método de PEPS, Promedio Ponderado u otros permitidos como método detallista. - Costo vs. Valor Neto de Realización (VNR). 	<ul style="list-style-type: none"> - Evalúa si los criterios de valuación aplicados por la entidad cumplen con el marco contable. - Verifica provisiones como obsolescencia.
Revelaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere que se detallen: - Métodos de valuación aplicados. - Inventarios obsoletos o de lenta rotación. - Cambios en políticas contables. 	- El auditor revisa que las revelaciones sean completas y adecuadas según el marco contable (NIF, IFRS).
Reconocimiento Contable	- Los inventarios se reconocen como activos al costo o VNR, el menor de ambos.	- Se verifica que el reconocimiento esté acorde con las políticas contables aplicadas por la entidad.
Identificación de Riesgos	No aborda explícitamente riesgos asociados a inventarios.	- NIA 315 y 330 identifican riesgos de incorrección material, como fraude, obsolescencia, errores de registro o valuación.
Evidencia de Existencia	No aplica (es función de auditoría, no de contabilidad).	<ul style="list-style-type: none"> - Observación física de inventarios (NIA 501). - Confirmaciones con terceros para inventarios almacenados fuera de la entidad.
Provisiones	Requiere provisiones para inventarios obsoletos, dañados o de lenta rotación.	- Verifica que las provisiones registradas sean razonables y consistentes con las políticas contables aplicables.
Estimaciones Contables	<ul style="list-style-type: none"> - Valuación basada en estimaciones (por ejemplo, VNR). - Métodos de depreciación de inventarios en caso de pérdidas futuras. 	- La NIA 540 evalúa la razonabilidad y consistencia de estas estimaciones.

Frecuencia de Evaluación	Depende de los procedimientos contables internos de la entidad; generalmente, en cada cierre contable.	Los auditores evalúan inventarios durante el proceso de auditoría anual o semestral.
Fraude y Manipulación	No regula el fraude; se limita al tratamiento contable de inventarios.	Evalúa riesgos de fraude o manipulación, como inflar existencias para mejorar indicadores financieros (NIA 240, 315).
Responsabilidad	Recae en la administración de la entidad para aplicar las normas contables adecuadamente.	Recae en el auditor para evaluar que los inventarios reflejen fielmente la realidad financiera de la entidad.

RESULTADOS

Ambas normativas reconocen la importancia de la existencia y condición del inventario en los estados financieros, como también ambas buscan asegurar que el inventario esté correctamente reflejado en los registros contables y en los estados financieros, sin embargo, las NIF tienen como objetivo regular la contabilidad de estos, estableciendo métodos de valuación y criterios de presentación en dichos estados financieros, y por otro lado las NIA, se enfocan en auditar la información financiera relacionada con los inventarios para garantizar que esté libre de errores materiales y sean completamente confiables. En pocas palabras, las NIF dictan reglas contables, mientras las NIA verifican que estas sean cumplidas por completo.

Una de las principales observaciones que se hicieron sobre la tabla comparativa presentada anteriormente, es que la NIF C-4, regula de manera específica a los inventarios, y tiene un gran alcance en esta partida, ya que abarca desde el reconocimiento, la medición, valuación y por último la revelación, siendo cada una de estas de suma importancia, pues un error u omisión en una de ellas resultaría en un problema mayor. Las NIA no presentan ninguna norma exclusiva para inventarios, pero si cuentan con normas que abarcan o complementan el enfoque en esta partida, por lo tanto, se le dará un poco más de extensión al explicar los resultados en cuanto a estas. Las más importantes las describo a continuación.

La **NIA 315** establece como el auditor debe identificar y evaluar los riesgos de incorrección material dentro de los estados financieros, entendiendo la entidad auditada y su entorno, pues un buen entendimiento inicial permite enfocarse y poner esfuerzos en las áreas de mayores riesgos. Se centra principalmente, en identificar y evaluar los riesgos de incorrección material ya sea por errores no intencionales o fraudes. Busca identificar áreas en donde debido a la complejidad o capacitación deficiente, sea más probable que puedan llegar a ocurrir estos errores, por ejemplo, en la realización de cálculos manuales, omitir contabilizar transacciones o mala aplicación de políticas contables.

Algo que podría aumentar los riesgos de errores como estos puede deberse a una alta rotación de personal, ya que al estar tan poco tiempo en el puesto no logran especializarse o aprender completamente las actividades que deben realizarse, a esto se añade que siempre está llegando un nuevo empleado a los puestos, también puede atribuirse este tipo de errores a controles internos débiles o quizá inexistentes, procesos mal diseñados o cambios que no han sido adecuadamente incorporados al sistema de trabajo.

El enfoque principal de la NIA 315 no es el fraude, pero sí reconoce que algunos riesgos de incorrección material pueden ser causados por fraude o intenciones de mala fe, sin embargo, es la NIA 240 la que entra en detalles sobre cómo detectarlos, mientras que en la NIA 315 los fraudes se evalúan como una posibilidad dentro del análisis general de estos riesgos (como una probabilidad de cometerse fraude).

El fraude implica intención deliberada de manipular o distorsionar la información financiera, y su detección requiere de técnicas más específicas estipuladas en la NIA 240.

NIA 330, proporciona lineamientos para que el auditor desarrolle y aplique procedimientos en respuesta a los riesgos identificados en la NIA 315. Pone a prueba los controles internos, determinando alcance y naturaleza de las pruebas, los evalúa para saber si funcionan de manera efectiva para prevenir o detectar errores materiales, permite al auditor responder ante los riesgos detectados.

La **NIA 240**, responsabilidad del auditor con respecto al fraude, establece responsabilidades para identificar y responder a los riesgos de fraude que puedan causar incorrecciones materiales en los estados financieros, su enfoque principal es el de fraudes intencionales, diferenciándolos de los errores no intencionales, tratados en otras normas. Estos son llevados a cabo por uno o más miembros, empleados o terceros que busca obtener un beneficio indebido o causar perjuicio a otros.

El auditor debe mantener una actitud crítica y cuestionar la información proporcionada, incluso cuando no haya ninguna sospecha de fraude, por ejemplo, como en manipulación de estimaciones contables como provisiones o depreciaciones, transacciones inusuales o complejas, como también controles internos débiles. La NIA 240 dice que el mayor riesgo de fraude proviene de la dirección, ya que tienen acceso para manipular registros o anular ciertos controles, por lo que recomienda investigar ajustes contables inusuales, cambios de políticas contables sin justificación alguna, o comportamiento sospechoso o de resistencia a proporcionar información al auditor. El auditor comunicarse con la dirección o el comité de auditoría si se sospecha o detecta un fraude. Busca mantener una actitud crítica y objetiva, no dar por hecho la buena o empleados clave, evaluando como el fraude afecta los estados financieros.

Esta NIA garantiza que el fraude sea abordado por el auditor con un enfoque estructurado y específico, protege a los usuarios de los estados financieros al proporcionar una mayor probabilidad de detectar fraudes significativos, al mismo tiempo que complementa a otras normas, como la 315 y 330. Esta norma fortalece la confianza en el proceso de auditoría y en la calidad de la información presentada en los estados financieros.

NIA 500, donde se le guía al auditor a cómo obtener suficiente evidencia suficiente y adecuada para emitir la opinión sobre estados financieros, es importante ya que garantiza que el auditor sustente sus opiniones en evidencia sólida y confiable, en

este caso, de estado y existencia de los inventarios, minimizando los riesgos que se corren de emitir juicios incorrectos.

NIA 501, evidencia de auditoría específica, proporciona lineamientos sobre cómo obtener evidencia adicional por áreas específicas como los inventarios, recurriendo a recuentos físicos de estos, como también confirmaciones de inventarios almacenados por terceros. Asegura que el auditor evalúe áreas específicas o sensibles que puedan tener un impacto significativo en los estados financieros.

La NIA 540, auditoría de estimaciones contables y de la información relacionada, nos brinda lineamientos para que el auditor evalúe las estimaciones contables, incluyendo cualquier cifra en los estados financieros que se base en juicios o incertidumbre, como depreciaciones, provisiones, valor razonable de activos, entre otros. Estas estimaciones son cifras que no pueden determinarse con certeza y requieren juicios basados en información disponible, como, por ejemplo, la valoración de inventarios obsoletos o el valor razonable de estos o de instrumentos financieros. La auditoría de estimaciones contables es muy importante porque estas a menudo implican incertidumbre o mucha subjetividad, lo que las hace más propensas a errores o manipulación.

Por este motivo, la NIA 540 es muy importante en la revisión de inventarios ya que garantiza que las estimaciones sean razonables y se basen en información suficiente para realizarse lo más objetivamente posible, y emitir una opinión confiable sobre las cifras presentadas, especialmente porque hay distintos tipos de inventarios y están sujetos a mucha incertidumbre.

Como se explica en los párrafos anteriores, las NIA no especifican nada sobre inventarios, pero sí un par de normas que ayudan a englobar esta partida específica, analizando, evaluando y midiendo diferentes aspectos durante el proceso de una revisión de auditoría.

CONCLUSIONES

El análisis y comprensión de los marcos normativos, como las Normas de Información Financiera (NIF) y las Normas Internacionales de Auditoría (NIA), son fundamentales para garantizar la calidad, transparencia y confiabilidad de la información financiera adaptándose a un mundo más globalizado y digitalizado que antes. Las NIF establecen cómo se debe preparar y presentar la información financiera, mientras que las NIA guían el proceso de auditoría para asegurar que dicha información sea confiable y libre de errores materiales, ya sean involuntarios o por fraude. La interacción entre ambos marcos es de vital importancia porque permite a las entidades cumplir con estándares normativos de alta calidad, al mismo tiempo que los auditores evalúan si estos han sido aplicados correctamente.

La importancia de estudiar ambos marcos normativos radica en su capacidad de abordar los riesgos y desafíos que enfrenta la información financiera en un entorno en constante cambio. Las NIF aseguran que los activos como los inventarios estén valuados de manera razonable y fundamentada, mientras que las NIA, profundizan en la identificación y evaluación de riesgos. Este enfoque paralelo no solo mejora la calidad de los estados financieros, sino que también fortalece la confianza de los usuarios, lo cual es esencial para la toma de decisiones económicas, ya sea en términos de inversión, financiamiento o estrategia operativa.

En un futuro en el que cada vez la tecnología gana más terreno, el impacto de estas normas será aún más significativo. La automatización de procesos contables, la implementación cada vez más de la inteligencia artificial (IA) y también la visión hacia el horizonte en cuanto a blockchain están transformando radicalmente la forma en que las entidades realizan o podrían realizar sus transacciones y operaciones. Por un lado, estos avances reducen el riesgo de errores humanos, sin embargo, también generan nuevas problemáticas o juicios éticos, como la necesidad de evaluar la confiabilidad de los algoritmos que se utilizan para estas tecnologías, la seguridad de los datos usados y la completa transparencia de las transacciones en los entornos digitales.

En este contexto, las NIF y las NIA deben evolucionar para mantenerse relevantes, por ejemplo, en este análisis se revisó específicamente los inventarios, pudimos detectar que el marco normativo de las NIF contaba con una norma única establecida para estos, sin embargo, por otro lado, las NIA no cuentan con una sola norma específica para estos, sino que hay varias que engloban y le dan trato a esta partida, desde diferentes perspectivas. En ese sentido, estas normas permiten a los auditores personalizar su enfoque dependiendo de las características de los inventarios, algo que sería más difícil con una sola norma específica, así, las NIA tienen que abordar y proponer un marco global que cubra diversos aspectos, más allá de limitar su enfoque a una sola partida, ya que todas las entidades tienen características diferentes de inventarios, por lo tanto, naturalmente se puede deducir que si el marco normativo de las NIA estableciera una norma única para inventarios (por mencionar un ejemplo) se estaría limitando a sí mismo para adaptarse a todos esos distintos casos, lo cual sería contraproducente para un mundo cada vez más globalizado y sumergido en avances tecnológicos.

Con esto dicho, las NIF tendrán que adaptarse para incluir lineamientos específicos sobre cómo valorar, por ejemplo, activos intangibles como datos, algoritmos o criptomonedas, mientras que las NIA deberán crear procedimientos que permitan auditar sistemas basados en inteligencia artificial o transacciones en blockchain. Además, será importante abordar el riesgo cibernético y la seguridad digital.

Desde una perspectiva más práctica, el análisis conjunto de las NIF y las NIA permite a los profesionales contables y auditores entender cómo los cambios en el mundo afectan tanto la preparación como la auditoría de los estados financieros.

En conclusión, analizar las NIF y las NIA no solo es relevante para garantizar la calidad de la información financiera en el presente, sino que es esencial prepararse para el futuro. La convergencia de estos marcos normativos permitirá una mayor transparencia y confianza en los mercados financieros. Sin embargo, para alcanzar este objetivo, será necesario que tanto los organismos reguladores como los profesionales de la contaduría y la auditoría adopten un enfoque proactivo y flexible,

capaz de responder a los rápidos avances tecnológicos y a las cambiantes expectativas de los usuarios de la información financiera, para garantizar que las normas sigan siendo relevantes y efectivas en un mundo cada vez más complejo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

International Federation of Accountants. (2024). *Normas internacionales de auditoría: Manual 2024*. IFAC.

Gutiérrez Pérez, C. (2023). *Nuevo marco conceptual de las NIF* (Diapositivas de PowerPoint). Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera.

¿Existen las derivadas de orden no entero?

*Rosales García J. J, **Pérez Arteaga Marlene, ** Pérez Arteaga Elizabeth

*Departamento de Ingeniería Eléctrica, División de Ingenierías
Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato

rosales@ugto.mx

Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Veracruz
Prolongación Ave. Artículo Tercero Constitución s/n, Solidaridad 93998,
Pánuco, Veracruz

marlene.perez@itspanuco.edu.mx

Palabras clave:

Derivadas ordinarias;
Derivadas fraccionarias;
circuito RC

RESUMEN

El cálculo diferencial e integral ordinario es una de las ramas más importantes de las matemáticas. Prácticamente todo el desarrollo científico y tecnológico de nuestros días se debe a él, este juega un papel muy importante en las carreras de ingenierías y ciencias. Sin embargo, existen procesos físicos que no pueden ser descritos por el cálculo ordinario y es necesario usar nuevas herramientas matemáticas. El propósito de este trabajo es dar a conocer a nuestra comunidad estudiantil la existencia del cálculo diferencial e integral de orden no entero o fraccionario. Además, se resuelve a detalle el circuito eléctrico RC usando la derivada fraccionaria de Caputo. El circuito RC es un dispositivo sumamente importante en todo sistema eléctrico

Keywords:

Ordinary derivative;
Fractional derivative;
RC circuit

ABSTRACT

Ordinary differential and integral calculus is one of the most important branches of mathematics. Practically all the scientific and technological development of our days is due to it, it plays a very important role in engineering and science careers. However, there are physical processes that cannot be described by ordinary calculus, and it is necessary to use new mathematical tools. The purpose of this work is to make our student community aware of the existence of the differential and integral calculus of non-integer order. In addition, the RC electrical circuit is solved in detail using the Caputo fractional derivative. The RC circuit is an essential device in any electrical system.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de su formación académica los estudiantes de ciencias e ingenierías han aprendido algunos métodos de derivación e integración y la gran importancia que tienen las ecuaciones diferenciales en el modelado de sistemas físicos reales. Se sabe, también, que la derivación y la integración son operaciones inversas una de la

otra y difieren en una o varias constantes dependiendo del orden de la derivada. Si $\frac{d^n f}{dx^n}$ representa la n -ésima derivada de la función $f(x)$ con respecto a x , con $n = 1, 2, \dots$, entonces, $\int f(x)dx$ representaría la n -ésima integral o integral iterada de la misma función $f(x)$. Sin embargo, los operadores de derivación e integración vistos en las carreras de ingenierías y ciencias son de orden entero $n = 1, 2, \dots$. Esto es lo que se conoce como cálculo diferencial e integral ordinario o de orden entero. Resolver una ecuación diferencial que represente un proceso físico, no es más ni menos que integrar la ecuación diferencial aplicando los diferentes métodos de solución, y de esta manera conocer el comportamiento del sistema. El modelado matemático de sistemas y fenómenos físicos, químicos, biológicos, financieros, sociales, entre otros, mediante el cálculo integro diferencial ordinario ha sido predominante hasta la fecha y ha dado resultados muy satisfactorios, es decir, lo que predicen los modelos matemáticos coinciden bastante bien con los resultados experimentales. Sin embargo, la ley de Curie-von Schweidler refiere a la respuesta de un material dieléctrico a la entrada escalonada de un voltaje de corriente continua (CC) publicada en [1, 2, 3]. De acuerdo con esta ley, la corriente $I(t)$ decae según la ley de potencia,

$$I(t) \propto t^{-\alpha},$$

Donde $I(t)$ es la corriente en un tiempo t de carga dado, y α es la constante de caída, la cual toma valores entre $0 < \alpha < 1$. Dado que el dieléctrico tiene una conductancia finita, la ecuación para la corriente medida a través de un dieléctrico bajo un campo eléctrico de CC es:

$$I(t) = a \left(\frac{t}{\tau} \right)^{-\alpha},$$

Donde a es una constante de proporcionalidad. Esto contrasta con la formulación de Debye, la cual establece que la corriente es un dieléctrico ideal es proporcional a una función exponencial con una constante de tiempo τ , esto es

$$I(t) \propto e^{-t/\tau}.$$

El contraste es debido a que los dieléctricos sólidos exhiben memoria, es decir, recuerdan sus excitaciones pasadas debido a mecanismos de relajación distintos de la teoría de Debye [4, 5].

Curiosamente, la naturaleza potencial de la ley de Curie-von Schweidler es inherente a la definición de la derivada fraccionaria. La derivada fraccionaria de Caputo de una función causal continua $f(t)$ es la convolución de una derivada de orden entero con un núcleo de memoria de la ley de potencias $\Phi_\alpha(t)$, [6, 7],

$$\frac{d^\alpha f(t)}{dt^\alpha} = f(t) * \Phi_\alpha(t), \quad \text{donde} \quad \Phi_\alpha(t) = \frac{t^{-\alpha}}{\Gamma(1-\alpha)}, \quad 0 < \alpha < 1,$$

y, $\Gamma(1-\alpha)$ es la función de Gamma de Euler (5).

Se presenta de la siguiente manera: en la sección 2, hacemos un recordatorio del cálculo diferencial e integral de orden entero; en la sección 3, se define la integral fraccionaria y la derivada fraccionaria de Caputo, así como su transformada de Laplace y la función de Mittag-Leffler; En la sección 4, se presenta el circuito RC modelado por una ecuación diferencial de orden entero; en la sección 5 analizamos a detalle la carga del circuito RC modelado por una ecuación diferencial fraccionaria, aplicando la derivada fraccionaria de Caputo; finalmente, en la sección 6 se dan las conclusiones.

CÁLCULO ORDINARIO

Hemos aprendido que la derivada de una función $f(x)$ mide la sensibilidad al cambio del valor de la función con respecto a un cambio en su argumento. En lenguaje matemático lo escribimos de la siguiente manera:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (1)$$

Las derivadas son una herramienta fundamental del cálculo ordinario. Esta definición tiene una interpretación física y geométrica aceptada por la comunidad científica y es la base del cálculo ordinario junto con la definición de integral, definida como:

Dada una función $f(x)$ de una variable real x y un intervalo $[a, b]$ de la recta real, la integral definida

$$I_f(x) = \int_a^b f(x) dx \quad (2)$$

es igual al área limitada entre la gráfica de $f(x)$, el eje de abscisas y las líneas verticales $x = a$ y $x = b$. La integración es un concepto fundamental del cálculo y del análisis matemático.

Por otro lado, una ecuación diferencial ordinaria es una relación que contiene una variable independiente x , una función dependiente $y(x)$ y sus derivadas. Matemáticamente se escribe como:

$$F(x, y(x), y'(x), y'', \dots, y^{(n)}(x)) = 0 \quad (2)$$

Con esta herramienta matemática y leyes fundamentales como las leyes de Newton, las leyes de Khirchhoff, etc., podemos modelar procesos físicos reales, por ejemplo,

la caída de un paracaidista, el lanzamiento de un cohete, etc. Es importante decir que en todos los procesos físicos descritos mediante ecuaciones diferenciales ordinarias se ha tenido en cuenta su homogeneidad dimensional y las soluciones siempre han sido coherentes con ellas.

CÁLCULO FRACCIONARIO

El cálculo fraccionario (CF) se refiere a que existen derivadas, integrales y ecuaciones diferenciales fraccionarias. El CF es la generalización natural del cálculo ordinario con reglas de derivación e integración diferentes a las del cálculo ordinario, pero que se reducen a las ordinarias cuando el orden fraccionario se vuelve entero. Las derivadas fraccionarias se definen mediante la continuación analítica de la fórmula de Cauchy para la integral múltiple de orden entero, como una integral simple con un núcleo de ley potencia de orden real $\gamma > 0$, [8].

La integral fraccionaria de orden γ se escribe como:

$$I^\gamma f(t) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_0^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{1-\gamma}} d\tau \quad (4)$$

recuperando la integral ordinaria cuando $\gamma = 1$. En (4), $\Gamma(z)$ es la función Gamma definida como

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt, \quad \text{Re}(z) > 0, \quad (5)$$

esta integral puede ser extendida a todo el plano complejo, excepto a los enteros negativos y al cero. Si $n \in \mathbb{Z}^+$, entonces se cumple la relación

$$n! = \Gamma(n + 1), \quad (6)$$

donde $n!$ es la factorial de n , es decir; $n = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdots (n - 1) \cdot n$

La derivada fraccionaria de Caputo de orden $n - 1 < \gamma \leq n$, $n \in \mathbb{N}$ de una función $f(t)$ se define como la integral de orden fraccionaria (4) de la derivada de orden entero, esto es:

$$\frac{d^\gamma f(t)}{dt^\gamma} = {}^c D_t^\gamma f(t) = \frac{1}{\Gamma(n - \gamma)} \int_0^t \frac{f^{(n)}(\tau)}{(t - \tau)^{\gamma - n + 1}} d\tau \tag{7}$$

La transformada unilateral de Laplace de una función $f(t)$ se define como

$$L[f(t)] = \int_0^\infty f(t)e^{-st} dt. \tag{8}$$

Luego, la transformada de Laplace de una derivada ordinaria es:

$$L\left[\frac{dx}{dt}\right] = sF(s) - f(0). \tag{9}$$

Entonces, la transformada de Laplace de la derivada de Caputo (7) es,

$$L[{}^c D^\gamma f(t)] = s^\gamma F(s) - s^{\gamma-1} f(0), \tag{10}$$

donde $L\{f(t)\} = F(s)$ y $f(0) = f(t)|_{t=0}$. Observe que cuando $n = 1$ y $\gamma = 1$, entonces la derivada fraccionaria de Caputo (7) se transforma en derivada ordinaria y por lo tanto la transformada de Laplace (10), se transforma en la transformada ordinaria (9).

Otra de las funciones de importancia en el cálculo fraccionario, es la función de Mittag-Leffler, definida como [8],

$$E_{\alpha,\beta}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(n\alpha + \beta)}. \tag{11}$$

Si $\beta = 1$, entonces, escribimos

$$E_\alpha(z) = E_{\alpha,1} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(n\alpha + 1)} \tag{12}$$

Si, además, $\alpha = 1$, entonces

$$E_1(z) = E_{1,1} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(n + 1)} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!} \equiv e^z, \tag{13}$$

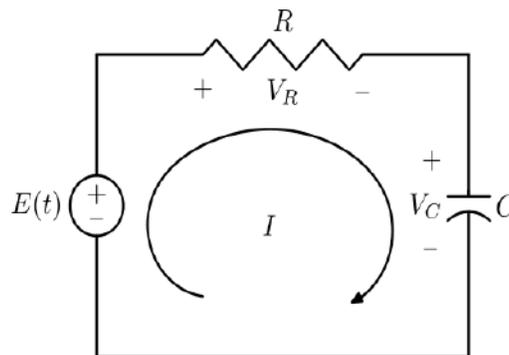
donde, $n! = \Gamma(n + 1)$ es la factorial y e^z es la función exponencial. La función exponencial es solución de las ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes, por lo tanto, la función de Mittag-Leffler (11) será la solución de las ecuaciones diferenciales lineales fraccionarias de coeficientes constantes.

EL CIRCUITO RC ORDINARIO

La ley de tensiones de Kirchhoff dice; la suma algebraica de todas las tensiones alrededor de una trayectoria cerrada es cero. Esto es;

$$\sum_{m=1}^M V_m = 0, \tag{14}$$

donde la caída de tensión en la resistencia es $i_R = C \frac{dV}{dt}$ y en el capacitor $i_C = \frac{V}{C}$.



Aplicando la ley de Kirchhoff al circuito RC de la figura Fig. 1, obtenemos la siguiente ecuación diferencial lineal de primer orden

$$\frac{dV}{dt} + \frac{1}{\tau}V(t) = \frac{E(t)}{\tau}, \quad \tau = RC, \tag{15}$$

donde τ es la constante de tiempo del sistema medida en segundos, R es la resistencia medida en Ohm's, C es la capacitancia medida en Faradios, $V(t)$ es el voltaje o tensión en el capacitor y $E(t)$ es la fuente, medidos en volts. Tomando la condición inicial como $V(0) = 0$, y suponiendo una fuente constante E_0 , la solución de la ecuación diferencial ordinaria (15) es:

$$V(t) = E_0 \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]. \tag{16}$$

Podemos ver que la ecuación (15) es dimensionalmente homogénea, ya que a la derecha y a la izquierda de la ecuación tenemos *volts/s*. Como era de esperar, la solución (16) también es dimensionalmente consistente. La ecuación (15) describe el comportamiento (carga en nuestro caso) de un circuito RC con fuente constante, donde sus componentes son ideales. La solución (16) exhibe una caída exponencial, cuando $t \rightarrow \infty$ el voltaje $V(t \rightarrow \infty) \rightarrow E_0$, una constante, la carga total del capacitor

5 EL CIRCUITO RC CON LA DERIVADA FRACCIONARIA DE CAPUTO

Nuestro propósito en esta sección es obtener una ecuación diferencial fraccionaria correspondiente a (15), [9]. En [10] se propuso un método sistemático de construir ecuaciones diferenciales fraccionarias. De acuerdo con el método, debemos transformar la derivada ordinaria en una derivada fraccionaria de la siguiente manera;

$$\frac{d}{dt} \rightarrow \frac{1}{\sigma^{1-\gamma}} \frac{d^\gamma}{dt^\gamma}, \quad 0 < \gamma \leq 1, \tag{17}$$

donde σ es un parámetro que tiene unidades de tiempo o unidades de longitud, según sea el caso de la derivada ordinaria, temporal o espacial. Teniendo en cuenta la

transformación (17), obtenemos la ecuación diferencial fraccionaria correspondiente a (15), [9]. Esta se escribe como

$$\frac{d^\gamma V}{dt^\gamma} + \frac{\sigma^{1-\gamma}}{\tau} V(t) = \frac{\sigma^{1-\gamma}}{\tau} E(t), \quad \tau = RC, \quad V(0) = 0. \tag{18}$$

Podemos ver que esta ecuación diferencial fraccionaria es dimensionalmente correcta, ya que σ tiene dimensiones de tiempo.

Para mostrar la aplicación del cálculo fraccionario, consideremos el caso de una fuente constante, esto es $E(t) = E_0$. Aplicando la transformada de Laplace a la ecuación (18), resulta

$$s^\gamma V(s) - s^{\gamma-1} V(0) + AV(s) = \frac{B}{s} \tag{19}$$

Despejando $V(s)$, y tomando en cuenta la condición inicial $V(0) = 0$, se tiene

$$V(s) = \frac{B}{s(s^\gamma + A)}, \tag{20}$$

donde $A = \frac{\sigma^{1-\gamma}}{\tau}$ y $B = \frac{\sigma^{1-\gamma} E_0}{\tau}$. Usando la fórmula $\mathcal{L}^{-1}\left(\frac{a}{s(s^\gamma+a)}\right) = 1 - E_\gamma(-at^\gamma)$, [11]. Finalmente, obtenemos la solución fraccionaria de la ecuación (18).

$$V(t; \gamma) = E_0 \left[1 - E_\gamma\left(-\frac{\sigma^{1-\gamma}}{\tau} t^\gamma\right) \right], \quad 0 < \gamma \leq 1. \tag{21}$$

Es fácil ver que la solución fraccionaria (21) es dimensionalmente consistente. Además, la solución (21) en el límite $\gamma \rightarrow 1$, pasa a ser (16). Definiendo la relación

$$\gamma = \frac{\sigma}{RC} \tag{22}$$

y sustituyendo en la expresión (21), tenemos

$$V(t; \gamma) = E_0 [1 - E_\gamma(-\gamma^{1-\gamma} t^\gamma)],$$

donde $\tilde{t} = \frac{t}{\tau}$. De la relación (22) y del hecho de que $0 < \gamma \leq 1$, se tiene, la desigualdad

$$0 < \gamma \leq 1, \quad 0 < \frac{\sigma}{RC} \leq 1. \quad (24)$$

Esta última expresión la podemos escribir como:

$$0 < \sigma \leq RC. \quad (25)$$

Esto significa que el parámetro σ es una medida de la fractalidad del sistema. Es decir, si $\sigma < RC$, entonces, la ecuación diferencial que gobierna el comportamiento del circuito RC es la ecuación diferencial fraccionaria (18), mientras que si $\sigma = RC$, entonces, el circuito está representado por la ecuación ordinaria (15).

CONCLUSIONES

El propósito es divulgar la existencia del cálculo fraccionario y la necesidad de aplicarlo en algunos problemas en las ciencias e ingenierías. El CF involucra derivadas de orden fraccionario, definida como la integral de orden fraccionario (4) de la derivada de orden entero de una función $f(t)$. Durante los últimos 40 años, diario aparecen artículos científicos aplicando el cálculo fraccionario a diferentes problemas en las ciencias e ingenierías. Por lo tanto, creemos que es importante que nuestros alumnos sepan de su existencia y las posibles aplicaciones. De esta manera, estarán a la vanguardia del conocimiento.

REFERENCES

- [1] Curie, Jaques (1889). *Recherches sur le pouvoir inducteur spécifique et sur la conductibilité des corps cristallisés*. Annales de Chimie et de Physique. 17: 384-434.
- [2] Curie, Jaques (1889). *Recherches sur la conductibilité des corps cristallisés*. Annales de Chimie et de Physique. 18: 203-269.
- [3] Schweidler, Egon Ritter von (1907). *Studien über die Anomalien im Verhalten der Dielektrika (Studies on the anomalous behaviour of dielectrics)*. Annalen der Physik. 329 (14): 711-770. doi:10.1002/andp.19073291407
- [4] Jonscher A.K., Dielectric Relaxation in Solids, Chelsea Dielectrics Press, 1983.
- [5] Jonscher A.K., The universal dielectric response, Nature **267**, 673-679, (1977).
- [6] Vikash Pandey, Origin of the Curie-von Schweidler law and the fractional capacitor from time-varying capacitance. Journal of Power Sources **532**, 231309, (2022).
- [7] Mainardi F., Fractional Calculus and Waves in Linear Viscoelasticity: An Introduction to Mathematical Models, Imperial College Press, London, 2010.
- [8] Podlubny I., Fractional Differential Equations, Academic Press, New York, 1999
- [9] Rosales J.J., Filoteo J.D., and González A. A comparative analysis of the RC circuit with local and no-local fractional derivatives. Rev. Mex. Fís. **64**, 647-654, (2018).
- [10] Rosales J.J., Gómez J.F., Guía M., Tkach V.I., 2011 11th International Conference on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling (LFNM)05-09. IEEE Xplore: 02 February (2012). doi:10.1109/LFNM.2011.6144969
- [11] Concepción A. Monje, Yang Quan Chen, Blas M. Vinagre, Dingyu Xue, Vicente Feliu. Fractional Order Systems and Controls: Fundamental and Applications. Springer-Verlag London Limited 2010.

Innovación en el Control Térmico de Colmenas Usando Tecnología Peltier

Cruz Corona, Hector, Torres Maza Manuel Cornelio, Alvarado Delfín Lilia Alejandra

*Tecnológico Nacional de México/Instituto tecnológico Superior de Pánuco
Amgel_capichi_luna@hotmail.com*

Palabras clave:

*tecnologías innovadoras
mortalidad de abejas celdas
peltier energía solar
fotovoltaica producción de miel*

RESUMEN

El artículo propone el uso de tecnologías innovadoras para enfrentar la mortalidad de abejas por altas temperaturas en Pánuco, Veracruz, mediante un sistema de enfriamiento sostenible en las colmenas que combina energía solar fotovoltaica y celdas Peltier termoeléctricas. El sistema de enfriamiento, controlado por Arduino, utiliza celdas Peltier, radiadores y ventiladores para gestionar el calor, permitiendo un control preciso de la temperatura con fuentes de energía convencionales o renovables. Alimentado por paneles solares autónomos y portátiles, este sistema busca reducir la temperatura interna de las colmenas y mitigar el impacto del calor extremo en las abejas, promoviendo su desarrollo y producción de miel. Se espera una disminución significativa en la mortalidad de las abejas y que la propuesta inspire a otras regiones con desafíos similares, protegiendo la biodiversidad local y asegurando la continuidad de la apicultura en la región.

ABSTRACT

Keywords:

*Bee mortality, Innovative
technologies, Honey
production, Photovoltaic solar
energy, Peltier cells*

The article proposes the use of innovative technologies to address bee mortality due to high temperatures in Pánuco, Veracruz, through a sustainable cooling system in hives that combines solar photovoltaic energy and thermoelectric Peltier cells. The cooling system, controlled by Arduino, uses Peltier cells, radiators and fans to manage heat, allowing precise temperature control with conventional or renewable energy sources. Powered by autonomous and portable solar panels, this system seeks to reduce the internal temperature of hives and mitigate the impact of extreme heat on bees, promoting their development and honey production. A significant decrease in bee mortality is expected and the proposal will inspire other regions with similar challenges, protecting local biodiversity and ensuring the continuity of beekeeping in the region.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una preocupación creciente en Pánuco, Veracruz, así como a nivel global, dado que los fenómenos climáticos extremos y el deterioro de los ecosistemas afectan esta región costera. A pesar de los esfuerzos de acuerdos internacionales como los protocolos de Kioto y Montreal para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, las comunidades locales enfrentan desafíos únicos que exigen soluciones contextualizadas. En Pánuco, uno de los problemas urgentes es la protección de las abejas criollas, cuya productividad de miel se ha visto comprometida debido a las altas temperaturas.

Una posible solución es el uso de tecnologías termoeléctricas para el enfriamiento, específicamente mediante el efecto Peltier, combinado con la programación de algoritmos en Arduino. Esta tecnología podría mantener la temperatura de las colmenas alrededor de los 35 °C, evitando la reducción en la producción de miel. El efecto Peltier, basado en la creación de un diferencial de temperatura mediante la circulación de corriente eléctrica, se ha utilizado con éxito en sistemas de refrigeración localizados. Sin embargo, la integración con sistemas de energía fotovoltaica es clave, ya que la eficiencia de estos sistemas varía con la radiación solar y la temperatura ambiental (IEEE Xplore, 2023; Kane et al., 2024).

Investigaciones recientes demuestran los beneficios de esta combinación tecnológica. Kane et al. (2024) mostraron que el uso de celdas Peltier, gestionadas mediante Arduino, puede reducir la temperatura de los paneles fotovoltaicos hasta un 26 %, mejorando tanto el rendimiento energético como la longevidad del sistema. Adicionalmente, se exploran posibilidades para aprovechar el efecto Seebeck, generando energía adicional a partir del calor residual, lo cual subraya el potencial de estas innovaciones en el contexto climático actual (Springer, 2024; IEEE Xplore, 2023).

Sistemas Controlados por Arduino

Los sistemas controlados por Arduino destacan por su capacidad para automatizar procesos, resolviendo problemas de manera eficiente sin la necesidad de intervención humana directa. Arduino es una plataforma de hardware libre, compuesta por una placa

electrónica que actúa como microcontrolador. Este microcontrolador se programa mediante el entorno de desarrollo Arduino IDE, utilizando un lenguaje de programación propio basado en C++. Una de las ventajas significativas de Arduino es que puede operar de forma independiente, sin requerir una conexión continua a un ordenador (Banzi & Shiloh, 2014).

La estructura de la placa Arduino incluye una serie de pines de entrada y salida que facilitan la integración con sensores y actuadores diversos. Los sensores recopilan información del entorno, como temperatura, luz, o humedad, mientras que los actuadores, como LEDs, zumbadores, motores, servos, y pantallas, ejecutan acciones específicas según las órdenes programadas en la placa (Monk, 2013). Esta versatilidad convierte a Arduino en una herramienta poderosa y accesible para la creación de sistemas autónomos y soluciones inteligentes.

Gracias a su naturaleza de código abierto, Arduino permite la personalización y el desarrollo de una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, un sistema automatizado puede ajustarse para abrir o cerrar persianas en función de la cantidad de luz detectada en una habitación. Además, su flexibilidad se extiende a soluciones más complejas, como sistemas de refrigeración adaptados a celdas Peltier para control de temperatura en aplicaciones electrónicas (Kurniawan, 2018).

Un diseño innovador basado en Arduino para el control térmico podría incluir componentes como una bomba de circulación de fluido refrigerante, radiadores y ventiladores, elementos similares a los que se encuentran en sistemas de enfriamiento de motores. Sin embargo, en lugar de un termostato convencional, este sistema emplearía sensores de temperatura conectados al microcontrolador Arduino, permitiendo ajustes dinámicos y precisos en tiempo real (Patel et al., 2020).

La fuente de energía para este sistema puede provenir de opciones convencionales como redes eléctricas de 110V o 12V, y se puede optimizar mediante la integración de paneles solares y controladores de carga, promoviendo un enfoque más sostenible y eficiente. Este diseño no solo proporciona un control eficaz de la temperatura, sino que también maximiza el uso de la energía, lo cual es crucial en aplicaciones que requieren alta precisión y eficiencia energética (Borges & Avram, 2017).

Aplicando el mismo principio de los sistemas de enfriamiento de motores, este enfoque adaptado a celdas Peltier asegura un rendimiento térmico seguro y eficiente. La gran capacidad de transferencia de calor de las celdas Peltier es ideal para aplicaciones electrónicas de precisión, como el mantenimiento de una temperatura óptima en colmenas, lo que puede mejorar significativamente la producción de miel.

El sistema de enfriamiento basado en celdas Peltier se compone de una celda termoeléctrica, una bomba de circulación de fluido refrigerante, un radiador, un ventilador, y sensores de temperatura, todos controlados por un microcontrolador Arduino. La celda Peltier realiza la transferencia de calor mediante el efecto termoeléctrico, mientras que la bomba circula el fluido refrigerante, que a su vez transfiere el calor hacia el radiador para su disipación. Los sensores de temperatura conectados al Arduino permiten ajustar el sistema en tiempo real. Este enfoque puede funcionar con una fuente de alimentación de 12V, con la opción de energía solar, ofreciendo un control térmico preciso y eficiente en diversas aplicaciones electrónicas (Rouse, 2019).

DESARROLLO

Este estudio se llevó a cabo mediante una metodología cualitativa, que incluyó la revisión de literatura especializada, pruebas de campo con sistemas de refrigeración termoeléctrica, y observación directa de un prototipo de sistema de enfriamiento basado en celdas Peltier. Las fuentes consultadas abarcan investigaciones de expertos en tecnologías de enfriamiento y energías renovables, proporcionando información esencial sobre las ventajas y desafíos de las celdas Peltier en aplicaciones prácticas.

Eficiencia y Consumo Energético

Una de las observaciones más destacadas de este estudio es que, aunque las celdas Peltier son eficaces en la reducción de temperatura para aplicaciones de pequeña escala, presentan una eficiencia inferior en comparación con otros sistemas de refrigeración, como los compresores tradicionales basados en refrigerantes. La eficiencia de las celdas Peltier depende de varios factores: la calidad del material termoeléctrico, la gestión del calor disipado y las condiciones ambientales. Además, las celdas Peltier tienden a tener un

elevado consumo energético, lo cual puede ser una limitante para aplicaciones que demandan funcionamiento continuo.

La necesidad de un sistema eficiente de enfriamiento es crucial para mantener una temperatura óptima de 35 °C en las colmenas de la abeja criolla, especialmente en regiones con altas temperaturas y escasez de agua. Este sistema ayuda a prevenir el estrés térmico en las abejas, lo que podría afectar negativamente la producción de miel. En este contexto, la celda Peltier genera calor en una de sus caras, alcanzando hasta 70 °C, mientras que en la otra cara se puede mantener una temperatura constante cercana a los 0 °C. La disipación eficaz de este calor es fundamental.

Componentes y Conexiones

1. **Control de Corriente:** Las celdas Peltier requieren un relé conectado a un Arduino para controlar el encendido y apagado, evitando sobrecargar el sistema. El relé gestiona una fuente de 15V que alimenta la celda y el ventilador.
2. **Montaje:** La celda Peltier se coloca entre un disipador de calor y un sistema de radiador con bomba y mangueras para mejorar la dispersión del calor.
3. **Regulador de Voltaje:** Un regulador de 15 amperios proporciona un suministro de energía constante y estable.
4. **Sensores:** Se instalan sensores de temperatura y luz que ajustan el sistema en tiempo real. Estos sensores están conectados a las entradas analógicas del Arduino.
5. **Esquema de Conexión:** La celda y el ventilador se conectan a una fuente de 12V, regulada y controlada por el relé. El regulador de voltaje se ubica entre la fuente y la celda. El Arduino, mediante un programa, regula el funcionamiento en función de las lecturas de los sensores.

Principales Componentes

- **Radiador de aluminio:** Enfría el aire al circular, reduciendo la temperatura del refrigerante.
- **Ventilador:** Proporciona flujo de aire al radiador.
- **Depósito:** Disipa el calor y mantiene el refrigerante en óptimas condiciones.

- **Bomba:** Circula el líquido refrigerante por el sistema.
- **Circuito Arduino:** Controla y gestiona el sistema mediante un relé de 40 amperios y sensores de luz y temperatura.
- **Sensores:** DHT11, PT1000, y otros, que miden la temperatura y humedad ambiental dentro y fuera de la colmena.

Funcionamiento del Sistema de Transferencia de Calor

El sistema termoeléctrico emplea una celda Peltier de 15 amperios, que transfiere calor a través de la conducción. La celda está en contacto directo con un contenedor de aluminio, lo que facilita la transferencia térmica y optimiza el rendimiento. El circuito de refrigeración utiliza un líquido refrigerante impulsado por una bomba, que circula a través del radiador y es enfriado por ventiladores antes de recircular, manteniendo así una temperatura controlada.

El diseño del prototipo también incorpora la programación de Arduino para gestionar automáticamente el sistema en respuesta a los datos obtenidos por los sensores. De esta manera, se regula la temperatura interna de la colmena de manera eficiente.

RESULTADOS

Prueba y Evaluación de Transferencia de Calor en Celdas Peltier

Durante la experimentación del sistema de transferencia de calor, se evaluó la eficiencia de las celdas Peltier conectadas a un contenedor de aluminio, integrado en un circuito de enfriamiento mediante radiador. Se probaron dos celdas Peltier para disipar el calor interno de una colmena, logrando una reducción de temperatura de 5 grados en un tiempo de 50 minutos. Se utilizó un controlador Arduino para gestionar el sistema, con dos conexiones de dispositivos electrónicos configuradas para las dos celdas Peltier, dos bombas, dos contenedores de aluminio y dos disipadores de frío. Las pruebas indicaron que un grosor de 2 mm en los contenedores de aluminio es óptimo para una transferencia de calor eficiente.

Durante las pruebas, se observó que el relevador de estado sólido 380VAC-40A incrementó su temperatura, por lo cual se le instaló un pequeño contenedor de aluminio en contacto

directo con el relevador para disipar el calor y evitar un sobrecalentamiento. Esta intervención resultó efectiva para mantener la estabilidad térmica del relevador.

Pruebas Adicionales de celdas con Pistones de Motor a Gasolina

Adicionalmente, se realizaron pruebas utilizando pistones de motor a gasolina fabricados en aluminio. Estos pistones fueron diseñados y lijados para obtener superficies planas que permitieran un contacto óptimo con las celdas Peltier. Sin embargo, tras una hora de uso, no se observó condensación de agua, lo que indicó que no se logró una transferencia efectiva de calor. Esto se atribuyó a la alta densidad del aluminio de los pistones, que a altas temperaturas impidió la transferencia de calor, provocando un sobrecalentamiento y eventual fusión de la celda Peltier. Esta prueba se replicó en tres ocasiones, obteniendo siempre el mismo resultado: las celdas Peltier, de 10 amperios cada una, se fundieron bajo estas condiciones.

Recomendaciones:

1. Explorar ajustes adicionales para optimizar la generación de aire frío en condiciones específicas de humedad relativa.
2. Investigar los grosores y aleaciones de aluminio para transferir calor.
3. Investigar y hacer cálculos para reducir el tamaño del sistema y de todos sus componentes

El prototipo del sistema de generación de aire frío emplea celdas Peltier, aprovechando el efecto termoeléctrico para reducir la temperatura interna. Este sistema se alimenta a través de un sistema fotovoltaico con un controlador de carga y un algoritmo MPPT (Maximum Power Point Tracking), que regula y optimiza la transferencia de energía desde los paneles solares hacia la batería, maximizando el rendimiento energético al ajustar el voltaje de los módulos fotovoltaicos para aprovechar su máxima potencia.

Durante las pruebas, se utilizaron dos fuentes de alimentación: energía eléctrica convencional y energía solar. La energía eléctrica proporcionó estabilidad operativa, mientras que el panel solar redujo el consumo energético de la red, mejorando la sostenibilidad del sistema. Esta configuración permite una operación flexible y resiliente, potenciando el uso de energías renovables y minimizando la dependencia de la red

eléctrica, lo cual es ideal para aplicaciones en climatización con un enfoque en eficiencia y sostenibilidad.

Los resultados demuestran que el sistema es viable, económico y ambientalmente amigable, integrando mecánica, electrónica y física en un dispositivo funcional que, con las adaptaciones sanitarias necesarias, podría ser apto para el transporte de vacunas o alimentos en zonas con acceso limitado a la red eléctrica. La investigación destaca que la energía solar fotovoltaica puede sustituir la energía eléctrica en dispositivos con demandas energéticas limitadas. Se verificó que los algoritmos MPPT mejoran significativamente la extracción de energía solar, con una eficiencia aumentada entre un 20% y 26%, dependiendo de las condiciones. Se recomienda explorar algoritmos MPPT alternativos, como el de voltaje constante o conductancia incremental, para optimizar aún más la eficiencia en dispositivos de enfriamiento específicos.

En términos de refrigeración, las celdas Peltier representan una alternativa viable a los refrigerantes tradicionales, logrando reducir la temperatura de las colmenas hasta aproximadamente 30°C. A pesar de que el sistema de enfriamiento por radiador disipó eficientemente el calor, las celdas Peltier presentan un alto consumo energético, por lo que es crucial mejorar su eficiencia para ampliar sus aplicaciones. Factores como la temperatura ambiente, el aislamiento térmico y el diseño del recinto son determinantes en el rendimiento del sistema y deben ser considerados detalladamente en la construcción y optimización de estos dispositivos.

Pruebas Adicionales con Pistones de Motor a Gasolina

Se realizaron pruebas con pistones de motor a gasolina de aluminio, diseñados y lijados para asegurar un contacto óptimo con las celdas Peltier. A pesar de los esfuerzos para optimizar la superficie de contacto, no se logró una transferencia de calor efectiva, evidenciada por la falta de condensación de agua tras una hora de operación. Esto se atribuye a la alta densidad del aluminio de los pistones, que a elevadas temperaturas bloqueó la transferencia térmica, resultando en el sobrecalentamiento y eventual fusión de las celdas Peltier de 10 amperios. Esta situación se replicó consistentemente en tres pruebas, confirmando la incompatibilidad térmica de los pistones con el sistema de celdas Peltier.

CONCLUSIONES

Los sistemas de enfriamiento por celdas Peltier representan una alternativa innovadora y versátil para aplicaciones específicas que requieren compactes, bajo mantenimiento y control preciso de la temperatura. Sin embargo, su alto consumo energético y la necesidad de una gestión eficiente del calor limitan su viabilidad en aplicaciones de mayor escala o de operación continua. La optimización de estos sistemas, especialmente mediante el uso de energías renovables y mejoras en la eficiencia termoeléctrica, es esencial para ampliar sus aplicaciones y lograr un impacto significativo en la industria de la refrigeración.

Las pruebas demostraron que la transferencia de calor entre las celdas Peltier y los contenedores de aluminio fue efectiva con el diseño y configuración adecuados, mientras que la integración de componentes con propiedades térmicas no compatibles, como los pistones de aluminio de motor, puede resultar en fallos críticos del sistema. Los resultados subrayan la importancia de seleccionar materiales con la conductividad térmica apropiada y de realizar un diseño minucioso para garantizar la eficiencia y la durabilidad de los sistemas de transferencia de calor basados en celdas Peltier. Además, se confirma la necesidad de disipación térmica en todos los componentes del sistema, incluidos los relevadores de estado sólido, para mantener la operatividad y evitar el sobrecalentamiento durante su funcionamiento.

El sistema se basó en la transferencia de calor por conducción a través de una celda Peltier en contacto directo con la base plana de un contenedor de aluminio para obtener más aire frío para las colmenas, esta configuración permitió un control preciso de la temperatura, aprovechando la capacidad de la celda Peltier y poder manejar flujos de calor de manera eficiente en el sistema de enfriamiento por radiador ideal para aplicaciones que requieren un control térmico específico.

El prototipo demostró la capacidad de generar aire frío, con mayor eficiencia al utilizar dos celdas Peltier de 15 ampers. Las mediciones adicionales confirmaron la consistencia del rendimiento del sistema bajo diferentes niveles de humedad relativa.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar materiales termoeléctricos de mayor eficiencia, algoritmos avanzados de control de energía como los MPPT, y la integración con tecnologías de almacenamiento energético para mejorar la viabilidad y sostenibilidad de los sistemas de enfriamiento por celdas Peltier en una gama más amplia de aplicaciones industriales y comerciales.

REFERENCIAS

- Simon Monk. Programming Arduino Singapore Sydney Arduino™. Getting Started with Sketches SECOND EDITION.
- Jeremy Blum. (2013). *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry*: Copyright © by John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana
- Michael Margolis. (2011). Nicholas Weldin all rights reserved *Arduino Cookbook*: Printed in the United States of America
- John Boxall. mayo 2021. *Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects*. Taller de Arduino, 2.^a edition
- Nathan Clark (2020) nPLC Programming Using RS Logix 5000: Understanding Ladder Logic and the Studio 5000 Platform Edition Kindle
- J. P. Holman (1999) Transferencia de calor Publicada por: McGRAW HILL BOOK COMPANY, INC. O McGraw Hill Book Company, Inc.
- Kane, J., Smith, R., & Liu, H. (2024). Optimization of cooling for photovoltaic cells using Peltier modules and Arduino control. *IEEE Conference on Renewable Energy Technologies*.
- Springer. (2024). Enhancing photovoltaic systems with thermoelectric applications. *Journal of Renewable Energy Science*.
- IEEE Xplore. (2023). Efficiency improvement of photovoltaic cells by cooling using Peltier technology. *IEEE Journal of Photovoltaics*
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting Started with Arduino*. Maker Media, Inc.
- Borges, L. F., & Avram, M. (2017). *Renewable Energy Applications for Arduino Projects*. CRC Press.
- Kurniawan, A. (2018). *Arduino Programming: Step by Step Guide*. PE Press.
- Monk, S. (2013). *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*. McGraw-Hill Education.
- Patel, H., Kumar, R., & Singh, V. (2020). *Smart Home Automation with Arduino and IoT: Practical Applications*. Springer.
- Rouse, M. (2019). *Thermoelectric Cooling Technology for Electronic Devices*. Wiley.
- Callister, W. D. (2019). *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. Wiley.

- Rowe, D. M. (Ed.). (2006). *Thermoelectric Handbook: Macro to Nano*. CRC Press.
- Vian, J. G., & Astrain, D. (2008). "Thermoelectric Devices in Refrigeration: A Review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(5), 1325-1342.
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2007). *Introduction to Heat Transfer*. Wiley.

Síntesis de Catalizadores NiMo y CoMo Soportados en Alúmina-Sílice para la Obtención de Biodiésel

*Ramos Malpica Heidy, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Aguilar Sánchez Nelly Cristina, García Zaleta David Salvador, Galaviz Pérez Jorge Alberto, Hernández Cruz María Guadalupe**

*División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DAMJM-UJAT), Jalpa de Méndez, Tabasco, 86205, México
mguadalupe.hernandez@ujat.mx

Palabras clave:

biodiésel, transesterificación, aceite de palma

RESUMEN

En este trabajo se describe la síntesis de materiales bimetálicos de CoMo y NiMo soportados en $Al_2O_3-SiO_2$ que fueron evaluados como catalizadores en la reacción de transesterificación de aceite de palma para la obtención de biodiésel. Los catalizadores obtenidos se caracterizaron por Fisisorción de N_2 y difracción de Rayos X. Los resultados mostraron que son sólidos mesoporosos y se identificaron fases cristalinas de MoO_2 y MoO_3 en ambas muestras. Posteriormente, se evaluó su actividad catalítica en la reacción de transesterificación de aceite de palma, se determinó que CoMo y NiMo son activos para la obtención de biodiésel, mostraron rendimientos de 31 y 37%, respectivamente. Con la finalidad de mejorar el rendimiento se sometió a un proceso de activación el catalizador de mayor rendimiento (NiMo), que después de ser avaluado, se mostró un rendimiento de 72%, casi dos veces el rendimiento de los catalizadores sin activar.

Keywords:

biodiesel, transesterification, palm oil

ABSTRACT

This work describes the synthesis of bimetallic CoMo and NiMo materials supported on $Al_2O_3-SiO_2$ that were evaluated as catalysts in the transesterification reaction of palm oil to obtain biodiesel. The obtained catalysts were characterized by N_2 physisorption and X-ray diffraction. The results showed that they are mesoporous solids and crystalline phases of MoO_2 and MoO_3 were identified in both samples. Subsequently, their catalytic activity was evaluated in the palm oil transesterification reaction, it was determined that CoMo and NiMo are active for obtaining biodiesel, showing yields of 31 and 37%, respectively. To improve the yield, the catalyst with the highest yield (NiMo) was subjected to an activation process, which after being evaluated, showed a yield of 72%, almost twice the yield of the unactivated catalysts.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la escasez de petróleo ha generado una intensa búsqueda de fuentes de energía alterna para poder sustituir el crudo de petróleo. Dentro de las más importantes se encuentran la energía eólica, hidroeléctrica, solar y la energía proveniente de los biocombustibles. Específicamente el biocombustible (**Serna et al. 2011**) ha tomado relevancia debido a la baja producción de gases invernadero generados en el proceso de combustión (**Elizondo & Hernández, 2018**), ya que su composición está basada en alquilésteres provenientes de grasas animales o aceites vegetales. Un ejemplo específico es el aceite de palma africana, que se caracteriza por ser uno de los cultivos de mayor comercialización en el mundo, y es más económico que los aceites de canola, soya o de colza (**Zuleta et al 2018**). Es una materia prima que por sus propiedades y su estabilidad en el mercado comercial puede ser utilizada para la producción de biodiésel, combustible que puede ser usado total o parcialmente para reemplazar el combustible diésel de los motores de combustión interna sin requerir la modificación de estos. Este proceso se puede llevar a cabo con el uso de catalizadores homogéneos o heterogéneos, ambos presentan ventajas y desventajas (**Cabello et al, 2017**). Sin embargo, aunque los catalizadores homogéneos son económicos y dan altos porcentajes de rendimiento, los procesos de catálisis heterogénea son un método alternativo de producción de biodiésel que consiste en utilizar catalizadores sólidos para la reacción de transesterificación, superando así las desventajas de usar catalizadores líquidos y facilitar la etapa de purificación de ambos productos (**Fontalvo et al. 2021**). Asimismo, los catalizadores heterogéneos se pueden regenerar fácilmente porque no se consumen ni se disuelven en la reacción, se pueden reutilizar al separarse fácilmente de los productos y son amigables con el ambiente. Además, no forman jabón por neutralización de ácidos grasos libres o saponificación de triglicéridos y en general simplifican el manejo de los productos de la reacción (lavado, separación y purificación) (**Gupta et al. 2023**). Hay reportes del uso de catalizadores heterogéneos, tales como hidrotalcitas, carbonato de calcio (**Zhang et al. 2021**), óxidos de estaño, magnesio, zinc, y TiO₂, entre otros (**Wen et al. 2010**). Sin

embargo, los catalizadores soportados han atraído la atención, ya que muestran buenos rendimientos y se puede modificar el soporte y fases activas (**Lazdovica et al. 2023**). En ese sentido, el presente trabajo describe la síntesis de catalizadores NiMo y CoMo soportados en Al₂O₃-SiO₂ para la obtención de biodiesel a partir de aceite de palma.

DESARROLLO

Síntesis del soporte (Al₂O₃-SiO₂)

Se sintetizó el óxido mixto Al₂O₃-SiO₂ con contenido de 50% mol de SiO₂ a partir de isopropóxido de aluminio C₉H₂₁O₃Al (Aldrich, 98% de pureza) y tetraetilortosilicato C₈H₂₀O₄Si (Aldrich, 98% de pureza) disueltos en alcohol isopropílico (99.5%) por el método sol-gel. La mezcla se sometió a reflujo a 60 °C por 4 horas, la hidrólisis se llevó a cabo con 5 mL de agua desionizada, los sólidos obtenidos se secaron a 120 °C durante 10 horas y se calcinaron a 550 °C por 4 horas.

Preparación de los catalizadores

El soporte calcinado se impregno por el método de llenado de poro con una solución que contenía los precursores de NiMo y CoMo. Los contenidos de Mo fueron de 12% p/p y 3% p/p de Ni y Co, manteniendo una relación molar (Co+Ni)/(Co+Ni+Mo) de 0.3. Los catalizadores fueron obtenidos por impregnación simultánea de heptamolibdato de amonio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄), nitrato de cobalto Co(NO₃)₂.6H₂O y nitrato de níquel Ni(NO₃)₂.6H₂O disueltos en agua desionizada. Los sólidos fueron secados a 120 °C por 12 h, y calcinados a 450 °C por 4 h.

Caracterización

Las propiedades texturales de los materiales fueron determinadas mediante el análisis de las isotermas de adsorción-desorción de N₂. En este estudio se utilizó un equipo QuantaChrome Autosorb-iQ. Los patrones de difracción (DRX) fueron registrados en un Bruker D2 Phaser utilizando una radiación Cu-K α .

Evaluación del desempeño catalítico de CoMo y NiMo soportados en Al₂O₃-SiO₂

La reacción de transesterificación se llevó a cabo en un reactor por lotes marca PARR, provisto con 5 Bares de H₂, 20 g de aceite crudo de palma (con relación molar aceite: metanol de 1:90) y 5% p/p de catalizador con respecto al contenido de aceite. La mezcla se mantuvo a una temperatura de 235 °C y presión de 30 Bar durante 2 horas. El producto obtenido se purificó y se cuantificó su rendimiento, el análisis cualitativo del biodiesel se obtuvo por cromatografía de gases en un equipo marca Thermo Scientific, modelo Trace 1310.

Sulfuración de los catalizadores

Se seleccionó el catalizador que presentó mayor actividad catalítica en su estado óxido durante la reacción de transesterificación. La activación de este se llevó a cabo utilizando una solución de disulfuro de carbono al 2% (CS₂) empleando n-heptano como solvente. Para ello, se utilizó el reactor por lotes marca PARR 4848; las condiciones de activación fueron 350 °C y 35 bar, durante dos horas. Posteriormente, se repitió la reacción de transesterificación catalizada con NiMoS/Al₂O₃-SiO₂ a las mismas condiciones que fueron evaluados los catalizadores en fase óxido.

RESULTADOS

Fisisorción de N₂

La Figura 1 muestra las isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno del soporte (Al₂O₃-SiO₂) y los materiales impregnados CoMo y NiMo. Como se aprecia, las isotermas son muy similares entre sí, y se asocian a isotermas del tipo IV que, de acuerdo con la clasificación de isotermas de la IUPAC, corresponden a materiales mesoporosos (Xu et al. 2019). En la sección a una presión relativa de 0.5 a 0.95 se forma el ciclo de histéresis, el cual es del tipo H2, característico de materiales porosos.

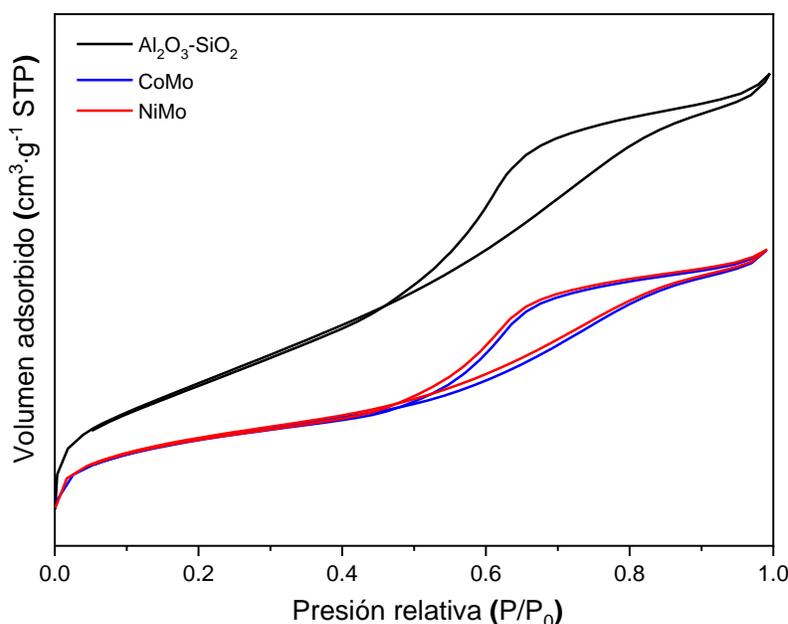


Figura 1. Isotermas de adsorción-desorción de N₂ del soporte y los catalizadores

En la Tabla 1 se proporcionan las propiedades texturales del soporte y los catalizadores. El soporte mixto Al₂O₃-SiO₂ presenta un diámetro de poro promedio BJH relativamente pequeño de 4.0 nm y una alta área superficial específica BET de 403.66 m²g⁻¹. Por otra parte, para los catalizadores CoMo y NiMo los diámetros de poro aumentaron a valores que oscilan entre 4.60 y 4.67 nm y su área superficial específica disminuyó a valores entre 292.85 y 291.64 m²g⁻¹, valores que no varían mucho entre sí. Esto puede indicar que la naturaleza del promotor no influye en las propiedades texturales del soporte como ha sido descrito en la literatura (**Medina et al. 2020**).

Tabla 1. Área superficial, volumen de poros y distribución del tamaño de poros del soporte y los catalizadores

Muestra	Área superficial específica BET (m ² .g ⁻¹)	Volumen de poros (cm ³ .g ⁻¹)	Diámetro de poros (cm ³ .g ⁻¹)
Al ₂ O ₃ -SiO ₂	403.66	0.53	4.00
CoMo	292.85	0.34	4.60
NiMo	291.64	0.33	4.67

Difracción de Rayos X

El soporte y los catalizadores preparados se analizaron por difracción de rayos X, en la Figura 2 se muestran los patrones de difracción. La Figura 1a corresponde al soporte Al₂O₃-SiO₂, que es amorfo por la naturaleza del SiO₂, mostrando una banda ancha entre 20° y 25° en 2θ (Leyva et al. 2008).

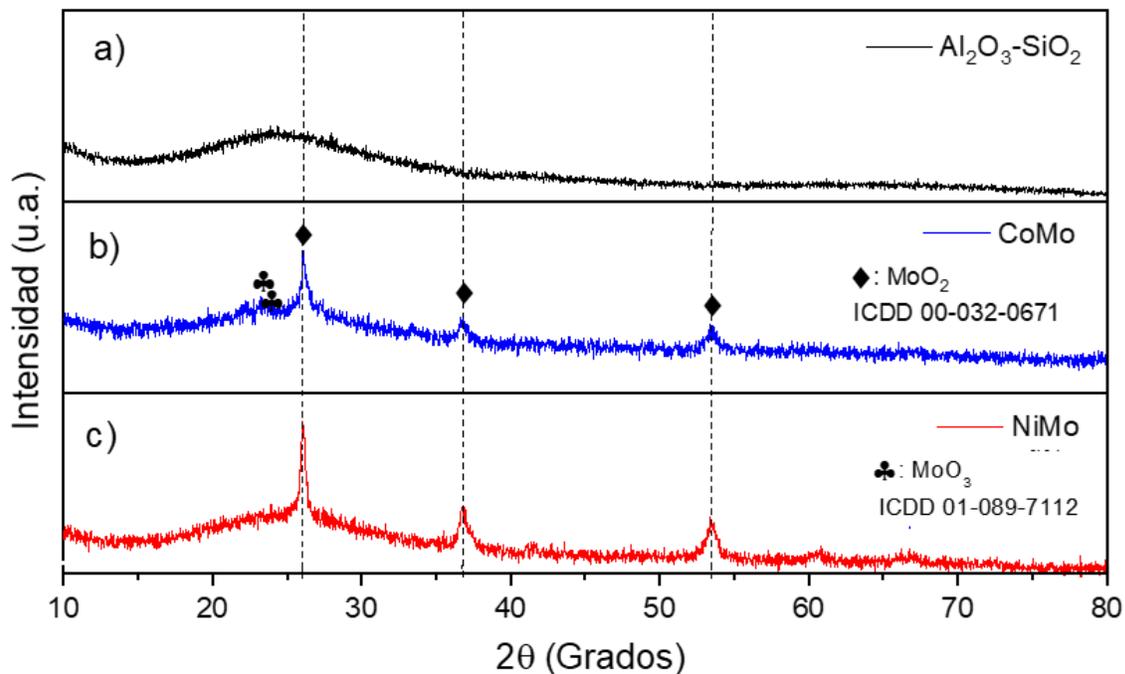


Figura 2. Difractogramas del soporte a) Al₂O₃-SiO₂, y catalizadores b) CoMo, y c) NiMo.

Para los patrones de difracción de los catalizadores CoMo y NiMo se observan reflexiones en 26.05°, 26.83° 33.26° y 53.43° en 2θ, Figura 2b y c, asociados a la

fase MoO_2 de acuerdo con la carta cristalográfica ICDD 00-032-0671. También se encontraron reflexiones en el catalizador CoMo en 23.26° , 25.52° , 27.22° y las cuales se asociaron a la fase MoO_3 de acuerdo con la carta cristalográfica ICDD 01-089-7112 (Lai et al. 2013). No se logró encontrar fases pertenecientes a las especies de Ni y Co, esto puede deberse a dos supuestos, el primero es que las partículas de estas especies están bien dispersas en la superficie del soporte, y el segundo es que el tamaño de las partículas de estos metales es inferior al límite de detención de la técnica.

Evaluación Catalítica: Transesterificación de aceite de palma con los catalizadores CoMo y NiMo

Se evaluó el desempeño catalítico de los materiales preparados para la reacción de transesterificación de aceite de palma crudo. Se usó una relación molar aceite: metanol de 1:90) y 5% p/p de catalizador con respecto al contenido de aceite.

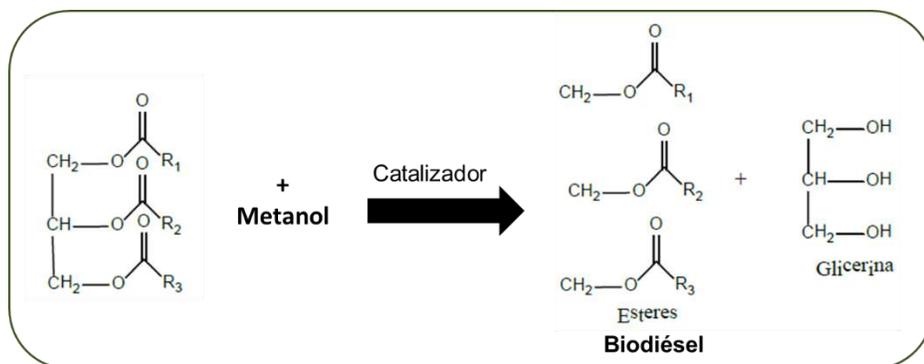


Figura 3. Esquema de la reacción de transesterificación de aceite de palma en presencia del catalizador

Después de analizar los resultados, se encontró que ambos catalizadores CoMo y NiMo soportados en Alúmina-Sílice son activos para la obtención de biodiésel, presentando rendimientos de 31 y 37 %, respectivamente. Estos resultados son consistentes con trabajos reportados previamente (Vicente et al. 2024). Por lo que, con el objetivo de mejorar el rendimiento se procedió a someter el catalizador que

mostró mejor rendimiento (NiMo) a un proceso de activación, que consistió en reducir el catalizador a través de sulfuración con CS₂. De esta forma, se propició la formación de fases sulfuradas de Mo generando sitios activos para la mejora del proceso catalítico. El catalizador sulfurado NiMoS fue evaluado en la reacción de transesterificación de aceite de palma bajo las mismas condiciones usadas con los catalizadores sin sulfurar, se encontró que el rendimiento aumenta casi al doble (72%). Este hecho es una clara evidencia de que los catalizadores bajo las condiciones de reacción adecuadas son eficientes para la obtención de biodiésel a partir de aceite de palma. Finalmente, se analizó la composición del biocombustible y se determinó que los componentes principales son palmitato de metilo, metilelaidato, oleato de metilo y linolealaidato de metilo, metilésteres característicos de biodiesel derivado de aceite de palma a partir de un proceso de transesterificación, tal como ha sido descrito en la literatura (**Mazlan et al. 2020**)

CONCLUSIONES

Se obtuvieron tres catalizadores activos para la reacción de transesterificación de aceite de palma crudo. Se determinó que la sulfuración de los catalizadores puede mejorar el rendimiento, tal como se observó con el catalizador NiMo sulfurado que aumento el rendimiento hasta 72%, el doble del valor obtenido los catalizadores sin sulfurar. Por lo que resulta viable el uso de catalizadores NiMo y CoMo soportados en Al₂O₃-SiO₂ en el proceso de transesterificación de aceite de palma para la obtención de biodiésel.

REFERENCIAS

- Cabello, C., Rincón, S. & Zepeda, A. (2018). Catalizadores heterogéneos utilizados para la obtención de biodiesel. *Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry*, 74(588), 51-59. Recuperado en 13 junio 2024 de <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/320756>.
- Elizondo, A. & Hernández, T. (2018). Regulación de las emisiones de CO₂ para vehículos ligeros en México. *Gestión y política pública*, 27(2), 571-594. Recuperado en 14 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792018000200571&lng=es&tlng=es.

- Fontalvo-Gómez, M., Madrid De la Rosa, J., Mendoza-Meza, D. Producción de biodiésel a partir del aceite extraído de almendra del corozo *Bactris guineensis* asistida mediante ultrasonido de sonda directa. *Tecnura*, 2021. 25(69): 51-75.
- Gupta, V., Singh, K. P. (2023). The impact of heterogeneous catalyst on biodiesel production; a review, *Materials Today: Proceedings*. 78, 3, 364-371. ISSN 2214-7853. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.175>.
- Lai, W. Pang, L. Zheng, J. Li, J. Wu, Z. Yi, X. Fang, W. Jia, L. (2013). Efficient one pot synthesis of mesoporous NiMo–Al₂O₃ catalysts for dibenzothiophene hydrodesulfurization, *Fuel Processing Technology*. 110. 8-16. ISSN
- Lazdovica, K., Kampars, V., Gaile, A. (2023). Biodiesel production through the transesterification of rapeseed oil over CaO-MgO/SBA-15 catalysts. *AIChE Journal*. <https://doi.org/10.1002/ep.14273>
- Leyva, C., Rana, M. S., Ancheyta, J. (2008). Surface characterization of Al₂O₃–SiO₂ supported NiMo catalysts: An effect of support composition. *Catal Today*. 130, 2–4, 345–353. doi: 10.1016/J.CATTOD.2007.10.113.
- Mazlan, W A Lestari, A Istiqomah, D Krisdiyanto, E Pramono, A W Afrianto. (2020) *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 858 012015. doi:10.1088/1757-899X/858/1/012015
- Medina Cervantes, J. A. (2020) CoNiMo/Al₂O₃ sulfide catalysts for dibenzothiophene hydrodesulfurization: Effect of the addition of small amounts of nickel. *Microporous and Mesoporous Materials*. 309. 110574. doi: 10.1016/j.micromeso.2020.110574
- Serna, F., Barrera, L. & Montiel, H. (2011). Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(1), 100-114. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242011000100009>
- Vicente Jiménez Yesenia, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Del Ángel Meráz Ebelia, Encarnación Gómez Cecilia, García Zaleta David Salvador, Aguilar Sánchez Nelly C., María Guadalupe Hernández Cruz. (2024) Obtención de Biodiésel a Partir de Aceite de Palma Crudo con Catalizadores de Ni/SBA-16. 3, 2. <https://itpanuco1.com/emprendeciencia/>
- Wen, Z., Yu X, Tu S-T, Yan J, Dahlquist E. (2010). Biodiesel production from waste cooking oil catalyzed by TiO₂–MgO mixed oxides. *Bioresour Technol*. 101(24): 9570-9576. doi:10.1016/j.biortech.2010.07.066
- Xu, Y. A comparison of Al₂O₃ and SiO₂ supported Ni-based catalysts in their performance for the dry reforming of methane. *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, vol. 47, no. 2, pp. 199–208, Feb. 2019, doi: 10.1016/S1872-5813(19)30010-6.
- Zhang, Y., Niu S, Han K, Li Y, Lu C. (2021). Synthesis of the SrO–CaO–Al₂O₃ trimetallic oxide catalyst for transesterification to produce biodiesel. *Renew Energy*. 168: 981-990. doi:10.1016/j.renene.2020.12.132
- Zuleta, C., Bonet, J., Díaz, L & Bastidas, M. (2008). Optimización del proceso de obtención de biodiesel a partir de aceite de palma y etanol, mediante el método de superficie de respuesta. *PROSPECTIVA*, 6(1), 75-80. Recuperado en 13 de junio de 2024 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250973013>

Efecto de la Adición de Re en la Actividad de Catalizadores de Pt-Ir/ Al_2O_3 - SiO_2 para la Hidrodesulfuración de DBT

Ceballos Ramón Andriy, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Olmos López José Armando, Galaviz Pérez Jorge Alberto, García Zaleta David Salvador, Hernández Cruz María Guadalupe*

División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DAMJM-UJAT), Jalpa de Méndez, Tabasco, 86205, México

*mguadalupe.hernandez@ujat.mx

Palabras clave:
Catalizadores,
hidrodesulfuración,
Renio

RESUMEN

Se prepararon materiales basados en metales como Pt, Ir, y Re, soportados en el óxido mesoporoso Al_2O_3 - SiO_2 . El soporte se sintetizó por el método sol-gel y la incorporación de las fases metálicas fue por el método de impregnación por llenado de poro. Los polvos obtenidos se caracterizaron por difracción de Rayos X y espectroscopia Raman. Los resultados de difracción de los materiales muestran el carácter amorfo del soporte y la presencia de las especies metálicas de Pt. Después de evaluar el desempeño de los catalizadores en la reacción de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno, se determinó que todos los catalizadores son activos y que la adición de Re al catalizador bimetalico Pt-Ir/ Al_2O_3 - SiO_2 no mejora la eficiencia para la remoción de azufre, y es selectivo hacia la vía de reacción de hidrogenación.

Keywords:
Catalysts,
hydrodesulfurization,
Rhenium

ABSTRACT

Materials based on metals such as Pt, Ir, and Re, supported on the mesoporous oxide Al_2O_3 - SiO_2 , were prepared. The support was synthesized by the sol-gel method and the incorporation of the metal phases was by the pore-filling impregnation method. The obtained powders were characterized by X-ray diffraction and Raman spectroscopy. The diffraction results of the materials show the amorphous character of the support and the presence of the metallic Pt species. After evaluating the performance of the catalysts in the hydrodesulfurization reaction of dibenzothiophene, it was determined that all the catalysts are active and that the addition of Re to the bimetallic Pt-Ir/ Al_2O_3 - SiO_2 catalyst does not improve the efficiency for sulfur removal and is selective towards the hydrogenation reaction pathway.

INTRODUCCIÓN

La hidrodesulfuración (HDS) es un proceso catalítico en la industria de la refinación del petróleo para la eliminación de azufre (S), uno de los compuestos azufrados más difíciles de remover es el dibenzotiofeno (DBT) (**Schuman et al. 1971**). Este proceso requiere del uso de un catalizador para lograr la remoción de azufre. La reacción puede ocurrir a través de dos vías diferentes: por hidrodesulfuración directa (DDS) e hidrogenación (HYD) (**Startsev et al. 1995**). Los catalizadores para HDS tienen tres componentes importantes, la fase activa, el soporte y el promotor, que actúan sinérgicamente para producir la reacción y, por tanto, generar actividad catalítica. Los catalizadores comúnmente utilizados a nivel comercial son del tipo Co-Mo o Ni-Mo soportados en alúmina (**Vasudevan et al. 1996**) estas entidades son capaces de llevar a cabo el rompimiento del enlace C-S a través de la hidrogenación de los enlaces, dando como resultado hidrocarburos desulfurados y ácido sulfhídrico (H₂S) como subproducto (**Zepeda et al. 2008**). Sin embargo, en la actualidad no se ha encontrado un catalizador que elimine el azufre totalmente y alcance a cumplir las regulaciones ambientales de calidad de la gasolina y diésel, que cada vez son más estrictas y establecen que el límite permisible de azufre en el combustible diésel debe estar por debajo de 10 ppm. Es por esto, que el desarrollo de catalizadores para HDS con propiedades mejoradas es inminente. En la literatura se puede encontrar una gran variedad de catalizadores basados en fases activas como Mo y o W que tienen buena actividad para HDS (**Castillo-Villalón et al. 2022**). Sin embargo, se ha confirmado la alta actividad de metales como Re, Rh, Pd, Pt y Ru (**Kanda et al. 2022**), por sus excelentes propiedades catalíticas para la hidrogenación de aromáticos, proceso que se requiere en las reacciones de HDS (**Dragana et al. 2021**). En el mismo sentido se ha investigado el uso de diferentes soportes, tales como la alúmina, que es utilizada convencionalmente, y las sílices como la HMS (Hexagonal Mesoporous Silica), SBA (Santa Barbara Amorphous), MCM-41 (Mobil Composition of Matter No. 41), y CMK (Carbon mesoporous Molecular Sieve) (**Bo et al. 2022**), por mencionar sólo algunos de los sólidos

porosos que se conoce que promueven una mayor actividad catalítica para procesos como la HDS (Jin Lin et al. 2022).

Con base en lo anterior, el presente estudio describe la preparación de catalizadores con fases activas de Pt, Ir y Re soportadas en el óxido mixto de alúmina-sílice, con el propósito de evaluar sus capacidades como catalizadores en la reacción de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno.

DESARROLLO

Síntesis del soporte ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$)

Se sintetizó el óxido mixto $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ con contenido de 50% mol de SiO_2 a partir de isopropóxido de aluminio $\text{C}_9\text{H}_{21}\text{O}_3\text{Al}$ (Aldrich, 98% de pureza) y tetraetilortosilicato $\text{C}_8\text{H}_{20}\text{O}_4\text{Si}$ (Aldrich, 98% de pureza) disueltos en alcohol isopropílico (99.5%) por el método sol-gel. La mezcla se sometió a reflujo a 60 °C por 4 horas, la hidrólisis se llevó a cabo con 5 mL de agua desionizada, los sólidos obtenidos se secaron a 120 °C durante 10 horas y se calcinaron a 550 °C por 4 horas.

Preparación de los catalizadores

Por el método de impregnación por llenado de poro, se impregno el soporte con una solución acuosa de ácido hexaloroplatínico hexahidratado $\text{H}_2\text{PtCl}_6\cdot\text{H}_2\text{O}$ (Aldrich, 99.9% de pureza), perrenato de amonio NH_4ReO_4 (Aldrich, 99% de pureza) y cloruro de iridio hidratado $\text{IrCl}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ (Aldrich, Gdo. Reactivo) con contenidos de Pt, Ir y Re de 0.3 % p/p. Los sólidos impregnados se dejaron reposar 24 horas a temperatura ambiente y después se secaron a 120 °C por 12 horas. Finalmente, se calcinaron a 450 °C durante 4 horas.

Caracterización

Fisorción de N_2 en un equipo de la marca Micrometrics, Tristar II. Difracción de rayos X, Bruker Z sizer 2da. Generación, equipado con cátodo de cobre $\text{CuK}\alpha$ en

un rango de 2θ de 10 a 90°. Raman de los catalizadores se obtuvieron en un equipo PERKIN ELMER modelo SPECTRUM GX.

Sulfuración de los catalizadores

Los catalizadores fueron presulfurados con una disolución de CS₂/heptano (con 2% p/p de S) por 3 horas a una temperatura de 250 °C y una presión de 500 psi en un reactor por lotes tipo Parr. Posteriormente, las muestras se llevaron a temperatura ambiente bajo atmosfera de N₂. Los catalizadores activados se evaluaron en la reacción modelo de hidrodesulfuración de DBT.

Reacción de HDS de DBT

La evaluación catalítica en la reacción de HDS de DBT, se llevó a cabo en un reactor por lotes tipo Parr (modelo 4848). Una disolución de 100 ml de heptano con 500 ppm de azufre y 0.2 g de catalizador se sometió a temperatura y presión constante (500 psi de presión de hidrógeno y 250 °C), la velocidad de agitación mecánica fue de 700 rpm. El tiempo de reacción fue de seis horas y se tomaron muestras de la mezcla cada hora, para posteriormente ser analizadas en un cromatógrafo de gases de marca Agilent, equipado con detector de ionización de flama (FID) y columna capilar TR-5 de polisiloxano de 30 m de longitud.

RESULTADOS

Fisisorción de N₂ de Al₂O₃-SiO₂

El soporte fue analizado por fisisorción de nitrógeno con el propósito de conocer sus propiedades texturales, tales como área superficial, y diámetro de poro. Se encontró que presenta un diámetro de poro promedio BJH relativamente pequeño de 3.97 nm y una alta área superficial específica BET de 488.66 m²g⁻¹.

Difracción de Rayos X

En la Figura 1 se muestran los patrones de difracción para los materiales sintetizados en este trabajo. La Figura 1(a) corresponde al difractograma para el

soporte $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (Al-Si), el cual es de carácter amorfo (Leyva et al. 2008). En general todos los patrones de difracción conservan la naturaleza amorfa del SiO_2 , como se observa en la banda ancha entre 20° y 25° en 2θ .

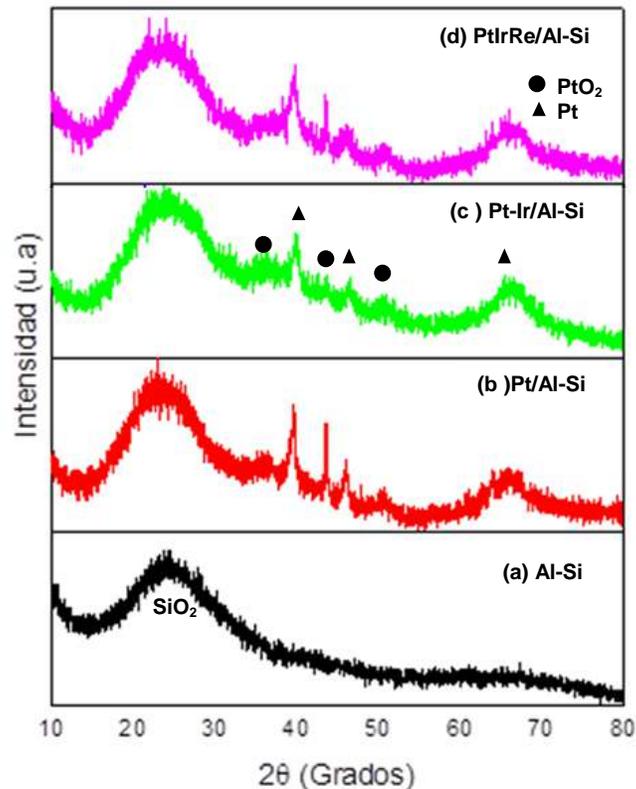


Figura 1: Difractogramas de los catalizadores de Pt, Pt-Ir y PtIrRe

Los patrones de difracción de Pt, PtIr, y PtIrRe son muy similares, muestran picos característicos de la fase metálica de Pt (JCPDS 04-0802) y PtO_2 (JCPDS 23-1306), no se observaron reflexiones correspondientes a Ir y Re, pero se puede ver que la incorporación de dichas especies disminuye la intensidad de los picos, hecho que pudiese implicar la buena dispersión de las especies como ha sido descrito en la literatura (Wang et al, 2015)

Espectroscopia Raman

Los espectros Raman de los catalizadores se muestran en la Figura 2, en todos los casos se observan sólo contribuciones de SiO_2 y de PtO_2 . De acuerdo con la literatura las bandas características de los óxidos de platino aparecen en un rango de 500 y 610 cm^{-1} , así como las de SiO_2 entre 450 y 1100 cm^{-1} (Wenyong et. Al, 2008). No fue posible identificar bandas correspondientes a las especies de Ir y Re.

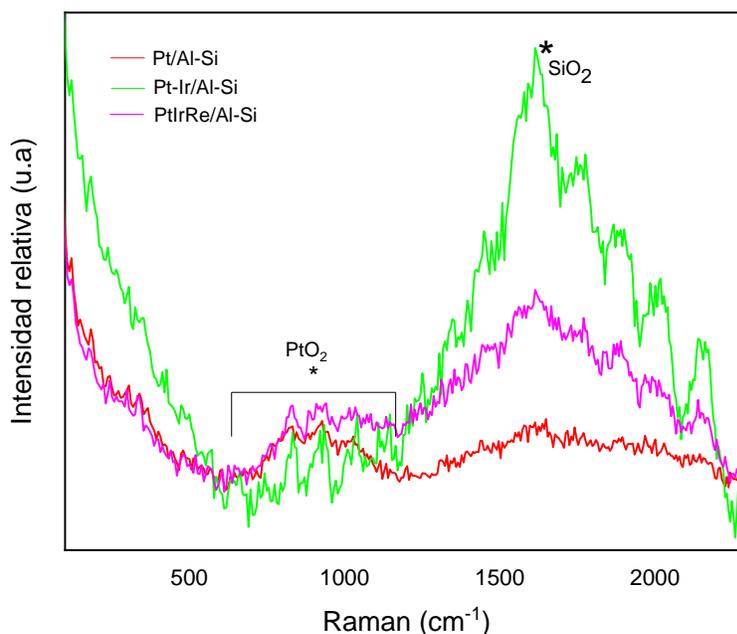


Figura 2: Espectros Raman de los catalizadores

Evaluación Catalítica

El desempeño catalítico de los catalizadores Pt, Pt-Ir, y PtIrRe soportados en $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ fue evaluado mediante la reacción de hidrodesulfuración, usando dibenzotiofeno como molécula modelo. En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de conversión del DBT, en donde se puede ver que los catalizadores de Pt y Pt-Ir, tuvieron un porcentaje de conversión de DBT mayor (67% y 73%, respectivamente) que el catalizador PtIrRe, que resultó con menor conversión de DBT (52%).

Las velocidades de reacción instantáneas, las selectividades y la relación HID/DSD se reportan en la Tabla 1, donde al igual que ocurrió con la conversión de DBT, el catalizador Pt-Ir presentó la mayor actividad catalítica con una velocidad de $10.4 \times 10^{-8} \text{ molDBT} \cdot \text{gcat}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, seguido por el catalizador de Pt con $8.7 \times 10^{-8} \text{ molDBT} \cdot \text{gcat}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ y PtIrRe con $5.8 \times 10^{-8} \text{ molDBT} \cdot \text{gcat}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Remarcando así que la adición de Re no aumentó la actividad catalítica del catalizador bimetálico Pt-Ir, reflejado tanto en las velocidades de reacción instantáneas como en la conversión de DBT. Este hecho podría estar ligado a la baja interacción de Re con Pt e Ir para formar sitios activos, aunque se conoce que catalizadores de Pt-Ir y Pt-Re soportados en alúmina cuentan con fuertes capacidades hidrolíticas (Boutzeloit et. Al, 2006), para este proceso la presencia de Renio no mejoro el desempeño catalítico.

Tabla 1: Velocidades de reacción instantánea, selectividad y HID/DSD de los catalizadores

Catalizadores	$-\Gamma_0 \times 10^{-8} \text{ molDBT} \cdot \text{g}^{-1} \text{Cat} \cdot \text{s}^{-1}$	Conversión DBT(%)	Selectividad (%)		HID/DSD
			HID	DSD	
Pt/Al ₂ O ₃ -SiO ₂	8.7	67	0.90	0.10	9
Pt-Ir/Al ₂ O ₃ -SiO ₂	10.4	73	0.96	0.04	24
Pt-Ir-Re/Al ₂ O ₃ -SiO ₂	5.8	52	0.94	0.06	15.7

* Contenidos de Pt, Ir y Re de 0.3% p/p

Selectividad de los Catalizadores

La reacción de HDS del DBT, según las propiedades del catalizador, puede proceder por dos rutas de reacción diferentes: A) la desulfuración directa (DDS) donde se consume poco H₂ y se produce bifenilo (BF) como producto principal; y B) la hidrogenación (HYD) donde el consumo de H₂ es mayor y se obtienen distintos productos hidrogenados. Entre ellos el tetrahidrodibenzotiofeno (THDBT), ciclohexilbenceno (CHB) y biciclohexano (BCH) como se muestra en el esquema de la Figura 3.

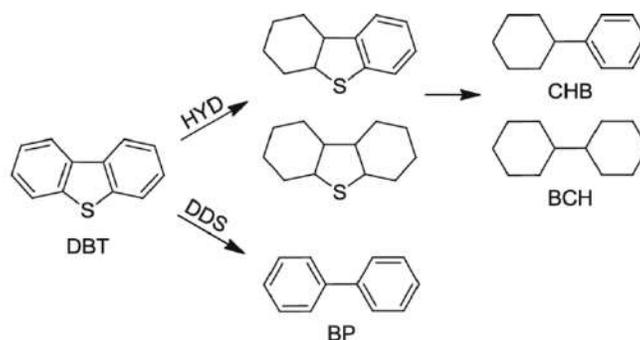


Figura 3: Rutas de reacción de HDS de DBT

Los productos mayoritarios detectados durante la reacción de HDS de DBT fueron ciclohexilbenceno (CHB) y biciclohexil (BCH). Por lo que todos los catalizadores mostraron una clara preferencia hacia la ruta de hidrogenación, con un porcentaje hacia esta ruta superior al 90%. De acuerdo con la literatura, los catalizadores basados en fases activas de Pt, Ir y Re (**Sepulveda et al. 2011**) tienden a favorecer la ruta de la hidrogenación, sin embargo, existen muchos otros factores que tiene un impacto en la selectividad (**Díaz de León et al. 2019**).

CONCLUSIONES

Se sintetizaron tres catalizadores con fases metálicas de Pt, Ir y Re, todos facilitan la eliminación de azufre del DBT y son selectivos hacia la ruta de hidrogenación de los anillos aromáticos del DBT. Sin embargo, la incorporación de Renio al catalizador Pt-Ir no mejoró su actividad catalítica como se esperaba, hecho que puede ser atribuido a la baja concentración utilizada o al método de activación.

REFERENCIAS

- Bo, W.; Zhentao, C.; Tao, J.; Jiahuan, Y.; Haoxuan, Y.; Aijun, D.; Chunming, X., Comparison of the intraparticle diffusion of DBT and 4,6-DMDBT in HDS over different mesostructured silica-based catalysts. *Fuel*. (2022). 324, 124516.
- Boutzeloit M., Benitez V. M., Mazzieri V. A., Especel C., Epron F., Vera C.R., Pieck C. L., Marecot. P. (2006). Effect of the method of addition of Ge on the catalytic properties of Pt–Re/Al₂O₃ and Pt–Ir/Al₂O₃ naphtha reforming catalysts. doi:10.1016/j.catcom.2006.01.029

- Castillo-Villalón P., Ramírez J., Reyes-Sosa A., Gutiérrez-Alejandre A., Leyva-Ramírez E., Cuevas R., Toledo-Durán A. On the contribution of the cobalt sulfide phase to the global activity of industrial-type CoMo/Al₂O₃ catalysts in the HDS of DBT. *Catalysis Today*. (2022) 394-396, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2021.11.001>
- Díaz de León, J. N., Kumar, C. R., Antúnez-García, J., Fuentes-Moyado, S. "Recent Insights in Transition Metal Sulfide Hydrodesulfurization Catalysts for the Production of Ultra Low Sulfur Diesel: A Short Review," *Catalysts*. (2019) 9, 87, vol. 9, 87. doi: 10.3390/CATAL9010087
- Dragana, P.-V., Sandra, B. G., Jugoslav, B. K., Aleksandar, M. O. Aerogel Re/Pd-TiO₂/SiO₂ and Co/Mo-Al₂O₃/SiO₂ catalysts for hydrodesulphurisation of dibenzothiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene. *Catalysis Today*. (2021) 378, 10-23
- Jin-Lin, M., Yu, S., Cheng-Kun, X., Ao-Cheng, W., Ai-Jun, D., Xi-Long, W. Hierarchically porous Beta/SBA-16 with different silica-alumina ratios and the hydrodesulfurization performances of DBT and 4,6-DMDBT. *Petroleum Science*. (2022) 19 (1), 375-386.
- Kanda, Y., Saito, R., Ono, T., Kon, K., Toyao, T., Furukawa, S., ... Shimizu, K. ichi. (2022). Enhancement of the hydrodesulfurization and C-S bond cleavage activities of rhodium phosphide catalysts by platinum addition. *Journal of Catalysis*, 408, 294-302. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2022.03.001>
- Leyva, C., Rana, M. S., Ancheyta, J. "Surface characterization of Al₂O₃-SiO₂ supported NiMo catalysts: An effect of support composition," *Catal Today*. (2008). 130, 2-4, 345-353. doi: 10.1016/J.CATTOD.2007.10.113.
- Sepulveda, C., Bellière, V., Laurenti, D., Escalona, N., García, R., Geantet, C., Vrinat, M. Supported rhenium sulfide catalysts in thiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene hydrodesulfurization: Effect of acidity of the support over activities. *Applied Catalysis A: General*. (2011). 393 (1), 288-293.
- Startsev, A. N. (1995). The Mechanism of HDS Catalysis. *Catalysis Reviews*, 37(3), 353-423. <https://doi.org/10.1080/01614949508006446>
- Schuman, S. C., & Shalit, H. (1971). HYDRODESULFURIZATION. *Catalysis Reviews*, 4(1), 245-318. <https://doi.org/10.1080/01614947108075491>
- Vasudevan, P. T., & Fierro, J. L. G. (1996). A Review of Deep Hydrodesulfurization Catalysis. *Catalysis Reviews*, 38(2), 161-188. <https://doi.org/10.1080/01614949608006457>
- Wang L., Qi H., Songzhi H., Daocai L., Ping Z., Songzhe C., Jingming X., Baijun L. (2015). Influence of Ir content on the activity of Pt-Ir/C catalysts for hydrogeniodide decomposition in iodine-sulfur cycle. From <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.09.018>
- Wenyong L., Herzing A. A., Kiely C. J., Wachs I. E. (2008). Probing Metal-Support Interactions under Oxidizing and Reducing Conditions: In Situ Raman and Infrared Spectroscopic and Scanning Transmission Electron Microscopic-X-ray Energy-Dispersive Spectroscopic Investigation of Supported Platinum Catalyst. doi: 10.1021/jp710591m
- Zepeda, T. A., Pawelec, B., Fierro, J. L. G., Olivás, A., Fuentes, S., Halachev, T. Effect of Al and Ti content in HMS material on the catalytic activity of NiMo and CoMo hydrotreating catalysts in the HDS of DBT. *Microporous and Mesoporous Materials* (2008), 111 (1), 157-170.

Revisión Teórica Del Tecnoestrés En Los Estudiantes Universitarios En Periodo Pandémico

Salas-Rubio María Inés ^{1}, Hinojosa López Jessica Ivonne ²,
salasr@docentes.uat.edu.mx*

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas / ² Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Palabras clave: *Uso, TIC, tecnoestrés, COVID-19, estudiantes.*

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo analizar la relación del uso de las TIC y el tecnoestrés en jóvenes estudiantes universitarios. Para lograrlo, se ha realizado una revisión de la literatura sobre los conceptos de estrés, estrés académico, uso de TIC y tecnoestrés, posteriormente se exponen las conclusiones donde se afirma la relación positiva entre el uso de TIC y el tecnoestrés en los estudiantes, por último, se emiten algunas recomendaciones a las autoridades educativas y al alumnado, así como las futuras líneas de investigación.

Keywords: *Use, ICT, technostress, COVID-19, students.*

ABSTRACT

Esta investigación tiene como objetivo analizar la relación del uso de las TIC y el tecnoestrés en jóvenes estudiantes universitarios. Para lograrlo, se ha realizado una revisión de la literatura sobre los conceptos de estrés, estrés académico, uso de TIC y tecnoestrés, posteriormente se exponen las conclusiones donde se afirma la relación positiva entre el uso de TIC y el tecnoestrés en los estudiantes, por último, se emiten algunas recomendaciones a las autoridades educativas y al alumnado, así como las futuras líneas de investigación.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) son parte fundamental en la eficiencia de múltiples actividades modificando el estilo de vida de las personas en todos los ámbitos como son el personal, de trabajo y escolares, estas tecnologías tienen alta relevancia en la automatización de actividades académicas y en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje para el autoservicio del alumno (Upadhyaya y Vrinda, 2021).

En palabras de Qi (2019) las TIC tienen dos caras, por una parte permiten mejorar el desempeño escolar del estudiante y, por otra parte, es un factor que tiene sus riesgos y puede desencadenar el estrés (Águila et al., 2015; López et al., 2020), en situaciones de no conectividad o en presencia de una adicción al uso de éstas (Sánchez-Macías et al., 2021). En este sentido, Estrada-Muñoz et al. (2021) opinan que las exigencias y los compromisos en el ámbito educativo influyen de manera importante en el estrés y agotamiento de docentes y alumnos, mayormente si es en zonas urbanas. Por su parte Condoyque-Méndez et al., (2016) abonan a este tema afirmando que el estrés está presente en la vida académica del estudiante afectándolo en su desempeño.

Es importante destacar dos cosas que son de relevancia e impulsan esta investigación, en primer término, la relación negativa existente entre el quehacer en la vida académica del estudiante y el tecnoestrés, y en segundo término, el hecho de que el tema ha sido mayormente estudiado desde la perspectiva del docente en comparación con la del estudiante. Una revisión de la literatura en la *web of science* (WOS) muestra 446 textos con el término *technostress*, donde se aprecia un aumento considerable de artículos publicados entre el 2020 y el 2021, muy probablemente por el periodo de pandemia. Sin embargo, al buscar con la frase *technostress students* sólo se encontraron 66, y 157 con la frase *technostress in university users*.

Por ello, el objetivo de esta investigación gira en torno a analizar la relación del uso de las TIC y el tecnoestrés en estos estudiantes universitarios durante la pandemia. Consecuentemente, la pregunta de investigación es ¿cuál es la relación del uso de las TIC y el tecnoestrés en estudiantes universitarios en periodo pandémico?

Esta investigación busca un aporte teórico al tercer objetivo de desarrollo sostenible que habla de “Garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades es esencial para el desarrollo sostenible” (ONU, 2022, p.1). Con la crisis sanitaria mundial COVID-19 la vida de todos incluyendo la de los jóvenes cambió de un día para otro; según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OMS/OIT, 2021) las muertes por accidentes cerebrovasculares asociados a la

exposición a largas jornadas de trabajo aumentaron en un 41% lo que evidencia una tendencia creciente de este factor de tipo psicosocial.

El panorama para los jóvenes no es muy distinto pues éstos pasan largas jornadas (Jaramillo et al., 2008) tomando clases en línea y frente a la computadora, provocando una sobrecarga principalmente en los niveles de estudios superiores (Águila et al., 2015; Jaramillo et al., 2008) por las diversas actividades escolares y porque la exigencia académica es mayor en comparación con los niveles educativos previos (Acuña, Castillo, et al., 2014; Álvarez-Silva et al., 2018; Espinosa et al., 2020), desencadenando, en muchos casos, estrés el cual se deriva de riesgos de tipo psicosocial (IMSS, 2022; International Labour Organization - YouTube, 2016; OIT, 2014) a los que en la actualidad están expuestas las personas en sus quehaceres laborales, así como también en los escolares (Condoyque-Méndez et al., 2016).

La investigación se presenta de la siguiente manera. En la primera sección se realiza una revisión de la literatura para identificación de los conceptos clave y para el desarrollo del marco teórico donde se plasman los antecedentes del estrés, los conceptos del estrés, estrés estudiantil y el tecnoestrés y uso de las TIC en el ámbito académico y la identificación de estudios enfocados al tema de interés. En la segunda se abordan las conclusiones y recomendaciones dirigidas a las autoridades educativas, al docente y al estudiante y en la última sección se emiten algunas futuras líneas de investigación.

MARCO TEÓRICO

Hablar del estrés es hablar de Selye (1950), considerado el padre del estrés quien llevó a cabo estudios al respecto de este fenómeno por más de 50 años y desarrolló la teoría sobre el síndrome general de adaptación (en adelante SGA por sus siglas) reconociendo al estrés como un conjunto de reacciones instantáneas y no específicas ante eventos potencialmente amenazantes para la integridad física y/o psicoemocional del individuo (Cólica, 2012), esto se puede traducir en respuestas no específicas ante demandas o exigencias del entorno por lo que el estresor no tiene una causa particular.

El estresor o causante del estrés puede ser un elemento físico, psicológico, emocional o cognitivo. Selye afirma que el estrés es adaptativo mientras no exceda el límite del individuo y no afecte negativamente al organismo (Acuña et al., 2014; Selye, 1950).

En la misma línea, la teoría transaccional del estrés y afrontamiento desarrollada por Lazarus y Folkman (1984) conceptualizan al estrés como la relación o interacción entre la persona y el entorno y lo que esto le demanda y que resulta amenazante o dañino causando estresores y una respuesta o reacción inmediata de la persona (tensión) desarrollando comportamientos de afrontamiento, asimismo, las demandas son aquellos roles que el individuo juega en la organización, en este caso serían las tareas asignadas asociadas con el uso de las tecnologías para cumplir con los compromisos escolares.

En este contexto, resulta relevante centrar la atención en aspectos psicológicos y físicos que se han asociado como precedentes del estrés (Condoyque-Méndez et al., 2016), por ejemplo, la combinación de tareas académicas y laborales (Espinosa et al., 2020), o las situaciones relacionadas con el estado mental y emocional de una persona (Barraza Macías & Macías, 2010). Para México, el tema del estrés se ha convertido en un foco rojo ya que es una de las naciones que reporta la tasa de prevalencia más alta en su población (ICE México, 2017; IMSS, 2022).

Estrés académico

Condoyque-Méndez et al. (2016) han desarrollado el concepto de estrés académico diciendo que es el padecimiento que se desata en el joven estudiante principalmente en los niveles medio y superior a causa de estresores directamente relacionados con los compromisos escolares a los que se enfrentan y tienen que cumplir. Asimismo, la definición de Águila et al. (2015) coincide diciendo que el estrés académico es un padecimiento que se presenta en estudiantes sobre todo de niveles medio y superior cuyos desencadenantes estresores son todas las tareas y actividades que tienen que realizar en su escuela.

En este tema Espinosa et al. (2020) opina que el estrés académico es desencadenado por diversos factores como los familiares, económicos o laborales, así como iniciar los estudios de nivel superior que en sí mismos son estresantes, al mismo tiempo que su permanencia en la universidad puede ir acentuando esta situación, generando un deterioro en la salud, de ahí la importancia de detectar las señales y causas de esta enfermedad.

Tecnoestrés

El término tecnoestrés tiene su origen en la década de los ochentas con los estudios de Brod (1986) y se define como un creciente desequilibrio entre las personas y las computadoras que es causado por la incapacidad de hacer frente a las TIC de una forma saludable. Mas adelante, Salaver (2003) lo conceptualiza como el desajuste entre las demandas y recursos dado que las capacidades del individuo se ven rebasadas por las exigencias de las TIC.

El tecnoestrés definido como un estado negativo del individuo que le impide utilizar la tecnología, genera consecuencias negativas en el desempeño de quien lo padece y, regularmente, aspectos demográficos como la edad u otros derivados del entorno y cantidad de trabajo son atribuidos como elementos moderadores en esta relación (Estrada-Muñoz et al., 2021). En la misma línea, las aportaciones de Tarafdar et al. (2007) indican que el estrés es derivado de las exigencias que afronta el individuo.

En este contexto el tipo de estrés mayormente conocido es la tecno ansiedad y se da cuando la persona sufre altos niveles de tensión y malestar por el uso presente o futuro de algún tipo de TIC, por otro lado, la tecno fatiga se traduce como el agotamiento por el uso de tecnologías que desencadena cansancio mental y cognitivo (Estrada-Muñoz et al., 2021).

Desde la perspectiva psicosocial se dice que el síndrome de burnout es el estado emocional negativo desencadenado por el exceso de trabajo y que lleva a la persona al cansancio excesivo (Maslach & Jackson, 1981), este estado de agotamiento es continuo y con una baja importante de energía física y emocional afectando el trabajo y las actividades personales del individuo identificando tres

dimensiones, agotamiento emocional, despersonalización y realización personal (Estrada-Muñoz et al., 2021; Mojica et al., 2020).

En la encuesta global CovidiStress resultado de una investigación científica de más de 40 países se evaluaron los niveles de estrés en 2020, México tiene un nivel de estrés medio en comparativo con otros países; dicha investigación también demostró que los jóvenes reportaron mayores niveles de estrés, especialmente aquellos que permanecieron mayores periodos en aislamiento. En lo relativo a los niveles de estrés por sexo, CovidiStress reporta que son las mujeres las más estresadas (Pérez-Gay Juárez et al., 2020)

Al mismo tiempo es de resaltar que el estrés por uso de las TIC se ha observado desde distintos contextos (Coppari et al., 2018; Estrada-Muñoz et al., 2021) en el alumnado de nivel universitario (Herrera y Alonso, 2019; Palacios Nava et al., 2017), desde el punto de vista de adicción a las TIC (Cano et al., 2012; Sánchez-Macías et al., 2021) y en el ámbito de la salud física y mental generando ansiedad, depresión, alterando patrones de sueño, uso de sustancias nocivas, entre otros padecimientos (Mendoza, 2014; Menglong y Liya, 2017; Salanova, 2003).

Uso de las TIC

El uso de las TIC ha sido medido y usado por diversos investigadores existiendo diferentes puntos de vista al respecto, autores como McFarlane et al. (2002) afirman que las tecnologías son un medio y no el fin a la hora de desarrollar las actividades escolares, son un instrumento que según el uso que se les dé serán los resultados.

El uso de las TIC tiene dos caras según los investigadores del tema, incluyendo el ámbito escolar (Qi, 2019), puede generar beneficios en los ámbitos de la comunicación, negocios, académicos y muchos otros aspectos en la vida cotidiana de todos (Carlotto y Cámara, 2010), cuando por el uso de éstas se percibe un crecimiento personal ya sea intelectual, económico o relacional se concibe como positivo (Coppari et al., 2018), sin embargo, puede tener su lado pernicioso cuando por su uso se desencadenan situaciones negativas en la salud ya sea por enfermedad o adicción, o bien, cuando existe intención de dañar o perjudicar a otros (Estrada-Muñoz et al.,

2021; Gordillo, 2012; Mojica et al., 2020), disminuyendo el rendimiento escolar y/o laboral (Espinosa et al., 2020).

También se destaca el uso de las redes sociales para desarrollar las actividades del día a día principalmente en personas jóvenes y entre más es la información que reciben por el uso de éstas desarrollan mayor nivel de estrés o ansiedad tanto en lo académico como en lo laboral (Sanz-Blas et al., 2019). Por investigaciones de Mojica et al. (2020) se ha evidenciado que hay diferencias en el uso y generación de estrés por sexo siendo las mujeres quienes salieron más altas en el valor promedio de exposición a las TIC que los hombres; por su parte Acuña et al. (2014) y Álvarez-Silva et al. (2018) demostraron que en relación al estrés con características escolares se presentó mayor grado en el sexo femenino con respecto al masculino.

Contrariamente Abelleira et al. (2021) no encontró diferencias por sexo al estudiar esta misma temática, mientras que López (2019) reportó que son los hombres quienes manifestaron mayor estrés que las mujeres. En el caso de los estudiantes que realizan actividades escolares y laborales simultáneamente autores como Arredondo-Hidalgo y Caldera-González (2022) identificaron que el tecnoestrés aumenta cuando se tiene la condición de estudiante y trabajador simultáneamente. Asimismo, Álvarez-Silva et al. (2018) reportan que la jornada laboral aunada al estudio también incide en el desarrollo del estrés en el estudiante. De manera contraria, en otro artículo se identifica que los alumnos que no trabajan tienen mayor estrés que los que si lo hacen (López, 2019).

Relación empírica entre el uso de tic y el tecnoestrés

Las investigaciones revisadas además de ofrecer la perspectiva teórica entre las variables uso de TIC y generación del tecnoestrés, también aportan la evidencia empírica en diferentes países, tanto desde la perspectiva del docente como la del estudiante, integrando en ellos algunas variables que se relacionan y afectan positivamente a que el individuo desarrolle tecnoestrés, tecnofatiga, síndrome de burnout, ansiedad o depresión.

Por lo anterior es pertinente presentar algunos de los estudios que avalan empíricamente la relación positiva entre relación del uso de las TIC y el tecnoestrés en estudiantes y docentes incluyendo el análisis de algunas otras variables que se relacionan con el tecnoestrés como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Evidencia empírica de la relación positiva entre el Uso de TIC y el Tecnoestrés

Autores	Unidad de análisis	País	Relación TIC- Tecnoestrés	Variables relacionadas	Mayores niveles de tecnoestrés por sexo
(Rodríguez-Vásquez et al., 2021)	Docentes	México	Positiva	Adicción y tecnoansiedad	Las mujeres
(Eidman et al., 2024)	Estudiantes	Argentina	Positiva	Ansiedad, fatiga, escepticismo y adicción	Las mujeres
(Araoz et al., 2021)	Estudiantes	Perú	Positiva		Las mujeres
(Galvin et al., 2022)	Estudiantes	Europa (Grecia, Italia, Reino Unido)	Positiva	Afrontamiento, ansiedad, depresión, Conflicto trabajo-hogar	No calculado
(Coppari et al., 2018)	Estudiantes	Paraguay	positiva	Relación familia-trabajo-estudio, funciones vitales y de salud	No calculado
(Qi, 2019)	Estudiantes	China	Positiva	Autoeficacia	No calculado
(Alvarez-Risco et al., 2021)		Perú	Positiva	Comunicación y sobrecarga social	No calculado
(Arredondo-Hidalgo & Caldera-González, 2022)	Estudiantes	México	Positiva	Actitud frente a las TIC y Efectos en el uso de las TIC	No calculado
(Penado Abilleira et al., 2021)	Docentes	España	Positiva	Ansiedad, fatiga, escepticismo, ineficacia	Mujeres
(Mushtaque et al., 2022)	Docentes	Pakistán		Autoeficacia, intención de uso del aprendizaje en línea	No calculado

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de la literatura

Conclusiones

La COVID-19 ha tenido un alto impacto en la vida del universitario y en los métodos de enseñanza aprendizaje, haciendo obligatorio el uso de las TIC para la impartición de las clases en línea por lo que en esta investigación se planteó el objetivo de analizar la relación del uso de las TIC y el tecnoestrés en jóvenes estudiantes universitarios, luego de realizar una revisión de la literatura sobre el tema, la conclusión de la investigación es que el uso excesivo de las TIC tiene una relación directa con la generación de tecnoestrés en los alumnos de grado superior, dicha relación se demostró de manera teórica y empírica con base en los estudios revisados.

En la literatura se ha dicho de las consecuencias negativas que genera el tecnoestrés, afectando desde la salud física, psicológica y la convivencia social, que van desde cansancio, agotamiento, problemas de sueño, depresión, entre otros. Por tanto, se recomienda a las autoridades universitarias seguir trabajando en pro de mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en línea, ofreciendo alternativas de apoyo y siendo flexibles, cuidando que el alumno realmente desarrolle y muestre avance en el proceso de aprendizaje haciendo uso adecuado de las TIC, pero también que tengan la sensibilidad de moderar la carga de trabajo hacia el alumno por estos medios, sobre todo para aquellas universidades donde la modalidades mixtas e híbridas serán permanentes.

Se invita a los docentes a que sigan superándose y capacitándose para elevar sus habilidades digitales y ser empáticos con el alumno para facilitar la vida académica del estudiante. Además, es importante recomendar en la medida de lo posible a los proveedores de internet y wifi eleven la calidad de la señal y estabilidad en los servicios y en la atención a las fallas ya que esto abonaría a disminuir el tecnoestrés de las personas que estudian y laboran pues el teletrabajo y las clases en líneas ya forman parte de la cotidianidad de las personas. La aportación de esta investigación es que existen pocos estudios observando el nivel de tecnoestrés desde la perspectiva del estudiante por lo que se invita a la comunidad científica a continuar observando este fenómeno particularmente en países latinoamericanos como México.

Algunas limitaciones del trabajo que no se abordaron otros factores causantes del tecnoestrés como pudiera ser el papel del docente en cuanto al estilo de impartir clases en línea y el dominio de las TIC para desarrollar la labor docente, estos temas y un análisis empírico quedan como futuras líneas de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abilleira, M. P., Deus, M. P. R. de, Rodicio-García, M.-L., Mosquera-González, M.-J., & Rego-Agraso, L. (2021). Tecnoestrés objetivo en estudiantes universitarios durante la pandemia por COVID-19. *Medios digitales y metodologías docentes: Mejorar la educación desde un abordaje integral, 2021, ISBN 978-84-124511-0-8, págs. 256-267, 256–267.* <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8316805>

Acuña, V. R., Castillo, M. M., Arceo, M. de los Á. C., Palma, C. del C. J., Barra, A. V., & Méndez, H. A. M. (2014). Frecuencia e Intensidad del Estrés en Estudiantes de Licenciatura en Enfermería de la DACS. *Horizonte Sanitario, 13(1), 162–169.* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845146002>

Acuña, V. R., Palma, C. del C. J., Méndez, H. A. M., Arceo, M. de los Á. C., Castillo, M. M., & Barra, A. V. (2014). Frecuencia e Intensidad del Estrés en Estudiantes de Licenciatura en Enfermería de la DACS. *Horizonte Sanitario, 13(1), Article 1.* <https://doi.org/10.19136/hs.a13n1.59>

Águila, B. A., Castillo, M. C., Guardia, R. M. de la, & Achón, Z. N. (2015). Estrés académico. *Edumecentro, 7(2), 12.*

Alvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S., Yáñez, J. A., Rosen, M. A., & Mejia, C. R. (2021). Influence of Technostress on Academic Performance of University Medicine Students in Peru during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability, 13(16), Article 16.* <https://doi.org/10.3390/su13168949>

Álvarez-Silva, L. A., Gallegos-Luna, R. M., Herrera-López, P. S., Álvarez-Silva, L. A., Gallegos-Luna, R. M., & Herrera-López, P. S. (2018). Estrés académico en

estudiantes de tecnología superior. *Universitas-XXI, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 28, 193–209.

Araoz, E. G. E., Ramos, N. A. G., Loayza, K. H. H., Valverde, Y. P., & Herrera, R. Q. (2021). Tecnoestrés en estudiantes de una universidad pública de la Amazonía peruana durante la pandemia COVID-19. *Revista Brasileira de Educação do Campo*, 6, e12777–e12777. <https://doi.org/10.20873/uft.rbec.e12777>

Arredondo-Hidalgo, M. G., & Caldera-González, D. (2022). Tecnoestrés en estudiantes universitarios. Diagnóstico en el marco del covid-19 en México. *Educación y Humanismo*, 24(42), Article 42. <https://doi.org/10.17081/eduhum.24.42.4491>

Barraza Macías, A. & Macías. (2010). *Un modelo conceptual para el estudio del estrés académico*.

Brod. (1986). Book Reviews: Technostress: The Human Cost of the Computer Revolution Craig Brod Publisher: Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA Year of Publication: 1984 Materials: 242 pages. Price: \$16.95 Intended Audience: Lay; social science Usefulness: Low Clarity: Good Difficulty: Novice. *Social Science Microcomputer Review*, 4(4), 553–556. <https://doi.org/10.1177/089443938600400428>

Cano, R. A. R., Sánchez, I. C. M., Rubio, M. J. G., Paredes, V. G., de Vicente, M. V., & Díaz, S. (2012). Adicción A Las Nuevas Tecnologías De La Información Y La Comunicación (Ntics) Y Ansiedad En Adolescentes. . . *ISSN*, 11.

Carlotto, M. S., & Cámara, S. G. (2010). Tradução, adaptação e exploração de propriedades psicométricas da escala de tecnoestresse (RED/TIC). *Psicologia em Estudo*, 15, 171–178.

Cólica, P. R. (2012). *Estrés: Lo que usted querría preguntar y debe conocer* [Text]. Biblioteca Hernán Malo González de la Universidad del Azuay; Biblioteca Hernán Malo González. <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/84113>

Condoyque-Méndez, K. J., Herrera-Pérez, A. E., Ramírez-Pacheco, A., Hernández, P. L., & Hernández-Arzola, L. I. (2016). *Nivel de Estrés en los Estudiantes de las Licenciaturas en Enfermería y Nutrición de la Universidad de la Sierra Sur*. 10.

Coppari, N. B., Bagnoli, L., Codas, G., López, H., Martínez, Ú., Martínez, L., & Montanía, M. (2018). Validez y confiabilidad del cuestionario de tecnoestrés en estudiantes paraguayos. *Perspectivas en Psicología*, 15(2), Article 2.

Eidman, L., Basualdo Falleau, S. E., Eidman, L., & Basualdo Falleau, S. E. (2024). Tecnoestrés en estudiantes universitarios argentinos en pandemia COVID-19. *Academo (Asunción)*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.30545/academo.2024.ene-abr.1>

Espinosa, J. F., Hernández Lalinde, J., Rodríguez, J. E., Maricarmen, C., & Bermúdez Pirela, V. (2020). Influencia del estrés sobre el rendimiento académico. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39(1), Article 1.

Estrada-Muñoz, C., Vega-Muñoz, A., Castillo, D., Müller-Pérez, S., & Boada-Grau, J. (2021). Technostress of Chilean Teachers in the Context of the COVID-19 Pandemic and Teleworking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105458>

Galvin, J., Evans, M. S., Nelson, K., Richards, G., Mavritsaki, E., Giovazolias, T., Koutra, K., Mellor, B., Zurlo, M. C., Smith, A. P., & Vallone, F. (2022). Technostress, Coping, and Anxious and Depressive Symptomatology in University Students During the COVID-19 Pandemic. *Europe's Journal of Psychology*, 18(3), 302–318. <https://doi.org/10.5964/ejop.4725>

Gordillo B., K. (2012, mayo). *Estrategias TIC para fomentar el buen uso del PC de acuerdo a la ergonomía*. [Monografía]. Universidad de Nariño. <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/85150.pdf>

Herrera, S. V. S., & Alonso, L. M. (2019). *Estudio comparativo sobre estrés académico en estudiantes de psicología de una universidad pública y privada*. 12.

ICE México. (2017, agosto 30). *México, el país más estresado del mundo*. icemexico. <https://www.icemexico.com/single-post/mexicanos-los-más-estresados-del-mundo-por-su-trabajo>

IMSS. (2022). *Estrés Laboral*. <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/estres-laboral>

International Labour Organization - YouTube. (2016). *Manage psychosocial risks to prevent work-related stress*. <https://www.youtube.com/watch?v=whdm1vPC10s#t=96>

Jaramillo, G., Caro, H., Gómez Parra, Z. A., Moreno Bedoya, J. P., Restrepo Pabón, É. A., & Suárez Mejía, M. C. (2008). Dispositivos desencadenantes de estrés y ansiedad en estudiantes de Odontología de la Universidad de Antioquia. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 20(1), 49–57.

Lazarus, R. S. L., & Folkman, S. F. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. Springer Publishing Company.

López, A. D., Sánchez, J. J. M., & Ruiz, A. B. M. (2020). Uso desadaptativo de las TIC en adolescentes: Perfiles, supervisión y estrés tecnológico. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7486697>

López Barbosa, R. R. R. V. (2019). *El uso de las tecnologías de la información y comunicación en el desempeño de jóvenes universitarios: Un diagnóstico regional y multidimensional*. <https://www.digitaliapublishing.com/a/69913/el-uso-de-las-tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-en-el-desempeno-de-jovenes-universitarios--un-diagnostico-regional-y-multidimensional>

Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981). The measurement of experienced burnout. *Journal of Organizational Behavior*, 2(2), 99–113. <https://doi.org/10.1002/job.4030020205>

McFarlane, P. A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games*. 27.

Mendoza, J. L. H. (2014). *Técnicas De Modificación De Conducta-José Olivares 2014*. https://Www.Academia.Edu/40814015/T%C3%89CNICAS_DE_MODIFICACI%C3%93N_DE_CONDUCTA_Jos%C3%A9_Olivares_2014

Menglong, L., & Liya, L. (2017). La influencia de la adicción al teléfono móvil en la calidad de sueño de estudiantes secundarios dejados atrás: El rol mediador de la soledad. *Revista argentina de clínica psicológica*, 26(1 (Abril de 2017)), 71–82.

Mojica, F. J. S., Mora, M. L., & Contreras, A. L. R. (2020). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y su relación con indicadores de estrés tecnológico y dependencia psicológica en estudiantes de nivel universitario. *Aprendizajes desde la evaluación formativa y la práctica reflexiva*, 45.

Mushtaque, I., Awais-E-Yazdan, M., & Waqas, H. (2022). Technostress and medical students' intention to use online learning during the COVID-19 pandemic in Pakistan: The moderating effect of computer self-efficacy. *Cogent Education*, 9(1), 2102118. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2102118>

OIT. (2014, enero 28). *La prevención del estrés en el trabajo: Lista de puntos de comprobación* [Libro]. http://www.ilo.org/global/publications/ilo-bookstore/order-online/books/WCMS_251057/lang--es/index.htm

OMS/OIT: *Casi 2 millones de personas mueren cada año por causas relacionadas con el trabajo*. (2021). <https://www.who.int/es/news/item/16-09-2021-who-ilo-almost-2-million-people-die-from-work-related-causes-each-year>

ONU. (2022). *Salud. Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>

Palacios Nava, M. E., Montes de Oca Zavala, V., Palacios Nava, M. E., & Montes de Oca Zavala, V. (2017). Condiciones de Trabajo y Estrés en Académicos Universitarios. *Ciencia & trabajo*, 19(58), 49–53. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492017000100049>

Penado Abilleira, M., Rodicio-García, M.-L., Ríos-de Deus, M. P., & Mosquera-González, M. J. (2021). Technostress in Spanish University Teachers During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.617650>

Pérez-Gay Juárez, F., Reynoso-Alcántara, V., Contreras-Ibáñez, C., González, R., Castro-López, C., & Martínez, L. (2020). *Evaluación del Estrés frente a la Pandemia del COVID-19 en población mexicana—Proyecto Internacional COVIDiSTRESS*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14512.17924>

Qi, C. (2019). A double-edged sword? Exploring the impact of students' academic usage of mobile devices on technostress and academic performance. *Behaviour & Information Technology*, 38(12), 1337–1354. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1585476>

Rodríguez-Vásquez, D. J., Totolhua-Reyes, B. A., Domínguez-Torres, L., Rojas-Solís, J. L., & Rosa-Díaz, B. E. D. L. (2021). Tecnoestrés: Un análisis descriptivo en docentes universitarios durante la contingencia sanitaria por COVID-19. *Enseñanza e Investigación en Psicología Nueva Época*, 3(2), Article 2.

Salanova, M. (2003). Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: El rol de las creencias de eficacia. *Journal of Work and Organizational Psychology*, 19(3), 225–246.

Sánchez-Macías, A., Flores-Rueda, I. C., Veytia-Bucheli, M. G., Azuara-Pugliese, V., Sánchez-Macías, A., Flores-Rueda, I. C., Veytia-Bucheli, M. G., & Azuara-Pugliese, V. (2021). Tecnoestrés y adicción a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en universitarios mexicanos: Diagnóstico y validación de instrumento. *Formación universitaria*, 14(4), 123–132. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000400123>

Sanz-Blas, S., Buzova, D., & Miquel-Romero, M. J. (2019). From Instagram overuse to instastress and emotional fatigue: The mediation of addiction. *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, 23(2), 143–161. <https://doi.org/10.1108/SJME-12-2018-0059>

Selye, H. (1950). Stress and the General Adaptation Syndrome. *British Medical Journal*, 1(4667), 1383–1392.

Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, B. S., & Ragu-Nathan, T. S. (2007). The Impact of Technostress on Role Stress and Productivity. *Journal of Management Information Systems*, 24(1), 301–328. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240109>

Upadhyaya, P. & Vrinda. (2021). Impact of technostress on academic productivity of university students. *Education and Information Technologies*, 26(2), 1647–1664. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10319-9>

Qwicly: Sistema de integración de proveedores calificados.

Muñiz Blanco Jesús, King Delgado Samira.

Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco; Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

Palabras clave:

*proveedores,
Aplicación.*

servicios,

RESUMEN

El presente proyecto presenta el desarrollo de una aplicación realizada con la finalidad de integrar una comunidad de proveedores que han sido identificados y calificados por la ciudad de Pánuco Veracruz como los proveedores de mayor necesidad y demanda para cubrir las necesidades básicas.

El documento presenta el proceso desde identificación de requerimientos hasta la elaboración de pruebas dentro del desarrollo de la aplicación, con la finalidad de servir como guía en el proceso de desarrollo de una aplicación que cubra las necesidades entre clientes y proveedores.

Keywords:

*suppliers,
Application.*

services,

ABSTRACT

This project presents the development of an application designed to integrate a community of suppliers who have been identified and qualified by the city of Pánuco, Veracruz, as the suppliers of highest necessity and demand to meet basic needs.

The document outlines the process from requirements identification to testing within the application development, with the aim of serving as a guide in the development process of an application that meets the needs between clients and suppliers.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con diversas definiciones, un servicio es un conjunto de actividades que buscan satisfacer las necesidades de los clientes (Raffino, 2021). Desde el punto de vista económico, un servicio puede ser entendido como la acción o conjunto de acciones que ofrecen valor a los consumidores, quienes los compran para atender una necesidad específica (Galán, 2016).

En México, los proveedores de servicios han existido desde hace décadas, probablemente desde la industrialización y desarrollo económico del país en el siglo XX. A medida que las empresas se especializaron, la demanda de proveedores externos creció.

Contar con proveedores calificados es fundamental para la competitividad de las empresas mexicanas. La necesidad de los clientes y usuarios de disponer de servicios confiables y calificados brinda una mayor confianza al momento de solicitarlos. Por eso la gestión de proveedores se ha vuelto una prioridad estratégica.

En los años 90's, con el crecimiento de los servicios de internet, nacieron plataformas que permitían la contratación de servicios en línea, su alcance y sofisticación eran limitados en comparación con las plataformas actuales. Las primeras plataformas generalmente se centraban en la contratación de servicios de tipo freelance o trabajos temporales, no ofrecían la amplia gama de servicios que se encuentran disponibles en la actualidad. Con el avance de internet y de las capacidades tecnológicas, surgieron plataformas en línea más especializadas para la contratación de servicios, enfocadas en áreas específicas como el cuidado del hogar, la reparación, mantenimiento, o servicios de consultoría. Aunque seguían siendo relativamente limitadas en comparación con las plataformas actuales, estas iniciativas allanaron el camino para el desarrollo de un modelo más amplio y versátil.

Con el avance de la tecnología, especialmente la mejora en la infraestructura de Internet, el comercio electrónico experimentó un crecimiento exponencial. Las plataformas de e-commerce se volvieron más accesibles y comenzaron a ofrecer funcionalidades avanzadas, como personalización y análisis de datos, lo que permitió a las empresas adaptar sus ofertas a las preferencias de los consumidores (Imagar, 2024).

La llegada de dispositivos móviles transformó aún más el panorama. Las plataformas se adaptaron para ser compatibles con smartphones y tablets, facilitando el acceso a servicios en cualquier momento y lugar. Esto llevó a un enfoque en la movilidad y la creación de aplicaciones móviles, que ahora son esenciales para la interacción con los clientes (CAD, 2023)

En un estudio realizado por profesores y estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, denominado *análisis de necesidades para la mejora de servicios de la zona conurbada de Pánuco*, utilizando un muestreo de la población mediante la fórmula propuesta por Murray y Larry (2009), con un total de 373 encuestas en las colonias más populares, se encontró que, entre los servicios de mayor demanda se encuentran: Electricistas, plomeros, purificadoras, albañiles, salud, alimentos y mecánicos.

En una de las preguntas de la encuesta, el 91% de la población de la muestra coincide en la necesidad de contar con una plataforma que permita integrar a proveedores de servicios calificados para facilitar la capacidad de localizar y contratar los servicios de mayor demanda.

Derivado de este estudio se desprende la siguiente pregunta de investigación:

¿Puede una plataforma tecnológica integrar a proveedores de servicios calificados, con la finalidad de que sean fácilmente solicitados por los clientes?

De la pregunta anterior se genera el objetivo de desarrollar una aplicación con la capacidad de integrar a proveedores de servicios de mayor demanda y usuarios, con la finalidad de generar solicitudes de servicios, cotizaciones y generar las ordenes de trabajo, con la finalidad de garantizar la calidad esperada en el servicio por parte de los clientes.

DESARROLLO

El tipo de estudio de la investigación, se clasificaría como investigación aplicada. La razón principal es que el proyecto tiene un objetivo práctico y busca generar conocimiento que pueda aplicarse directamente en el campo, en este caso, en la integración de proveedores para que sea utilizado por los clientes.

Para la realización del proyecto se utilizó la metodología de cascada, la cual consta de lo siguiente:

1. Análisis: planificación, análisis y especificación de los requisitos.
2. Diseño: diseño y especificación del sistema.
3. Implementación: programación y pruebas unitarias.
4. Verificación: integración de sistemas, pruebas de sistema y de integración.
5. Mantenimiento: entrega, mantenimiento y mejora.



figura 1: Modelo en cascada, obtenida de IONOS(2019)

Dentro de la etapa de análisis y determinación de requerimientos, se establecieron los requisitos a cumplir por la plataforma para la operación adecuada por parte de proveedores de servicios y usuarios.

En la etapa de diseño se establece la arquitectura del sistema, el diseño de los datos que se alojarán, tanto de proveedores y sus servicios, clientes y sus cotizaciones, así como del seguimiento a las órdenes de trabajo, y el proceso de gestión termina al aplicar una calificación al proveedor, para mantener o incrementar su confiabilidad.

La etapa de implementación permite la transcripción de los modelos de diseño a un lenguaje apropiado de acuerdo a las necesidades de la aplicación.

Posterior al desarrollo de la aplicación, en la etapa de verificación, un grupo de evaluadores, denominados testers se encargan de realizar las pruebas necesarias a la aplicación con la finalidad de asegurarse de que se mantengan y cumplan los requerimientos inicialmente establecidos, en esta etapa se utilizan técnicas como las pruebas de caja negra, entre otras.

La etapa de mantenimiento permite realizar las adaptaciones posteriores a la entrega y operación de la aplicación, para ello es muy importante mantener la documentación técnica del proyecto, el cual permite su seguimiento y mejora continua.

RESULTADOS

Dentro de la etapa de análisis de requerimientos, se establecieron las siguientes necesidades a cubrir:

Bienvenida al portal en donde se visualizan aspectos importantes de la aplicación y de los proveedores de servicios, la pantalla de bienvenida debe tener la búsqueda rápida de un proveedor.

Contar con un registro para proveedores.

Contar con un registro para clientes.

La aplicación debe tener tres usuarios para el sistema: administrador, proveedor y cliente.

Debe tener un logeo de proveedores para actualizar alguna información de sus servicios.

Debe tener un logeo para usuarios, con la finalidad de poder solicitar cotizaciones.

Tener un apartado para enviar la solicitud de cotización.

Un apartado para el seguimiento de la cotización, con tres estados, en cotización, en servicio, y servicio completado. También puede ser en cotización y cancelar o cerrar cotización cuando no sea satisfactoria. Cuando se complete un servicio, debe dar la oportunidad de comentar y enviar una calificación al proveedor del servicio, esta calificación se sumará al promedio del proveedor.

Como administrador se podrán contar con opciones para registrar y actualizar el catálogo de servicios, registrar usuarios proveedores, monitorear las cotizaciones entre clientes y proveedores, recibir y validar solicitudes de proveedores y clientes.

Una vez que se establezca un acuerdo de trabajo y se concluya, el cliente debe emitir una calificación de 1 a 5 estrellas, donde una es menos satisfactorio y 5 totalmente satisfactorio.

En la etapa de diseño se muestra el diseño de la arquitectura que soporta la aplicación para su operación.

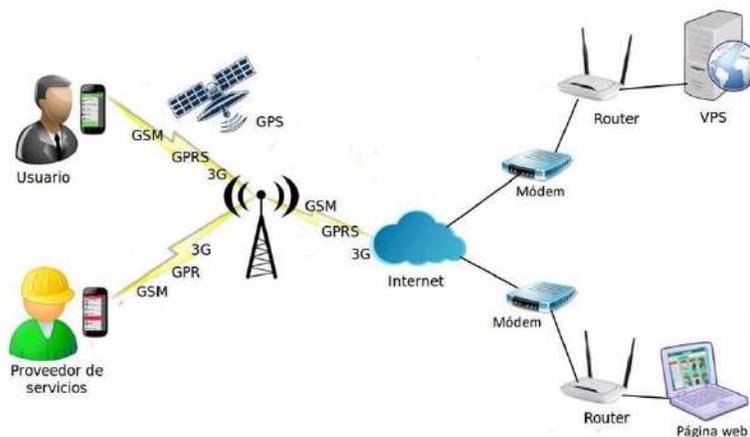


Figura 2. Esquema de la plataforma tecnológica

Al realizar la implementación de las interfaces diseñadas, en conjunto con el prototipo desarrollado con antelación se obtuvieron las siguientes pantallas de una aplicación web funcional:

El portal principal muestra al catálogo de proveedores ingresados en la plataforma para una consulta más rápida como se muestra en la figura 3, esta ventana permite observar en cada proveedor la calificación que va obteniendo, representado con las estrellas debajo de su logo y nombre de identificación.

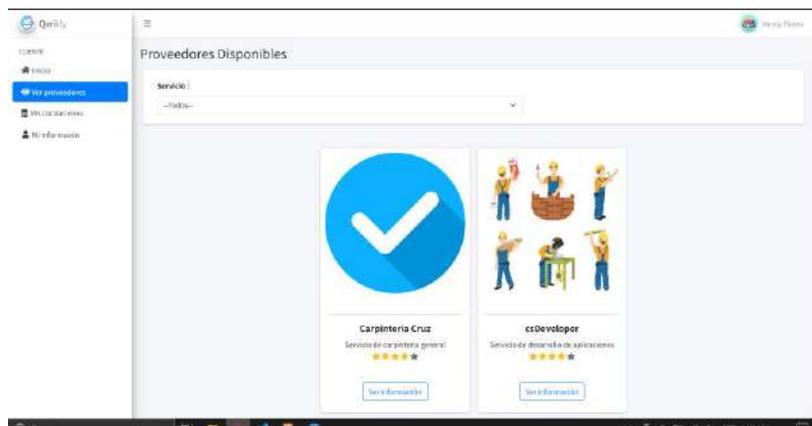


figura 3: Ingreso al tipo de usuario

El sistema permite elegir el tipo de usuario como lo muestra la figura 4, ya sea el administrador de la aplicación, quien es el moderador de la aplicación, valida los registros de proveedores y clientes, se mantiene al tanto de las actividades entre proveedores y clientes.



figura 4: Ingreso al tipo de usuario

Como usuario es necesario el proceso de autenticación, es por eso la figura 4 muestra la solicitud de acceso.

La aplicación cuenta con el registro de proveedores como lo muestra la figura 5, los cuales al ser capturados pasan por un proceso de validación.

figura 5: Registro de proveedores

Una vez que los proveedores realizan su registro, el administrador recibe el mensaje de validación de registro de proveedor, la figura 6 muestra la ventana en donde el proveedor después de validar el registro del proveedor, puede cambiar su estado para que sea visible para todos.

Solicitudes de proveedores

[Nuevo proveedor](#)

Show 10 entries Search:

Nombre	Correo	Servicio	RFC	Telefono	Acciones
Daniel Cruz	jesus.muniz.blanco@gmail.com	Electricidad	hgghkfds	787564878	

Showing 1 to 1 of 1 entries Previous 1 Next

figura 6: Validación de los proveedores

En el caso de los clientes también cuentan con su apartado de registro como lo muestra la figura 7, con la finalidad de que sea validado por el administrador, antes de poder lanzar cotizaciones o contactar a proveedores, cabe hacer mención que un visitante puede navegar por la plataforma y conocer los servicios que brinda un proveedor, pero solo como usuario registrado puede lanzar solicitudes de servicios.

Nuevo cliente

Datos de Cliente

Nombre Completo: Correo Electronico: Contraseña:

RFC: telefono:

Datos ubicación

Calle: Numero: Colonia:

Código postal: Estado: Ciudad:

[Registrar](#)

figura 7: Registro de clientes

Una vez validados usuarios clientes y proveedores, los clientes pueden lanzar una cotización como lo muestra la figura 8 para ser atendida por un proveedor como se presenta en la figura 9, y si la solicitud es satisfactoria se genera una orden de trabajo.

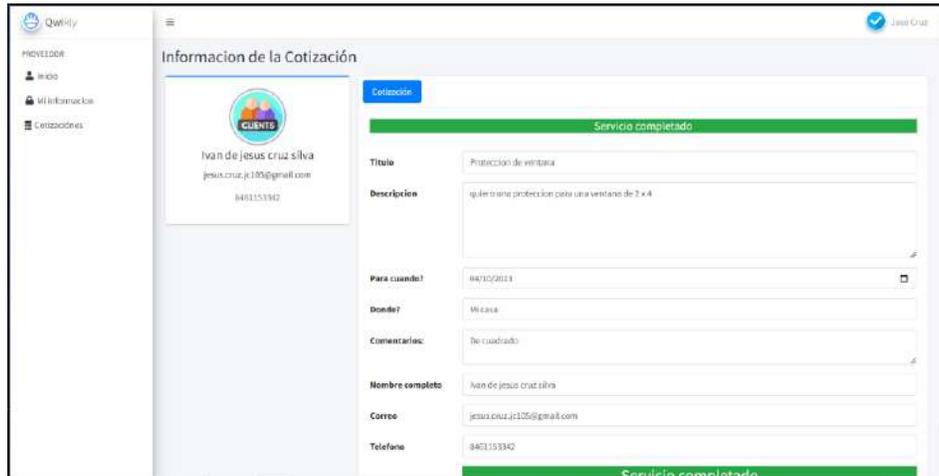


figura 8: Elaboración de cotizaciones

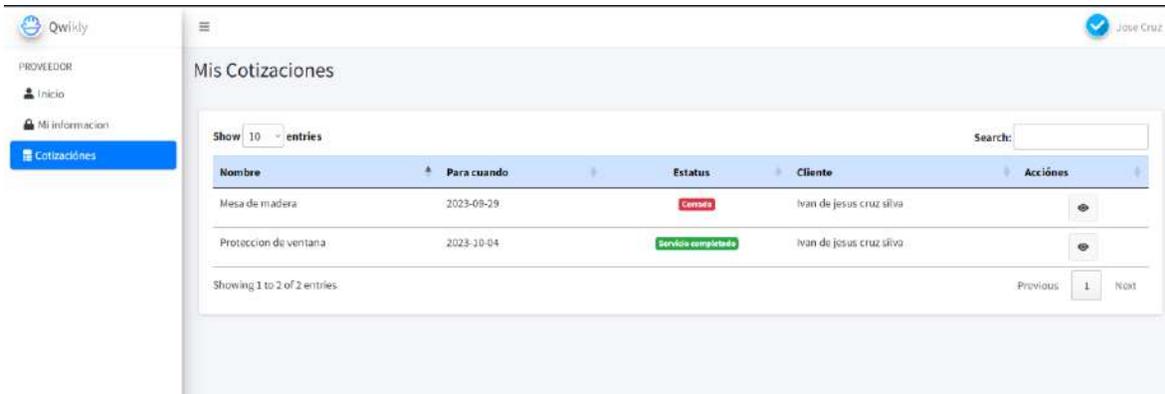


figura 9: Seguimiento de cotizaciones

Una vez que el proveedor recibe las solicitudes de cotizaciones, ingresa a la ventana de atención como lo muestra la figura 10 para responderla y que el usuario tome la decisión si se genera la orden de trabajo.

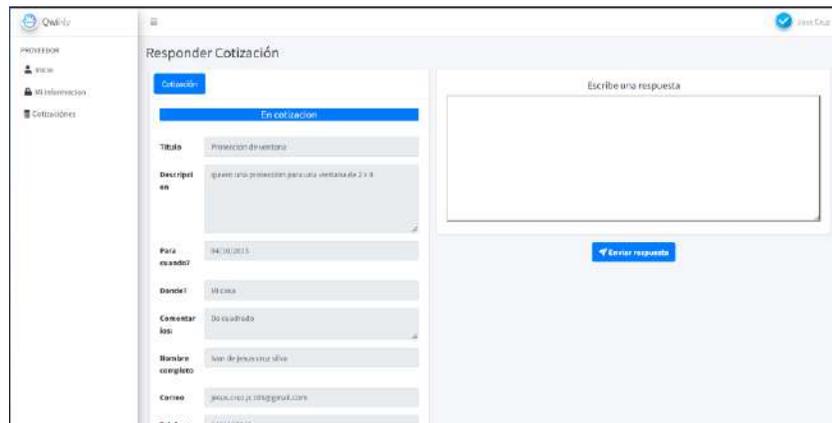


figura 10: Atención a cotizaciones

Mantenimiento

Durante la fase de mantenimiento en el modelo de cascada, el software se encuentra en un estado receptivo a posibles solicitudes de modificación y mejoras. Esta etapa se caracteriza por estar abierta a nuevas peticiones de ajustes y actualizaciones para asegurar que el sistema evolucione de acuerdo a las necesidades emergentes.

CONCLUSIONES

Contar con una plantilla de proveedores de servicios calificados es fundamental para lograr una mayor confiabilidad con los clientes, y más cuando la plantilla es identificada a través del estudio. Cuando una empresa trabaja con proveedores que cumplen estándares de calidad, puede ofrecer productos y servicios de excelencia a sus clientes finales. Esto se traduce en mayor satisfacción del cliente, fidelidad y recomendaciones positivas.

El uso de plataformas de apoyo que incorporen la cultura de integración y comunicación entre clientes y proveedores permite romper las barreras del tiempo de atención y las distancias entre proveedores y clientes, además de mantener un grado de confianza entre sus clientes.

REFERENCIAS

CAD. (10 de Abril de 2023). La evolución de los negocios digitales. Obtenido de <https://www.altadireccion.edu.mx/la-evolucion-de-los-negocios-digitales/>

Galán, J. S. (13 de Febrero de 2016). Servicio: Qué es, características y ejemplos. Obtenido de Economipedia.com

Imagar. (30 de Enero de 2024). La evolución de las plataformas de e-commerce. Obtenido de <https://www.imagar.com/blog-desarrollo-web/la-evolucion-de-las-plataformas-de-e-commerce/>

IONOS. (21 de 3 de 2019). El modelo en cascada: desarrollo secuencial de software. <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>

Raffino, Equipo editorial, Etecé (5 de agosto de 2021). Servicio. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 29 de agosto de 2024 de <https://concepto.de/servicio/>.

Murray R. Spiegel y Larry J. Stephens. (2009). Estadística. 4ta edición. Mc Graw-Hill. México, D.F.

Jesús, M. B., Violeta, J. Z., Samira, K. D., & Paola, I. H. (2023). Análisis de necesidades para la mejora de servicios entre proveedores y usuarios. *Emprendencia*, 13. <https://itpanuco1.com/emprendencia/wp-content/uploads/2023/06/3.pdf>

EmprendeCiencia es una publicación periódica avalada por el Centro de Innovación e Incubación Empresarial del Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco, que brinda un espacio que sirve de foro para la difusión de los trabajos realizados en el área de Emprendedurismo, Desarrollo Empresarial, Desarrollo Tecnológico e Innovación Social.

Número de reserva de derechos al uso exclusivo

04-2022-1104140615 00-102 ISSN 2954-5129

