



Ingeniantes®

Año 8, No.2, Vol. 2

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla



ECONOMÍA CREATIVA

PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

latindex

ISSN 2395-9452

CONGRESO INTERNACIONAL
DE INGENIERÍAS 2021

Edición Especial

Ingeniantes

Año 8 / No. 2 / Vol. 2

Información Legal

Ingeniantes, Año 8, No. 2, Vol 2. Diciembre 2021 - mayo 2022, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 15 de diciembre de 2021.

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

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

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

Cuerpo Editorial

Editor General
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Editor
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas
Coeditor
Lic. Erik Balderas González

Administración

Ing. Mayra Lizeth Méndez Oloarte

Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

Sistemas

Administrador de Sistemas
M.S.C. Fernando Alberto Hernández Guevara
Webmaster
L.I. Ana Marcela Gutiérrez Romero

Distribución

Publicación electrónica disponible en
citt.itsm.edu.mx/ingeniantes
Correo electrónico:
revista.ingeniantes@itsm.edu.mx
<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=25671>

Directorio

Dr. Daniel Villanueva Vásquez

Director General, ITSM, Veracruz, México

Dr. Hugo Romero Montoya

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

M.E. Josefa Vásquez Trujillo

Subdirectora Académica, ITSM, Veracruz, México

Dr. Daniel Martínez Navarrete

Subdirector de Posgrado, ITSM, Veracruz, México

Ing. Carlos Raúl Mata Lazcano

Subdirector de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

Dr. José Edgar Soto Meneses

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

M.S.C. Irahan Otoniel José Guzmán

Subdirector de Planeación, ITSM, Veracruz, México

L.I. Lidia Herrera Domínguez

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Comité de Revisión

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US

Dr. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH

Dr. Marco Tulio Gallo Estrada, UACH

Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET

Dr. Abel García Barrientos, UASLP

Dr. David Lara Alabazares, ITSM

Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM

Dra. Susana López Cuenca, ITSDZ

Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON

Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET

Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET

Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ

Dr. José Luis Marín Muñoz, CV

Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT

Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM

Dra. María Cristina López Méndez, ITSM

Dr. Luis Carlos Sandoval Herazo, ITSM

Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSDZ

Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET

Dr. Juan Carlos González Hernández, ITM

Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNA

Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro, UV

Dra. Blanca Dina Valenzuela Robles, CENIDET

Dr. Luis Mejía Macario, ITSM

Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA

Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN

Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH

Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT

Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP

Dr. Alfredo Alberto Morales Tapia, UV

SNI Dr. Ramón Álvarez López, UDG

SNI Dra. Laura Ruelas Monjardín, UV

SNI Dr. Jesús Álvarez Cedillo, IPN

SNI Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM

SNI Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM

SNI Dr. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM

SNI Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM

SNI Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM

SNI Dr. Joel Pozos Osorio, ITSM

SNI Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín, ITO

SNI Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado, ITCV

SNI Dr. Guillermo Alfredo Arrijoja Carrera, UX

SNI Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez,

SNI Dr. Modesto Raygosa Bello, ITO

SNI Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez, UPAEP

SNI Dra. Paula Rosalinda Antonio Vidaña, UTCV

SNI M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI

SNI M.I.I. Aarón Montiel Rosales, ITSPR

SNI M.I.I. Nayeli Montalvo Romero, ITSPR

SNI M.I.I. Gema del Carmen Jiménez Gómez, ITSAV

SNI M.I.I. Leonardo Martínez Lara, ITSAV

SNI M.SI. Ana Lilia Sosa y Durán, ITSM

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

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

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

M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM

M.C. Vladimir Zagoya Juarez, ITSM

M.C. Alan Rico Barragán, ITSM

M.G.C. Eduardo Gutierrez Almaraz, ITSM

Mtra. Luz del Carmen Muñoz Palacios, UTCV

Ingeniantes



03



11



19



26



36

Contenido

Análisis y mejora de mantenimiento en unidades de carga y transporte en empresa constructora del estado de Puebla _____ 03

Hugo Alberto Bravo Quintero, Tecnológico Nacional de México campus Teziutlán, José Aparicio Urbano, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Marlenne Indira Sánchez López, Tecnológico Nacional de México campus Teziutlán

Aspectos ingeniantes para lograr divulgación científica mediante redes sociales _____ 11

Aarón López Roldán, Universidad Veracruzana, Xalapa; José Luis Marín Muñiz, Colegio de Veracruz; Sergio Aurelio Zamora Castro, Universidad Veracruzana, Boca del Río

Actividad de pretratamientos y enzimáticos químicos en residuos de higuera (Ricinus communis) para la producción de biogás _____ 19

Diana Laura Quezada Morales; Miguel Angel Ramos López; Francisco de Moure Flores, Juan Campos Guillen; Jorge Noel Gracida Rodríguez, Universidad Autónoma de Querétaro

Capital social y humedales construidos como estrategias para impulsar el desarrollo rural sustentable en México _____ 26

Irma Zitácuaro Contreras; José Luis Marín Muñiz; Monserrat Vidal Alvarez, Colegio de Veracruz; Sergio A. Zamora Castro, Universidad Veracruzana, Boca del Río; Aarón López Roldán, Universidad Veracruzana, Xalapa

Aceites potenciales para la generación de biodiésel _____ 36

Karla J. Salamanca Izaguirre; Eric Villanueva Vega; Rodrigo Vivar Ocampo; Oscar Diego Armendáriz; María R. Sánchez Díaz, Universidad Autónoma de Baja California



47



55



61



67



78

Rediseño de rotor de caudalímetro para lavadoras de la industria textil en la región de Teziutlán _____	47
Alfredo Carrasco Aráoz; Gabriel Ángel Ramírez Vicente, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán	
Caracterización de un panel solar por resistencia de carga _____	55
Mario Espinosa Tlaxcaltecatl; Jacob Javier Vásquez Sanjuan; Marco Antonio Alonso Pérez, Universidad Politécnica de Puebla	
Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los tabiques de barro rojos reco- cidos de San Rafael, Veracruz _____	61
Oscar Moreno Vázquez, Joaquín Sangabriel Lomelí; Pablo Julián López González, Tecnológico Nacional de México, cam- pus Misantla; Gabriel Raya Papayanopulos, Struktura Ingeniería Estructural; Héctor Eliseo Gómez Guerrero	
Meta-análisis: Detección del estrés en los conductores _____	67
Leonardo Alberto Alanís Castro; Ana Isela García Acosta; Jorge de la Riva Rodríguez, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez	
Propuesta metodológica para la detección de maltrato infantil mediante IoT _____	78
Juan Carlos Colorado Cordova; Roberto Ángel Meléndez Armenta, Tecnológico Nacional de México / campus Misantla	



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Análisis y mejora de mantenimiento en unidades de carga y transporte en empresa constructora del estado de Puebla



Colaboración

Hugo Alberto Bravo Quintero, Tecnológico Nacional de México campus Teziutlán, José Aparicio Urbano, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Marlene Indira Sánchez López, Tecnológico Nacional de México campus Teziutlán

Fecha de recepción: 27 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2021

RESUMEN: En el presente artículo de investigación se desenvuelve una propuesta para el mantenimiento preventivo. Servirá de ayuda para la correcta realización de las tareas que conlleva un mantenimiento preventivo en las unidades de carga y transporte. En el manual se describen las acciones a desarrollar por el personal encargado del área de mantenimiento. Para establecer las actividades de mantenimiento preventivo se realizó un análisis de los medios y materiales que son necesarios para el proceso de mantenimiento. Esto se pudo realizar gracias a las herramientas de la ingeniería industrial aplicadas. El resultado final que se obtiene, son diagramas de flujo en donde se muestra paso a paso las operaciones que se proponen realizar para poder efectuar el mantenimiento preventivo correcto de las unidades, también las acciones a aplicar según sea su utilización con su descripción, buscando que sea fácil de comprender y tenga mayor entendimiento para el personal que lo realizará.

PALABRAS CLAVE: Mejora en mantenimiento, manual, análisis, constructora.

ABSTRACT: In this research article a proposal for preventive maintenance is developed. It will help to correctly carry out the tasks involved in preventive maintenance in the loading and transport units. The manual describes the actions to be carried out by the personnel in charge of the maintenance area. To establish preventive maintenance activities, an analysis of the means and materials that are necessary for the maintenance process was carried out. This could be done thanks to the applied industrial engineering tools. The final result that is obtained are flow diagrams where the operations that are proposed to be carried out are shown step by step in order to carry out the correct preventive maintenance of the units, as well as the actions to be applied according to their use with their description, seeking that it is easy to understand and has a better understanding for the personnel who will perform it.

KEYWORDS: Improvement in maintenance, manual, analysis, construction company.

INTRODUCCIÓN

Las empresas que generan un bien o servicio generan un bien o servicio se ven obligadas a trabajar de la mano con el mantenimiento, con el fin de obtener mayores tiempos de trabajo y alcanzar la mayor eficiencia en la construcción del servicio [1]. Por ello esta investigación da a conocer algunas ventajas del mantenimiento preventivo al momento de aplicarlo al cuidado de las unidades de carga y transporte de la empresa, ya que es maquinaria utilizada para el acarreo de materia prima para la realización de obras civiles y de construcción. Es indispensable generar métodos que garanticen que durante la entrega de materia prima no existirá alguna demora o tiempo muerto, con el fin de ofrecer servicios duraderos y de alta calidad sin

que afecte el tiempo de entrega de la obra. Cabe señalar que no existe un plan de mantenimiento que anteceda al manual desarrollado en este proyecto, por lo tanto, se tuvo que identificar y recolectar información de los tipos de filtros, aceites, lubricantes y tanques de capacidad de las unidades de carga y transporte, lo que dificultó la formación de una base de datos para la creación de registros de los cambios aplicados a dichas unidades.

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida [2]. Conforme el concepto de mantenimiento fue asociado exclusivamente con el término reparación, éste fue considerado como un mal necesario, incapaz de agregar valor a los procesos de la compañía. Sin embargo, hoy por hoy, cuando el mantenimiento agrupa metodologías de prevención y predicción, se considera como un factor clave de la competitividad a través del aseguramiento de la confiabilidad.

En mantenimiento según [3], así como en otras actividades de la ingeniería, se requiere priorizar y categorizar las intervenciones para así darle un manejo a las programaciones de mantenimiento. Por tal razón se requiere hablar de tres niveles de mantenimiento (1, 2 y 3). Que son los niveles de mantenimiento básicos manejados actualmente, existen autores que los conocen como (A, B y C), pero en esencia poseen el mismo concepto:

- **Mantenimiento nivel 1:** No existe mejor conocedor de un equipo que su propio usuario, por tal razón el usuario u operador, puede dar información valiosa para el mantenimiento ya que conoce las condiciones normales de funcionamiento.
- **Mantenimiento nivel 2:** Es conveniente tener en la empresa una o más personas capacitadas en diferentes áreas de mantenimiento, este personal es el encargado de efectuar los mantenimientos programados, donde se requieren conocimientos técnicos.
- **Mantenimiento nivel 3:** Este tipo de intervenciones no son o no deberían ser frecuentes por su alto costo, pero en cierto tipo de equipos se requieren.

Un programa de mantenimiento preventivo tiene como objetivo poder mantener constantemente en perfecto estado de funcionamiento la maquinaria para lograr su máximo rendimiento y con un mínimo costo [4]. Los registros de la maquinaria deben llevarse fielmente. En todo plan de mantenimiento, debe de producirse un registro consecutivo de todo el trabajo mecánico y de servicio hecho en una máquina o equipo. Estos deben ser fáciles de llevar, fáciles de leer, y que puedan estar siempre disponibles y al día, pues se tiene que dar seguimiento a las normas de seguridad.

La seguridad es la ausencia de peligros o la minimización de exposición a los peligros y también se comenta que es el control de peligros hasta un nivel aceptable [5], para asegurar el cumplimiento de los requerimientos mínimos,

en México existen normas que se describen para la estandarización de estas situaciones.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación [6].

A continuación, se presenta en la Tabla 1 con todas las clasificaciones de las Normas oficiales mexicanas, que son de suma importancia en esta investigación.

Tabla 1. Normas de seguridad.

Número	Título de la norma
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios NOM-004-STPS-1999 Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas
NOM-033-STPS-2015	Trabajos en espacios confinados
NOM-034-STPS-2016	Acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad

Fuente: Elaboración propia (2021)

Según [7], menciona que el objetivo de establecer normas dentro del centro de trabajo es con el fin de evitar accidentes de pérdidas de materia prima, bajo nivel de producción y el más importante la pérdida humana.

Problemática del caso de estudio.

En el área de operaciones fue posible identificar las fallas que afectan directamente al proceso, para poder realizar un plan de mantenimiento el cual beneficiará a las unidades de carga y transporte prolongando su vida de utilidad y evitará fallas que afecten a la calidad del servicio. Según entrevistas realizadas con el personal de

la empresa, se pudieron identificar los problemas más comunes, que son:

- Falta de lubricantes básicos en las unidades.
- Compras erróneas de filtros.
- Paros innecesarios por falta de gasolina.

Para la obtención de la información se realizaron entrevistas a una muestra representativa de la población, los cuales fueron los operarios que están realizando las actividades con las maquinarias. En este caso, la población total son todos los colaboradores de la empresa. En la Figura 1, se observa la aplicación de la entrevista a los diferentes operadores de las unidades de carga y transporte.



Figura 1. Evidencia de aplicación.

Fuente Elaboración propia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso que se llevó a cabo para poder crear el manual de mantenimiento preventivo se basa en los seis pasos para la resolución de problemas [8].

1. Identificar el problema: Para identificar el problema se debe pasar primero por la etapa de la observación, en la constructora el principal problema es el incumplimiento en las obras de construcción programadas. Para poder identificar el problema se utilizó una lluvia de ideas.

2. Describir el problema: Esta etapa es necesario tomar en cuenta toda la información recabada para tener en claro cuál es el problema, en este caso se analizó con un diagrama de Ishikawa tomando en cuenta las 6 M, identificando como la razón principal del incumplimiento de las obras programadas es la falta de mantenimiento en la maquinaria.

Sumado a ello, y como parte del seguimiento de las entrevistas realizadas, se analizó la información con la finalidad de identificar de manera cuantitativa las observaciones realizadas por los operarios entrevistados, lo cual ha permitido identificar aspectos técnicos del mantenimiento que no se tienen previstos.

3. Generación de soluciones potenciales: El objetivo fundamental de este paso es que el grupo genere tantas vías de solución como sea posible. La solución más óptima es llevar un registro de todos los tipos de mantenimiento que se han realizado a cada una de las unidades de carga y transporte registradas en la constructora. También es importante describir los periodos y planes de mantenimiento para un mejor funcionamiento.

4. Selección y planificación de la solución: El objetivo de este paso es que se decida cuál del conjunto de soluciones generadas para la solución del problema constituye la óptima para lo que debe sopesar las ventajas y desventajas de cada una. Un manual de mantenimiento preventivo en despeja cualquier duda, incluyendo todos los puntos importantes los cuales son: planes de mantenimiento, tipo de fluidos, normas de calidad y seguridad, equipo de protección personal, etc.

5. Aplicación de la solución: Muchas veces se piensa que el trabajo está hecho cuando se ha decidido finalmente por un curso de acción. Sin embargo, el problema no está realmente resuelto hasta que:

- Se haya puesto en práctica la solución.
- Se haya observado y controlado su implantación, para ver si es necesario realizar cambios en la solución original.
- Se ha llegado a un punto de la solución de problemas donde no se podrá ir más allá hasta que se tome una acción decisiva y se vea que sucede.

6. Evaluación de la solución: La retroalimentación es el vínculo de regreso hacia el proceso de solución de problemas. Ella cierra el lazo. Se resuelve un problema, se toma la decisión, se pone en práctica y, entonces, en dependencia de la retroalimentación, tal vez tenga más trabajo que hacer. Es importante estar siempre actualizando cada apartado del manual de mantenimiento en base a la mejora continua.

Para la elaboración de este trabajo, la estrategia general para la recolección y desarrollo de la información en función de los objetivos propuestos está dirigida a un diseño de campo no experimental.

Es necesario realizar un plan en donde se describa cada una de las actividades para poder generar con éxito un manual de mantenimiento preventivo, enlistando cada paso a seguir.

Con relación al diseño experimental que sigue esta investigación Hernández, Fernández y Baptista, explican que el diseño experimental "se realizan sin manipular variables intencionalmente, se observa al fenómeno tal y como se presenta en su contexto natural para después analizarlo [9].

La metodología del mantenimiento productivo total mejor conocido como "TPM" se compone de una serie de

operaciones que, al implantarse, buscan eliminar defectos para obtener con éxito el producto o servicio a brindar, evitando ser la principal consecuencia el estado de la maquinaria [10]. Es importante tomar en cuenta los pasos para llevar a cabo el Mantenimiento Productivo Total son:

- Ajuste de componentes y tareas de limpieza y lubricación.
- Implantación de medidas para evitar la acumulación de suciedad y polvo.
- Procedimientos estándar de limpieza y lubricación.
- Inspecciones generales.
- Inspecciones autónomas.
- Creación de procedimientos y estándares para las tareas de mantenimiento.

Desarrollo de una cultura hacia la mejora continua, con el registro de todas las tareas de mantenimiento y fallos.

RESULTADOS

Los resultados se muestran a partir de periodos, es decir, cada unidad, debe de ser revisada según le corresponde en los siguientes periodos:

Verificación mensual: debe hacerse como una rutina básica, se deben verificar por lo menos los siguientes aspectos:

- Frenos.
- Fajas o bandas.
- Llantas.
- Batería.
- Refrigerante.
- Agua.
- Radiador.
- Líquido de frenos.

Cabe resaltar que los siguientes aspectos dependen del tipo de vehículo en el cual se esté realizando la verificación de rutina, para ello se deben de seguir las especificaciones de mantenimiento básico mensual de cada unidad.

Frenos: La verificación incluye revisión del líquido de frenos. Si esta ha bajado puede ser causa de síntoma de fugas en el sistema de la bomba principal, las auxiliares o tubería, lo cual tiene que ser descartado mediante una inspección visual. Si existe variación en el nivel del líquido de frenos, pero sin fugas, la disminución se debe al desgaste de las zapatas y pastillas de frenos, por lo que debe verificarse su estado. De la misma manera, se debe revisar el estado del freno de mano que es útil para cualquier emergencia.

Fajas o bandas: Las fajas, ya sean del ventilador, alternador, aire acondicionado o dirección hidráulica, tienden a dañarse. Verifique visualmente si existen quebraduras o espesores y al mismo tiempo verifique su tensión, si es necesario cámbielas inmediatamente.

Llantas: Hay que poner atención al tipo de desgaste que presentan. Si el desgaste se ubica al centro, indica que la presión se mantiene por encima de lo que recomienda el fabricante; si es hacia los lados, puede ser que la presión esté por debajo de lo que recomienda el fabricante. Si los desgastes los presenta en el lado de adentro o de afuera, es probable que obedezca a daños en rotulas o problemas de alineación. La presión adecuada ahorra combustible y evita el desgaste. También debe verificarse la llanta de repuesto Cabe resaltar que no se puede definir en este aspecto una presión de aire de llantas general, pues cada transporte de carga tiene especificaciones descritas que tienen que cumplirse para su estado óptimo.

Batería: Si la batería o acumulador tiene tapones removibles, revise el nivel de agua, el cual debe estar por encima de las celdas, ya que éstas deben permanecer sumergidas en el líquido. Se deben revisar las terminales de las baterías; si muestran corrosión, hay que limpiarlas con un cepillo de alambre si es necesario. Hay que asegurarse de que las gasas estén sujetadas firmemente al borne. Reemplace cualquier cable dañado de manera inmediata si fuera necesario. Finalmente, en cuanto al nivel de voltaje, Esta medición debe estar en alrededor de 13.3-15.0 voltios, esto puede variar dependiendo de la temperatura.

Cambio de aceite: Revise los niveles del aceite del motor, en las fechas de cambio que se indican, generalmente lo recomendado es cada 3,000 km o 5,000 km Cuando se realice el cambio de aceite hay que cambiar el filtro de aceite y aproveche para verificar los niveles de fluidos en la dirección hidráulica, transmisión y diferencial, así como la lubricación de las rótulas. Si las unidades viajan más de 20,000 km al año se requiere que el cambio de aceite se haga con mayor frecuencia.

Radiador: Se debe realizar una inspección visual para detectar la presencia de fugas o superficies dañadas. Revise el nivel del líquido refrigerante en el radiador, rellene si es necesario con refrigerante el depósito. No se debe usar agua, porque contiene impurezas que se adhieren a las paredes del motor y puede causar corrosión. Es recomendable hacer esta revisión cada semana o por lo menos una vez al mes e incluir el depósito auxiliar, que si está en buen estado le evitará hacer rellenos. Revise el motor cuando el motor esté frío, el tapón del radiador debe estar limpio y libre de fisuras. Quite el tapón y vea la condición y nivel del refrigerante (agua). Un bajo nivel puede llevar al sobrecalentamiento y corrosión del motor.

Verificación semestral o anual: Los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta al realizar una verificación semestral o anual son:

- Afinamiento.
- Bujías.
- Aire Acondicionado

Los carburadores modernos y sistemas de inyección electrónica son calibrados de fábrica y no deben ser alterados. El servicio de estos sistemas requiere de herramientas y equipo especiales y deben ser realizados por un especialista. Por lo anterior, lo más recomendable es llevar el vehículo a un taller especializado para que por medio de una medición de gases, se determine el estado de las mezclas y también, se revise el filtro de aire.

Bujías: Las bujías deben mantenerse libres de carbón y suciedad, ya que el buen estado de este sistema incide en la calidad de la combustión del vehículo y por ende reduce las emisiones al aire. Cuando se verifiquen, se debe revisar la cubierta de los cables de bujías, los cuales llevan electricidad del distribuidor a las bujías y pueden agrietarse o ensuciarse con aceite o mugre. Esto conlleva a tener problemas de arranque y desperdicio de combustible. Los cables deben reemplazarse en los periodos recomendados por el fabricante.

Aire acondicionado: Cuando el aire acondicionado no genera cambios importantes en la temperatura o pierde su eficiencia original, un taller de servicio de refrigeración automotriz debe verificar el sistema de aire acondicionado. Puede necesitar un cambio de filtros, limpieza, reemplazo de válvula de expansión o sustitución de sellos entre otros.

Debe utilizarse el refrigerante adecuado; a un sistema que le hace falta un 10% de refrigerante, costará un 20% más en su operación. Sin un mantenimiento regular, el aire acondicionado pierde aproximadamente 5% de su eficiencia original por cada año de operación, si se le da un mantenimiento adecuado, se podrá mantener el 95% de la eficiencia original.

Mantenimiento mínimo: A continuación, se detalla un resumen de información sobre mantenimiento mínimo:

Cada dos semanas. Para el mantenimiento realizado quincenalmente se establecieron aspectos mínimos a considerar, los cuales se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Mantenimiento cada dos semanas.

Elemento	Acción
Aceite de motor	Verificar el nivel de aceite del motor
Llantas	Inspeccionar la presión de las llantas
Motor	Inspeccionar el nivel de agua del radiador
Líquido para frenos	Verificar nivel
Luces	Verificar encendido y cambios

Fuente Elaboración propia.

Cada seis meses. El mantenimiento semestral está enfocado únicamente al encendido, llantas y motor como lo muestra la Tabla 3.

Tabla 3: Mantenimiento cada seis meses.

Elemento	Acción
Lubricación	Cambiar fluido de la transmisión y su filtro
Motor	Lavado del radiador

Fuente: Elaboración propia.

Anualmente: Por otro lado, para el mantenimiento anual, es necesario realizar la verificación de la lubricación, el encendido, los accesorios, motor, llantas y filtro de aire, como se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4: Mantenimiento anual.

Elemento	Acción
Lubricación	Servicio de lavado y engrasado (chasis y motor)
Encendido	Evaluar cables, batería, alternador, motor de arranque; de ser necesario bujías
Accesorios	Verificar que no existan fugas en el sistema de aire acondicionado
Llantas	Alineación y balanceo de las ruedas
Motor	Inspección general del motor
Filtro de aire	Cambiar según recomendaciones del fabricante

Fuente: Elaboración propia.

Cada dos años o 50,000 km. Finalmente, el mantenimiento cada 2 años o cada 50000 kilómetros, este enfocado en el funcionamiento del motor y lubricación de todo el sistema.

Tabla 3: Mantenimiento anual.

Elemento	Acción
Lubricación	Cambiar fluido de la transmisión y su filtro
Motor	Lavado del radiador

Fuente Elaboración propia.

Propuesta de mejora al plan de mantenimiento

Todo plan de mantenimiento debe llevar un seguimiento y mejora, esto se obtiene gracias al análisis de los datos y la información que se obtienen de las mediciones que se llevan a cabo en los formatos implementados, para el control del plan de mantenimiento preventivo. Los análisis que se pueden obtener son: desde el aspecto financiero, hasta el aspecto externo (físico) e interno (piezas y componentes) de las unidades.

A partir del análisis de información de mantenimiento, temporalidad de estos y las entrevistas, se realizó una propuesta metodológica para realizar un mantenimiento preventivo:

Pasos para realizar un mantenimiento preventivo

1.- **Evaluación:** Se hace una evaluación previa de las especificaciones del equipo a modo de registro de entrada del mismo. Este registro se puede realizar en el archivo creado con el nombre "Control unidades de carga y transporte".

2.- **Diagnóstico:** Se evalúa el funcionamiento del equipo, así como también su estado físico, desempeño y el estado de sus partes.

3.- **Detectar fallas:** Este punto solo es necesario si se llegase a detectar alguna falla fuera de los parámetros del funcionamiento normal, en este caso se aplicaría un mantenimiento correctivo.

4.- **Reparación:** Se realiza la reparación si es que se llega a detectar la aplicación de un mantenimiento correctivo, sino es el caso solo se realiza el mantenimiento preventivo según con los periodos ya establecidos.

5.- **Registro de KPI's:** son indicadores cuyo objetivo principal es tener un control de las tareas de prevención que se realicen y completen en tiempos planificados. Solo de debe llevar un registro adecuado de las tareas planificadas y sus tiempos de ejecución.

6.- **Revisar y mejorar:** Antes de preparar el siguiente plan de mantenimiento preventivo se debe de revisar el último plan, KPI's, informes y registros.

Para realizar correctamente estos pasos, se presentó un formato para el seguimiento de este, presentado en la Figura 2 y Figura 3.

LISTADO DE VERIFICACIÓN DE CAMIONES

1. LUGARES DE TRABAJO

Área de trabajo

Tipo de camión

Fecha Próxima fecha revisión

Realizado por

	SI	NO	NA.	OBSERVACIONES
1				Espejo lateral
2				Espejo Retrovisor
3				Calefacción
4				Cinta reflectante
5				Escala de acceso
6				Focos adicionales
7				Luces altas
8				Luces bajas
9				Luces viraje
10				Luces retroceso
11				Luces frenos
12				Dirección vibraciones
13				Limpia parabrisas
14				Pértiga
15				Baliza

Figura 2. Listado de verificación de Unidades de carga, página 1. Fuente Elaboración propia.

La utilización del listado de registro es importante para la gestión administrativa, ya que la empresa no contaba con un formato específico que le permitiese tener un historial de mantenimiento, lo cual le permitirá la entrega de informes sobre los cambios realizados en las unidades de carga y transporte, este es de vital importancia en caso de rentar dichas unidades. Además de un mejor entendimiento de la información anotando cualquier anomalía observada en la unidad.

16	Vidrios delanteros				
17	Vidrios traseros				
18	Vidrios puertas				
19	Frenos hidráulicos				
20	Frenos aire				
21	Pérdidas Líquido/aire				
22	Sistema eléctrico				
23	Escape				
24	Bocina				
25	Alarma retroceso				
26	Neumáticos delanteros				
27	Neumáticos traseros				
28	Neumáticos (repuesto)				

MUY DEFICIENTE DEFICIENTE MEJORABLE

RESULTADO DE LA VALORACIÓN

	Muy deficiente	Deficiente	Mejorable	Correcta
Objetiva				
Subjetiva				

Figura 3. Listado de verificación de Unidades de carga, página 2. Fuente Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Con el análisis de resultados por su implementación se pueden integrar a las conclusiones, es importante destacar el valor significativo de realizar el mantenimiento preventivo en las diferentes unidades de carga y transporte; ya que como el nombre lo dice, previene que se detenga el proceso para poder brindar el servicio o en este caso, evitar aplazar las obras de construcción.

Si el mantenimiento preventivo se presenta con menor frecuencia en las unidades de carga y transporte, tiempo después cuando se requieran utilizar, presentarán fallas, con la necesidad de postergar la fecha de terminación de la obra, tuvo aceptación de acuerdo a los datos obtenidos a partir de la entrevista realizada a los operadores de dichas unidades.

Por otro lado, tomar en cuenta el punto de vista de los operadores, ya que son las personas que están en contacto directo, estos tienen un mejor entendimiento de los problemas y posibles soluciones que se le pueden asignar, su opinión es importante y el elaborar una retroalimentación sirve para encontrar el resultado más óptimo. El aspecto principal de esta investigación desarrollada son los beneficios del mantenimiento preventivo, siendo el principal, la entrega a tiempo de las obras de construcción y civiles. Otro punto importante es el disminuir probabilidades de que el equipo sufra algún daño, también se puede agendar el mantenimiento con tiempo, de modo que no se afecten las operaciones y reparar y/o controlar oportunamente los daños que pueda sufrir el equipo.

Como se mencionó anteriormente, el plan de mantenimiento abarca todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar daños en la maquinaria pesada. Para realizarlo es necesario llevar un control de las fechas en las que se implementa para evitar que los operadores o personas encargadas pasen por alto los tiempos establecidos para cada revisión. Se debe tener en cuenta, no solo las inspecciones visuales de posibles anomalías superficiales, sino aspectos como la medición de temperaturas, de aceite y obtener un estimado de tiempo máximo de funcionamiento de cada componente.

Algunas de las recomendaciones para una mejor orientación en actividades futuras sobre el proyecto de residencia realizado es el registro de cualquier cambio que se le realice a las unidades de carga y transporte, con los datos registrados resulta más fácil y entendible el porqué de alguna falla, todo esto se puede mejorar cada vez más, es en donde entra en acción la mejora continua que se mencionó en la propuesta del manual, cada vez se tiene que automatizar los procesos o en este caso los registros, existen softwares que para el éxito de una implantación una correcta formación de los distintos productos para asegurar que los usuarios tienen el conocimiento y las capacidades óptimas para sacar el mayor partido posible a nuestras soluciones. La implantación de las soluciones SIGMA le ayudará a optimizar los sistemas de gestión de su organización con el menor costo y en el menor tiempo posible.

Finalmente, durante el tiempo invertido para la realización de esta investigación, se adquirió experiencia profesional tanto como personal, ampliamente recomendando la convivencia directa con las personas a cargo de conducir las unidades de carga y transporte y con los encargados del mantenimiento, ya que son personas con mayor experiencia, un buen trato con estos conlleva a una excelente retroalimentación y ambas partes adquieren conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Cuerpo Académico de los Deptos. de Ing. Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, al Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán y a la empresa "Proyectos y Construcciones Civiles Mendieta S.A. de C.V." por las facilidades otorgadas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] T. Fontalvo Herrera, E. De La Hoz Granadillo y J. Morelos Gómez, «La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional.,» *Dimensión Empresarial*, pp. 47-60, 2017.

[2] E. Fernández Álvarez, «Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM,» *Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón*, 2018.

[3] O. García Palencia, «El Mantenimiento General,» *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.*, 2006.

[4] V. A. Hernández Cruz, «Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial No. 14.,» *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2010.

[5] K. Zandin, Maynard. *Manual del ingeniero Industrial Tomo 1*, Mc Graw Hill, 2006.

[6] *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*, «Normas Oficiales Mexicanas,» 26 10 2015. [En línea]. Available: <https://www.profeco.gob.mx/juridico/noms.asp>.

[7] *Secretaría de Trabajo y Prevención social.*, «Secretaría de Trabajo y Prevención social.,» 2012. [En línea]. Available: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>.

[8] E. Ortegón, J. F. Pacheco y A. Prieto, *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.*, Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2015.

[9] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, Ciudad de México: McGraw Hill, 2010.

[10]. *Envira*. (10 de 08 de 2020). *Eurofins*. Obtenido de *Metodología TPM: Mantenimiento Productivo Total*: <https://envira.es/es/metodologia-tpm-mantenimiento-productivo-total/>.



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Aspectos ingeniantes para lograr divulgación científica mediante redes sociales



Colaboración

Aarón López Roldán, Universidad Veracruzana, Xalapa; José Luis Marín Muñiz, Colegio de Veracruz; Sergio Aurelio Zamora Castro, Universidad Veracruzana, Boca del Río

Fecha de recepción: 27 de noviembre de 2021

Fecha de aceptación: 08 de diciembre de 2021

RESUMEN: El deterioro ambiental requiere de concientización, una forma de hacerlo es aprovechando las redes sociales (RRSS), por su gran auge. Este estudio analizó mediante revisión bibliográfica la importancia de las RS y su aprovechamiento como medio de difusión ambiental. Los datos fueron comparados y a partir de ello se establecieron criterios para diseñar elementos de apoyo digital educativo. Como hipótesis se esperó detectar escasa intervención educativa ambiental por RRSS y solo en ámbito escolar. Se reveló que estas se han utilizado en ámbito educativo, empresarial y otros sectores, para incentivar la participación sobre mejorar las condiciones ambientales, sin embargo, se requiere mayor uso y replicabilidad. Además de resaltar las ventajas/desventajas de su uso, se puntualizan los criterios necesarios al crear videos, audio o imágenes para divulgar, y destacan: duración del video, características de imágenes, uso de colores, sonidos y texto y RS más idóneas. Es importante mayor investigación y evaluación de impacto en estas áreas ante las diferentes problemáticas ambientales y usuarios.

PALABRAS CLAVE: Divulgación científica, educación ambiental, impacto educativo, redes sociales, video e imágenes divulgativas.

ABSTRACT: Environmental deterioration requires awareness, one way to do it is taking advantage of social networks (RRSS), due to its great boom. This study analyzed by means of a bibliographic review the importance of SR and its use as a means of environmental dissemination. The data were compared and from this we established some criteria to design elements of educational digital support. As a hypothesis, it was expected to detect little environmental educational intervention due to RS and only in the school environment. It was revealed that these have been used in education, business and other sectors, to encourage participation in improving environmental conditions, however, greater use and replicability is required. In addition to highlighting the advantages / disadvantages of its use, the necessary criteria are specified when creating videos, audio or images to disseminate, and stand out: duration of the video, image characteristics, use of colors, sounds and text and the most suitable RRSS. Further research and impact evaluation in these areas is important in light of the different environmental problems and users.

KEYWORDS: Educational impact, environmental education, scientific dissemination, social networks, video and informative images.

INTRODUCCIÓN

La educación ambiental (EA) es un proceso que consiste en crear sensibilidad ante las problemáticas ambientales, con un compromiso de mantener los recursos naturales para las generaciones futuras y caminar hacia la sostenibilidad de la vida, y en la formación en actividades armónicas frente al medio ambiente con participación de todos, y de igual manera, entendida como un proceso con acción educativa intencional para transformar habilidades y relaciones sociales para lograr sostenibilidad [1-2]. Tal proceso

ha favorecido cambios en bienestar del ambiente y los propios seres vivos, aunque de manera parsimoniosa. Algunos autores como [3] describen que para promover EA es necesario primero conocer sobre la población estudio, sus modos de vida, usos y costumbres/tradiciones y no llegar con la idea de ser solo quien conoce, sino también de aprender del conocimiento empírico de los habitantes del área de estudio. Además, mediante estudios de percepciones sobre el conocimiento y cuidado sobre temas ambientales se ha corroborado que los jóvenes son quienes en la mayoría, desconocen muchos de los servicios ambientales que los ecosistemas proveen y su importancia [3-4], en gran medida por la falta de integración de ellos con las actividades comunes en relación con los ecosistemas, comparando con lo que hacían las generaciones anteriores; donde los padres o abuelos tenían huertas, hortalizas o pesca en los humedales o en las zonas adyacentes a estos ecosistemas y su integración o trabajo en los mismos, era muy común, y por lo tanto, había una mayor apreciación de la importancia de los mismos. Por lo anterior, en la actualidad la repercusión para lograr concientizar y sensibilizar sobre mejoras en el ambiente y para mitigar los problemas como contaminación que las actividades antropogénicas han generado, deben realizarse involucrando estrategias sobre los usos más comunes por los jóvenes, como por ejemplo con el uso de las redes sociales, las cuales son definidas como lugares en internet donde las personas interactúan y comparten todo tipo de información con terceras personas (conocidos y desconocidos) y estas han marcado un hito en materia de difusión, pensado este como un proceso interactivo, cambiante y dinámico de manera sincrónica y asincrónica [5]. La expansión de las redes sociales a nivel mundial ha incrementado masivamente, tan solo de 2017 a 2021 ha aumentado casi en 26% (casi 0.9 miles de millones de personas) y se espera un incremento de otro 10% en tan solo 3 años más [6]. Por su parte, en México hay un registro cerca del 35% de los habitantes con acceso a internet, pero debilitado en el acercamiento de los jóvenes con la ciencia, ya que, aunque si hay un uso importante de las redes sociales, por ejemplo, de Facebook casi en 80% de los cibernautas, no revisadas para contenidos de difusión ambiental, en menor proporción también otras redes como Twitter, Tiktok, YouTube o Instagram también son utilizadas (aproximadamente en un 20% de la población) [7].

Dichas redes pueden servir como plataformas para promover estrategias educativas en beneficio del ambiente, y que en la mayoría de los casos son utilizadas más para compartir formas de baile, chistes y dinámicas que no están relacionadas con tópicos ambientales, sin embargo, lograr la atención de los jóvenes en estos temas de medio ambiente a través de tales medios, requiere de detalles y características que no cualquiera logra alcanzar y que no se describen en libros o investigaciones comúnmente, solo algunas recomendaciones pueden encontrarse en internet, en muchos casos sin formalidad o autoría.

Las RRSS más populares involucran Facebook, Twitter, Tiktok, YouTube o Instagram, por ejemplo, ya que son redes en auge que pueden servir como plataformas para promover estrategias educativas en beneficio del ambiente, y que en la mayoría de los casos son utilizadas más para compartir formas de baile, chistes y dinámicas que no están relacionadas con tópicos ambientales, sin embargo lograr la atención de los jóvenes en estos temas de medio ambiente a través de tales medios, requiere de detalles y características que no cualquiera logra alcanzar y que no se describen en libros o investigaciones comúnmente, solo algunas recomendaciones pueden encontrarse en internet, en muchos casos sin formalidad o autoría, por lo cual se derivaron las siguientes preguntas de investigación: a) ¿existen estudios que aborden educación ambiental mediante redes sociales? b) ¿hay criterios específicos para crear difusión científica ambiental mediante redes sociales? c) ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de redes sociales como medio de difusión científica ambiental? Para responder tales preguntas se estableció el siguiente objetivo: analizar antecedentes del uso de RRSS y su propósito para promover difusión ambiental, así como describir las ventajas y desventajas del uso de las mismas, y puntualizar en cuáles son las características específicas e ingenios a considerar al momento de utilizar RRSS y lograr impacto positivo y constante en beneficio del medio ambiente. Cumplir con el objetivo impactará de manera eficiente en contar con una guía detallada de como mejorar el uso de RS para promover EA de manera puntual y sencilla.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado con una metodología mixta, donde se mezclan lo cualitativo y cuantitativo, a partir de revisión bibliográfica mediante cuatro etapas. La primera etapa consistió en la búsqueda de literatura consultando textos científicos con las frases clave: educación ambiental, redes sociales, tecnologías de información y comunicación (TIC), y sobre medio ambiente sumado a redes sociales. Términos buscados solo en español en la red de revistas científicas de acceso abierto (www.redalyc.org). De acuerdo a la búsqueda solo se detectaron 10 trabajos de uso directo de RRSS para intervención educativa en temas de EA. La segunda etapa se basó en realizar un análisis horizontal de la información y se conjugaron con las experiencias de estudio aprendidas durante el uso de redes sociales para educar ambientalmente por parte de los autores. Dichos datos también fueron discutidos con otros autores expertos de áreas de TIC y EA.

La tercera etapa incluyó la construcción de los aspectos ingeniantes para realizar divulgación científica aprovechando las RRSS y esta se hizo a partir de estudios de caso observados, la experiencia de los autores y la observación en RRSS entre publicaciones en internet entre septiembre y noviembre 2021. La cuarta etapa consistió en contabilizar los estudios de caso y presentarlos en Tablas, así como describir las ventajas y

desventajas del uso de las RRSS para tópicos de EA. De la misma manera en esta etapa se contabilizaron y organizaron los aspectos ingeniantes a sugerir ante la creación de material educativo de divulgación científica sobre EA por RRSS.

RESULTADOS

Importancia de educación ambiental a través de redes sociales

El acceso de los individuos para obtener información de toda índole en la actualidad, es cada vez más veloz gracias a las redes sociales. Lo importante es a su vez, convertir tales redes en conocimiento y cambios de actitud para promover colaboración participativa para mejorar las condiciones ambientales. Es decir, usar las redes sociales como un medio de difusión de contenidos que faciliten la formación y comprensión del quehacer en beneficio del ambiente, sus ecosistemas y formar una mejor cultura del aprovechamiento de los recursos naturales, para encaminar hacia la sustentabilidad.

Hay algunos estudios que abordan tópicos de educación ambiental a través de las redes sociales (Tabla 1).

Las diversas plataformas pueden ser usadas como divulgadoras de información, Twitter por ejemplo, fue una red social usada para compartir información referente a educación ambiental con el fin de concientizar a los usuarios, el recibimiento de esta estrategia fue aceptada y con el paso de las semanas diversos individuos fueron integrándose y participando con el objetivo de compartir contenido de tal índole [8], otro autor como Villafuente [9], menciona el impacto que tuvo en los jóvenes con relación al uso de Facebook y WhatsApp como evidencia de iniciativas de reciclaje y reflexión de cambio climático, dentro de sus múltiples usos hubo intercambio de fotografías sobre lo que sucede en el entorno de los usuarios tanto positivo, como negativo referente a cuestiones ambientales; los jóvenes generaron posibles soluciones y recomendaciones ante las problemáticas presentadas, y lo más importante, se logró entrelazar a los usuarios entre sentirse parte del problema, pero también parte de la solución.

Castelló [10] mediante Facebook analizó que las personas están interesadas en cuestiones ambientales, usando palabras clave relacionadas con medio ambiente encontró 105 grupos/páginas sumando en conjunto más de 8,5 millones de usuarios no únicamente estudiantes, sino también empresarios, amas de casa, trabajadores, etc., los cuales tuvieron como iniciativa coadyuvar a un desarrollo sostenible realizando prácticas donde se beneficien sus entornos ambientales y ellos mismos, mediante esta red social los usuarios se comparten diversos tipos de formatos como videos y fotos donde interactúan a través de comentarios retroalimentando para un bien en común.

En general los autores de la Tabla 1 hacen mención de diversos procesos que realizaron para generar divulgación mediante RRSS en ámbitos ambientales, la educación se puede apoyar de estas debido a que son elementos muy usados por las personas, la adherencia de las plataformas digitales a las personas cada vez es más evidente y por lo tanto hay que aprovecharlas.

Hablando específicamente de las plataformas o aplicaciones a aprovechar, el uso de Twitter es un ejemplo, la plataforma permite que el usuario interactúe de diversas formas, principalmente usada para informar, no es común ver que usen esta red social para divulgar información mediante videos, normalmente es usada para texto y en estos post se interactúa con comentarios, pero sin duda podría aprovecharse como una estrategia de enseñanza-aprendizaje digital para foros virtuales. En el caso de que mediante esta red se incluyan videos, suelen ser muy cortos (aproximadamente un minuto). Las fotografías/imágenes también pueden ser un medio por el cual se transmitan conocimientos y esta red social lo permite, una de las funciones muy prácticas con la que cuenta la plataforma es que se pueda responder alguna publicación con otra imagen, texto o hasta una imagen en movimiento (GIF). El uso de mensajes privados mediante usuarios es permitido en esta red social, por lo tanto, es común que esta RS se pueda utilizar para diversas cuestiones públicas, es decir, que los comentarios estén disponibles para todos; o privados esto quiere decir que algunos mensajes únicamente los pueda ver un destinatario u otros individuos, pero estos deben estar habilitados para poder ver estos mensajes.

Por otro lado, WhatsApp es una red social similar, es usada principalmente para informar a través de mensajes (texto) y actualmente permite audios, estos formatos pueden ser de dos maneras, una es que el emisor grabe el audio y de esta manera sea enviado, por otro lado, hay la posibilidad de que se envíe algún audio pregrabado. Esta red social también hace uso de videos, los archivos de video deben ser de una duración corta debido a que la plataforma no soporta grandes pesos por archivo, el uso de videos por tal aplicación sería más bien como un medio para compartir información de forma fácil y sencilla, la gran utilidad de WhatsApp es que los comentarios pueden ser retroalimentados de una manera muy sencilla por los diversos asistentes (integrantes de un grupo de la plataforma) o también pueden ser retroalimentados por una sola persona, es decir, cuando únicamente se envía algún contenido de manera individual. La red social es un área de aprovechamiento, ya que permite hacer publicaciones a través de una opción que lleva por nombre: estados, en esta área los usuarios pueden publicar imágenes, videos de máximo 30 segundos, texto y links de páginas para poder guiar a los otros individuos a otros sitios dentro de la nube. Las imágenes pueden ser colocadas en los estados o mandarse directamente en los chats, estas son muy útiles para contenidos de divulgación.

Por otro lado, Facebook como red social, es una red que permite que se posteen diversos formatos, es más utilizada que otras, de igual manera la forma de interacción y manejo por los usuarios es más deductiva que otras, por lo tanto, las personas se sienten más cómodas en esta red social. En esta plataforma son permitidos mensajes, comentarios, videos, audios, imágenes, gifs, reacciones, emoticones, etc. Al tener todas estas opciones al alcance provoca que los usuarios puedan interactuar de diversas maneras, así mismo hace que los usuarios no se ausenten por mucho tiempo ante las posibles notificaciones, ya que, esta aplicación notifica normalmente el más mínimo clic que haga otro usuario dentro de alguna publicación donde se haya realizado algo anteriormente. La educación ambiental no únicamente va dirigida a los estudiantes, sino también a trabajadores, maestros, empresarios, ciber-activistas, entre otros tipos de usuarios, así que esta red tan popular, es una opción idónea para aprovechar tanto publicando videos, como imágenes y canciones u otros audios con idea de divulgar la ciencia.

Un aspecto de esta red social no tan positivo es que la creación de perfiles es muy sencilla de realizar y por lo tanto hay muchos usuarios que no necesariamente son quienes logran observar en los perfiles, la información que proviene de estos individuos no es tan verídica y de dudosa procedencia, ya que cualquier persona puede realizar contenido para redes sociales.

YouTube es una plataforma digital que se caracteriza por el uso de videos, normalmente aquí se observan y analizan, en tal medio los comentarios se realizan en la única sección disponible para interactuar que es una sección abajo del video a través de texto, la plataforma no permite mensajes privados, los comentarios se pueden realizar únicamente si el propietario habilita tal opción, la importancia de esta red es que pueden ser desde videos cortos de minutos o hasta horas, aprovechado de manera correcta es un medio importante para divulgar videos, series o películas completas que aborden temas de interés divulgativo.

En la Tabla 1 se analizan algunos estudios que han abordado tales plataformas o aplicaciones para promover temas de carácter divulgativo con énfasis en temas de medio ambiente tanto para niños, jóvenes y adultos en diferentes sectores que incluyen los educativos y empresariales. De igual manera se resalta la intención de los estudios para generar cambios de actitud, sensibilización, concientización y generación de nuevos conocimientos. En dicha tabla se demuestra como el uso de las redes sociales ha empezado a ser una opción para la divulgación de temas de medio ambiente, aunque los casos aún son muy pocos. Este estudio resalta que al mostrar tales antecedentes se deja claro su utilidad, solo es necesario saber captar la atención de los demás en la forma de presentar los videos, audios o imágenes.

Tabla 1. Estudios de redes sociales para fomentar educación ambiental

Red social	Tópico de EA	Grupo de estudio	Cita
Twitter	Frenar la crisis ambiental y alcanzar transición ecológica.	16 Ciber-activistas.	[5]
Facebook, YouTube y WhatsApp.	Actitudes actuales ante el cambio climático.	340 estudiantes universidad	[6]
Facebook	Sensibilizar sobre medio ambiente.	10 empresas	[7]
Facebook	Educación para el desarrollo sostenible	60 estudiantes y 3 docentes.	[8]
Facebook	Sensibilización y concientización Ambiental	estudiantes y docentes. 32 usuarios.	[9]
Facebook, Youtube, Twitter y LinkedIn	Conocimiento y actitud sobre conciencia ambiental.	estudiantes, amas de casa y trabajadores. 400 usuarios.	[10]
Facebook	Medio ambiente	35 alumnos	[11]

Fuente Elaboración propia, basada en los autores citados en la Tabla.

Con el uso de redes sociales se innova la educación ambiental mediante la generación de espacios virtuales que mejoran el aprendizaje significativo, la colaboración colectiva y se fortalecen las actitudes de resiliencia ante los efectos del cambio climático, y aunque se ha venido describiendo, la importancia del uso de las redes sociales ante su popularidad, también es importante señalar no solo sus ventajas, sino también algunas posibles desventajas de su uso, o consideraciones a tomar en cuenta al momento de querer promover educación ambiental por redes sociales, como las descritas en la Tabla 2.

Aprovechar las interrelaciones humanas que han creado las redes sociales entre los propios individuos, las instituciones y dependencias tanto gubernamentales o no, es un fenómeno que no se debe pasar por alto, por ello la creación de videos, imágenes o audio para publicar por redes o aplicaciones sociales debe ser creada a detalle y con cautela, siempre focalizando los temas a tratar de manera puntual sin salir del contexto, considerando lo concreto y preciso de la información a utilizar y esta mis-

ma información sin lenguajes tecnicados, si el público es generalizado. Cuando el público objetivo es infantil, aún con mayor cuidado se debe considerar el vocabulario, ya que ellos lo deben entender y no generar mayores dudas de la información por palabras o frases poco comunes o tecnicadas. El manejo de colores y luces adecuadas a la hora de crear videos o imágenes, no debe pasarse por alto. Tonalidades claras de luz y colores contrastantes entre vestuarios, fondos y texto deben considerarse. Así mismo, la información en texto a implementar siempre debe ser clara y concisa y en tamaños que no oculten otras imágenes importantes o a los propios personajes de algún video, estos y otros criterios a considerar se resaltan en la Figura 1, donde también se puede observar como muchos de los criterios se comparten, si lo que se desea publicar es una imagen, video o audio, por ello el interés de recalcarlo y tomarlo en cuenta.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas del uso de redes sociales para educación ambiental

Ventajas	Desventajas
-Permite interacción entre usuarios, facilitando diálogo y aprendizaje común.	-Falta de capacitación y formación.
-Se puede controlar la información.	-Desconocimiento sobre uso de programas para diseño de elementos digitales.
-Son un espacio apropiado para educación formal e informal.	-Ausencia de dispositivos digitales
-Apoyo en difusión, promoción y enseñanza de la EA.	-Sociedad no alfabetizada informáticamente
-Permite relacionarte con otros actores sociales (personas o entidades) sincrónica y asincrónicamente, y compartir variada información (textos, fotografías, videos, enlaces a otras páginas web, etc.).	-Tecno-fobia.
-Son un recurso viable económicamente contando con algún dispositivo móvil.	-Aversión al uso de la tecnología.
-Permiten realizar un seguimiento rápido en los temas de interés.	-No todas las redes manejan el mismo límite de texto ni de tiempo en videos.
-Favorecen un alcance amplio y rápido.	-Manejo de la privacidad digital como usuario
-Facilitan visualizar el impacto.	-Falta de seguridad entre los perfiles/usuarios.

Fuente Adaptado de [9, 15 y 16]

Para la realización de un archivo de audio enfocado a EA es importante que su duración no sea mayor a 120 segundos (punto 1) debido a que si los audios son extensos pueden ocasionar desinterés a quien este escuchando, este mismo caso se aplica para la duración de un video. La fonética (punto 2) debe ser muy entendible y con un volumen de voz alto para que los espectadores logren entender las palabras de una manera sencilla y no generar confusiones de entendimiento, esto también aplica en videos. El punto 3 es muy importante debido a que la música de fondo únicamente es un acompañamiento de la voz del interlocutor como estrategia de retención de espectador, es decir, si le interesa la temática al mismo tiempo que la música de fondo, es más probable que el contenido lo concluya, es un elemento que lo comparten el audio y el video por sus características de diseño. El lenguaje no técnico (punto 4) es necesario debido a que en la divulgación científica no todos los usuarios entenderán algunas palabras, por lo tanto, se sugiere que sea un vocabulario de fácil entendimiento para la sociedad en general y no únicamente para algunos sectores, ya que las redes sociales son usadas por diversos grupos sociales, es un aspecto que lo comparten tanto la imagen, como el audio y también video. El punto 5 es necesario para acortar tiempos y no tener como resultado una imagen con mucho texto o en cuestión de audio y video muchos minutos de reproducción. Anteriormente se mencionan aspectos que comparten audio y video principalmente debido a su propia exigencia como estructura, a continuación, se presentan características que comparten únicamente la imagen y video; la importancia de palabras clave u oraciones se relaciona directamente con lo pesado que suelen ser los contenidos de divulgación científica debido a los grandes textos que usan en RRSS. Los usuarios buscan contenidos sintetizados debido a que de esta forma la información es mejor de digerir. La fuente y tamaño de letra dentro de los videos e imágenes siempre debe ser configurada con 2 características principales, una que sea fácil de leer y la segunda pensada con un tamaño apropiado para la vista, ya que no debe ser muy chica. Los fondos lisos (punto 8) son mejores para que sea más fácil la adición de imágenes, texto u otros objetos. En el punto 9 se habla de una armonía de colores y esto es para que visualmente se tenga una mejor experiencia como espectador. En el punto 10 al hacer hincapié a las imágenes visibles se hace referencia a las fotografías, figuras, objetos etc. Donde estos elementos de acompañamiento deben ser visualmente de calidad o por lo menos que cumplan con la función principal de no estar muy pixelados.

Del punto 4 al 10 de la Figura 1 son elementos que comparten la imagen y el video por su tipo de estructura y formato ante las RRSS, del punto 1 al punto 5 son características que tienen tanto el audio con el video, esto es debido a que en estos archivos digitales se comparten el canal auditivo. Las únicas características que comparten los audios, imágenes y los videos son los puntos 4 y 5, ya que para hacer divulgación científica de educación ambiental mediante RRSS estos criterios son muy im-

portantes, es lo que hace que un multimedia tenga mayor éxito en su publicación y desarrollo en plataformas, que no divague, sea rápido y entendible. El video es el único archivo que contiene todos los puntos porque en conjunto es una imagen y un audio fusionados, teniendo como punto extra que el interlocutor debe estar en colores contrastantes, si es que aparece dentro del video, esto es debido a que sino existe un contraste la persona se podría perder dentro del audiovisual, y por el contrario, lo que se quiere es que este resalte.

al respecto, algunos autores [17 y 18] han promovido el aprovechamiento de los juegos populares o creación de nuevos juegos para promover educación ambiental y llamándolos “aprender jugando”, si tales juegos los aprovechamos como muestra mediante videos y compartiéndolos en redes sociales como las descritas, se puede lograr un mayor beneficio, siempre recordando tomar en cuenta el público al que está dirigido, principalmente en cuanto edad. Los mismos autores describen que hacer y conocer de forma artística es una opción idónea para sensibilizar y concientizar, tomando siempre en cuenta las actividades a realizar, incluso manipulando la realidad, así como considerar los medios con lenguaje y formas como las descritas previamente. De igual manera se resalta que el proceso para hacerlo, toma lugar a través de la imaginación y hasta llevando a cabo experimentos por medio de acciones concretas. El saber artístico facilitará recrear la imaginación y crear significados simbólicos unificando el ser, hacer, conocer, pensar y sentir. Todo lo anterior, estimula el uso de todas las experiencias de la vida y a su vez, estimular la perplejidad, sorpresa, confusión e imaginación.



Lo anterior descrito se puede tomar en cuenta a la hora de querer ser creativos para desarrollar videos, imágenes o audios con carácter de difusión científica y considerando también los aspectos descritos en las Tablas y figuras de este documento, será más fácil como guía enfocar y desarrollar el material de divulgación, sin embargo, habrá que delimitar a quien será dirigido, principalmente si son temas para abordar con niños, adolescentes o público en general, ya que resulta como una nueva estrategia de aprendizaje, pero mediante las redes sociales. No usemos las redes sociales solo para hacer bromas o bailar “las redes sociales fluyen e influyen, no seas solo un espectador, sé un divulgador de la ciencia, siendo el mejor creador”.

CONCLUSIONES

El uso de redes sociales para divulgar la ciencia es una opción detonante en la actualidad. Su practicidad, rapidez de uso y difusión y no requerir altos costos para hacerlo, son algunas de sus ventajas. El ingenio para hacerlo bien, ganar seguidores y con ello acelerar la divulgación y permear en la sensibilidad para divulgar la ciencia, requiere entre otros aspectos relevantes, focalizar los temas a tratar, hacer buen contraste de luces, colores, imágenes, tonos de voz correctos y lenguajes no tecnicados. El uso de tales medios para divulgar temas de mejor cultura de aprovechamiento de los recursos naturales debe ser cada vez más popular y con ello encaminar a la sustentabilidad. Estudios nuevos sobre el impacto de las redes sociales en la sensibilización ambiental también son necesarios y con ello realizar mejoras en la forma de intervención y difusión. Cabe resaltar también que además de tomar en cuenta los aspectos ingeniantes propuestos para la creación de material de difusión científica de EA mediante redes sociales, sugerimos que estudios futuros analicen posibles cambios en

Figura 1. Criterios ingeniantes para usar audio, imagen y video en redes sociales como medios de educación ambiental. Fuente Elaboración propia.

Aprovechar los medios existentes como las redes sociales para hacer educación ambiental, no debe estar desligado de cuestiones pedagógicas en la forma de educar de manera informal mediante tales medios,

los mapas curriculares tanto de nivel básico, medio superior y superior, agregando temas ambientales y hasta de modos y formas de uso de las RRSS para divulgar la ciencia. Y a su vez evaluar el impacto de tales cambios en la comprensión de los temas y el uso sustentable de los recursos, esto sin importar si se refiere a instituciones públicas o privadas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Veracruzana y El Colegio de Veracruz por ser las instituciones de formación y trabajo de los autores, por el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Cuéllar, F. y Méndez, P. (2006). *Concepciones sobre educación ambiental de docentes de programas de licenciatura en educación ambiental o afines [versión electrónica]*. *Hallazgos*, 6, 183-204.

[2] De la Peña, G. y Vincés, M. (2020, Mayo- Agosto). *Acercamiento a la conceptualización de la educación ambiental para el desarrollo sostenible*. *Revista Cubana de Educación Superior* 39(2). Consultada el 13 de octubre de 2021, <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v39n2/0257-4314-rces-39-02-e18.pdf>.

[3] Marín-Muñiz, J.L. y Hernández, M.E. (2016). *Actividades de habitantes de Monte Gordo, Veracruz, como factor en cambios de percepción sobre humedales y fenómenos naturales [versión electrónica]*. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 1(2), 13-23.

[4] Marín-Muñiz J.L., Hernández, M.E., Silva, E. y Moreno-Casasola P. (2016). *Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. [versión electrónica]*. *Madera y Bosques*, 22(1), 53-69.

[5] Hüft, H. (2012). *Las redes sociales: una nueva herramienta de difusión [versión electrónica]* *Reflexiones*, 91(2), 121-128.

[6] Fernández, R. (2021). *Número de usuarios mensuales de redes sociales a nivel mundial entre 2016 y 2024*. Obtenida el 07 de diciembre de 2021, de la página electrónica: <https://es.statista.com/estadisticas/512920/numero-mundial-usuarios-redes-sociales/>.

[7] Camacho, C. (2014). *Importancia e impacto de las redes sociales en la divulgación científica*. Obtenida el 07 de diciembre de 2021, de la página electrónica: https://www.researchgate.net/publication/275022309_Importancia_e_Impacto_De_Las_Red_Sociales_En_La_Divulgacion_Cientifica.

[8] Calvo, S., Ferreras, J., y Rodrigo-Cano, D. (2020). *La Educación Ambiental en las redes socia-*

les: #EA26 [versión electrónica]. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(1), 1301.

[9] Villafuente, J. (2019). *Redes sociales como espacio de reflexión y acción resiliente ante el cambio climático [versión electrónica]*. *Humanidades Médicas*, 19(3), 443-465.

[10] Castelló, A. (2010) *La sensibilización medio ambiental en redes sociales online. [versión electrónica]*. *Fisec-Estrategias*, 5(13), 23-47.

[11] Badillo, M., y Ezequiel, M. (2012) *Propuesta de comunicación y educación ambiental a través del Facebook y el uso de narrativas digitales. [versión electrónica]*. *Entramado*, 8(1), 128-139.

[12] Osorno, V. (2013) *Las redes sociales como herramienta para la educación ambiental*. *Revista de Tecnología*, [versión electrónica]. 12(1), 55-65.

[13] Álvarez, T. (2018). *Influencia de los medios sociales en la formación de conciencia ambiental en Arequipa Metropolitana*. Tesis de licenciatura en Ciencias de la Comunicación, universidad nacional de San Agustín de Arequipa. Consultada el 13 de octubre de 2021, <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8099/CCalgatj2.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

[14] Galindo, L. (2015, Enero-Junio). *La educación ambiental en la virtualidad: un acercamiento al estado del arte*. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 5(10). Consultada el 20 de octubre de 2021, <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/195/860>.

[15] Guzmán, J., y López, E. (2019). *Redes sociales y su utilidad en la educación ambiental promoción y divulgación informal [versión electrónica]*. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación Horizontales*, 3(12), 249 - 266.

[16] Conama. (2010) *Congreso nacional del medio ambiente*. Consultado el 13 de octubre de 2021. <http://www.conama10.vsf.es/download/bancorecursos/GT-7.pdf>.

[17] Dieleman, H., Y Juárez-Nájera M. (2008). *¿Cómo se puede diseñar educación para la sustentabilidad? [versión electrónica]*. *Revista internacional de Contaminación Ambiental*, 24(3), 131-147.

[18] Dieleman H., y Huisingsh D. (2006). *Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability [versión electrónica]*. *Journal of Cleaner Production*, 14(9-11), 837-847.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Actividad de pretratamientos y enzimáticos químicos en residuos de higuera (Ricinus communis) para la producción de biogás

RESUMEN: *Ricinus communis* es una planta que tiene diversas aplicaciones en biocombustibles, tal como producción de biodiésel, pellets y etanol, pero existen pocos estudios con esta planta para la producción de biogás. Este proyecto analizó las hojas y tallos de higuera para la producción de biogás. Analizando los efectos de temperatura y pretratamientos para eliminar lignina, hidrolizar la hemicelulosa y reducir la cristalinidad de la celulosa contenidas en esta planta, Evaluando 4 tratamientos, 2 enzimáticos (celulasa y celobiohidrolasa) y 2 químicos (NaOH y HCl), además se dejó un control con únicamente residuos de higuera, con la finalidad de determinar su efecto en el rendimiento de producción. El experimento se realizó en dos procesos de digestión anaerobia (DA), uno a temperatura controlada (37 °C) y otro a temperatura ambiente, ambos experimentos se realizaron durante un periodo de 55 días.

Los resultados obtenidos mostraron que los residuos tratados con enzima celobiohidrolasa a temperatura controlada (37 °C) arrojaron el mayor rendimiento de producción, mientras que a temperatura ambiente el que mayor producción obtuvo fue el tratado con NaOH. El tratamiento a 37 °C que muestra menor rendimiento es el tratado con celulasa, y a temperatura ambiente, el menor rendimiento fue tratado con enzima celobiohidrolasa.

PALABRAS CLAVE: Biogás, *ricinus communis*, pretratamientos, digestión anaerobia.



Colaboración

Diana Laura Quezada Morales; Miguel Angel Ramos López; Francisco de Moure Flores, Juan Campos Guillen; Jorge Noel Gracida Rodríguez, Universidad Autónoma de Querétaro

Fecha de recepción: 25 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 13 de diciembre del 2021

ABSTRACT: *Ricinus communis* is a plant with various applications in biofuels, such as the production of biodiesel, pellets and ethanol, but there are few studies with this plant for the production of biogas. This project analyzed castor leaves and stems for biogas production. Analyzing the effects of temperature and pretreatments to eliminate lignin, hydrolyze the hemicellulase and reduce the cellulase crystallinity contained in this plant, Evaluating 4 treatments, 2 enzymatic (cellulase and cellobiohydrolase) and 2 chemical (NaOH and HCl), in addition a control with only castor residues, in order to determine effects on yield production. The experiment was carried out in two anaerobic digestion (AD) processes, one at a controlled temperature (37 °C) and the other at room temperature, both experiments were carried out for a period of 55 days.

The results obtained showed that the residues treated with cellobiohydrolase enzyme at a controlled temperature (37 °C) they showed the highest production yield, while at room temperature the one with the highest production was the one treated with NaOH. The treatment at 37 °C that shows the lowest yield is the treated with cellulase, and at room temperature, the lowest yield was treated with cellobiohydrolase enzyme.

KEYWORDS: Biogas, *ricinus communis*, pretreatments, anaerobic digestion.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales, aunados a la dependencia de combustibles fósiles, han llevado al desarrollo de alternativas sustentables como la generación de biocombustibles [1]. En este sentido, la biomasa, es una de las fuentes para la generación de energías renovables más importantes debido a que es materia lignocelulósica, la cual contiene en su mayoría celulosa (32-45%), hemicelulosa (19-25%) y lignina (14-26%), compuestos orgánicos usados para procesos químicos y generación de energía [2].

Los recursos obtenidos de biomasa son fácilmente degradables, es decir, azúcares y materiales con almidón pueden llevar a la producción de biogás [3], considerando a la biomasa lignocelulósica como un recurso económico y rico, para la producción de biogás [4]. Las caracte-

rísticas hemicelulósicas se pueden encontrar en especies vegetales como la higuera, la cual es un matorral perenne perteneciente a la familia Euphorbiaceae originaria de África [5], que contiene celulosa, hemicelulosa y lignina en un 38.4%, 22.4 % y 20.2%, respectivamente [2].

Aunque los materiales lignocelulósicos tienen una cantidad considerable de carbohidratos, que pueden convertirse en biogás, su estructura recalcitrante es un obstáculo en su conversión directa [6]. Por tanto, un proceso de pretratamiento es una etapa fundamental necesaria para reducir la recalcitración de los materiales, es decir, reducir la cristalinidad de la celulosa, aumentar el área de superficie accesible y eliminar la lignina y la hemicelulosa [7,8], para alterar la estructura de los materiales lignocelulósicos, los pretratamientos incluyen métodos físicos, químicos, fisicoquímicos y biológicos [3]. El pretratamiento alcalino con hidróxido de sodio es uno de los procesos químicos más efectivos, que puede mejorar el rendimiento de producción de biogás a partir de lignocelulosas [3], por otra parte se han realizado tratamientos con ácido clorhídrico en paja de avena y encontraron que el 85.5% del contenido de hemicelulosa en la paja de avena se hidrolizó aunque también ocurrió hidrolizado en la celulosa [9], por otra parte, se encontró aumento de metano del 18% en el bagazo de caña tratado con ácido sulfúrico en comparación con el no tratado [10], el manejo de enzimas ha sido muy usado en hidrolización de la materia orgánica para la producción de biogás, ejemplo de ello es la obtención de 13% más biogás en el pretratamiento con enzimas en pulpa de remolacha azucarera en comparación con la no tratada [11], de igual manera, en otro estudio realizado, haciendo uso de hidrolizado de enzimas, obtuvieron 96.8% de solubilización de hemicelulosa y el 42.2% de lignina en la paja de avena [9].

La producción de biogás después del pretratamiento, el sustrato se somete a digestión anaerobia, con el cual se produce metano (CH₄) en ausencia de oxígeno (O₂) [12]. En este proyecto se analizó el potencial para la producción de biogás a partir de residuos (hojas y tallos) de *Ricinus communis*. Adicionalmente, se corroboró el efecto de pretratamientos, temperatura y humedad realizados sobre esta biomasa, y el impacto de éstos sobre la eficiencia en la producción de biogás.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sustrato.

Se trabajó con las partes aéreas de *Ricinus communis* (hojas y tallos), denominada paja; el material vegetal se obtuvo de un plantío ubicado en Corregidora, Qro., México (20°31'40.1" latitud N 100°25'42.7" longitud O), la planta se manipuló en estado húmedo (recién cortada).

Aplicación de pretratamientos

Los residuos se sometieron a pretratamiento físico al cortar y triturar en una licuadora doméstica y consecutivamente se tamizaron para dejar un tamaño de partícula de hasta 2 mm esto con el fin de mejorar el

rendimiento de metano de la biomasa lignocelulósica, posteriormente se les aplicaron cuatro diferentes pretratamientos: dos enzimáticos (celobiohidrolasa y celulasa), uno alcalino (NaOH), y uno ácido (HCl), los cuales se aplicaron dentro de la etapa de hidrólisis, además de dejar un control (sustrato sin pretratamiento). Los pretratamientos enzimáticos definen un tiempo y una temperatura adecuadas para la activación de la enzima sin ser abrasivos para ellas, el tratamiento alcalino no requiere de calor, ya que al ser aplicado genera una reacción exotérmica, sin embargo, el tratamiento ácido se debe mantener a una temperatura adecuada para la ruptura de la lignina pero sin mantener el sustrato mucho tiempo con ese nivel de pH ya que destruiría completamente la planta, por estos motivos, en la Tabla 1 se muestran los parámetros aplicados a cada uno de los pretratamientos, donde antes de ser sometidos a DA se neutralizó el pH usando NaOH o HCl 2 M.

Tabla 1. Pretratamientos realizados a *Ricinus communis*.

Pretratamiento	Tiempo [h]	Temperatura [°C]
Sin tratar	0	Ambiente
Enzima celobiohidrolasa, extraída de <i>Hipocrea jecorina</i> (0.1 % p/v)	18	60
Enzima celulasa extraído de <i>Trichoderma longibrachiaum</i> (al 0.5 % p/p)	18	60
NaOH (al 4 % p/p)	24	Ambiente
HCl (al 4 % p/v)	2	80

Fuente Elaboración propia

Análisis fisicoquímicos

La determinación de sólidos totales (ST) sólidos volátiles (SV), sólidos fijos (SF), se caracterizaron de acuerdo con métodos APHA [13], los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) se determinaron midiendo la cantidad de oxidante consumido por el método fotométrico de Boyles [14], mientras que la cuantificación de azúcares se realizó mediante el método ácido sulfúrico y fenol [15], donde se pueden medir azúcares totales, para esta investigación se midieron únicamente hexosas por medio de espectrofotometría UV a 490 nm.

Proceso de digestión anaerobia

Los procesos de digestión se llevaron a cabo con 4% de ST. Los experimentos se realizaron por triplicado en reactores tipo batch de 120 mL. Se dejó un volumen de cabeza de 40 mL y se trabajó con un volumen de 80 mL, de los cuales se inocularon al 20% con inóculo de un biodigestor que opera con excreta vacuna. Todos los biorreactores se sellaron herméticamente. Los ex-

perimentos se llevaron a cabo a 37°C, y a temperatura ambiente, además, se realizó medición de biogás diariamente a través de desplazamiento volumétrico por un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 55 días.

RESULTADOS

Para la evaluación del efecto de los pretratamientos se observó el cambio en las estructuras físicas de los sustratos, los cuales se muestran en la Figura 1, las capturas se realizaron en un microscopio biológico binocular de la marca VELAB VE-B0, empleando el objetivo 40X re-tráctil; ya que el objetivo principal de los pretratamientos es convertir la estructura compleja del material de alimentación en una forma más simple para mejorar la velocidad de reacción y reducir el tiempo de hidrólisis e investigar los cambios en la estructura microscópica de los residuos después del pretratamiento.

La presencia de fibras de celulosa organizadas y cristalinas es uno de los obstáculos más importantes con respecto a la digestibilidad de los materiales lignocelulósicos [16]. Esta estructura organizada se puede ver para los residuos sin tratar (Figura 1 a), sin embargo, al realizar los pretratamientos (Figura 1 b-e), se puede observar una modificación morfológica significativa, lo que podría significar alimento digerible para las bacterias metanogénicas en la DA [17].

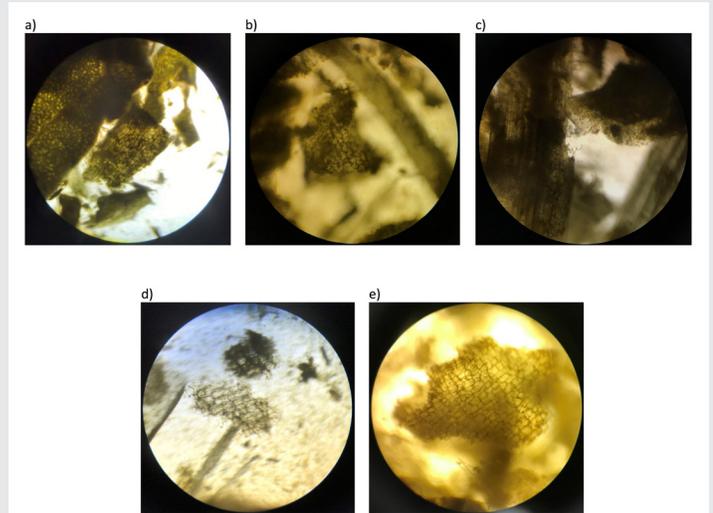


Figura 1. Micrografía 40X de las partes aéreas húmedas de *Ricinus communis* después de los pretratamientos. a) Sin tratar; b) Tratado con NaOH; c) Tratado con enzima celulasa (*Trichoderma l.*); d) Tratado con enzima celobiohidrolasa (*Hypocrea j.*); e) Tratado con HCl.

Fuente Elaboración propia.

En cuanto a los análisis fisicoquímicos fueron determinados antes (Tabla 2) y después (Tabla 3) de la realización de los pretratamientos, en la Tabla 2 se observa el porcentaje de humedad, ST, SF y SV obtenidos del sustrato en base seca, con el fin de someter la materia prima a un 4% de ST y así conocer el rendimiento de biogás, mientras que en la Tabla 3 señala los gramos

por litro de ST y SV contenidos en las muestras con y sin pretratamiento, en ella se observa que dos de los 4 pretratamientos aumentaron sus concentraciones de ST, estos fueron los pretratados con NaOH y celulasa con un 66% y 251% respectivamente, mientras que el tratado con celobiohidrolasa disminuyó en 60% y el tratado con HCl no presentó cambio, por otra parte, en relación a su contenido de SV, dos pretratamientos mostraron aumento y dos disminución en sus concentraciones, el tratado con NaOH y celulasa, aumentaron en 73 y 264% respectivamente, mientras que los tratados con celobiohidrolasa y HCl disminuyeron sus concentraciones en 65 y 35%. Un estudio realizado por Şenol et al. [18] evaluaron las concentraciones de ST y SV para pretratamientos con ácido sulfúrico al 5% (v/v) y alcalino a 3N con NaOH, a la pulpa de la remolacha azucarera, en donde observaron disminuciones en las concentraciones con relación a la remolacha sin tratar, encontrando disminuciones de 25% y 22.73% de ST y SV para el tratamiento alcalino, mientras que para la remolacha tratada con H₂SO₄ obtuvieron disminuciones de 22% y 14.78% de ST y SV respectivamente, por lo que en comparación con esta investigación, el tratamiento ácido presentó disminuciones en los SV y estabilidad en los ST, sin embargo, si se logró aumentar las concentraciones de ST y SV para el tratamiento alcalino, debido al aumento en la concentración de ST y SV para los tratamientos ácido y alcalino, los aumentos en las concentraciones de ST y SV con pretratamientos, de acuerdo a Moreno [19] denotan que pueden ser convertidos a metano. El estudio realizado por Passos et al. [20] donde aplicaron un tratamiento enzimático con celulasas a una comunidad mixta de microalgas para la producción de biogás, encontraron que la concentración de SV aumentó en 5324.68 % para las algas pretratadas con enzimas, el aumento en las concentraciones de SV realizando pretratamiento con celulasa para las partes aéreas de *R. communis* también se vio reflejado.

Tabla 2 Caracterización del sustrato en base seca.

Humedad (%)	Sólidos Totales (ST %)	Sólidos Volátiles (SV %)	Sólidos Fijos (SF %)
73.47±0.36	26.53±0.36	23.1±0.27	3.44±0.09

Fuente Elaboración propia

Tabla 3. Determinación de ST y SV de *R. communis* con y sin pretratamiento.

Tratamiento	ST (g L ⁻¹)	SV (g L ⁻¹)
Sin tratar	96	91
NaOH	159	157
Celulasa	337	331
Celobiohidrolasa	38	32
HCl	96	59

Fuente Elaboración propia

Las concentraciones de hexosas y DQO contenidas con y sin pretratamientos se muestran en la Tabla 4, en ella se puede apreciar que al realizar pretratamientos, se aumentaron la concentración de hexosas en 1.09, 2.87, 1.23 y 1.60 veces más que el control para el tratamiento alcalino, el tratado con enzima celulasa, el tratado con enzima celobiohidrolasa y el tratamiento ácido respectivamente, de igual manera se obtuvieron aumentos en las concentraciones de la DQO para los mismos pretratamientos en 1.78, 3.27, 1.42 y 4.21 veces. Wang et al. [21] realizaron pretratamientos químicos (alcalino y ácido) a la paja de arroz para la obtención de biogás, observando que la conversión de carbohidratos con NaOH al 2% (p/p) aumentó 7.9 veces, mientras que para el tratamiento con HCl al 1% (p/v), la mejora fue 4 veces mayor, este mismo estudio, evaluó los efectos de estos pretratamientos en la DQO, encontrando similitudes, ya que el tratamiento alcalino aumentó su concentración 4.79 veces, mientras que el tratamiento ácido lo hizo 4.65 veces, estas mejoras en las concentraciones de carbohidratos fueron superiores a las obtenidas en esta investigación, el aumento en las concentraciones de DQO es un parámetro que indica el material químicamente oxidable total en la muestra, y por lo tanto el contenido de energía de una materia prima [22].

Tabla 4. Determinación de carbohidratos y DQO en los residuos de *R. communis* con y sin pretratamientos.

Tratamiento	Hexosas (mg L ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)
Sin tratar	447.44	1247.19
NaOH	487.21	2216.76
Celulasa	1286.03	4074.76
Celobiohidrolasa	549.29	1770.82
HCl	716.73	5245.66

Fuente Elaboración propia.

El rendimiento de biogás a temperatura ambiente y controlada se muestran en las Figuras 2 y 3 respectivamente, donde se observa que el rendimiento de biogás a temperatura ambiente, en primer lugar está el tratado con NaOH con 230.96 mL·gSV⁻¹, seguido del control con 83.28 mL·gSV⁻¹, posteriormente se tiene el tratado con HCl con 66.06 mL·gSV⁻¹, en cuarto lugar está el tratado con celulasa con un 51.90 mL·gSV⁻¹ y finalmente se encuentra el tratado con enzima celobiohidrolasa con 14.95 mL·gSV⁻¹, sin embargo, la temperatura controlada cambió estas posiciones, observándose el mayor rendimiento con el pretratado con celobiohidrolasa 233.21 mL·gSV⁻¹, seguido del HCl con 227.18 mL·gSV⁻¹, el control con 86.57 mL·gSV⁻¹, el pretratado con NaOH con 44.93 mL·gSV⁻¹ y finalmente el tratamiento con celulasa 26.76 mL·gSV⁻¹, para los re-

sultados obtenidos, y la temperatura controlada solo los tratamientos con celobiohidrolasa y con HCl incrementaron sus producciones de biogás, un estudio realizado por Jia et al. [23] aplicando los mismos pretratamientos (químicos y uno enzimático) pero a residuos de frutas y hortalizas, demuestra eficacia de los pretratamientos en otro tipo de sustrato, debido a que para el control obtuvieron 125 mL·gSV⁻¹, mientras que para el tratamiento con NaOH al 1% (p/v) encontraron 300 mL·gSV⁻¹, para el tratamiento con enzima celulasa el resultado fue de 580 mL·gSV⁻¹ y para el tratamiento con 0.25% (p/v) se obtuvo 730 mL·gSV⁻¹, en este sentido se encuentra conveniente la aplicación de pretratamientos a sustratos con más contenido de azúcares para mejores resultados. Por otra parte, Dhanya et al. [24] evaluaron los residuos agrícolas de *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) planta con potencial para la producción de biogás, aunque no aplicaron pretratamientos, realizaron co-digestión con estiércol de ganado, el experimento tuvo un TRH de 10 semanas a temperatura controlada (35 °C) encontrando un rendimiento de biogás de 403.84 mL·gSV⁻¹, este estudio podría considerarse para realizar también co-digestión a los residuos de higuera para un mejor rendimiento en la producción de biogás.

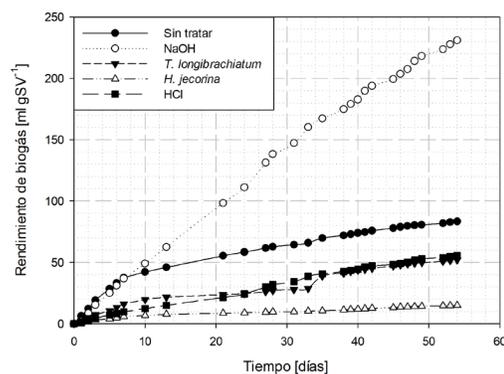


Figura 2. Rendimiento de producción de biogás en biomasa pretratada de *R. communis* a temperatura ambiente. Fuente Elaboración propia.

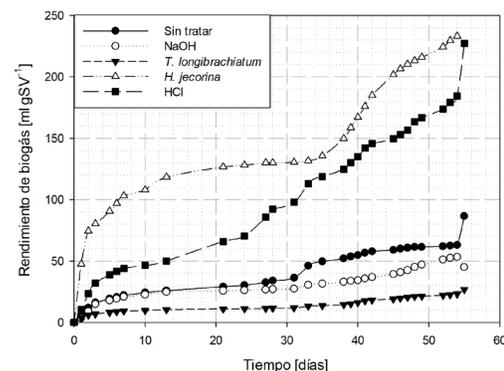


Figura 3. Rendimiento de producción de biogás en biomasa pretratada de *R. communis* húmeda a 37 °C. Fuente Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El pretratamiento a temperatura ambiente que mostró el mayor rendimiento de biogás fue el realizado con NaOH, aumentando 3 veces más producción de biogás en comparación con el control, mientras que, el menor rendimiento obtenido fue de 5 veces inferior con el tratamiento con celobiohidrolasa en comparación con el control.

Para los resultados obtenidos a partir de los residuos a temperatura controlada, los tratamientos con celobiohidrolasa y HCl incrementaron sus producciones de biogás en 2.7 y 2.6 veces más que el control, mientras que el tratado con celulasa mostró una disminución de 3.2 veces en comparación con el control.

Los residuos de *R. communis* son sustratos con potencial para la producción de biogás, sin embargo, se necesita realizar pretratamientos y controlar la temperatura para eficientizar la producción de biogás.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría (FOPER) por contribuir para la realización de este proyecto, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] H. Bateni, K. Karimi, A. Zamani, and F. Benakshani, "Castor plant for biodiesel, biogas, and ethanol production with a biorefinery processing perspective," *Appl. Energy*, vol. 136, pp. 14–22, 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2014.09.005.

[2] R. Kaur, P. Gera, M. K. Jha, and T. Bhaskar, "Pyrolysis kinetics and thermodynamic parameters of castor (*Ricinus communis*) residue using thermogravimetric analysis," *Bioresour. Technol.*, vol. 250, pp. 422–428, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.biortech.2017.11.077.

[3] P. Salehian and K. Karimi, "Alkali pretreatment for improvement of biogas and ethanol production from different waste parts of pine tree," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 52, no. 2, pp. 972–978, 2013, doi: 10.1021/ie302805c.

[4] P. Salehian, K. Karimi, H. Zilouei, and A. Jeihani-pour, "Improvement of biogas production from pine wood by alkali pretreatment," *Fuel*, vol. 106, pp. 484–489, 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2012.12.092.

[5] "Tropicos | Name - *Ricinus communis*." <https://www.tropicos.org/name/12800093> (accessed Feb. 22, 2021).

[6] F. Monlau, E. Latrille, A. C. Da Costa, J.-P. Steyer, and H. Carrère, "Enhancement of methane production from sunflower oil cakes by dilute acid pretreat-

ment," *Appl. Energy*, vol. 102, pp. 1105–1113, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.06.042.

[7] M. Adl, K. Sheng, and A. Gharibi, "Technical assessment of bioenergy recovery from cotton stalks through anaerobic digestion process and the effects of inexpensive pre-treatments," *Appl. Energy*, vol. 93, pp. 251–260, May 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.11.065.

[8] M. Shafiei, H. Zilouei, A. Zamani, M. J. Taherzadeh, and K. Karimi, "Enhancement of ethanol production from spruce wood chips by ionic liquid pretreatment," *Appl. Energy*, vol. 102, pp. 163–169, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.05.060.

[9] F. Gomez-Tovar, L. B. Celis, E. Razo-Flores, and F. Alatríste-Mondragón, "Chemical and enzymatic sequential pretreatment of oat straw for methane production," *Bioresour. Technol.*, vol. 116, pp. 372–378, 2012, doi: 10.1016/j.biortech.2012.03.109.

[10] M. Badshah, D. M. Lam, J. Liu, and B. Mattiasson, "Use of an Automatic Methane Potential Test System for evaluating the biomethane potential of sugarcane bagasse after different treatments," *Bioresour. Technol.*, vol. 114, pp. 262–269, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.biortech.2012.02.022.

[11] K. Ziemiński, I. Romanowska, and M. Kowalska, "Enzymatic pretreatment of lignocellulosic wastes to improve biogas production," *Waste Manag.*, vol. 32, no. 6, pp. 1131–1137, Jun. 2012, doi: 10.1016/J.WASMAN.2012.01.016.

[12] H. Ghavinati and M. Tabatabaei, *Biogas: Fundamentals, Process, and Operation*. 2018.

[13] W. A. Telliard, "Method 1684: Total, Fixed, and Volatile Solids in Water, Solids, and Biosolids," *U. S. Environ. Prot. Agency*, no. January, p. 13, 2001.

[14] C. O. Demand, "The Science of Oxidation Efficiency of Organic Compounds," 2005.

[15] M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith, "Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances," *Anal. Chem.*, vol. 28, no. 3, pp. 350–356, 1956, doi: 10.1021/ac60111a017.

[16] F. Momayez, K. Karimi, I. S. Arváriarvári Horváth, and H. Horváth, "Sustainable and efficient sugar production from wheat straw by pretreatment with biogas digestate," 2019, doi: 10.1039/c9ra05285b.

[17] K. Ziemiński, I. Romanowska, and M. Kowalska, "Enzymatic pretreatment of lignocellulosic wastes to

improve biogas production,” *Waste Manag.*, vol. 32, no. 6, pp. 1131–1137, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.wasman.2012.01.016.

[18] H. Şenol, Ü. Açıklık, and V. Oda, “Anaerobic digestion of sugar beet pulp after acid thermal and alkali thermal pretreatments,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 11, no. 3, pp. 895–905, 2021, doi: 10.1007/s13399-019-00539-6.

[19] M. T. V. Moreno, “Manual de biogás,” 2011.

[20] F. Passos, A. Hom-Diaz, P. Blaquez, T. Vicent, and I. Ferrer, “Improving biogas production from microalgae by enzymatic pretreatment,” *Bioresour. Technol.*, vol. 199, pp. 347–351, 2016, doi: 10.1016/j.biortech.2015.08.084.

[21] D. Wang, P. Ai, L. Yu, Z. Tan, and Y. Zhang, “Comparing the hydrolysis and biogas production performance of alkali and acid pretreatments of rice straw using two-stage anaerobic fermentation,” *Biosyst. Eng.*, vol. 132, pp. 47–55, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2015.02.007.

[22] A. T. W. M. Hendriks and G. Zeeman, “Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass,” *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 1. Elsevier Ltd, pp. 10–18, Jan. 01, 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2008.05.027.

[23] X. Jia et al., “Integration of fermentative biohydrogen with methanogenesis from fruit-vegetable waste using different pre-treatments,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 88, pp. 1219–1227, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.02.015.

[24] M. Dhanya, N. Gupta, and H. Joshi, “Biogas Potentiality of Agro-wastes *Jatropha* Fruit Coat.,” *Int. J. Environ. Chem. Ecol. Geol. Geophys. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 432–436, 2009, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Biogas+Potentiality+of+Agro-wastes+Jatropha+Fruit+Coat#0>.



Bioquímica

y

Biológicos

Ingeniantes

Capital social y humedales construidos como estrategias para impulsar el desarrollo rural sustentable en México

RESUMEN: El saneamiento convencional de las aguas residuales en zonas rurales es poco implementado por sus altos costos. Por ello, la ecotecnología de humedales construidos (HC), por sus características físicas, químicas y biológicas, es una alternativa económica y ecológicamente viable. La problemática es la permanencia operacional de los HC, por lo cual, la estrategia idónea es la participación social vía el capital social, mismo que coadyuva al impulso del desarrollo sustentable. En el estudio, mediante una investigación documental y análisis de contenido, se examinó el capital social y el aprovechamiento de los HC, así como su relación con la sustentabilidad. Se detectó que el binomio capital social y HC contribuye positivamente al desarrollo sustentable a través de su potencialidad y ventajas ambientales, económicas y sociales.

El capital social por conllevar a la participación activa, mediante el conocimiento grupal y los recursos potenciales que poseen los grupos, así mismo por tener un objetivo común para solucionar un problema de bien común. Por su parte, la operación de los HC, al funcionar en forma similar a los humedales naturales, no requieren de recursos económicos excesivos, así como químicos ni recursos energéticos, solucionando una problemática como es el saneamiento de aguas residuales.

PALABRAS CLAVE: ecotecnologías, tratamiento de aguas residuales, sustentabilidad, participación social, humedales.



Colaboración

Irma Zitácuaro Contreras; José Luis Marín Muñiz; Monserrat Vidal Alvarez, Colegio de Veracruz; Sergio A. Zamora Castro, Universidad Veracruzana, Boca del Río; Aarón López Roldán, Universidad Veracruzana, Xalapa

Fecha de recepción: 27 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2021

ABSTRACT: Conventional wastewater sanitation in rural areas is little implemented due to its high costs. Therefore, constructed wetlands (CW) ecotechnology is an economically and ecologically viable alternative. The problem is the operational permanence of CW due to lack of ownership, for which, the ideal strategy is social participation via social capital that also contributes to the promotion of sustainable development. In the study, through a documentary investigation, the social capital and the use of CW were examined, as well as their relationship with sustainability. Both concepts were found to contribute positively to sustainable development through their potential and environmental, economic and social advantages. Social capital for leading to active participation, through group knowledge and the potential resources that groups possess, also for having a common goal to solve a problem of common good. For its part, the operation of the CW, functioning in a similar way to natural wetlands, does not require excessive economic resources, as well as chemicals or energy resources, solving a problem such as wastewater sanitation.

KEYWORDS: Ecotechnologies, wastewater treatment, sustainability, social participation, wetlands.

INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental es una situación perceptible en el mundo, por lo que, para mitigar esta problemática es prioritario el uso de políticas públicas que incluyan la atención a los problemas ambientales, además, prioricen la prestación de los servicios básicos a la población mediante una gestión, producción y consumo sostenibles, incluyendo también, el fortalecimiento de las comunidades y el derecho a un ambiente sano [1]. Entre estos derechos se incluye el saneamiento del agua, vital para la subsistencia humana, y el funcionamiento de los ecosistemas.

Resulta importante plantear alternativas que mitiguen la contaminación y permitan sanear el agua para su reutilización. Sin embargo, las políticas públicas para la creación de infraestructura de saneamiento pocas veces son aplicadas o no se les da seguimiento [2]. Asimismo, los tomadores de decisiones desconocen de los sistemas alternativos y de su funcionamiento [3], por lo que resulta esencial que el diseño de nuevas estrategias incluya fomentar y apoyar los servicios de saneamiento económica y ecológicamente viables, principalmente en zonas rurales donde los recursos de inversión son escasos y destinados a otro tipo de programas sociales.

Adicionalmente, es de destacarse que los programas de construcción de infraestructura de saneamiento vigentes, se han direccionado específicamente en la construcción de plantas de tratamiento convencionales, lo que representa altos costos de construcción y operación, además de un alto consumo de energía eléctrica para que operen [4]. Esto, a pesar de que en las reglas de operación de los programas de construcción de infraestructura de saneamiento se permite la asignación de recursos económicos para la construcción de HC [5], sin embargo, el interés es mínimo y no existen proyectos ejecutivos que puedan ser replicables por parte de las autoridades locales.

Por lo anterior, al no haber inversión pública para la construcción de sistemas alternativos en zonas rurales [6] y al desconocimiento del tema [3], se debe impulsar la adopción y apropiación de las ecotecnologías mediante acciones comunitarias, sin embargo, las personas piensan primero en el interés individual [7], por lo que se requiere de fortalecer la participación social y la formación del capital social en las localidades donde se implementarán los proyectos.

En las comunidades rurales, sitios con una población inferior a 2,500 habitantes [8], el problema de contaminación del agua es una de las limitantes para su desarrollo, debido a que limita la disponibilidad del recurso agua para las diferentes actividades socioeconómicas. Esto hace a esas localidades sitios altamente vulnerables, debido a que no son consideradas en las políticas de obra pública, ni en la inversión municipal, estatal o federal, que regularmente se destinan a la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales en grandes ciudades, e involucran altos costos de construcción y operación debido a la demanda de químicos, recursos energéticos y mano de obra especializada; por lo anterior, es común que las aguas residuales de las pequeñas localidades sean vertidas en los cuerpos de agua sin tratamiento alguno.

Como resultado, la cobertura de saneamiento municipal de las aguas colectadas en México es del 63%, mediante la operación de 2,540 plantas de tratamiento

[2], principalmente convencionales y operando en localidades urbanas con población superior a los 2,500 habitantes [8], pero sin existir evidencia de un funcionamiento óptimo. Además, el número de plantas de tratamiento no está equiparado con el total de las localidades en el país, que corresponde a 192,245, de las cuales el 98.1% son rurales [8]. Con estos datos puede dimensionarse la problemática de 26 millones de personas que habitan en ellas, donde los niños y niñas, los grupos étnicos minoritarios y las mujeres son quienes más padecen la falta del saneamiento del agua [9], además de la afectación de la vida acuática, menor calidad de vida y salud [6].

Ante la problemática de la falta de saneamiento, es cuestionable si la alternativa del uso de HC operados con la participación social y con capital social son viables para el desarrollo local sustentable.

Ante la problemática de la falta de capacidad para la operación y mantenimiento de los HC se establece el objetivo de "Examinar si la participación social a través del capital social y el manejo de los HC para sanear aguas residuales municipales son estrategias para impulsar el desarrollo comunitario sustentable en México".

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio consistió en una investigación documental crítica centrada en las características del capital social y de los HC dirigidas al desarrollo rural sustentable [10]. La información se analizó en base a la factibilidad de integralidad que haga posible la relación buscada de capital social-ecotecnología de HC, englobando los beneficios como son la fitorremediación, el saneamiento y reúso de agua; mediante el cultivo de plantas ornamentales y el aprovechamiento de su potencial ornamental.

Para el manejo de la información se recurrió al análisis de contenido [11, 12], mediante el cual se construyó una definición de capital social que cumpla con las características necesarias para el manejo de los HC sembrados con plantas ornamentales como agentes para la fitorremediación.

La investigación documental se realizó mediante sistemas que contienen clasificadores de temas o identificadores de palabras clave como Academia.edu, Researchgate.net y revistas latinoamericanas (<https://latinoamericanarevistas.org/>) con información en un periodo de 1998 a 2020. Los artículos seleccionados fueron los que relacionaban el capital social y los HC con características que conducen la sustentabilidad, Esto con la finalidad de definir si el capital social y el manejo de HC tienen aplicabilidad para conducir hacia la sustentabilidad. De una muestra de 96 artículos, se seleccionaron 14 relacionados con capital social y estilos de vida sustentable y 40 de HC.

RESULTADOS

Capital social. El capital social es un concepto que se ha utilizado en diversas formas para relacionar las habilidades de la sociedad para el desarrollo comunitario desde diferentes vertientes: reducción de la pobreza, para entender la desigualdad, la equidad de género, territorialidad, entre otros [13, 14]. Asimismo, se ha trabajado a nivel de comunidad y en grupos específicos con características o intereses comunes, relacionados con grupos de mujeres, hombres, de jóvenes o mixtos [15, 16]. De igual forma, se ha analizado con aspectos de desarrollo de comunidades hacia la sustentabilidad.

Es interesante analizar las teorías para entender cómo se aborda la sustentabilidad y el capital social para extraer las particularidades positivas. Empezando por [17], quien las califica como formas no monetarias de poder e influencia y menciona a Pierre Bourdieu como uno de los pioneros en la construcción del concepto de capital social en los años ochenta del siglo XX. En Estados Unidos, [18] propusieron que el capital social es una política dirigida a la creación de comunidades sostenibles y para obtener mejores resultados se debe trabajar desde la definición del concepto y su construcción, además de documentar las actividades, establecer las redes y comprender las formas aplicables.

Con respecto a las comunidades, mediante el capital social se pueden precisar las condiciones de vida, destrezas, actitudes y niveles de organización para su propio desarrollo, mientras que el Estado debe participar en facilitar los medios para realizar las acciones y promover el fomento de iniciativas para construir una democracia más equitativa y eficiente, por lo que la sustentabilidad dependerá de la voluntad política, de administración local, de las capacidades de la sociedad, de sus relaciones institucionales y de los movimientos sociales e institucionales [13, 15, 19].

En México, se ha manejado el capital social relacionado con la sustentabilidad desde dos vertientes. En la primera [16] analiza el concepto desde la perspectiva de las políticas públicas con vías a reducir la pobreza en la sociedad de bajos recursos económicos, en este sentido el capital social es un instrumento utilizado para fortalecer a las sociedades y que sean autogestoras del desarrollo, disminuyendo, en consecuencia, la responsabilidad del Estado. En este mismo sentido, se han analizado la relación del capital social con el nivel de pobreza de los hogares, encontrando que los hogares con mayor nivel de pobreza tienen una mayor diversidad de relaciones socialmente, al recurrir a programas de apoyo gubernamentales de asistencia social [20].

En la segunda vertiente algunos autores [14, 21] señalan al capital social como promotor del desarrollo sustentable. Además, al detallar permite implementar acciones para la conservación de la biodiversidad. El estudio de [14] expone la acción colectiva de actores sociales

de un sistema hortícola, detectando que el entramado reticular generó oportunidades para los actores sociales del sistema. Lo anterior implica que el capital social aborda dos grandes ramas de la sustentabilidad como son los aspectos sociales y ambientales.

Otros estudios más específicos muestran como el aprovechamiento de los diferentes tipos de capital conducen a la sustentabilidad [15]. La Figura 1, señala que, si se considera una escala de secuencia donde todos los componentes tienen valor igual con dependencia interrelacionada, al potenciar el capital social se conduce a optimizar el capital humano o sea un mejor aprovechamiento de las capacidades humanas, lo que ocasionará un mejor aprovechamiento de la infraestructura o capital construido, situación que lleva en automático a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales o uso racional de los recursos, condición primaria de sustentabilidad. Esta conceptualización parte de quienes aportan las dimensiones de la sustentabilidad que a saber son: ética, asociatividad, confianza y conciencia cívica; mismas que pueden complementar el esquema de las diferentes formas en las que se construye el capital social [15].

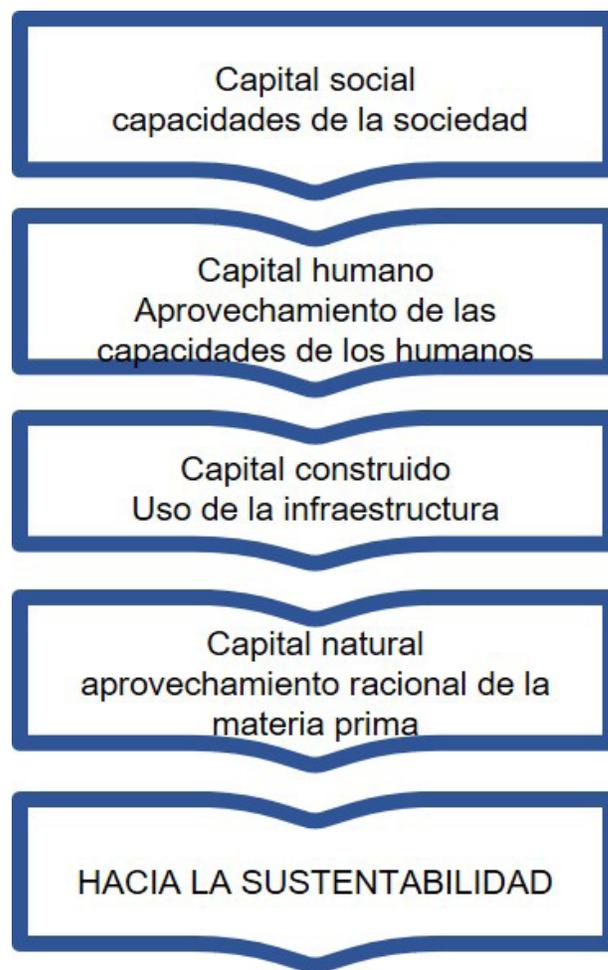


Figura 1. Formas de capital y sustentabilidad (Fuente Elaboración propia con base en Kliksberg et al., 2007)

En general, el capital social queda referido como la capacidad colectiva que tienen los grupos de trabajo para la toma de decisiones y para el cumplimiento de objetivos de beneficio común. Asimismo, hay que señalar que el capital social, como estrategia, considera el hecho de facilitar la actividad productiva, busca reconocer el conocimiento local, está basado en redes estrechas y de confianza y en el conocimiento compartido, se sustenta en normas, reglas y expectativas, además lleva a generar una actividad recurrente y se puede formar sin recursos económicos [22, 23, 24].

La diversidad de conceptos y definiciones de capital social dan apertura a realizar un análisis y definir uno propio que describa el capital social y que incluya los elementos necesarios para su vinculación hacia la sustentabilidad. Así, mediante un análisis de contenido se construyó una definición y es la que sigue [22, 23, 7, 24, 15]:

“Capital social son los recursos reales y potenciales que poseen los grupos de personas integradas por una red duradera de conocimiento. Se constituirá por estrategias colectivas de corto y largo plazo. Su construcción se basa en cambios en el conocimiento y relaciones entre las personas para fortalecer la relación de confianza, productividad, normas, expectativas, decisiones colectivas y el interés común a problemas locales. Sus dimensiones son la ética, asociatividad, confianza, conciencia cívica, y el bien común”.

Un indicativo más de que el capital social tiene vías a la sustentabilidad es su relación directa con los estilos de vida sustentables; tema abordado con aspectos de trabajo en grupo donde se enfatizan las interacciones sociales que dan origen al capital social [25]. Así mismo, se aborda como marco de medios de vida rurales sostenibles, donde se recurre al capital social, además del humano, económico y natural [26] o bien, desde la psicología como herramienta conductual que se fortalece con el altruismo, la frugalidad y la conducta proecológica (Figura 2) [27].



Figura 2. Esquemas de estilo de vida sustentable. Fuente: Elaboración propia con base en [25, 26, 27].

A nivel internacional opera el Grupo de Trabajo sobre Estilos de Vida Sustentables o Proceso Marrakech del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (UNDESA), establecido en respuesta a la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de 2002. Están constituidos por nueve proyectos de 43 países, entre ellos México [25]. Este conjunto de proyectos tiene como base un esquema de vida sustentable (Figura 3), directamente relacionado con aspectos de conducta, psicológicos, política, normas, e incluyendo el capital social, elemento adicional que nos marca su relación con la sustentabilidad.

En materia de ecotecnologías para tratar las aguas residuales, las tendencias actuales de los investigadores son más críticas con respecto a las tecnologías consumidoras de recursos naturales, por lo que se han generado iniciativas de replanteamiento tecnológico como lo son precisamente las ecotecnologías, “un movimiento que reconoce los impactos socio-ecológicos negativos del capitalismo post-industrial y busca promover alternativas que contribuyan a la sustentabilidad” [28, p. 193]. Desde esta definición es perceptible la vinculación de las ecotecnologías con beneficios sociales y ambientales, por lo tanto, con el desarrollo sustentable.

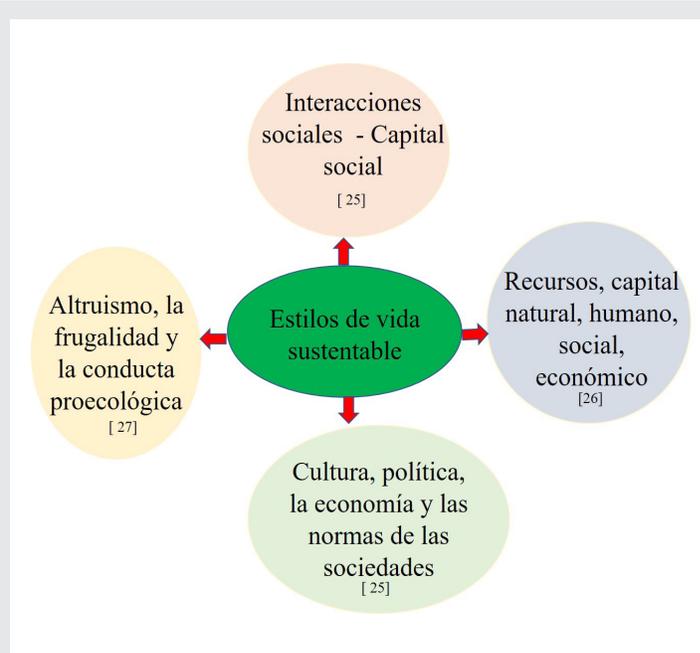


Figura 3. Elementos de estilo de vida sustentable. Fuente: Elaboración propia con base en [25, 26, 27].

Ecotecnología de humedales construidos

Una de las ecotecnologías para tratar las aguas residuales son los HC, consisten en una serie de celdas en paralelo rellenas de un material granular o poroso, donde se siembra vegetación con propiedades fitoremediadoras y tengan raíces que resistan el agua a tratar [29, 41, 42]. En estos sistemas, el agua residual se hace pasar por las celdas, ya sea de forma horizontal

o vertical, a un tiempo de retención que generalmente va de 3 a 7 días, el proceso de limpieza se lleva a cabo por acción microbiana que se desarrolla en el medio granular y entre las raíces tanto en procesos aerobios como anaerobios, donde se involucran otros procesos físicos y químicos dados en el medio poroso y través de la vegetación [29].

Los sistemas de HC son considerados como de tratamiento rentable, ya que pueden eliminar una amplia gama de contaminantes a un bajo costo, debido a que no requieren del uso de químicos, energía eléctrica para la operación, ni mano de obra de personal altamente especializado. Por lo tanto, pueden aplicarse con éxito para el tratamiento de aguas residuales en localidades con baja densidad de población o gran disponibilidad de tierras como espacio para su construcción [30], por estas características, es notable su viabilidad para funcionar en zonas rurales.

Es de gran interés el estudio de los HC y ha sido motivo de una amplia gama de investigaciones. Los proyectos se han clasificado como pilotos con fines académicos, comunitarios en pequeñas localidades o con fines de tratar aguas residuales de origen industrial o de residuos químicos, por ser aplicables al tratamiento de descargas de aguas residuales de diversas fuentes, así como para remediar contaminantes químicos, médicos, metales pesados e hidrocarburos, por medio del uso de los sustratos y cultivo de especies vegetales fitorremediadoras.

Es común el uso de plantas o procesos de fitoremediación en los sistemas de HC que operan con eficiencias aptas para el tratamiento de aguas residuales [43, 44]. En las zonas rurales de México la problemática del saneamiento es escasamente atendido [2] y es fuente de problemas de salud de la población, deterioro de las fuentes de agua donde se vierten y se restringe la disponibilidad del agua de calidad para las actividades socioeconómicas.

Al respecto el capital social es una estrategia que permite contribuir al desarrollo rural y dar atención a las problemáticas particulares. Se ha relacionado con la sustentabilidad aportando beneficios sociales, económicos y ambientales, sin embargo, no se ha relacionado directamente con la problemática de la contaminación del agua y su saneamiento. Este factor es importante por el rol que juegan los recursos hídricos en el desarrollo.

El uso de los HC para el saneamiento de aguas residuales mediante el uso de plantas fitorremediadoras ornamentales es viable en comunidades rurales, sin embargo, no existe el interés para su construcción y operación para dar servicio a las localidades. El desconocimiento de su funcionamiento es uno de los principales factores, así como el escaso interés de las au-

toridades gubernamentales por apoyar las tecnologías alternativas.

El capital social relacionado con la ecotecnología de humedales no ha sido debidamente explorado como una estrategia que contribuya al desarrollo rural sustentable en materia de recursos hídricos, por lo que existe la oportunidad de aplicar el binomio recurriendo a la formación del capital social necesario para fortalecer un grupo o colectivo, conformado principalmente por grupos vulnerables, que tengan como objetivo operar y administrar los HC.

Las características del capital social y de los HC, facilitan diferentes aspectos que contribuyen a la sustentabilidad. En el campo social contribuyen a visualizar el bien común como lo es la conservación del recurso hídrico, a formar una cultura para la toma de decisiones colectivas, al operar y administrar los HC, fomentan la organización social al trabajar como grupo o colectivo, combaten la desigualdad al proporcionar al grupo poder de gestión. Específicamente, contribuyen a reducir la brecha de la desigualdad social al trabajar con grupos vulnerables y equidad de género.

En el aspecto económico, los proyectos tienen la capacidad de reducir la desigualdad económica al conocer los beneficios que otorga el aprovechamiento de las plantas fitorremediadoras, al ser comercializadas para uso ornamental o artesanal. Asimismo, al difundir el proyecto en eventos sociales, científicos y culturales.

En el aspecto ambiental el beneficio será directo a la preservación de los ecosistemas, al reducir los niveles de contaminación de los cuerpos de agua, fuente de vida para las especies vegetales y animales, así como por un mejor uso del agua al intercambiar aguas de primer uso por aguas saneadas, esto es por el reúso del agua, misma que puede ser utilizada.

Por lo anterior expuesto, en definitivo, capital social y ecotecnologías de HC son complementarios para el saneamiento de las aguas residuales de localidades rurales. Contribuyendo así al desarrollo rural sustentable. Al respecto, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en las Memorias de la segunda conferencia panamericana en sistemas de humedales para el manejo y tratamiento de la calidad del agua del año 2014 [31], reporta 21 estudios del manejo de HC, donde 14 son de fitoremediación, de estos procesos cuatro se realizaron en México.

En general, diversos autores [32, 33, 28, 4, 29, 34, 35, 36] coinciden en que las ecotecnologías de HC son un medio para contribuir a la sustentabilidad debido a las características de sus procesos físicos, químicos y biológicos. Por otra parte, las plantas utilizadas pueden tener propiedades ornamentales que son aprovechadas por su potencial florístico y artesanal, por lo

que también constituye una fuente de ingresos en las comunidades, así como permitir el cambio del uso de aguas de primer uso por aguas provenientes del reúso del agua tratada, lo que conforman beneficios sociales, económicos y ambientales (Figura 4).

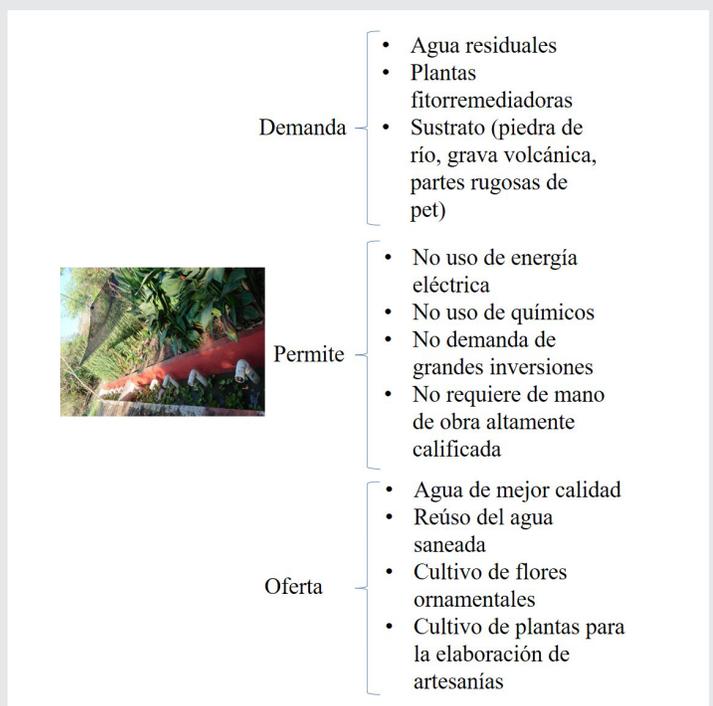


Figura 4. Humedales artificiales como procesos sustentables.

Las plantas ornamentales al producir flores vistosas proporcionan un potencial florístico que da una buena imagen de los HC simulándolos como jardineras. Algunas especies evaluadas en cuanto a la eficiencia de remoción son: ave de Paraíso (*Strelitzia reginae*), alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), maraca (*Zingiber spectabile*), cuna de moisés (*Spathiphyllum wallisii*), bastón del rey (*Etlingera elatior*), heliconia (*Heliconia rostrata*), gladiolo (*Gladiolus spp*), jengibre rojo (*Alpinia purpurata*), platanillo (*Pontederia sagittata*), anturio (*Anthurium sp.*), lirios (*Hemerocallis*), caña de la india (*Canna hybrids*), totora (*Typha spp*), etc. [29, 33, 36, 41, 42].

La utilidad de las plantas que producen flores se incrementa por su uso para elaborar arreglos florales que pueden comercializarse, algunas de estas especies también tienen uso artesanal para la construcción de muebles tejidos y canastas. Siendo que el potencial florístico es de gran interés para académicos e investigadores, se han desarrollado metodologías como la de Potencialidades Artesanales hacia la Revalorización y Empresarialidad (P.A.R.E.) “una herramienta para el inventario de las potencialidades basada en capitales, entendiéndose que el aprovechamiento eficiente de las potencialidades individuales generan una fuerza motora social que ayuda al cumplimiento de un desarrollo humano sostenible” (Campaña et al., 2015: p 2).

Por todo lo anterior, el manejo de HC, la fitorremediación y el aprovechamiento del potencial ornamental de las plantas cultivadas cumplen con las tres condiciones básicas relacionadas a la sustentabilidad, con factores como la organización social para la construcción y operación de los HC, el reúso del agua tratada, lo que contribuye al uso racional de los recursos naturales y la comercialización en el mercado local de los productos generados, lo que implica un ingreso familiar. Estas especies, por sus características, son de gran interés en actividades ornamentales y con viabilidad económica [38-40].

CONCLUSIONES

En las zonas rurales de México la problemática del saneamiento de las aguas residuales es escasamente atendido y es fuente de problemas de salud a la población, deterioro de las fuentes de agua donde se vierten y se restringe la disponibilidad de agua de calidad para todas las actividades.

La alternativa viable para solventar la problemática es el uso de los HC para el saneamiento de aguas residuales usando plantas fitorremediadoras ornamentales, aplicable a comunidades rurales por sus características amigables con el medio ambiente y su bajo costo de construcción, operación y mantenimiento, además de que cumple con los ejes sustentable ambientales, económicos y sociales, sin embargo, no existe el interés para su construcción y operación, uno de los motivos es el desconocimiento de la ecotecnología, de su funcionamiento es uno de los principales factores, así como el escaso interés de las autoridades gubernamentales por apoyar las tecnologías alternativas.

Al respecto el capital social es una estrategia que permite contribuir al desarrollo rural y dar atención a las problemáticas particulares. Se ha relacionado con la sustentabilidad aportando beneficios sociales, económicos y ambientales, sin embargo, no se ha relacionado con la problemática de la contaminación del agua y su saneamiento. Este factor es importante por el rol que juegan los recursos hídricos en el desarrollo.

El capital social relacionado con la ecotecnología de humedales no ha sido debidamente explorado como una estrategia que contribuya al desarrollo rural sustentable en materia de recursos hídricos, por lo que existe la oportunidad de aplicar el binomio recurriendo a la formación del capital social necesario para fortalecer un grupo o colectivo, conformado principalmente por grupos vulnerables, que tengan como objetivo operar y administrar los HC.

Las características del capital social y de los HC, facilitan diferentes aspectos que contribuyen a la sustentabilidad. En el campo social para la implementación de proyectos de HC la participación social debe contribuir

a visualizar el bien común como lo es la conservación del recurso hídrico, a formar una cultura para la toma de decisiones colectivas, al operar y administrar los HC, fomentan la organización social al trabajar como grupo, combaten la desigualdad al proporcionar al grupo poder de gestión. Específicamente, contribuyen a reducir la brecha de la desigualdad social al trabajar con grupos vulnerables y equidad de género.

Asimismo, la participación social debe organizarse para participar en los procesos de construcción de los HC, para posteriormente participar activamente en la operación y mantenimiento de los sistemas, además los grupos o colectivos de trabajo deben empoderarse en la gestión para tener acceso a los apoyos económicos necesarios para garantizar la permanencia de los sistemas de la participación social.

En el aspecto económico, los proyectos tienen la capacidad de reducir la desigualdad económica al conocer los beneficios que otorga el aprovechamiento de las plantas fitorremediadoras, al ser comercializadas para uso ornamental o artesanal. Asimismo, al difundir el proyecto en eventos sociales, científicos y culturales.

En el aspecto ambiental el beneficio será directo a la preservación de los ecosistemas, al reducir los niveles de contaminación de los cuerpos de agua, fuente de vida para las especies vegetales y animales, así como por un mejor uso del agua al intercambiar aguas de primer uso por aguas saneadas, esto es por el reúso del agua, misma que puede ser utilizada.

Por lo expuesto, capital social y ecotecnologías de HC son complementarios para el saneamiento de las aguas residuales de localidades rurales. Contribuyendo así al desarrollo rural sustentable.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo otorgado para el desarrollo de la investigación, al El Colver y a la Academia de Desarrollo Regional Sustentable, por las facilidades prestadas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ONU (Organización de las Naciones Unidas). *Resolución A/RES/70/1 Transformar Nuestro Mundo: La Agenda 2030 Para el Desarrollo Sostenible*. New York, NY, USA: Naciones Unidas, 2015.

[2] CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación*, México: Gobierno de la República de México, 2018.

[3] Marín-Muñiz, J.L., Zitácuaro-Contreras, I. y Palma-Cabrera, E.M. (2021). *Participación comu-*

nitaria para la implementación de humedales para limpiar el agua residual. En: *Miradas Colectivas. Rutas y aportes a la sustentabilidad: CÓDICE, 2021, 103-115.*

[4] Marín-Muñiz, J. *Remoción de contaminantes de aguas residuales por medio de humedales artificiales establecidos en el municipio de Actopan, Veracruz, México*. *Rev. Mex. Ing. Química*. 15: 553-563. 2016.

[5] DOF (Diario Oficial de la Federación), *REGLAS de Operación para el Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir de 2021*. México: Gobierno de la República de México, 2020.

[6] CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). *Numeragua*. México: Gobierno de México, 2018.

[7] Ostrom, E. *El Gobierno de los Bienes Comunes. La Evolución de las Instituciones*. México: Fondo de Cultura Económica, 2000.

[8] INEGI (Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica), *Distribución de la Población por Tamaño de Localidad y su Relación con el Medio Ambiente*. México: Gobierno de la República de México. 2015.

[9] CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. México: Gobierno de la República de México, 2014.

[10] Tancara, C. *La investigación documental*. *Temas sociales*. 17: 91-106. 2013.

[11] Espín, J. *El análisis de contenido: una técnica para explorar y sistematizar información*. *Revista de Educación*. 4: 95-105. 2002.

[12] Stemler, S. *Content analysis*. In: Scott, R. and Kosslyn, S. *Emerging trends in the social and behavioral sciences: An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*. John Wiley y Sons, Inc. NJ. 2015.

[13] Baquero, M. *Desarrollo sostenible, capital social y empoderamiento en América Latina en el siglo XXI*. *Otra economía*. 5(8): 3-18. 2011.

[14] Lugo-Morin, D. *El capital social en los sistemas territoriales rurales: avance para su identificación y medición*. *Estudios Sociológicos*. XXXI (91): 167-202. 2013.

[15] Kliksberg, B., y Rivera, M. *El capital social movilizad contra la pobreza*. Buenos Aires. Clacso. 2007.

- [16] Lutz, B. *El capital social en discusión. Caso del desarrollo rural en México. Pampa. Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales*. 7: 69-94. 2011.
- [17] Portes, A., *Social capital: Its origins and applications in modern sociology. Annual review of sociology*. 24(1): 1-24. 1998.
- [18] Bridger J. y Luloff, A. *Building the Sustainable Community: Is Social Capital the Answer? Sociological Inquiry*. 71(4): 458-472. 2001.
- [19] Villegas, M. *Desarrollo sostenible, capital social y municipio. Aproximación a la configuración del municipio como agente de desarrollo. Provincia*. 9: 55-68. 2002.
- [20] L. Portales, *Capital social y pobreza multidimensional, el caso de hogares pobres en Monterrey, México. Convergencia Revista de Ciencias Sociales*. 21(66): 39-63. 2014.
- [21] Hernández, G. *El capital social para la conservación de biodiversidad. Dos casos de estudio en la selva lacandona. El Colef. Cd. Méx., México*. 2016.
- [22] Bourdieu, P. *The Forms of Capital*. In: J.E. Richardson (ed), *Handbook of Theory of Research for the Sociology of Education*. Greenwood Press. Connecticut. 1986.
- [23] Coleman, J. *Social Capital in the Creation of Human Capital. The American Journal of Sociology*, 94: 95-120. 1988.
- [24] Flores, M. y Rello, F. *Capital Social Rural Experiencias de México y Centroamérica. CEPAL*. 2002.
- [25] Ministry of development of Sweden. *Grupo de trabajo sobre estilos de vida sustentables. Sweden: Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, 2010.
- [26] Scoones, I. *Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis*. Sweden: Institute of Development Studies. 1998.
- [27] Corral, V., Tapia, C., Fraijo, B., Mireles, J. y Márquez, P. *Orientación a la sustentabilidad como determinante de los estilos de vida sustentables: un estudio con una muestra mexicana. Revista Mexicana de Psicología*. 25(2): 313-327. 2008.
- [28] Ortiz, J., Malagón, S., y Masera, O. *Ecotecnología y sustentabilidad: una aproximación para el sur global. Interdisciplina*, 3(7): 193-215. 2015.
- [29] Marín-Muñiz, J. *Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua. Agroproductividad*, 10: 90-95. 2017.
- [30] Machado, I., Beretta, M., Fragoso, R. y Duarte, E. *Overview of the state of the art of constructed wetlands for decentralized wastewater management in Brazil. Journal of Environmental Management*. 187: 560-570. 2017.
- [31] IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). *Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua. Memorias de la Segunda Conferencia Panamericana en Sistemas de Humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua. IMTA*. 2014.
- [32] Zurita, F., De Anda, J y Belmont, M. *Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. Ecological Engineering*, 35(5): 861-869. 2009.
- [33] F. Zurita, J. P. Vázquez, J. P. Bautista, A. A. Ramírez, O. M., Cornejo, y W. Ramírez. *Humedales subsuperficiales de flujo horizontal plantados con Zantedeschia aethiopica e Iris sibirica para la remoción de arsénico de aguas para consumo humano. En A, Rivas y D. Paredes Memorias de la Segunda Conferencia Panamericana en Sistemas de Humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua IMTA*. 126-128. 2014.
- [34] Pedraza, M. *Organización comunitaria para el manejo común: El caso del humedal artificial de Pinoltepec, Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. El COLVER, Xalapa., Ver. Méx.* 2015.
- [35] Pedraza, M. *Análisis de la dinámica género-gobernanza en instituciones comunitarias de manejo común de recursos. Estudio de caso en Pinoltepec, Municipio de Emiliano Zapata, Ver., México. El COLVER, Xalapa, Ver., México*. 2017.
- [36] Sandoval, L., Marín-Muñiz, J., Alvarado, A., Castelán, R. y Ramírez, D. *Diseño de un Mesocosmos de Humedal Construido con Materiales Alternativos para el Tratamiento de Aguas Residuales en la Comunidad de Pastorías Actopan, Ver. In Congreso Interdisciplinario De Ingenierías*. 2016.
- [37] Campaña, M., Molina-Quinteros, C. y Romero, A. *Las potencialidades artesanales. Un análisis desde la perspectiva de desarrollo sostenible para su revalorización y empresarialidad turística. Retos Turísticos*. 14(1). 2015.

- [38] Pato, A., Condés, L., y Vicente, F. *Introducción al Cultivo del Anthurium para Flor cortada en la Región de Murcia; Comunidad Autónoma de la Región de Murcia: España: Murcia, 2007.*
- [39] Pato, A., Condés, L., y Vicente, F. *Ensayo de Zantedeschia Híbrida en Perlita; Comunidad Autónoma de la Región de Murcia: Murcia, España: 2007.*
- [40] Castillo, T. *Viabilidad económica del cultivo de la flor de anturio y esquemas de comercialización. Temas de Ciencia y Tecnología. 15(48): 19-25. 2012.*
- [41] Sandoval-Herazo, L.C., Alvarado-Lassman, A., Marín-Muñiz, J. L., Méndez-Contreras J.M. y Zamora-Castro. S.A. *Effects of the Use of Ornamental Plants and Different Substrates in the Removal of Wastewater Pollutants through Microcosms of Constructed Wetlands, Sustainability. 2018, 10(5), 1-19. DOI: 10.3390/su10051594.*
- [42] Sandoval, H. L.C., Marín-Muñiz, J. L., Adame-García, J., Fernández-Lambert G., y Zurita. F. *Effect of Spathiphyllum blandum on the removal of ibuprofen and conventional pollutants from polluted river water, in fully saturated constructed wetlands at mesocosm level. Journal of Water and Health 18(2), 224-228. 2020, doi/10.2166/wh.2020.232/665478/jwh2020232.pdf.*
- [43] Marín-Muñiz, J. L., García-González, M. C., Ruelas-Monjardín L. C., y Moreno-Casasola, P. *Influence of different porous media and ornamental vegetation on wastewater pollutant removal in vertical subsurface flow wetland microcosms. Environmental Engineering Science. 2018, 35(2), 88-94.*
- [44] Sandoval, H. L. C., Zamora-Castro, S.A., Vidal-Álvarez M. y Marín-Muñiz. J. L. *Role of Wetland Plants and Use of Ornamental Flowering Plants in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. A Review. Applied Sciences. 2019, 9, 1-17. DOI:10.3390/app904068*



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Aceites potenciales para la generación de biodiésel



Colaboración

Karla J. Salamanca Izaguirre; Eric Villanueva Vega; Rodrigo Vivar Ocampo; Oscar Diego Armendáriz; María R. Sánchez Díaz, Universidad Autónoma de Baja California

Fecha de recepción: 26 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 07 de diciembre del 2021

RESUMEN: Este trabajo presenta la investigación tipo cuantitativa experimental referente a la determinación de la calidad de aceites potenciales para la generación de biodiésel. Se realizó la caracterización tanto física como química de los aceites obtenidos mediante semillas. Igualmente se recurrió al método de espectrofotometría UV vis para los parámetros de triglicéridos y colesterol, para después proceder a la comparación del potencial de los aceites. Se utilizó cromatografía de capa fina para la separación, identificación y caracterización de los componentes en los productos estudiados, demostrando ser idónea para la determinación de los compuestos de los aceites. Para la cromatografía de capa fina se utilizó una fase móvil, así como una fase estacionaria, siendo la fase móvil CHCl_3 y CH_3OH . Mientras tanto, para la fase estacionaria se utilizó SiO_2 y $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. La extracción de aceite por prensado en frío es considerada favorable para este proceso ya que hace que se conserven las propiedades biológicas de la semilla en su estado natural y se puedan realizar las pruebas de manera efectiva, puesto a que a temperaturas elevadas los aceites comienzan a perder sus propiedades.

PALABRAS CLAVE: Aceites vegetales, biodiésel, cromatografía de capa fina, espectroscopia UV, sustentabilidad.

ABSTRACT: This work presents the experimental quantitative research type regarding the determination of the quality of potential oils for the generation of biodiesel. Both physical and chemical characterization of the oils obtained by the three seeds was carried out. Likewise, the UV Vis spectrophotometry method was used for the triglycerides and cholesterol parameters, to then proceed to the comparison of the potential of the oils. Thin layer chromatography was used for the separation, identification and characterization of the components in the studied products, proving to be suitable for the determination of the compounds of the oils. For thin-layer chromatography, a mobile phase was used, as well as a stationary phase, the mobile phase being CHCl_3 and CH_3OH . Meanwhile, for the stationary phase, SiO_2 and $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ were used. The extraction of oil by cold pressing is considered favorable for this process since it preserves the biological properties of the seed in its natural state and the tests effectively, since at elevated temperatures the oils begin to lose their properties.

KEYWORDS: Vegetable oils, biodiesel thin layer chromatography, UV spectroscopy, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Bien es sabido el impacto ambiental por el uso de combustibles fósiles. De aquí surge este proyecto de investigación aplicada, por la necesidad existente de buscar alternativas energéticas capaces de sustituir o minimizar el consumo de combustibles fósiles, como consecuencia de la escasez de este tipo de combustibles.

En México podemos definir al biodiésel como “combustible obtenido por la transesterificación de aceites de origen vegetal o animal” basándonos en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos [1]. La producción de biodiésel está limitada por el origen del aceite empleado, pues la inversión económica en la producción varía en función a la materia prima. Como materia prima se utilizaron cuatro semillas diferentes: de chí

(Salvia hispánica), de girasol (*Helianthus annuus*), de higuera (*Ricinus communis*) y de jojoba (*Simmondsia chinensis*). Seleccionadas debido a la abundancia que tenemos en la región de Baja California.

MARCO TEÓRICO

Energías Renovables

La energía que es obtenida por fuentes renovables, es aquella energía que se genera en procesos cíclicos, con periodos de tiempos cortos, por lo que su cantidad de generar energía no está limitada.

El uso de fuentes renovables ha permitido tener una alternativa para la obtención de "energía limpia", estos recursos ayudan a reducir los impactos ambientales, producir residuos secundarios mínimos, disminuir la dependencia a combustibles fósiles, crear mercados de explotación y una reducción del efecto invernadero y cambio climático [2].

En los últimos años las energías renovables han cobrado gran importancia, debido al daño que se le ha generado al ambiente, es por eso gran cantidad de proyectos se han enfocado en el estudio y generación de energía por medio de fuentes renovables como son: energía solar, energía eólica, energía hidráulica, energía geotérmica, bioenergía y biomasa. En este trabajo nos enfocaremos en la bioenergía y biomasa.

Bioenergía

Con este tipo se obtiene energía de la combustión directa o mediante su conversión en combustible gaseoso. Una de las energías no convencionales que ha tenido un mayor impulso, debido al impacto positivo que tiene sobre el medio ambiente, la seguridad y el suministro energético es la biomasa [3].

Biomasa

La Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) define a la biomasa como "el conjunto de plantas terrestres y acuáticas, junto con sus derivados, subproductos y residuos producidos en su transformación".

La biomasa entra en la economía circular al integrar los residuos tanto de cultivos como de alimentos en la obtención de energía.

Actualmente el uso de la biomasa como productora de energía ha aumentado el interés de las investigaciones, este ha sido tal que el 56% de las publicaciones en materia de energía renovable se dirige a su investigación [4].

Biocombustibles

Los biocombustibles de origen biológico que no se han fosilizado son llamados biocombustibles. En la actualidad el uso de biocombustibles ha aumentado debido a las diversas ventajas que presenta, por ejemplo: no son

contaminantes, son accesibles, seguros y son obtenidos de fuentes renovables. Esta tecnología en desarrollo permite aprovechar la disponibilidad del suelo, las condiciones climáticas y la disponibilidad laboral.

Atendiendo algunos criterios se clasifican por su aspecto y por la generación en que aparecen. En la Tabla 1 se muestra la clasificación por su aspecto:

Tabla 1. Clasificación de biocombustibles según su aspecto físico.

Aspecto físico	Ejemplo de biocombustible
Sólido	Leña y astillas Carbón vegetal
Líquido	Aceite vegetal Bioetanol y bio-alcoholes
Gaseoso	Biogás de origen diverso

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación por generaciones

Biocombustible de primera generación. Son aquellos procedentes de insumos agrícolas, cultivos alimentarios que tienen un alto contenido de almidón, azúcares y aceites. La tecnología utilizada es la fermentación para el caso de los azúcares y la transesterificación de los aceites y grasas.

Biocombustibles de segunda generación. Son los procedentes de residuos agrícolas y forestales, los compuestos aprovechados son la lignina, celulosa y hemicelulosa. Los procesos llevados a cabo son la sacarificación y el Fischer-Tropsch. Su principal ventaja es que no hay desvío de alimentos (como en los de primera generación) para producir el biocombustible, sin embargo, la disminución de emisión de GEI es casi nula.

Biocombustible de tercera generación. Aquí ya se consideran los cultivos energéticos, aunque todavía se encuentran en desarrollo, y ofrecen la ventaja de obtener combustibles de primera generación sin el uso de alimentos, con la desventaja de requerir campos de cultivo y la subsecuente generación de gases de invernadero.

El uso de biocombustibles de primera generación ha sido considerado de mayor importancia y uso debido al periodo que se requiere para obtener al biocombustible, además de que los costos, aunque dependen de la materia a utilizar, suelen ser más baratos en comparación con los de otras generaciones.

La aportación de los biocombustibles líquidos es su capacidad de renovación, disponibilidad y reducción de GEI. Dentro de los biocombustibles líquidos, el uso e investigación hacia el biodiésel ha cobrado importancia en los últimos años debido a la cantidad de beneficios que ofrecen al ser empleados en el transporte y representan una fuente de ingresos para los países

en desarrollo al aprovechar las ventajas territoriales y climáticas para la agricultura y bajos costos laborales, además de reducir su dependencia de las importaciones de petróleo [5].

Biodiésel

El biodiésel se define como un metiléster que se obtiene de aceites vegetales, tiene la capacidad de sustituir total o parcialmente al diésel en su uso dentro de los motores a combustión interna, y considerando lo expuesto anteriormente, reducir las emisiones de CO₂ [6].

El concepto de biodiésel que comúnmente se utiliza, es el de un combustible de origen vegetal para los motores de combustión interna. Sin embargo, la composición química es la definición técnica consistente, así como su empleo y características técnicas. [7].

Si comparamos al biodiésel con el diésel tiene un poder calorífico y una viscosidad cinemática menores, 7.795 kcal/l vs 8.74 kcal/l y 3-4.5 cSt vs 3-4.5 cSt respectivamente, presenta las ventajas de una densidad de 878 kg/m³ a 15°C de temperatura y un punto de inflamación por arriba de 130°C, en comparación a los 60 a 80°C del gasoil, lo que brinda seguridad, como se puede observar en la Tabla 2, al retrasar la auto ignición del combustible durante la inyección, reduciendo el peligro de incendio [8].

Tabla 2. Propiedades del biodiésel y diésel.

Datos fisicoquímicos	Biodiésel	Diésel
Composición combustible	Ester metílico Ácidos grasos (C12-C22)	Hidrocarburo (C10-C21)
Poder calorífico inferior [kcal/kg]	9500	10800
Viscosidad cinemática a los 40°C, cSt	3.5-5.0	3.0-4.5
Peso específico [kg/m ³]	875-900	850
Azufre [%]	0	0.20
Punto de ebullición [°C]	190-340	180-335
Punto de inflamación [°C]	120-170	60-80
Punto de escurrimiento [°C]	-15 a 16	-35 a 15
Número de cetano	48-60	46

Fuente Recuperada de Larosa (2003).

De la Tabla 2, se observa que las propiedades del biodiésel promueven una adecuada combustión, debido al mayor contenido de cetano respecto al diésel lo que retrasa la auto ignición y el punto de inflamación. Asimismo, durante el uso del mismo se observa la eliminación de emisiones de CO₂, la reducción de hollín en un 40 a 60% y la emisión de hidrocarburos entre un 10 y 15% [9].

Materias primas

El biodiésel se obtiene de los aceites vegetales y grasas animales, y se componen principalmente de triglicéridos de cadena larga, que pueden ser simples o mixtos dependiendo de los grupos y subgrupos sustituyentes unidos a la glicerina. Entre las materias primas se encuentran:

Aceites comestibles. Su composición de ácidos grasos permite obtener un combustible de alta calidad

representando el 95% de los aceites empleados para la producción de biodiésel. Los aceites más utilizados son: cacahuate, canola, coco, girasol, maíz, palma.

Aceites no comestibles. Estos cultivos de origen silvestre contienen compuestos tóxicos y ofrecen altos rendimientos de aceite. Como son: algodón, neem, pongamiapinnata y ricino.

Aceites residuales. Considerados productos de desecho de la industria de alimentos fritos y hogares. En algunos países se utiliza como materia prima para la producción de biodiésel.

Con el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la obtención de aceites y grasas utilizados en la producción de biodiésel, se reduce el problema en la industria para su almacenamiento y la generación de olores desagradables. Algunos ejemplos son las grasas animales, como el cebo, la caña de azúcar, madera, etc. [10].

Como materia prima tenemos de tipo aceite comestible y aceite no comestible, se utilizaron cuatro semillas diferentes: semilla de Salvia hispánica conocida como chía (aceite comestible), semilla de Helianthus annuus conocida comúnmente como girasol (aceite comestible), semilla de Ricinus communis conocida como higuera (aceite no comestible) y semilla de Simmondsia chinensis conocida como jojoba (aceite comestible). Seleccionadas debido a la abundancia que tenemos en la región de Baja California. Las jerarquías taxonómicas de cada semilla se describen a continuación.

Salvia hispánica

La chía, Salvia hispánica, es una especie que pertenece a la familia de aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. En la Tabla 3 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica de la chía.

Tabla 3. Taxonomía Salvia hispánica.

Jerarquía	Descripción
Reino	Planae-Planta
Subreino	Tracheobionta-Planta vascular
División	Magnoliophyta-Angiosperma
Clase	Magnoliopsida-Dicotiledónea
Subclase	Asteridae
Orden	Asteridae
Familia	Lamiaceae-Menta
Género	Salvia L-Salvia
Especie	Salvia hispánica L

Fuente Recuperada de Plantas útiles de la flora Mexicana.

La salvia hispánica tiene una altura entre un 1.0 y 1.5 metros, sus tallos son ramificados, de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas. Las hojas opuestas con bordes aserrados miden de 80 a 100 cm de longitud, y 40 a 60 mm de ancho. Sus flores de color azul intenso o blancas se producen en espigas terminales, como se muestra en la Figura 1 [11].



Figura 1. Planta de Salvia Hispánica.
Fuente Recuperado de NaturaLista.

Las semillas son ovales, suaves, brillantes y miden entre 1.5 y 2.0 mm de longitud. Según la variedad, su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro, como se muestra en la Figura 2 [12].



Figura 2. Semilla de Salvia Hispánica.
Fuente Recuperado de Quiero Natural.

Helianthus annuus

El género Helianthus pertenece a la familia Asteraceae y tiene entre 10 y 200 especies. Pero solo se reconocen 67, de las cuales 11 son especies anuales. El género se agrupa en cuatro secciones:

- 1) Ciliares.
- 2) Atrorubens.
- 3) Agrestes.
- 4) Helianthus.

El girasol silvestre tiene una amplia distribución en el norte del continente. En la Tabla 4 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica del girasol [13].

Tabla 4. Taxonomía de Helianthus annuus.

Jerarquía	Descripción
Reino	Vegeta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Orden	Esterales
Familia	Asteraceae
Género	Helianthus
Especie	H. annuus L

Fuente Recuperada de CIDCA.

El fruto del girasol se conoce como aquenio, se compone de pericarpio y semilla. El pericarpio es lo que comúnmente conocemos como cáscara y protege a la semilla conocida como almendra, esta última se puede encontrar de color blanco, blanco con negro, negro, pardo o rojizo. Las semillas con interés de la industria del aceite es la variedad negra y tiene un 25% de cáscara aproximadamente. En la Figura 3, se muestra la planta de girasol.



Figura 3. Planta de Helianthus annuus
Fuente Recuperado de Etsy.

La semilla mide entre 4 y 6mm de ancho por 8 a 12 mm de largo, contiene alrededor de 40 a 55% de aceite, dependiendo de la variedad. Aunque el tamaño varía dependiendo de la posición dentro del capítulo, las grandes en la periferia y las pequeñas al centro. Las semillas pueden mostrar una apariencia plana o bolla da y el carácter genético de la planta y su relación con las condiciones climáticas pueden determinar que algunas variedades no presenten formación de semillas y al llegar a la madurez, estas se presenten en forma de paja o basura [14].



Figura 5. Planta *Ricinus communis*.
Fuente Recuperado de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.



Figura 5. Planta *Ricinus communis*.
Fuente Recuperado de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Ricinus communis

Es una especie altamente invasora en algunos países de Asia y Europa y en Estados Unidos, Costa Rica, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Argentina, Chile, Ecuador, Uruguay, Paraguay, México [15]. Es capaz de crecer rápidamente en climas templados y se ha escapado de los cultivos para convertirse en una maleza nociva. En la Tabla 5 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica del ricino [16].

Tabla 5. *Ricinus communis*

Jerarquía	Descripción
Reino	Vegeta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Orden	Esterales
Familia	Asteraceace
Género	Helianthus
Especie	H. annuus L

Fuente Recuperada de Edible Medicinal And Non Medicinal Plants.

Puede medir hasta 6 metros de altura, presenta color verde claro a un azul grisáceo y en ocasiones rojizo, la Figura 5 muestra la planta. En el tallo las hojas se alternan, son pecioladas y palmeadas con 5 a 11 lóbulos, dentadas, conservación palmatinervia. El perianto de las flores masculinas tiene de 6 a 12 mm de largo y las femeninas de 4 a 8 mm de largo. La raíz es pivotante y profunda.

El fruto es una cápsula subglobosa, con espinas cortas y gruesas y las semillas elipsoides, lisas, brillantes, de color café y gris; en la Figura 6, se muestra la semilla del ricino. [17].



Figura 6. Semilla de *Ricinus communis*
Fuente Recuperado de WSM.

Simmondsia chinensis

La jojoba es un arbusto dioico, perenne, endémico del desierto sonorense, región que abarca el noroeste de México y el suroeste de Estados Unidos. Link y Schneider clasificaron esta planta con el nombre científico de *Simmondsia chinensis*. En la Tabla 6 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica de la jojoba.

Tabla 6. *Simmondsia chinensis*

Jerarquía	Descripción
Reino	Vegetal
División	Embriophyta
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledoneae
Orden	Buxaceales
Familia	Simmondsia
Especie	Chinensis

Fuente Recuperada de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

La jojoba permanece verde durante todo el año, como se muestra en la Figura 7, las plantas macho son más altas y no sufren la poda natural, mientras que las hembras son buenas productoras de semillas, pero con una conformación muy pobre, se presenta como una planta dicotómica, se citan 4 diferentes formas de planta, las cuales pueden presentarse dentro de una misma población silvestre:

- 1) Planta baja y postrada.
- 2) Arbusto alto y denso (esférico).
- 3) De varias ramas largas decumbentes con una corona abierta e irregular.
- 4) Conformación arbórea, con una corona variable.



Figura 7. Planta de *Simmondsia chinensis*
Fuente Recuperado de Red de Herbarios del Noroeste de México

El fruto tiene forma de cápsula dehiscente, el color va de verde amarillo a café, e incluso café oscuro.

La vaina mide 1.5 cm de longitud y contiene de una a tres semillas, es delgada, ovalada y termina en triángulo, el fruto se compara a una bellota y alcanza su tamaño en 6 o 7 semanas del fruto queda dentro del cáliz persistente de sépalos alargados.

Se han encontrado menciones de fascículos y fructificaciones de 2 a 6 cápsulas y de hasta 10 frutos reunidos, en la Figura 8, se muestra la semilla de jojoba.



Figura 8 Semilla de *Simmondsia chinensis*
Fuente Recuperado de NaturVital.

Ventajas y desventajas del biodiésel

El biodiésel presenta las siguientes ventajas y desventajas respecto al diésel:

Ventajas

Requiere un tratamiento mínimo para utilizarse en motores. Es sostenible si se integra al sector agropecuario, minimizando la dependencia respecto del petróleo. Debido a su capacidad lubricante reduce el desgaste del motor. Sus emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, dióxido de azufre, hidrocarburos aromáticos poli cíclicos y material particulado. Se puede mezclar con gasoil en cualquier proporción.

Biodegradable, su emisión es menos visible, presenta menor riesgo en el transporte y almacenamiento por tener un mayor punto de ignición, no contiene azufre, el olor que desprende es menos desagradable [19].

Desventajas

La materia prima tiene costos elevados, los óxidos de nitrógeno pueden aumentar en su combustión, presenta flujo lento a bajas temperaturas, mayor oxidación, no se recomienda almacenarlo por más de seis meses. Disuelve plásticos y elementos derivados del caucho natural, por lo que es incompatible con estos elementos [20].

MATERIAL Y MÉTODOS

Materia prima

Una muestra de 500 g de cada una de las cuatro semillas fue recolectada (chía, girasol, higuera, jojoba).

Preparación de la semilla:

Consistió en limpiar las semillas con agua y jabón neutro, en los casos donde la semilla tenía cáscara esta fue retirada manualmente, posterior a esto las semillas se cortaron en trozos pequeños para ser licuado con mayor facilidad. Enseguida se procedió a calentar las semillas a fuego lento hasta que la misma tomara unos tonos dorados.

Extracción de aceite:

Se obtuvo el aceite de la semilla utilizando el método de Termo batido y/o prensado. Para el proceso de Termo batido se licuaron las semillas agregándole 1L de agua por cada 500 g. Una vez licuada la mezcla se calentó hasta llegar a punto de ebullición, posterior a esto se separa la parte sólida de la líquida por medio de un filtrado de malla de tela. El residuo orgánico sólido se utiliza como composta para lombriz, en este proceso cada residuo fue aprovechado.

Al residuo líquido se le añadió ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) para acelerar el proceso de decantación. Ya separado se extrajo la parte lechosa con una jeringa, se calentó a fuego medio hasta que hierva, dando como resultado un aceite con impurezas. El aceite obtenido se filtró hasta obtener un aceite puro (este paso fue repetido hasta obtener el aceite más puro posible).

El proceso de prensado fue utilizado únicamente para las semillas de alto contenido de aceite (35% o mayor), las semillas ya preparadas se colocaron dentro de una malla de tela, para evitar derrame de la materia sólida, son colocadas dentro de una prensa, por medio de un prensado frío.

Caracterización del aceite:

Espectrofotometría

Se utiliza para medir la absorbancia de soluciones, mediante un haz luminoso, con base en la ley de Beer-Lambert. El equipo utilizado para estas pruebas fue el espectrofotómetro visible GENESYS 20 de la marca Thermo Scientific, como se muestra en la Figura 9.

Se utilizaron dos tubos de ensayo que funcionaron como patrones (Pruebas de blanco), uno de colesterol y el otro de triglicéridos. A cada tubo se le agregó 10 μ l del aceite correspondiente, con ayuda de una pipeta automática (Se preparan unos tubos para triglicéridos y otros para colesterol).

A cada tubo de ensayo se le agrega 1 mL del reactivo de triglicéridos y 1 ml del reactivo de colesterol. Se leyó $\lambda 505$ nm contra prueba de blanco de triglicéridos

para ajustar a cero de absorbancia el espectrofotómetro. Posterior a esto se colocó cada una de las muestras para triglicéridos y luego de colesterol dentro del espectrofotómetro, el resultado será la absorbancia.



Figura 9. Espectrofotómetro
Fuente Elaboración propia.

Por medio de la Ley de Beer-Lambert se determina cuanto aceite hay en la solución de 200 mg por cada decilitro.

Cromatografía en capa fina

Consiste en la separación de una mezcla entre dos fases inmiscibles: una fase móvil, que sirve de transporte para las sustancias que se separan y que progresa en relación con otra fase denominada estacionaria. La fase móvil puede ser un líquido o un gas y la estacionaria puede ser un sólido o un líquido.

El procedimiento consistió en colocar la placa de aluminio cubierta de una capa delgada con el absorbente (fase estacionaria). Para detectar los absorbentes que contuvieran indicadores de fluorescencia la placa se colocó dentro de un sistema de foto documentación

UVP ChemiDoc-ItTS2 810 Imaging System a tres distintas longitudes de onda (285 nm, 302 nm y 365 nm).

Posteriormente, se coloca la placa dentro de un recipiente cerrado y limpio con yodo, para provocar que el eluyente (fase móvil) ascienda por capilaridad a través de la placa y arrastre los componentes de forma diferenciada a lo largo de ésta, produciendo "manchas" de los componentes. Con lo que se obtiene el frente de resolución (Rf).

RESULTADOS

Extracción de aceite

Para determinar el rendimiento de la extracción de los aceites se obtuvo por medio de la ecuación (1).

$$P = \frac{M_2}{M_1} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde P es el porcentaje de rendimiento de la extracción (%), M2 es la masa final del aceite (kg), M1 masa inicial del material vegetal (kg), 100 es un factor matemático. El resultado del rendimiento de cada aceite se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimiento de la extracción de los aceites

Aceite	P (%)
Chía	30
Girasol	26
Higuerilla	40
Jojoba	36

Fuente: Elaboración propia.

Espectrofotometría

Para obtener la relación de cantidad de aceite que hay en la solución de 200 mg por cada decilitro se utilizó la ley de Beer-Lambert, ecuación (2).

$$\frac{ABS_M}{ABS_p} * 200 \frac{mg}{dl} \quad \text{Ec. (2)}$$

Se realizó una comparación entre los aceites extraídos y aceites comerciales de la misma semilla, con la finalidad de tener un punto de referencia y mejores discusiones. Tipos lineales hace referencia a la cantidad de triglicéridos presentes en el aceite, y tipo esteroides hace referencia al colesterol que este tienen. En la Tabla 8 se observan los resultados de los aceites extraídos; donde prueba de blanco (Pb), aceite de chía extraído (CA), aceite de girasol extraído (GA), aceite de higuerilla extraído (HA), aceite de jojoba extraído (JA).

En la Tabla 9 se muestran los resultados de los aceites comerciales nivel cosmético; donde prueba de blanco (Pb), aceite de chía comercial (CC), aceite de girasol comercial (GC), aceite de higuerilla comercial (HC), aceite de jojoba comercial (JC).

Tabla 8. Resultados de aceites extraídos.

λ505 nm	Tipo Lineales		Tipo Esteroides	
	ABS	[mg/dL]	ABS	[mg/dL]
Pb	0.371	-	0.154	-
CA	0.220	118.59	0.363	471.42
GA	0.465	250.67	0.390	506.49
HA	0.218	283.11	0.033	30
JA	0.223	289.6	0.003	0.2727

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Resultados de aceites extraídos.

λ505 nm	Tipo Lineales		Tipo Esteroides	
	ABS	[mg/dL]	ABS	[mg/dL]
Pb	0.371	-	0.154	-
CC	0.056	30.18	0.207	268.83
GC	0.051	27.49	0.181	235.06
HC	0.253	136.4	0.213	476.6
JC	0.500	269.5	0.097	276.6

Fuente: Elaboración propia.

Cromatografía en capa fina

Los resultados de provocar que el eluyente (fase móvil) ascendiera por capilaridad por la placa y arrastrará los componentes produciendo "manchas" de los componentes en la placa de aluminio se muestran en la Figura 10.

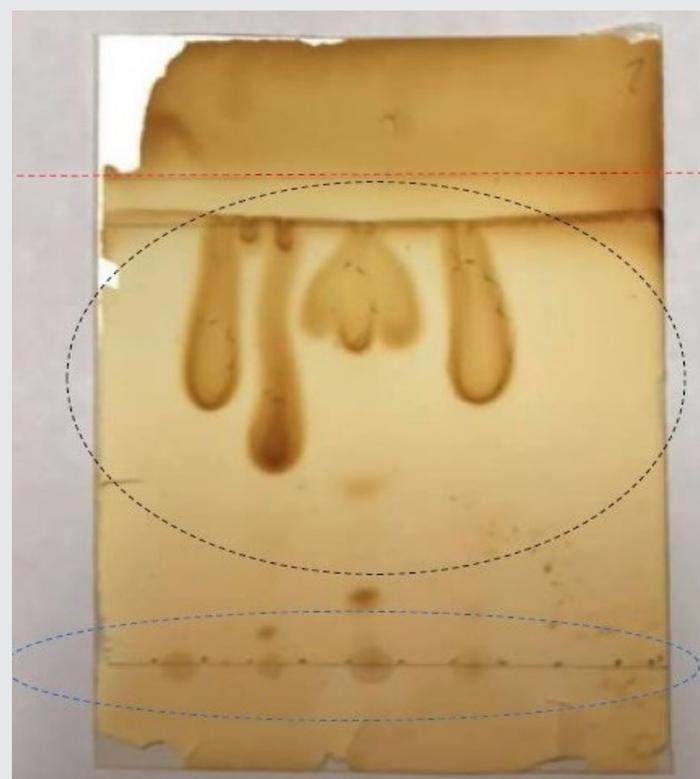


Figura 10. Muestras de los aceites extraídos, utilizadas para la cromatografía en capa fina.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10, la línea punteada de color rojo representa el frente del eluyente, la zona punteada de color negro se observa el comportamiento de las muestras, la zona punteada de color azul representa la zona en donde fue aplicada la muestra inicialmente.

Para obtener la relación de distancias de las condiciones en las cuales se corre la muestra, se obtuvo el frente de resolución (R_f), como se muestra en la ecuación (3).

$$R_f = \frac{(a)}{(b)} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde (a) es distancia que recorre la muestra desde el punto de aplicación, y la (b) distancia que recorre el disolvente hasta el frente del eluyente. Los resultados del Frente de Resolución de los aceites se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Frente de Resolución

Muestra de aceite	R_f
Chía	0.80
Girasol	0.75
Higuerilla	0.55
Jojoba	0.75

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11 se observan las muestras de los aceites extraídos, utilizadas para la cromatografía en capa fina.

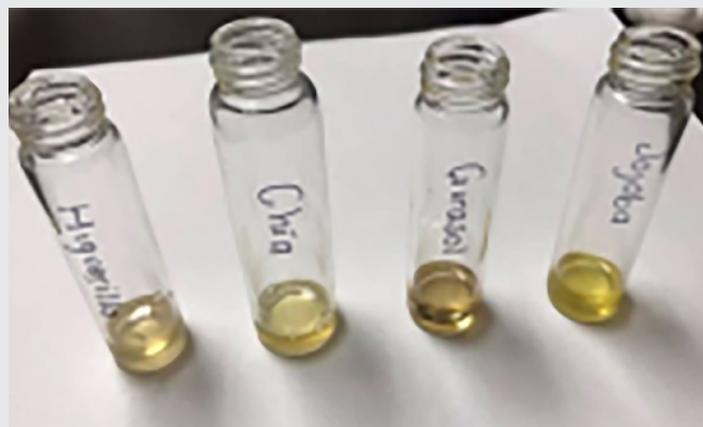


Figura 11. Muestras de aceites extraídos

Fuente Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Es una realidad que uno de los problemas más latentes de la última década, destaca el alto índice de contaminación que se presenta en el planeta, este representa un problema de carácter global y no realiza excepciones con ningún país, es por eso que generación de energías limpias y renovables tiene tanto peso.

El biodiésel, dadas las ventajas técnicas y ambientales que ofrece, constituye la mejor alternativa para sustituir parcial o totalmente al combustible diésel de-

rivado del petróleo. He aquí el motivo de este estudio, analizando el potencial para generar biodiésel a partir de aceites vegetales, comestibles y no comestibles.

Basándonos en los resultados referentes al proceso de extracción del aceite, concluimos que se obtuvo una optimización del método, dado que logramos tener una generación de residuos de tipo contaminante al mínimo y le dimos seguimiento al subproducto generado, teniendo como resultado cero residuos en el método de la extracción.

La relación de extracción de aceite por masa de semilla es de más de 100 ml por cada 500 g dando como resultado rendimientos en la extracción de aceites dentro de los rangos de 25-40%; siendo la semilla de higuerilla la de mayor y la de girasol de menor rendimiento. Analizando los resultados de la Tabla 8 y 9, se concluye que los aceites obtenidos resultaron ser más limpios, con mejor calidad en tipo lineal en comparación a los de tipo comercial. Siendo esto último favorable, debido a que la teoría nos dice que la producción de biodiésel de origen vegetal, idealmente, la materia prima debe contar con alto contenido de triglicéridos.

Los resultados reflejados en la placa de aluminio sometida a yodo nos permiten suponer que, de las cuatro semillas, el aceite de girasol contiene un compuesto que nos indica fluorescencia. Cada "mancha" reflejada en la placa nos indica la presencia de un compuesto, y a simple vista de las cuatro muestras el aceite de chía es el que más compuestos parece tener; esto se puede comprobar realizando una prueba en un cromatógrafo de gas. Se sabe con seguridad es que todo compuesto que contenga carbono absorberá el yodo, y toda sustancia susceptible de ser oxidada es capaz de entregar energía.

Es decir, los aceites extraídos de las cuatro semillas pueden ser utilizados como insumo principal para la producción del biodiésel.

Una vez analizando todos los resultados, cabe destacar que todos los aceites extraídos cumplen con las características para la producción de biodiésel. Las mejoras realizadas en el proceso de extracción de aceite demostraron un método eficaz, eficiente y con bajos costos de producción, obteniendo aceites más limpios y con las características óptimas para llevar a cabo la transesterificación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Federación, D. O. (01 de Febrero de 2008). Secretaría de Gobernación. Obtenido de Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

[2] N.L. Panwar a, S. K. (2011). Renewable y Sustainable Energía. Revista.

- [3] SENER, S. d. (2006). *Energías Renovables para el desarrollo sustentable*. México.
- [4] Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Biomasa. Manuales de Energías Renovables 5. Edición Especial Cinco Días*. 1996.
- [5] Salinas Callejas, E., & Gasca Quezada, V. (2009). *Los biocombustibles*. *El Cotidiano*, (157), 75-82.
- [6] Encinar, J. M.; Sánchez, N.; Martínez, G. y García, L. (2011). *Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content*. *Biore-source Technology*, 102, 10907-10914.
- [7] Andersen, O. y Weinbach, J.E. (2010). *Residual animal fat and fish for biodiesel production. Potentials in Norway*. *Biomass and Bioenergy*, 34 (8), 1183-1188.
- [8] Larosa, R. (2003). *Proceso para la producción de Biodiesel*.
- [9] Basha, S. A.; Gopal, K. R. y Jebaraj, S. (2009). *A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1628-1634.
- [10] Balat, M. y Balat, H. (2010). *Progress in biodiesel processing*. *Applied Energy*, 87(6), 1815-35.
- [11] Martínez M (1959). *Plantas Útiles de la Flora Mexicana*. Ediciones de Botas, DF (México) pp. 198-202.
- [12] Ramamoorthy T P (1985). *Salvia L. En Flora Fanerógama del Valle de México. Volumen II (Dicotiledóneas)*. Eds. J Rzedowski, GC De Rzedowski, Instituto Politécnico Nacional de México, DF (México) pp. 298-310.
- [13] Cabezas D M (2010). *Modificaciones tecnológicas de lecitinas de girasol. Aplicaciones en el área alimentaria*. Tesis Doctoral. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (FCE-UNLP).
- [14] O'Brien R (1998). *Fats and Oils. Formulating and Processing for Applications*. Technomic Publishing Co, Inc., Pennsylvania (USA).
- [15] CABI. 2016. *Ricinus communis*. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International.
- [16] Lim, T.K. 2012. *Ricinus communis*. In: *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants*. Lim. T.K. (Ed.). Aust Capital Terr, Australia. Springer Netherlands. 978-94-007-1764-0. 484-502 pp.
- [17] Vibrans, H. 2009. *Ricinus communis*. *Malezas de México*.
- [18] GISD (Global Invasive Species Database). *Euphorbiaceae*. 2016.
- [19] Lenoir, C. (2002). *Análisis de la producción de Biodiesel*.
- [20] Shahid, E. M. y Jamal. J. (2011). *Production of biodiesel: a technical review*. *Renew Sustain. Energy Rev*, 15(9), 4732-45.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Rediseño de rotor de caudalímetro para lavadoras de la industria textil en la región de Teziutlán

RESUMEN: En este trabajo se presenta el diseño de un sistema para medir la cantidad de agua que entra a una lavadora de prendas en una industria del ramo textil, en la región de Teziutlán, en el estado de Puebla. La propuesta consiste en desarrollar un instrumento de medición, que permita determinar el caudal que pasa por el elemento de admisión de la máquina. La importancia del proyecto, radica en el desarrollo de un dispositivo de sensado que tenga una vida útil superior a los dispositivos que actualmente existen en el mercado, ya que éstos oscilan entre 1500 a 2000 horas, lo que los vuelve incosteables para la empresa. A través de un comparativo de esfuerzos realizado por medio de un análisis estático elaborado con el complemento Simulation de SolidWorks, se compara el comportamiento mecánico del rotor estándar de paletas (de la marca SIGNET) y el rotor propuesto con álabes helicoidales. Los resultados ponen de manifiesto las ventajas mecánicas del rediseño sobre el modelo convencional, demostrando tener mayor resistencia a los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos, evidenciando un mejor comportamiento estructural que favorecerá el incremento de la vida útil en comparación al rotor comercial, debido a que los esfuerzos en el álabe son menores retardando la fatiga del material.

PALABRAS CLAVE: Alabe, análisis estático, caudalímetro, sensor de flujo, esfuerzos.



Colaboración

Alfredo Carrasco Aráoz; Gabriel Ángel Ramírez Vicente; Luis Manuel García Martínez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Fecha de recepción: 27 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 07 de diciembre del 2021

ABSTRACT: This paper presents the design of a system to measure the amount of water that enters a garment washing machine in a textile industry, in Teziutlán, Pue. The proposal consists of developing a measuring instrument, that allows determining the flow that passes through the inlet element of the machine. The importance of the project lies in the development of a sensing device that has a longer useful life than the devices that currently exist on the market, since these range from 1500 to 2000 hours, which makes them unaffordable for the company. Through a comparison of efforts carried out by means of a static analysis elaborated with SolidWorks Simulation, the mechanical behavior of the standard bladed rotor (from the SIGNET brand) is compared with the proposed rotor with helical blades. The results show the mechanical advantages of the redesign over the conventional model, showing greater resistance to stresses, deformations and displacements, showing a better structural behavior that will favor an increase in the useful life compared to the commercial rotor, due to the fact that the efforts in the blade are less, retarding the fatigue of the material.

KEYWORDS: Analysis static, flowmeter, flow sensor, paddles, efforts.

INTRODUCCIÓN

La industria mexicana de la confección ha tenido que recurrir a la importación de tecnología para el desarrollo de sus procesos productivos, por motivo de que en el país se carece de dicha tecnología. Esto ha traído como consecuencia que la industria tenga rezagos en su tecnificación, pues los repuestos son de elevado costo o bien, no se encuentran en el país y se tiene la necesidad de importarlos incrementando su costo.

Una forma de solucionar este tipo de problemas es el desarrollo de tecnología propia apoyada en las Instituciones Educativas de nivel Superior. El objetivo del presente trabajo es generar un dispositivo que sea capaz de solucionar el problema de no contar con el dato real de la cantidad de líquido que entra en la lavadora industrial. Este problema se extiende en diversas empresas del sector, como lo es ZAFRE S.A. de C.V.

El problema de manera particular radica en que aquellos dispositivos que fueron instalados de fábrica en la lavadora se dañaron y no han sido remplazados por su poca disponibilidad y reducida vida útil. De este modo, desarrollar un dispositivo que tenga la robustez necesaria para operar bajo las condiciones que impone el proceso productivo del sector, permite medir el volumen de agua en el interior de forma continua, al mismo tiempo que se incrementa la vida útil del aparato.

Para realizar medidas de caudal existen en el mercado diferentes opciones, la más común es un caudalímetro electromecánico, en este dispositivo el elemento que detecta el paso del fluido, es un pequeño rotor con paletas o álabes, dispuesto de forma normal al flujo para que este lo haga rotar, la desventaja que presenta el dispositivo es la ruptura de las paletas ya sea por el impacto del líquido a la apertura de la válvula o por el golpe de ariete generado por el cierre de la misma. Para la solución del problema se ha pensado en el desarrollo de un dispositivo, el cual, al incrementar su rigidez sea capaz de soportar los esfuerzos a los que se ve sometido, prolongando así la vida útil del sistema. Dicha resistencia se podrá evaluar mediante el análisis de esfuerzos a los que se ven sometidos los dos elementos, tanto el estándar que utilizan los instrumentos comerciales como el elemento propuesto. De igual forma se hace la presentación del montaje del rotor en el dispositivo de medida y la disposición final del instrumento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los medidores volumétricos que se están tomando como referencia para el presente análisis, son los que se utilizan en un dispositivo de paletas para realizar la operación de medir el volumen de agua que pasa a través de ellos. La Figura 1 muestra un modelo comercial que utiliza el principio señalado [1]. El material con que están fabricados los elementos comerciales es un tipo de plástico cuyas propiedades mecánicas las reserva el fabricante, por tal motivo el análisis comparativo se

realiza utilizando el mismo material plástico, que para el propósito de la investigación es PET para los dos elementos rotores. Así las mediciones de la deformación y los esfuerzos en los álabes se realiza de manera objetiva.



Figura 1. Caudalímetro de paletas.

Fuente GFSIGNET [1].

En los caudalímetros del tipo paletas, el principal problema es que estas se rompen a consecuencia de las condiciones de trabajo que impone el fluido. Para dar solución al problema se propone, el diseño de un nuevo rotor que permita distribuir mejor los esfuerzos en los álabes reduciendo así, la fatiga de los elementos; aunado a esto se propone el cambio del material de fabricación para incrementar la vida útil del rotor.

Para el diseño del instrumento de medida se partió de las condiciones de operación que rigen en la planta de ZAFRE S.A. de C.V. lugar donde se instalará el dispositivo, estas variables tienen las siguientes características:

- a) Presión estática en las líneas de agua fría y agua caliente 3 kg/cm^2 .
- b) Presión dinámica en las líneas de agua fría y agua caliente 1 kg/cm^2 .
- c) Temperatura de la línea de agua caliente $50 \text{ }^\circ\text{C}$.
- d) Diámetro de la línea suministro: 4 pulgadas.
- e) Diámetro de la tubería de alimentación a la máquina: 2 pulgadas.

Diseño del cuerpo del caudalímetro.

El agua es introducida al sistema por dos bombas centrífugas de 5 Hp de potencia cada una, estas alimentan a un tanque que sirve como reservorio para evitar cavitaciones en las líneas de suministro.

Partiendo de los datos recolectados directamente en la referida planta de lavado, se plantea el desarrollo del proyecto en tres etapas: primera, el desarrollo de la parte mecánica del dispositivo, la cual es el objeto del presente estudio. La segunda, el desarrollo del sensor de flujo y, finalmente una etapa posterior, donde se desarrollará el acondicionamiento de la señal y la interface de usuario.

Partiendo del material con que están fabricadas las tuberías de la línea de distribución, el cual es acero al carbón cédula 40. Para el cuerpo del dispositivo, se selecciona un tubo de acero al carbón cédula 80 que según las especificaciones del fabricante soporta una presión de 176 kg/cm² o 2300 psi (libras sobre pulgada cuadrada por sus siglas en inglés) [2].

Se adoptó este material no solo por la resistencia a la presión que tiene sino también por el espesor de la pared ya que deberá de ser maquinado para recibir la base del sensor. De la misma manera, la base que servirá para alojar el cuerpo móvil del sensor se maquinará en acero al carbono, rolando en caliente. La Figura 2, muestra el cuerpo del ensamblaje terminado.



Figura 2. Cuerpo del Cuenta Litros terminado.
Fuente Elaboración propia 2021.

Diseño del rotor

Para el diseño del rotor del sensor se partió de las mismas condiciones de operación que se utilizaron para el cuerpo del dispositivo. El trabajo en esta sección se divide en dos etapas. La primera es la ingeniería de concepto para determinar la geometría del rotor y la segunda, la ingeniería de detalle, que involucra el análisis de los esfuerzos y las deformaciones a las que se someterán los álabes de este elemento.

Para reducir los daños por los golpes de ariete, se propone un diseño en el cual el rodete se encuentra alineado en la dirección al flujo, con el álabe helicoidal para descomponer el vector fuerza y así reducir los esfuerzos sobre el material, la Figura 3 muestra la propuesta de rotor.



a)



b)

Figura 3. Propuesta de rotor a) Diseño en CAD. b) Rotor montado en su base (elementos realizados en impresora 3D)
Fuente Elaboración propia 2021.

Para incrementar la vida útil del dispositivo se propone construir el rotor en aluminio AA6061 [2], pues al tratarse de un material dúctil, presenta buenas propiedades mecánicas, como: fácil maquinado, permite un acabado liso, y posee una alta resistencia a la corrosión en ambientes salinos.

Para el cálculo del rotor se toma como presión de diseño, la presión de 3 kg/cm² por ser la presión mayor a la que se verá sometido.

Para alimentar la línea de agua se utilizan dos bombas marca "BONASA" de 5 Hp de potencia que suministran 608 l/min cada una según datos proporcionados por el fabricante [3].

Para el diseño del rotor del sensor es necesario determinar si el flujo es laminar o turbulento, este dato nos muestra como es el perfil de velocidad del fluido. Un flujo laminar tiene la característica de que al circular por una tubería, en las paredes, la velocidad es menor a la observada en el centro del fluido; no así, en el caso de un flujo turbulento, cuyo perfil de velocidad es más uniforme [4].

Para determinar el número de Reynolds se tomó en cuenta la presión de 1.5 kg/cm^2 que es la presión dinámica del sistema, además de ser la presión mínima de operación. Una vez realizados los cálculos, se obtuvo un número de Reynolds superior a 3000 lo que indica un flujo turbulento. Al determinar el régimen del fluido, es posible determinar la distancia a la que se encuentra la velocidad promedio del flujo de agua por medio de la siguiente expresión para flujo turbulento: [5]

$$y = 0.216 r_0 \quad \text{Ec (1)}$$

Donde y representa la distancia con respecto a la pared donde se encuentra la velocidad promedio del flujo y r_0 el radio de la tubería. Realizando los cálculos los resultados arrojan que la velocidad promedio del fluido se encuentra a una distancia con respecto a la pared del tubo de 5.24 mm. Con este resultado se determina el diámetro que deberá tener el rotor del sensor.

Para que el rotor realice su función, debe contar con álabes helicoidales, para que el movimiento del agua a través del cuerpo del cuenta litros, proporcione la energía mecánica que se requiere para que el elemento rote sobre su eje geométrico. El movimiento de la pieza sucede porque el álabe descompone vectorialmente la velocidad, generando con esto dos vectores ortogonales entre sí uno de ellos es la velocidad del fluido y el otro la velocidad lineal del rotor como lo muestra la Figura 4.

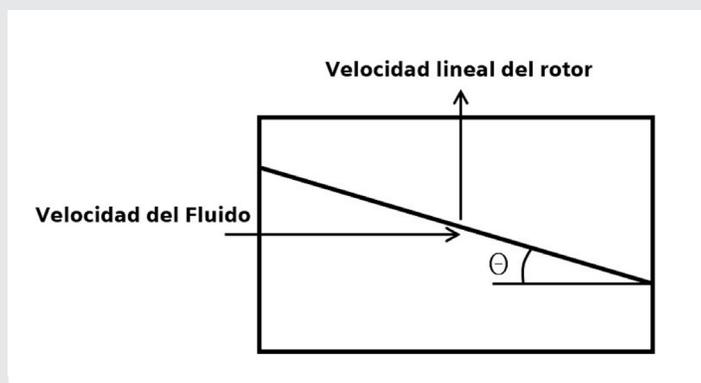


Figura 4. Descomposición vectorial de la velocidad del fluido. Fuente Elaboración propia 2021.

Para determinar el ángulo de ataque del álabe se partió de la premisa de obtener la mayor sustentación posible y de acuerdo con la teoría el ángulo θ con el que se obtiene el mayor rendimiento es de 20° [5], ya que de ser

superado este ángulo se comienza a generar arrastre en el fluido, por lo consiguiente se adopta dicho valor.

Utilizando las relaciones apropiadas y haciendo las operaciones se obtiene que el fluido sobre el álabe ejerce una fuerza de sustentación de 25 N por álabe que se encuentre sumergido.

RESULTADOS

El análisis de esfuerzo se realizó comparando el rotor propuesto contra uno del tipo de paletas que es el estándar en los caudalímetros de marcas como "BURKERT" Y "SYGNET".

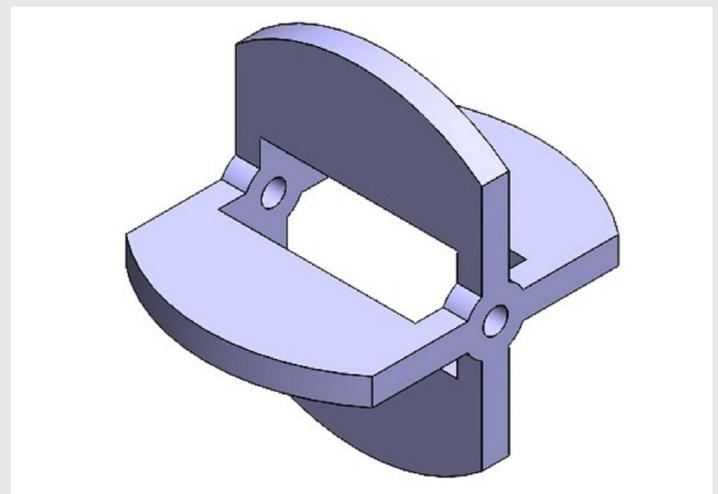


Figura 5. Rotor de paletas. Fuente Elaboración propia 2021.

Es menester mencionar que las dimensiones para realizar el ensayo fueron tomadas del rotor de un caudalímetro marca SIGNET.

Los resultados de las pruebas de esfuerzos y de deformaciones, ponen de manifiesto las debilidades y fortalezas de ambos rotores. El haber realizado la prueba con el mismo material permite tener un punto de vista objetivo y cualitativo a cerca del análisis.

Los datos arrojados por SolidWorks en las pruebas expresan que el rotor de álabes helicoidales tiene ventajas mecánicas sobre el rotor de paletas, a partir de los datos de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos, que se observan en la Tabla 1.

El análisis se realizó mediante un análisis estático [6][7], aplicando la mayor carga a la que se enfrentan los mecanismos. Esta condición ocurre cuando la válvula realiza la apertura, en este momento recibe el rotor (que se encuentra inicialmente en estado de reposo) toda la carga de presión a consecuencia de la apertura de válvula de control, que es accionada por un actuador neumático para que la respuesta de accionamiento sea rápida; misma condición que ocurre al cierre generando con esto, golpes de ariete, que repercuten en los elementos de la red de suministro.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las pruebas.

Como primer punto se muestra la comparativa de las tensiones de von Mises, donde se observa la ventaja mecánica que tiene el dispositivo propuesto ante el comercial, en la Figura 6 [8][9].

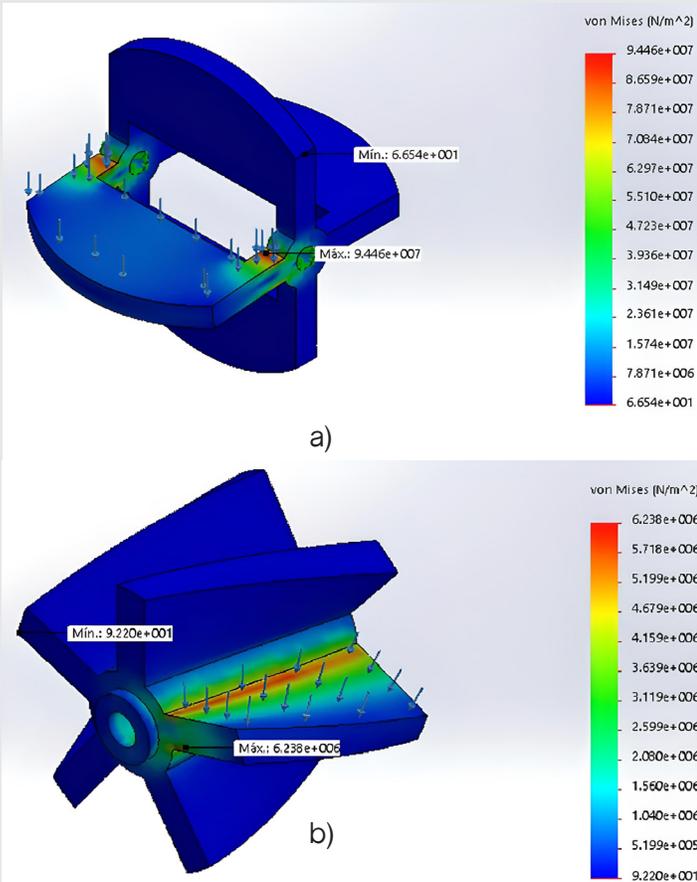


Figura 6. Resultados del análisis estático realizado a los álabes de los rotores de prueba. Fuente Elaboración propia 2021.

De la misma manera se realizaron los análisis de las deformaciones y los desplazamientos, que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla comparativa de los resultados del análisis

Tipo de prueba	Rotor de paletas	Rotor helicoidal
von Mises (N/m ²)	9.776x10 ⁷	6.337x10 ⁶
Desplazamientos Máximo (URES) (mm)	1.205	4.905x10 ⁻²
Deformaciones unitarias ESTRN (mm)	2.531x10 ⁻²	1.618x10 ⁻³

Fuente Elaboración propia 2021.

Una vez conocidos los resultados del comportamiento mecánico del material, se procede a realizar el ensayo solo que en esta ocasión el material que se dispuso

para la prueba es una aleación de aluminio A6061 que es el material propuesto para la fabricación del elemento, dando como resultado un valor de tensión de Von Mises de 2.14x10⁻³ N/m² con una tolerancia del 3%.

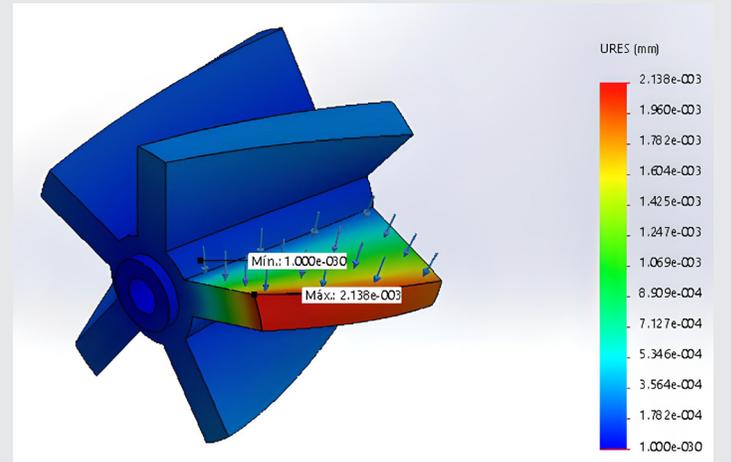


Figura 7 Desplazamiento máximo en álabes a consecuencia de la carga 2.142x10⁻³ mm. Fuente Elaboración propia 2021.

Tabla 2. Resultados obtenidos del análisis estático del rotor fabricados en aluminio AA6061.

von Mises (N/m ²)	Desplazamiento Máximo (mm)	Deformaciones Unitarias ESTRN (mm)
6.183x10 ⁶	2.142x10 ⁻³	6.605x10 ⁵

Fuente: Elaboración propia 2021.

A través de los resultados anteriores, es posible comprobar que el rotor tendrá una durabilidad mayor a la del rotor comercial, ya que los esfuerzos en el álabes son considerablemente menores y esto disminuye la concentración de esfuerzos en la raíz del álabes dando lugar a que la fatiga en el elemento se postergue.

Discusión

El desarrollo de la propuesta presentada surge de la necesidad de contar con un dispositivo para medir la cantidad de agua que se introduce a una lavadora industrial de prenda.

La problemática que presentan los dispositivos que se encuentran en el mercado es que bajo las condiciones de trabajo de la empresa en donde se desarrolla el proyecto los rotores se dañan en promedio cada 1500 horas de uso continuo, debido a los golpes de ariete que sufren cuando abren o cierran las válvulas que controlan el suministro de agua, ocasionando que el rotor se destruya.

Con la disposición del rotor en forma axial se pretende que las fuerzas provocadas por los golpes de ariete causen el menor daño al rotor, la Figura 8 muestra la disposición del rotor en el caudalímetro, montado en la parte exterior del flujo del líquido.

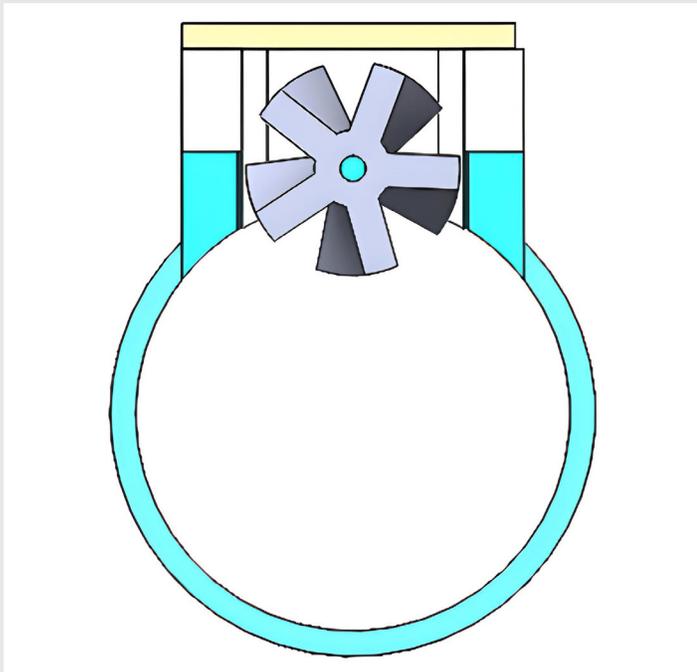


Figura 8. Disposición del rotor en el cuerpo del caudalímetro. Fuente Elaboración propia 2021

Disposición que lo diferencia de los comerciales ya que el eje del rotor propuesto está alineado con el flujo mientras que los existentes el eje se encuentra dispuesto de manera perpendicular al flujo, Figura 9.

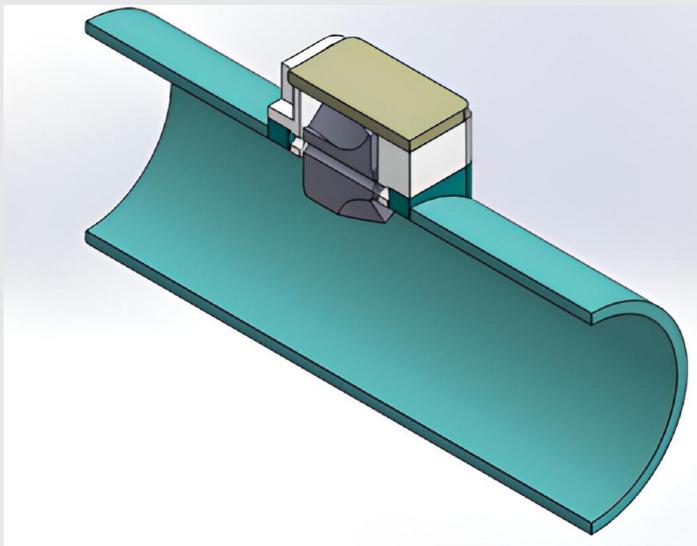


Figura 9. Corte de caudalímetro mostrando la disposición del rotor propuesto. Fuente Elaboración propia 2021.

Los resultados mostrados en párrafos anteriores ponen de manifiesto que la propuesta es viable técnicamente haciendo posible tener un instrumento fiable mecánicamente, capaz de trabajar en las condiciones que impone el proceso.

Con la geometría propuesta, por cada álabe que se sumerja, el volumen de líquido que se desplaza es de $4 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ con lo que se necesitan 25 pulsos para que

se registre un volumen de $1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ así mismo, al colocar el rodete de forma axial el ángulo del álabe con respecto al flujo (Figura 3 y Figura 4) descompone las fuerzas de forma radial y axial, con lo que la fuerza mayor es la que se aplica de forma paralela al flujo, logrando que los esfuerzos de deformación se reduzcan.

La Figura 10 muestra de manera detallada el lugar donde se montará el captador que registrará el movimiento de los álabes. Se puede observar la forma en que se realizará el conteo, por medio de una señal magnética emitida por los álabes, que será detectada por un dispositivo que utiliza el efecto Hall.

CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo del presente trabajo se pudo observar que la propuesta del diseño de un nuevo tipo de rotor con álabes helicoidales, tiene ventajas sobre el diseño tradicional, por el decremento en la concentración de esfuerzos sobre la raíz del elemento.

En el análisis realizado se puede observar que los resultados de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos no son lo suficientemente grandes, para causar fractura en el material con el que se realizó la simulación. Al repetir el procedimiento, pero esta vez utilizando el material con el que será construido el rotor, se pudo apreciar que el valor de las variables medidas no representan valores significativos que puedan afectar mecánicamente al material ya que son menores al 1% del esfuerzo admisible y de la deformación permitida en el material seleccionado por lo que a corto y mediano plazo no comprometen la estructura del material, concluyendo que la vida útil del elemento será mayor.

Así mismo, con la incorporación del rotor en la periferia del fluido, se consigue obtener la energía para que rote de la forma esperada, reduciendo la obstrucción al paso del agua que se presentaría de estar al centro del flujo. Esta disposición permite colocar de manera segura al sensor de tipo Hall que será el encargado de recoger los pulsos magnéticos del rotor que se lograrán instalando pequeños imanes de neodimio en los álabes. Estos pulsos generarán una señal que será captada y acondicionada mediante el empleo de la electrónica correspondiente misma que será procesada por un microcontrolador.

Trabajo a futuro

Se tiene contemplado integrar el caudalímetro de forma física incluyendo un circuito que permita realizar la lectura de las vueltas que realiza el rotor para poder definir la cantidad de líquido que pasa por el instrumento de medición para así tener un dispositivo que emita una señal que permita su integración con un microcontrolador, con la finalidad de crear un sistema que permita manipular el nivel de llenado de la maquinaria o depósitos en los cuales se necesite mantener el volumen de llenado dentro de un parámetro establecido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GFSIGNET Instrumentos medición de caudal Caudalímetros Volumétricos NIKRON automatización Argentina. (s. f.). Recuperado 18 de julio de 2021, a partir de <http://www.caudalimetrosnikron.com.ar/GFSIGNET-InstrumentosdeMedicion.html>.
- [2] BONASA. (2013). Catálogo de bombas BONASA. Recuperado a partir de <http://www.stihl-bosch.com/catalogos/bonasa.pdf>[3] Aleaciones de Aluminio. (2021, Marzo 3). Propiedades mecánicas del aluminio A6061. <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AA%206061.pdf>.
- [4] Montilva, M. (s. f.). FLUJO LAMINAR EN LA REGION DE ENTRADA DE UN TUBO RECTO PRECEDIDO POR UNA TUBERIA CURVA. Recuperado a partir de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a1n1/ing6.pdf>.
- [5] J. M. Gordillo y G. Riboux, *Introducción a la mecánica de Fluidos*, Madrid: Paraninfo, 2017.
- [6] Armando, L., & Sandino, R. U. (s. f.). ANÁLISIS DE ESFUERZOS RESIDUALES EN ELEMENTOS MECÁNICOS SOMETIDOS A CARGAS SIMPLES. Recuperado a partir de http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2012/articulos/pdfs/A1/A1_156.pdf.
- [7] J. M. Gere y B. J. Goodno, *Mecánica de Materiales*, CENGAGE Learning, 2015.
- [8] A. G. López, f. D. Naba y G. V. y. Ravasa, «Análisis de esfuerzos en un apero de tracción animal, empleando métodos experimentales y numéricos,» *ingenierías*, vol. IX, nº 33, pp. 21-27 , 2006.
- [9] J. Celigüeta-Lizarza, «MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISIS ESTRUCTURAL,» 19 9 2011. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/10171/19069>. [Último acceso: 8 9 2021].



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Caracterización de un panel solar por resistencia de carga



Colaboración

Mario Espinosa Tlaxcaltecatl; Jacob Javier Vásquez San-juan; Marco Antonio Alonso Pérez, Universidad Politécnica de Puebla

Fecha de recepción: 25 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 07 de diciembre del 2021

RESUMEN: La propuesta de caracterización del panel solar utiliza una resistencia eléctrica variable como elemento de control de la corriente. Este método representa una alternativa para estimar la evolución de los parámetros eléctricos y de rendimiento. El proceso de caracterización requiere obtener las curvas experimentales de corriente-voltaje (IV) y de potencia-voltaje (PV). También es necesario calcular los valores de la resistencia eléctrica a partir de expresiones teóricas basadas en los parámetros eléctricos del fabricante. Los resultados muestran un 40% en la eficiencia de conversión de potencia con respecto a los valores indicados por el fabricante, esta caída es explicada a través del comportamiento de la corriente y voltaje en el punto de máxima potencia eléctrica y es asociado a la resistencia de carga empleada. Además, se identifica una influencia asimétrica de la resistencia de carga sobre la forma de la curva I-V, esto al comparar los valores de corriente de corto circuito y voltaje de circuito abierto proporcionados por el fabricante y los obtenidos con la resistencia variable.

PALABRAS CLAVE: Curva IV, caracterización fotovoltaica, parámetros de desempeño, parámetros eléctricos, resistencia eléctrica.

ABSTRACT: The solar panel characterization proposal uses a variable electrical resistance as a current control element. This method represents an alternative to estimate the evolution of electrical and performance parameters. The characterization process requires obtaining the experimental current-voltage (IV) and power-voltage (PV). It is also necessary to calculate the electrical resistance values from theoretical expressions based on the electrical parameters of the manufacturer. The results show a 40% in the power conversion efficiency with respect to the values indicated by the manufacturer, this drop is explained through the behavior of the current and voltage at the point of maximum electrical power and is associated with the resistance load used. In addition, an asymmetric influence of the load resistance on the shape of the IV curve is identified, when comparing the short-circuit current and open-circuit voltage values provided by the manufacturer and those obtained with the variable resistance.

KEYWORDS: IV curve, photovoltaic characterization, performance parameters, electrical parameters, electrical resistance.

INTRODUCCIÓN

Los paneles solares comerciales muestran una disminución en su rendimiento, debido a múltiples factores como la degradación de la película fotoactiva por la constante exposición de radiación [1], por la degradación de los parámetros eléctricos debido a condiciones externas por procesos de interacción con el medio ambiente [2] y en forma constante por la disminución de la intensidad de iluminación por ángulo de inclinación [3]. Aunado a esto, los procesos de caracterización requieren de equipo especializado, por ejemplo, el equipo Sun Simulator – SPI 240A. Estos equipos de laboratorio determinan las curvas IV, los parámetros eléctricos (voltaje de corto circuito, voltaje de circuito eléctrico, resistencia en serie y paralelo) y los parámetros de desempeño (factor de llenado y eficiencia de conver-

sión de potencia) [4]. Y aunque la investigación puede profundizarse a diversos niveles, como estimar la resistencia de carga óptima [5][6], la corriente de saturación [7], entre otras. Uno de los principales puntos de interés en aplicación real consiste en el monitoreo permanente de la eficiencia de los paneles fotovoltaicos [8][9]. Por lo tanto, en este trabajo se propone el proceso de caracterización con elementos simples, que no requieren circuitos electrónicos complejos como en la caracterización capacitiva [10][11], usando solamente una resistencia variable y un módulo para controlar la intensidad de iluminación. Esta resistencia permite la variación de carga a lo largo de cuarto cuadrante de la curva experimental IV y limita la respuesta en corriente del panel solar, por lo tanto, los valores de amplitud de los parámetros de desempeño se ven reducidos. Finalmente, se interpreta y relaciona la respuesta obtenida con los parámetros proporcionados por el fabricante.

MATERIAL Y MÉTODOS

Equipo Empleado

El equipo utilizado en la investigación pertenece al laboratorio de energías renovables de la Universidad Politécnica de Puebla. El panel solar es de la marca Eco Green modelo EGP-40P-36, tiene 36 células, con dimensiones de 350x790x30mm [12]. La Tabla 1 muestra los principales parámetros proporcionados del panel solar. La eficiencia de conversión de energía del 14.47% y está formado por celdas poli cristalinas.

Tabla 1. Resumen de parámetros del panel solar proporcionados por el fabricante Eco Green Energy Group Ltd. 2018. Condiciones de prueba estándar: 1000W/m², temperatura ambiente a 25°C y masa de aire AM=1.5.

Características	Símbolos	Valores
Potencia máxima	P _{MPP}	40 W
Voltaje en el punto de máxima potencia	V _{MPP}	18.43 V
Corriente en el punto de máxima potencia	I _{MPP}	2.17 A
Voltaje de circuito abierto	V _{OC}	22.63 V
Corriente de corto circuito	I _{SC}	2.32 A

Fuente Elaboración propia

El panel solar es iluminado por un módulo estudio de energía solar DIDATEC ERS 300, cuenta con lámparas de xenón, con variaciones de intensidad constantes a 100 mW/cm² y con ajuste de altura de la lámpara para ampliar el área de iluminación. La homogeneidad del área de radiación sobre el panel solar es detectada por un medidor solar marca Anaheim Scientific H117 (ver Figura 1), con función de auto rango, precisión de lectura de 3 ¼ dígitos, con un sensor de energía solar con una

resolución de 1 W/m² a un rango de irradiancia de 2000 W/m² y una precisión de detección ±5%.



Figura 1. Imagen del panel solar Eco Green modelo EGP-40P-36 y el medidor solar Anaheim Scientific H117, en la esquina superior izquierda.

Fuente Elaboración propia.

Curvas Corriente-Voltaje y Potencia-Voltaje

Para analizar el comportamiento eléctrico de un panel sola, la metodología propuesta conste en tres fases: primero, determinar los puntos característicos sobre la curva IV; segundo, determinar la curva PV y tercero, determinar los parámetros de desempeño del panel solar.

Fase 1. Determinar los puntos característicos sobre la curva IV.

La curva I-V (ver Figura 2), permite observar los puntos característicos: corriente de corto circuito (I_{sc}), voltaje de circuito abierto (V_{oc}) y el punto de máxima potencia (P_{MPP}). Para determinar con exactitud este último punto se plantea el siguiente paso.

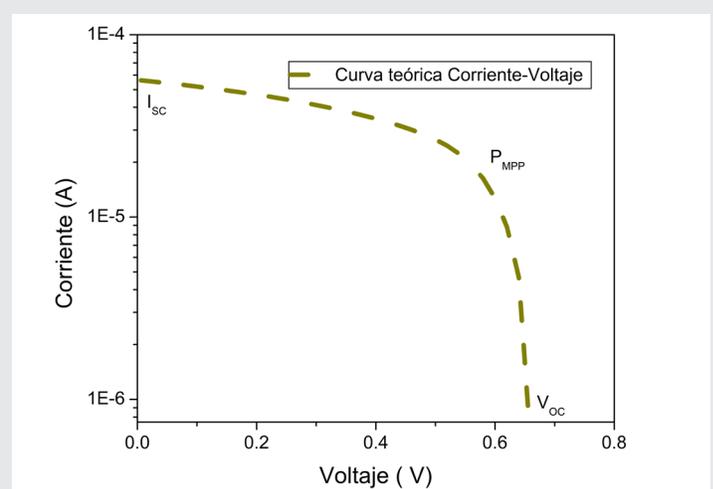


Figura 2. Representación de la curva I-V teórica con sus puntos característicos.

Fuente Elaboración propia.

Fase 2. Determinar los puntos característicos sobre la curva PV.

La curva P-V está determinada a través de la consideración, que la potencia es obtenida del producto de la corriente y el voltaje, observando el comportamiento resultante en la Figura 3, donde el voltaje en el punto de máxima potencia (V_{MPP}) debe coincidir con la amplitud más alta de la curva, el punto P_{MPP} .

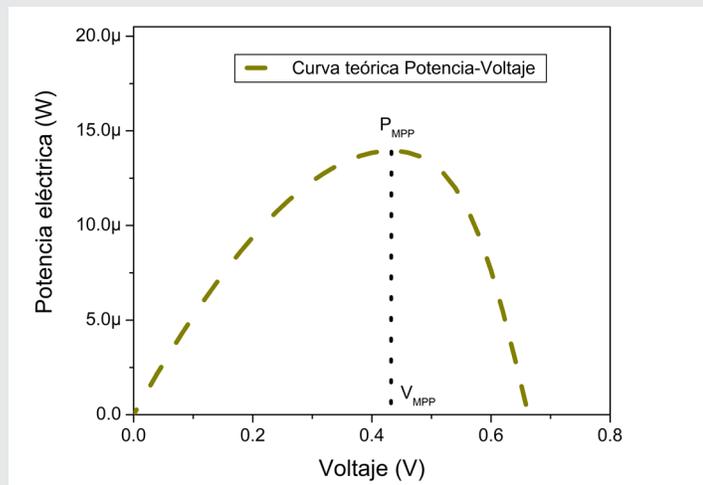


Figura 3. Representación de la curva P-V teórica con la ubicación de la P_{MPP} .

Fuente Elaboración propia.

La utilidad de la curva P-V es la localización del voltaje V_{MPP} , pero también permite identificar la corriente el punto de máxima potencia (I_{MPP}).

Fase 3. Determinar parámetros de desempeño.

Finalmente, usando los puntos característicos se puede calcular dos parámetros: a) el factor de llenado (FF), a partir de la Ecuación (1), que representa la propiedad rectificadora del dispositivo, y en forma gráfica indica la relación entre dos áreas, la del rectángulo formado por los puntos de V_{MPP} y I_{MPP} y la del rectángulo formado por los puntos de I_{SC} y V_{OC} , y b) la eficiencia de conversión de potencia (η), a partir de la Ecuación (2), que indica la cantidad de potencia eléctrica generada por la celda solar en relación con la potencia óptica recibida [13].

$$FF = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{V_{OC} I_{SC}} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\eta = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{S A_C} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde, A_C es el área superficial de la celda o panel solar en m^2 y S es la irradiancia dada en W/m^2 .

Procedimiento para determinar el rango de valores de la resistencia variable.

Para caracterizar el panel fotovoltaico, se utiliza una resistencia eléctrica externa (100 Ω , 220W). La forma de calcular los valores extremos de esta resistencia, es primero determinar la resistencia mínima $R_{min} = V_{OC}/4 I_{SC}$ y después la resistencia mayor $R_{may} = 4 V_{OC}/I_{SC}$. El

factor de 4 se determinó experimentalmente buscando garantizar el completo escaneo eléctrico, es decir, que se encuentren los valores de la resistencia lo más cercanos a los puntos de voltaje de circuito abierto (22.63 V) y de corto circuito (2.32 A).

Las resistencias para el escaneo de la curva IV (usando los datos proporcionados en la Tabla 1) son: $R_{min} = 2.43 \Omega$ y $R_{may} = 39 \Omega$.

El procedimiento para medir la curva I-V consiste en incrementar el valor de la resistencia de la carga (R_{ext}), desde R_{min} hasta R_{may} , midiendo con un multímetro (digital BK Precision 2712) la corriente (A) y el voltaje en la resistencia de carga (V). El esquema experimental se muestra en la Figura 4.

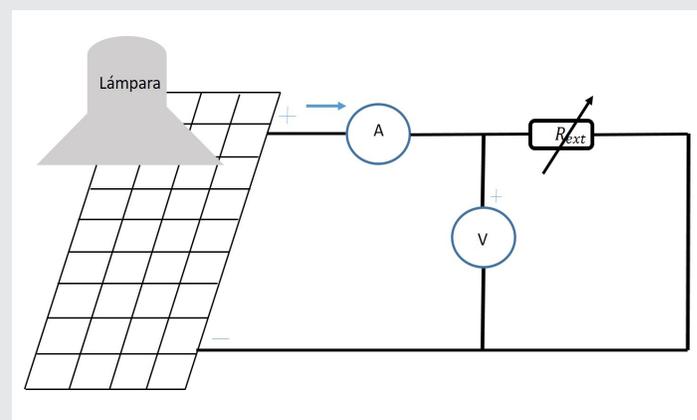


Figura 4. Esquema experimental para medir la corriente y voltaje del panel solar.

Fuente Elaboración propia.

Para validar los valores de corriente y voltaje medidos, se realizó un promedio de tres muestras a cada uno de ellos, bajo las mismas condiciones de iluminación, temperatura y utilizando los mismos instrumentos de medición.

RESULTADOS

La Figura 5a muestra la curva experimental IV obtenida del panel solar, que permite identificar los puntos característicos de V_{OC} y I_{SC} . Se observa que el registro de voltajes va desde los 3 volts y hasta los 15.5 V debido a las limitaciones de precisión para desplazamientos pequeños de la resistencia variable. En la Figura 5b se muestra la curva experimental PV que identifica la posición del punto de máxima potencia.

El valor de iluminación sobre la superficie del panel solar fue ajustado y medido con una amplitud de 1000 W/m^2 , lo cual representa un producto $S A_C = 276 W$, este valor fue el utilizado en la estimación de la eficiencia de conversión de potencia. Además, a través de la curva IV se puede estimar el valor de la resistencia en serie (R_s) mediante la pendiente inversa de la recta tangente cerca del punto de V_{OC} [14], como se muestra en la Figura 6. Encontrando un valor de $R_s = 3.41 \Omega$.

Con los puntos característicos se estimó los parámetros de desempeño, el factor de llenado y la eficiencia de conversión de potencia. En la Tabla 2 se resumen todos los puntos característicos y parámetros estimados a partir de las curvas experimentales, así como el porcentaje alcanzado de cada parámetro respecto a los valores proporcionados por el fabricante.

Tabla 2. Valores de los parámetros eléctricos y de desempeño estimados con el método de resistencia eléctrica variable, así como el % de la relación del valor encontrado en relación al valor del fabricante.

Parámetro	Valor encontrado	Valor encontrado / Valor del fabricante
V_{OC}	17.7 V	78 %
I_{SC}	1.36 A	59 %
V_{MPP}	13 V	70 %
I_{MPP}	1.25 A	58 %
FF	0.67	72 %

Fuente Elaboración propia

De la comparación de los parámetros de desempeño identificados en la Tabla 2 es importante resaltar el parámetro de eficiencia de conversión de potencia, el cual representa solo un 40% con respecto al reportado por el fabricante. Es claro que este parámetro depende de condiciones experimentales, como método de escaneo, en particular el control y medición de la corriente. En este sentido, en el trabajo se utiliza una resistencia de carga variable que influye en los parámetros eléctricos de salida al limitar la corriente e interaccionar con las resistencias internas del panel solar. La explicación de esta caída en la eficiencia la podemos encontrar al analizar la expresión teórica de este parámetro, el cual depende de la potencia óptica de la fuente de luz (considerada una condición constante), y de la corriente y voltaje en el punto de máxima potencia eléctrica. Al considerar el valor porcentual de la corriente y el voltaje en el punto de máxima potencia y considerando que se encuentran multiplicando en la expresión teórica de la eficiencia $V_{MPP} \times I_{MPP}$, es posible determinar que el porcentaje obtenido de esta operación es del 40%, idéntico al valor alcanzado de la eficiencia.

Del resultado del factor de llenado, es posible deducir que la forma rectificadora de la curva IV se ve comprometida en forma asimétrica por la resistencia de carga, es decir, afecta en mayor medida a un extremo de la curva, en particular cerca del punto de corriente corto circuito, esto se demuestra con el 19% de diferencia que es alcanzado por la I_{SC} en comparación del porcentaje alcanzado por el V_{OC} .

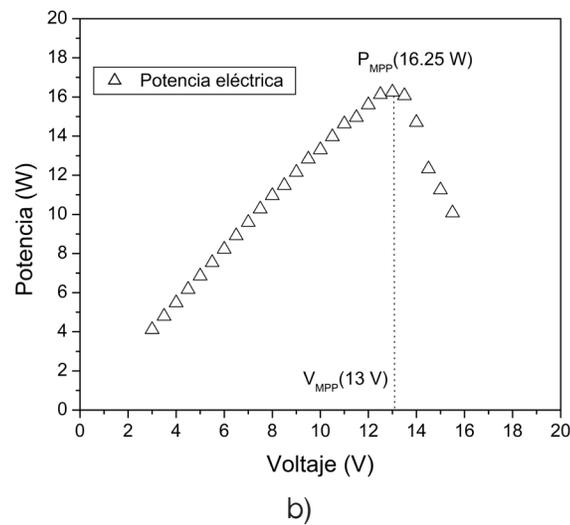
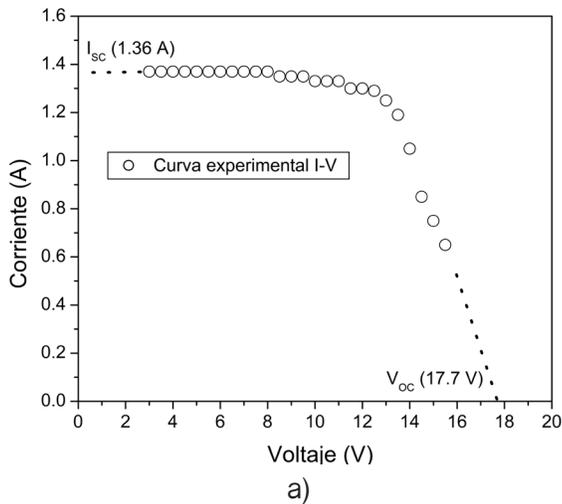


Figura 5. Curvas experimentales, a) curva I-V y b) curva P-V, del panel solar con Irradiancia de 1000 W/m^2 y resistencia eléctrica variable de 100Ω , 220Ω . Fuente Elaboración propia.

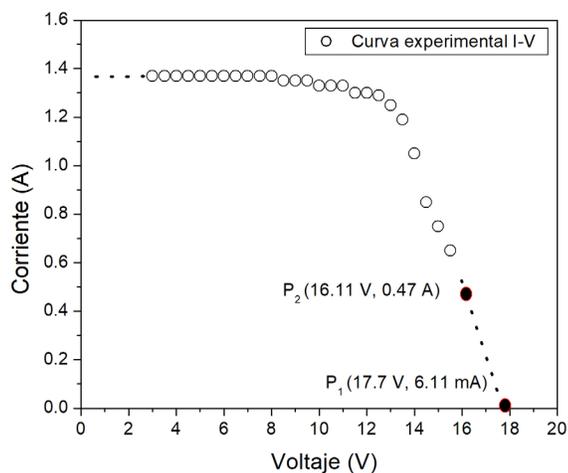


Figura 6. Línea tangente cercano al punto de circuito abierto, para la estimación de la resistencia serie del panel solar. Fuente Elaboración propia.

Finalmente, es posible deducir el voltaje de circuito abierto de cada célula del panel solar al considerar que múltiples células se combinan eléctricamente (serie, paralelo y serie-paralelo) para producir un voltaje o una corriente más alta. La propuesta es considerar al panel en una configuración en serie de las células ($N_s=36$). En esta configuración, el voltaje de circuito abierto del panel V_{OC} permite deducir el voltaje de circuito abierto de cada célula V_{OCn} , a partir de $V_{OCn} = V_{OC} / n$, siendo n el número de células (36 en este caso). El resultado encontrado es $V_{OCn} = 0.49$ V.

CONCLUSIONES

El desempeño de un panel solar es reflejo de las condiciones intrínsecas del dispositivo, pero también de las condiciones externas, como iluminación y carga eléctrica. En este trabajo se presenta un procedimiento para estimar las curvas I-V utilizando una carga eléctrica resistiva externa.

Encontramos que es posible justificar una eficiencia al 40% con respecto a lo que reporta el fabricante, solo por su dependencia con los parámetros eléctricos de salida en el punto de máxima potencia, es decir, la multiplicación de V_{MPP} y I_{MPP} , los cuales están asociados a las limitaciones que implican el uso de resistencia eléctrica variable. Además de hallar la relación asimétrica que guarda el uso de la resistencia externa con los puntos V_{OC} e I_{SC} .

Por lo tanto, si requerimos un estudio más extenso de la influencia de la carga utilizada en el proceso de caracterización, o de la influencia sobre la forma rectificada de la curva IV es necesario mejorar el método de caracterización. El método propuesto en este trabajo cumple con la identificación básica de parámetros de desempeño solo como una alternativa de monitoreo constante, por ejemplo, para identificar el proceso de degradación del panel solar.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Politécnica de Puebla por facilitar sus instalaciones y equipo para realizar los experimentos reportados en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. B. Kohen, "Diseño de un laboratorio para módulos fotovoltaicos por radiación ultravioleta," *Universidad Técnica Federico Santa María, Chile*, 2020.
- [2] M. T. Montero and C. Cadena, "Pérdida de potencia en módulos fotovoltaicos por degradación de sus parámetros eléctricos," *Av. en Energías Renov. y Medio Ambient.*, vol. 12, pp. 39–45, 2008.
- [3] M. Arrieta Paternina, L. Olmos Villalba, J. Izquierdo Nuñez, and R. Álvarez López, "Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando

el ángulo de inclinación de los paneles solares," *Prospectiva*, vol. 10, no. 1, pp. 97–107, 2012.

[4] J. Fernández, "Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil," 2009.

[5] D. Li and P. H. Chou, "Maximizing Efficiency of Solar-Powered Systems by Load Matching," *Proc. Int. Symp. Low Power Electron. Des.*, vol. 2004-Janua, no. January, pp. 162–167, 2004.

[6] J. E. Martínez Tibaduiza, "Diseño e implementación de un cargador de baterías controlado por el algoritmo de MPPT y alimentado por paneles solares," *Universidad Santo Tomás Seccional Tunja*, 2021.

[7] E. L. Meyer, "Extraction of Saturation Current and Ideality Factor from Measuring Voc and Isc of Photovoltaic Modules," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2017, 2017.

[8] O. S. E. O, "Monitoreo de la eficiencia de paneles fotovoltaicos bajo condiciones de lluvia y polvo," *Universidad de Antioquia, Colombia*, 2020.

[9] A. D. Perdomo Garavito, D. M. Venegas Garzón, "Sistema de monitoreo de paneles solares por medio del paradigma del internet de las cosas," *Pontificia Universidad JAVERIANA, Colombia*, 2019.

[10] M. . E. Febres Flores, "Diseño de un módulo didáctico para el estudio de las curvas I-V de paneles solares para el laboratorio de circuitos eléctricos en la Universidad señor de Sipán," *Universidad Señor de Sipán, Perú*, 2021.

[11] P. S. N. Javed K. Sayyad, "Capacitor Load Based I-V Curve Tracer for Performance Characterisation of the Solar Photovoltaic System," *Appl. Sol. Energy*, vol. 56, pp. 168–177, 2020.

[12] L. Group Eco Green Energy, "Building a Greener World EGE-100P-36." p. 2, 2018, [Online]. Available: https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/48362?utm_source=ENF&utm_medium=panel_profile&utm_campaign=enquiry_company_directory&utm_content=29525.

[13] J. Nelson, *The physics of solar cells*. London: Imperial College Press, 2003.

[14] F. M. González-Longatt, "Model of Photovoltaic Module in Matlab," in *2DO Congreso Iberoamericano de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica, electrónica y Computación*, 2005, vol. 1, no. 1, pp. 1–5.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los tabiques de barro rojos recocidos de San Rafael, Veracruz

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo el análisis físico y mecánico de las piezas de tabique del municipio de San Rafael en el estado de Veracruz, México, para la generación de datos de monitoreo.

Se analizaron 6 fábricas productoras, donde se caracterizó el suelo, mediante el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, además se evaluó la resistencia a la compresión, Dimensionamiento y Absorción total de las piezas a 24 horas.

Posteriormente, se realizó un análisis de valores obtenidos entre las diferentes fábricas productoras, para conocer las características de la pieza de tabique en la región, asimismo se determinan los valores de resistencia para emplearse en el diseño de estructuras de mampostería, ejecutando una comparativa con las normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería versión 2017 (NTCM-2017).

Las piezas de las 6 fábricas productoras analizadas no obtuvieron resultados favorables debido a que ninguna fábrica productora igualó o superó los valores indicados en la norma NTCM-2017.

El tabique del municipio de San Rafael necesita modificar su proceso de fabricación, siendo este amigable con el medio ambiente además de mejorar sus características físicas y mecánicas, para la obtención de estructuras de mampostería resistentes ante solicitaciones estructurales.

PALABRAS CLAVE: Absorción, dimensionamiento, mampostería, resistencia a la compresión, tabique rojo recocido.



Colaboración

Oscar Moreno Vázquez, Joaquín Sangabriel Lomelí; Pablo Julián López González, Tecnológico Nacional de México, campus Misantla; Gabriel Raya Papayanopulos, Strukktura Ingeniería Estructural; Héctor Eliseo Gómez Guerrero

Fecha de recepción: 26 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 13 de diciembre del 2021

ABSTRACT: The objective of this work is the physical and mechanical analysis of the pieces of brick from the municipality of San Rafael in the state of Veracruz, Mexico, for the compilation of monitoring data.

Six production plants were analyzed, where the soil was characterized using the Unified Soil Classification System method, and the compressive strength, dimensioning and total absorption of the pieces at 24 hours were also evaluated.

Therefore, an analysis of values obtained among the different producing factories was carried out, in order to know the characteristics of the partition wall piece in the region, likewise, the strength values to be used in the design of masonry structures are determined, executing a comparison with the complementary technical standards for the design and construction of masonry structures version 2017 (NTCM-2017).

The pieces from the 6 producing factories analyzed did not obtain favorable results due to the fact that no producing factory met or exceeded the values indicated in the NTCM-2017 standards.

The brick of the municipality of San Rafael needs to modify its manufacturing process, making it environmentally friendly and improving its physical and mechanical characteristics, in order to obtain masonry structures resistant to structural stresses

KEYWORDS: absorption, clay brick, dimensioning, masonry, compressive strength.

INTRODUCCIÓN

El tabique es una de las piezas artesanales para la construcción, con mayor antigüedad, estas han sido fabricadas desde las primeras civilizaciones. Por ejemplo: Los sumerios fabricaron las primeras gaveras o moldes de madera para la estandarización en la geometría del tabique [1].

En México, el tabique de barro rojo recocido es pieza fundamental para la construcción de hogares, en diversos estados del país se fabrica la pieza de arcilla, dependiendo la región y cultura, se le añade algún material adicionante y posteriormente se somete al proceso de cocción.

Cabe destacar que, en el censo realizado en el 2020, por el Instituto Nacional de estadística y geografía (INEGI), menciona que de los 35.3 millones de viviendas particulares habitadas en el país, 92.4% tiene paredes de tabique, ladrillo, block, cantera o cemento [2]. Esto indica que actualmente el tabique o ladrillo es una de las piezas de mampostería más usadas en los muros de las viviendas del país. Sin embargo, el tabique de barro rojo recocido es una pieza artesanal que carece de control de calidad en su fabricación e insumos, además la incorrecta homogenización de los materiales y cocción, provocan variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas [3]. Esto se ve mermado en la resistencia de las construcciones ante solicitaciones estructurales [4],[5].

San Rafael es un municipio del estado de Veracruz, México. El cual es productor de tabique de barro rojo recocido.

Para ejecutar el estudio se acudió al sitio tres veces por mes en un lapso de 6 meses para ejecutar las inspecciones visuales y la recolección de muestras de tabique, donde se observó un inadecuado control de calidad en los materiales debido a que se observaba en la mezcla cuerpos de objetos extraños o materia orgánica, así como también en la manipulación del calor para la correcta cocción de la pieza. Esto es preocupante debido a que los tabiques son pieza fundamental en la construcción de viviendas en la zona, además los productores de tabique mencionan que estos son comercializados por lo menos en 10 municipios de la región pertenecientes al estado de Veracruz y 2 municipios pertenecientes al estado de Puebla.

Por otra parte, hasta el día de hoy no se cuenta con registro de características físicas o mecánicas del tabique del municipio de San Rafael, para su uso en el diseño de estructuras de mampostería, tomándose en cuenta solo datos emitidos por normas externas [6].

Por todo lo anterior expresado se propone la ejecución de la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del tabique de barro rojo recocido en 6 fábricas

cas productoras del municipio de San Rafael las cuales autorizaron las visitas y accedieron en la ejecución del estudio.

En primer término, se ejecutó la inspección técnica sobre los procesos de elaboración de la pieza en las diferentes fábricas productoras, posteriormente se llevó a cabo la caracterización de los agregados componentes de las piezas para poder conocer el tipo de suelo que integra al tabique, después se obtuvieron muestras de 5 piezas por método de prueba, las pruebas ejecutadas fueron: dimensionamiento, absorción total a 24 horas y resistencia a la compresión.

La caracterización de propiedades físicas y mecánicas determinarán parámetros certeros en la calidad de las piezas de tabique rojo recocido producido en San Rafael, Veracruz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestreo de piezas en las fábricas productoras de tabique

Para llevar a cabo este trabajo se realizaron visitas a las fábricas productoras en el municipio de San Rafael, esto con el fin de conocer el proceso de elaboración del tabique de la zona, en la figura 1 se muestra un resumen del proceso.

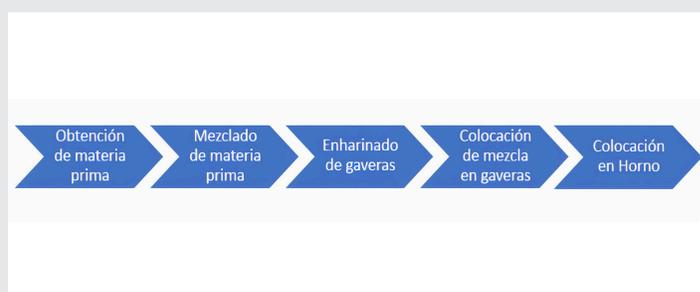


Figura 1. Proceso de Elaboración del Tabique
Fuente Elaboración propia

En las inspecciones visuales al sitio se detectaron las siguientes variables que pueden influir en los resultados de las piezas, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables que pueden influir en los resultados de las piezas de tabique.

POSIBLES VARIABLES
MEZCLA DE DIFERENTES TIPOS DE ARCILLAS
CUERPOS EXTRAÑOS O RESTOS DE MATERIA ORGANICA EN LA MEZCLA
MONITOREO Y CONTROL DE TEMPRATURA EN EL HORNO
EXCESO DE ARENA EN LA MEZCLA
NO SE TIENE ESTANDARIZACIÓN EN GAVERAS O MOLDES

Fuente Elaboración propia.

Seguidamente se recolectaron muestras de 15 piezas en cada una de las fábricas productoras de tabique, con base a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 [7], las fábricas participantes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Fabricas productoras de tabique participantes y su ubicación en coordenadas UTM.

Fábrica productora de tabique	Ubicación en coordenada UTM
Hortensia	Latitud: 20°10'34.49"N, Longitud: 96°54'5.12"O Altitud:10 msnm
Jaime	Latitud: 20°10'30.48"N, Longitud: 96°54'0.95"O Altitud: 9 msnm
Machinhuepa	Latitud: 20°10'26.38"N, Longitud: 96°54'3.08"O Altitud: 9 msnm
Mario Gomez	Latitud: 20° 9'42.07"N, Longitud: 96°55'34.40"O Altitud: 24 msnm
Ortega	Latitud: 20°10'30.18"N, Longitud: 96°54'2.55"O Altitud: 8 msnm
Tres Hermanos	Latitud: 20°10'41.68"N, Longitud: 96°53'27.54"O Altitud: 7 msnm

Fuente Elaboración propia.

Determinación de las dimensiones de los tabiques rojos recocidos

Posteriormente se llevaron las piezas a la nave industrial del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, donde las piezas se separaron, marcaron y codificaron, seguidamente se obtuvieron las dimensiones de todas las piezas, como lo estipula la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013 [8]. Las dimensiones que se deben obtener se muestran en la Figura 2.

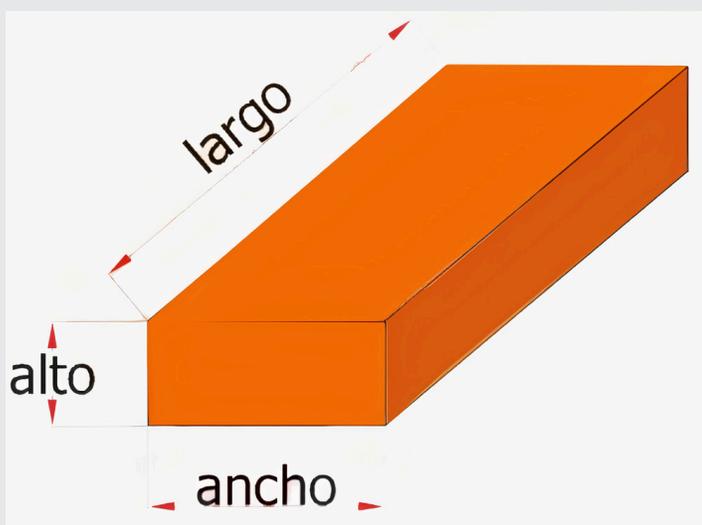


Figura 2. Dimensiones del tabique rojo recocido Fuente Elaboración propia.

Determinación de la absorción total a 24 horas

Para la determinación de la absorción total a 24 horas, las piezas de tabique correspondientes a esta prueba se saturaron por 24 horas, al finalizar esta etapa, se llevó a cabo la obtención del peso húmedo de cada pieza, posteriormente se introdujeron al horno para obtener el peso seco de cada una de las piezas de tabique y posteriormente ejecutar los cálculos con base en la normativa NMX-C-037-ONNCCE-2013 [9].

Determinación la resistencia a la compresión con fines de diseño estructural

Para la determinación de las propiedades mecánicas se ensayaron 5 piezas de cada fabrica productora, previamente se ejecutó un cabeceo con azufre para dar uniformidad a las caras superior e inferior del tabique, como lo indica la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013 [10].

RESULTADOS

Determinación de las dimensiones de los tabiques rojos recocidos

Se determinaron las dimensiones de las piezas de tabique. Se obtuvieron los resultados con base en la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013 [8], la cual menciona, que se debe cumplir con las dimensiones mínimas, estas son: 50 mm de alto, 100 mm de ancho y 190 mm de largo. en la Tabla 3 se muestran los resultados de cada una de las dimensiones obtenidas en piezas de diferentes fábricas productoras, ejecutando una comparativa con lo que se menciona en la norma.

Tabla 3. Determinación de las dimensiones de las piezas de tabique.

Fábrica productora de tabique	Alto (mm.)	ancho (mm.)	largo (mm)
Valor mínimo estipulado en la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013	50	100	190
Hortensia	50	128	256
Jaime	49	128	258
Machinhuepa	50	128	262
Mario Gomez	54	130	268
Ortega	50	132	260
Tres Hermanos	50	132	268

Fuente Elaboración propia.

En la Tabla 3 se aprecia que la mayoría de las fábricas productoras de tabique elaboran piezas que cumplen con la dimensión mínima requerida por la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013 [8]. Sin embargo, la fábrica Jaime no cumple con los valores mínimos, debido a que las piezas que producen en el sitio son irregulares y con altos inferiores a los que marca la normativa.

Determinación de la absorción total a 24 horas

En la Figura 3 se aprecian los resultados de la absorción total a 24 horas, la mayoría de las piezas no rebasan la absorción total máxima permitida en la NMX-C-037-ONNCCE-2013 [9]. A excepción de las piezas de la fábrica machinhuepa, las cuales superan en un 4.78% con respecto al valor máximo normado del 23%.

Determinación de la resistencia a la compresión con fines de diseño estructural

En la Figura 4 se ejemplifican los resultados a compresión axial de las piezas de tabique y se puede observar que ninguna de las piezas superó la resistencia mínima para fines de diseño estructural.

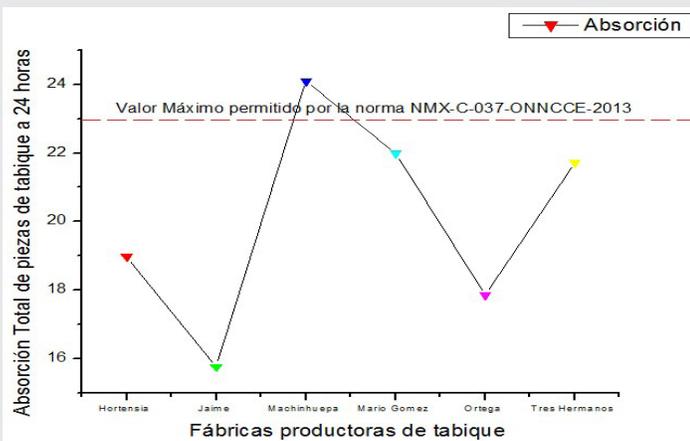


Figura 3. Determinación de la absorción máxima en las piezas de tabique.

Fuente Elaboración propia.

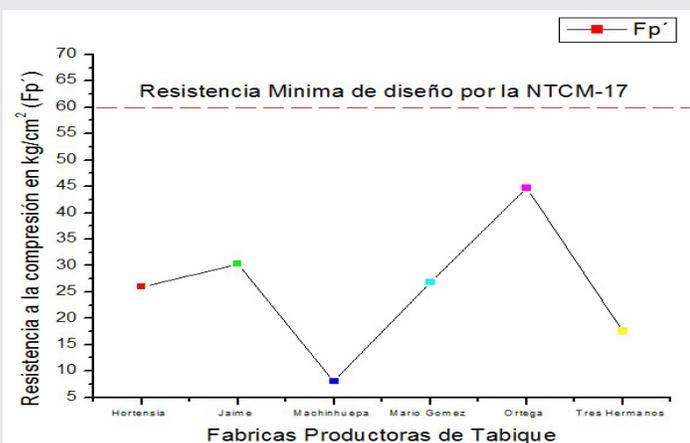


Figura 4. Determinación de la Resistencia a la compresión con fines de diseño estructural.

Fuente Elaboración propia.

La máxima resistencia la obtuvo la fábrica Ortega, quien alcanzó una resistencia de 44.66 kg/cm², este resultado se quedó un 25.56% por debajo del límite mínimo establecido por la norma NTCM-17 [11].

CONCLUSIONES

Considerando los datos obtenidos en el estudio, se puede concluir al respecto, que las dimensiones de las piezas en las diferentes fábricas, no cuentan con la estandarización en las medidas geométricas de las piezas, además se tiene diversas medidas en gaveras, por tanto, esto provoca diferencias en la forma y fabricación del tabique. Asimismo, las dimensiones se ven también afectadas por la mala regulación de la temperatura ya que, al someter las piezas al proceso de cocción, estas se colocan en diferentes puntos del horno, obteniendo temperaturas de cocción diferentes, provocando repercusiones en características físicas y mecánicas.

En relación con el control de calidad observado en las visitas a las fábricas productoras, se pudo analizar que

por velocidad en la entrega de pedidos al cliente, los trabajadores pasan por alto la calidad del material, es por ello que se recomienda una mejora en el tren de trabajo, estandarización en gaveras, ejecución de cursos para el conocimiento de las normas y estándares de los tabiques dirigidos a los trabajadores y por último analizar alternativas de hornos para tener una cocción uniforme. Se debe invertir para la mejora de los procesos al igual que en los instrumentos de trabajo, esto podría optimizar la producción y la calidad de los tabiques.

Con respecto a las propiedades de los tabiques, en el análisis de la absorción total a 24 horas, que se muestra en la Figura 3, se puede observar en los resultados que las piezas de la fábrica Machinhuepa tienen más capacidad de absorción, así como también estas fueron las que presentaron menores resistencias a la compresión, Esto puede deberse a que la pieza presenta porosidad y esto contribuye a porcentajes de absorciones mayores y a su vez menores resistencias a la compresión.

Por otra parte, en los resultados de la resistencia a la compresión con fines de diseño estructural se puede observar en la Figura 3, que las piezas no alcanzan la resistencia mínima, esto pudo ser ocasionado por diferentes factores como: el control de calidad en la elaboración de las piezas, presencia de materia vegetal en los suelos constituyentes al tabique, así como también las diferentes temperaturas, tiempos de cocción y posición de la pieza en el horno, estos son factores que pueden mermar la calidad de la pieza [3].

Se recomienda proponer un control de calidad en los materiales y procesos de elaboración de los tabiques, en las diferentes fabricas del municipio de San Rafael.

Se recomienda también estudiar la adición de materiales que contribuyan con la resistencia a la compresión axial con fines de diseño, debido a que se tiene piezas que no cumplen con la normativa NTCM-17 [11], esto es un punto importante a tratar debido a que se pone en riesgo la estructuración de una vivienda ante sollicitaciones estructurales como los sismos.

Para finalizar, se recomienda investigar una forma amigable con el medio ambiente para el proceso de cocción de la pieza, debido a que se usa aceite quemado en el 90% de las tabiqueras de la región, lo cual contribuye en la formación de vapores emanados al medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de tabique de las fábricas analizadas en el municipio de San Rafael, Veracruz, México. Gracias por su apoyo y disposición, además por tener el interés de mejorar e innovar su producto.

También se agradece el espacio brindado en la Nave industrial del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, así como también el laboratorio de Materiales LACOCA, en la Ciudad de Boca del Río, Veracruz, México. Quienes siempre tuvieron la disposición para apoyar en cualquier tipo de prueba relacionada con el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

[1] P. Ledesma. *La técnica constructiva en la Arquitectura*, Legado Arquitectura y diseño, n° 15, pp. 21-37, 2014.

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Encuesta Nacional de vivienda*, INEGI, Ciudad de México, 2020.

[3] V. Flores, S. Sánchez-Tizapa, R. Arroyo, y R. Barragán, *Propiedades mecánicas de la mampostería de tabique rojo recocido utilizada en Chilpancingo, Gro (México)*, informes de la construcción, vol. 65, n° 531, pp. 387-395, sep. 2013.

[4] R. Arroyo, S. Sánchez-Tizapa, P. Catalán-Quiroz, *Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe del sur de México*, Ingeniería, Vol. 17 No 23 pp. 167 - 177, dic. 2013.

[5] B. Ghiassi, A.T. Vermelfoort, P.B. Lourenço, *Masonry mechanical properties*, Modeling of ma-

sonry and historical structures, pp. 239-261, 2019, United Kingdom.

[6] D. García, J.T. San-José, L. Garmendía, L. San-Mateo *Experimental study of traditional stone masonry under compressive load and comparison of results with design codes*, Materials and structures, vol. 45, pp. 995-1006, 2012.

[7] Industria de la construcción, *Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para Uso Estructural*, Norma NMX-C-404-ONNCCE-2012.

[8] Industria de la construcción, *determinación de las dimensiones de ladrillos, tabiques, bloques y tabicones para la construcción*, Norma NMX-C-038-ONNCCE-2013.

[9] Industria de la construcción, *Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones*, Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua, Norma NMX-C-037-ONNCCE-2013.

[10] Industria de la construcción, *Bloques, ladrillos o tabiques, tabicones y adoquines*, Resistencia a la compresión método de prueba, Norma NMX-C-036-ONNCCE-2013.

[11] Normas Técnicas Complementarias de Mampostería 2017.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Meta-análisis: Detección del estrés en los conductores

RESUMEN: En los últimos años, se han incrementado las investigaciones sobre estrés, fatiga y cansancio de los automovilistas, así como su relación con respecto a los accidentes viales y la importancia de la seguridad en el transporte, con el objetivo de reducir pérdidas humanas, materiales y económicas. En consecuencia, ha tomado relevancia el crear sistemas viables para la detección del estado inconveniente de los conductores, con el fin de prevenir pérdidas humanas y económicas. En esta investigación se llevó a cabo una revisión de literatura de forma detallada sobre los estados cognitivos de las personas en el área de transporte por medio de las ondas cerebrales, con la intención de identificar los métodos de detección del estrés en los transportistas. Así como encontrar la necesidad de utilizar equipos tecnológicos de EEG para reconocer los estados inconvenientes de los conductores e identificar las áreas de mejora en el sector transportista y de seguridad vial.

En los resultados del análisis del espectro de potencia de la base de datos analizada, se observó que las áreas más activas fueron en donde se requería una mayor visualización y concentración para el proceso de conducción, se presentó mayor influencia en las ondas cerebrales theta, alpha, beta y gamma en la región frontal y occipital del cerebro.

PALABRAS CLAVE: Automovilista, electroencefalograma (EEG), estrés en los conductores, ondas cerebrales, seguridad vial.



Colaboración

Leonardo Alberto Alanís Castro; Ana Isela García Acosta; Jorge de la Riva Rodríguez, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Fecha de recepción: 26 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 07 de diciembre del 2021

ABSTRACT: In recent years, research on stress, fatigue and tiredness of motorists, as well as their relationship with respect to road accidents and the importance of safety in transportation, has increased in order to reduce human, material and economic losses. Consequently, it has become relevant to create viable systems for the detection of drivers' inconvenient state, in order to prevent human and economic losses. In this research, a detailed literature review was carried out on the cognitive states of people in the transportation area by means of brain waves, with the intention of identifying methods for detecting stress in carriers. As well as finding the need to use EEG technological equipment to recognize the inconvenient states of drivers and identify areas for improvement in the transportation and road safety sector.

In the results of the analysis of the power spectrum of the review database, it was observed that the most active areas were where greater visualization and concentration were required for the driving process, with greater influence on theta, alpha, beta and gamma brain waves in the frontal and occipital region of the brain.

KEYWORDS: Driver, electroencephalogram (EEG), driver stress, brainwaves, road safety.

INTRODUCCIÓN

El estrés es una variable que influye en los accidentes viales, por lo cual se considera que es una parte relevante dentro del área de educación vial y del estudio del área transportista.

En cuanto a (Davidson, 1998), nos muestra cómo se establece el nivel de afectividad en una persona como valores positivos y negativos en el pensamiento de las personas, y donde nos presenta al estrés como parte del área negativa de la influencia en la mentalidad humana.

Así mismo, para inicios del siglo XXI (Lal, 2000) nos muestra un primer estudio tomando en cuenta el carácter del estrés como influencia del cansancio del automovilista conforme a un escenario de somnolencia, en el cual nos presenta los posibles cambios de las ondas cerebrales alpha, beta, delta y theta.

Después (Lal, 2002), presenta un estudio donde evalúa la fatiga de los automovilistas con un estudio de privación del sueño y simulación de conducción, en el cual obtuvo como resultado mostrando que los cambios en la corriente eléctrica de las ondas cerebrales demostrarían la presencia de la fatiga.

Además (Vysata et al; 2014), con su investigación "Lag Synchronisation in the Human Brain: Evidence from 17,722 Healthy Subjects' EEG Analyses" presenta una evaluación del cansancio de los conductores al transportar cargas pesadas en República Checa con un aparato de electroencefalograma (EEG), en el que se identifican señales electromagnéticas más representativas en un estado de somnolencia para encontrar los posibles problemas asociados con los accidentes viales, demostrando que se presentan en el momento que el conductor está en un estado inconveniente, ya que identifican que se desconectan las redes neuronales y se retrasa la sincronía de los movimientos de las personas evaluadas.

Por otra parte (Fan et al; 2015), con la investigación titulada "Electroencephalogram assessment of mental fatigue in visual search", establece el estudio de la fatiga mental como responsable de los accidentes de tráfico, y estipula que bajo un análisis de rendimiento de búsqueda visual se pueden ejemplificar los efectos del estrés y fatiga al conducir, demostrando las consecuencias sobre la actividad cerebral y el nivel de reacción de los participantes.

Del mismo modo (He et al., 2018), buscó conocer el impacto del nivel de tráfico de las ciudades y el cansancio por conducir durante un tiempo específico, para tales fines se estudió las señales del EEG mediante un dispositivo para análisis de señales eléctricas del cerebro denominado EMOTIV, en esta prueba los participantes debían de conducir de manera real en un vehículo esta-

blecido por una carretera de 165 km que recorría parte del área de China.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

Con respecto al meta-análisis realizado, consiste en establecer las contribuciones que se esperan encontrar en la revisión de literatura. Las variables que se tomaron en cuenta para la selección de documentos son las siguientes: "electroencefalografía", "simulador de manejo", "prueba de manejo real", "estrés al conducir", "Software de lectura de señales cerebrales", "metodología" y "datos relevantes". Igualmente, algunos aspectos literarios que se tomaron en cuenta en la revisión son, "introducción", "definición del problema", "objetivos", "justificación" y "delimitación".

Cabe destacar que, en esta investigación se busca conocer el impacto del estrés como factor de influencia en los accidentes viales, con relación al comportamiento de las ondas cerebrales comprobados mediante formulaciones, softwares, dispositivos y sistemas de evaluación de EEG.

Habría que decir también que los artículos en cuestión, se evalúan conforme a calificaciones de 0 o 1 (Dominguez G., 2020), donde cero es que no cumplió con alguno de los conceptos de evaluación antes mencionados y uno referente a que si hacen mención de ese parámetro en la revisión literaria, se establece que los artículos con calificación mayor a 10 puntos, serán consideradas fuentes primarias, siendo que cumple con parámetros de investigación correctos y con la mayor parte de los conceptos requeridos sobre la temática, mientras que los que tengan calificaciones menores estarán considerados como secundarios, aunque con factores de influencia por su posible información de relevancia en el entendimiento de la temática.

(Botella y Gambará, 2006), realizaron un meta-análisis con una metodología basada en un esquema de las etapas mostradas en la Figura 1.

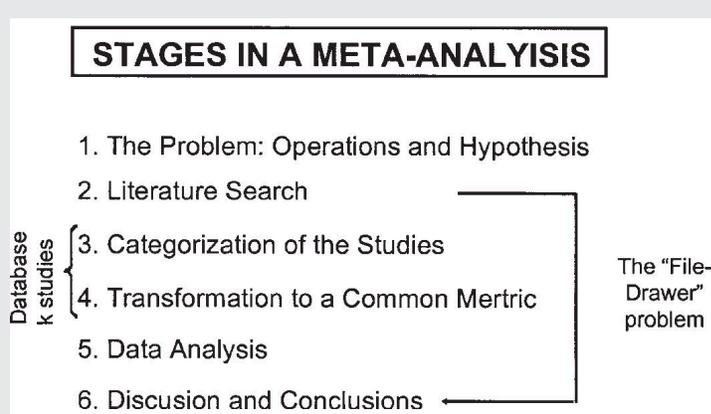


Figura 1. Esquema de las etapas en la realización de un meta-análisis. Fuente Botella & Gambará, 2006.

En esta investigación, se analizaron más de 30 artículos para la realización de la evaluación literaria y se clasificaron los útiles para la detección del estrés de un automovilista por medio de las ondas cerebrales. La metodología se muestra en la Figura 2.

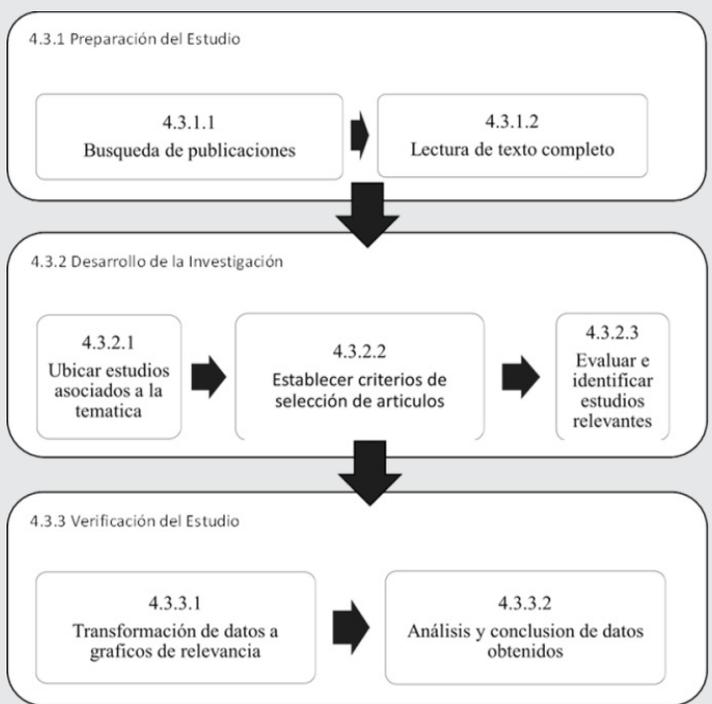


Figura 2. Metodología de investigación. Fuente Elaboración propia.

Para el desarrollo de la metodología, se generó una búsqueda de información en sitios de publicaciones académicas y bibliotecas digitales, de las cuales se realizó una lectura completa.

Después, se seleccionaron las publicaciones que tuvieron alguna relevancia conforme a la temática. Posteriormente, se generó un resumen para la evaluación del contenido. Finalmente, se valoró y se calificó la información, de acuerdo a la relevancia de las variables que se tomaron en cuenta para su selección.

Diseño del estudio

Inicialmente, se hizo una recolección de la información realizada de los diversos documentos conforme al meta-análisis, en el cual se establecen las características de calidad de los documentos evaluados. Como se puede observar en la Tabla 1.

Dentro de los datos de relevancia se requerían documentos con cierto grado de veracidad correspondiente al cumplimiento del uso de un método científico o una base de estudio establecida, que se encuentra mayormente en documentos oficiales como publicaciones científicas validadas, libros de referencia y artículos de revistas de alto valor científico.

Tabla 1. Ejemplo de revisión literaria concentrada para el meta-análisis.

Título	Autor	Año de publicación	DOI	ISSN	ISBN
Noise Robustness Analysis of Performance for EEG-Based Driver Fatigue Detection Using Different Entropy Feature Sets	Jianfeng Hu y Ping Wang	2017	10.3390/e19080385		
Electroencephalogram assessment of mental fatigue in visual search	Xiaoli Fan, Qianxiang Zhou, Zhongqi Liu and Fang Xie	2015	10.3233/BME-151444		
Reliability Analysis of Driving Behaviors in Road Traffic System Considering Synchronization of Neural Activity	Shouhai He, Lei Chen, Minghui Yao	2018	10.14704/taq.2018.16.4.1209		
A critical review of the psychophysiology of driver fatigue	Sanjay K. Lal, Ashley Craig	2000	10.1016/S0301-0511(00)0085-5		
Driver fatigue detection through multiple entropy fusion analysis in an EEG-based system	Jianfeng Hu, Ping Wang, Jianfeng Hu	2017	10.6084/e0188756		
Automatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la ciudad de Caracas	Lic. Angel Aponso, Dr. Jose Ali Moreno	2007		1316-3930	
Analyzing neural time series data	Mike X Cohen	2014			978-0-262-01987-3
Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro y la comodidad	Ángel Correa Torres	2018			978-84-09-05245-5
Investigating Driver Fatigue versus Alertness Using the Granger Causality Network	Wanzong Kong, Weicheng Liu, Fabio Babillon, Sanqing Hu y Gianluca Borghani	2015	10.3390/e150819181		
Driver Sleepiness assessed by electroencephalography - Different Methods Applied to one single data set	Martin Gold, David Sommer, Jarek Kratochowski	2015	10.13140/RG.2.1.1665.9046		
Human Mental Workload: Models and Applications	Lungs L. & Chiara Leva, M.	2019		1865-0929	978-3-030-62301-2
Practical Considerations for Simulated Annealing Implementation	Sergio Liebman, Gabriel Avina and Raul Sanchez	2008			978-953-7619-07-7

Fuente Elaboración propia.

En segunda instancia, se clasificaron los artículos de relevancia de acuerdo a la necesidad del estudio, relacionados con el análisis de ondas cerebrales con un enfoque hacia los estudios de los conductores para valorar más a profundidad la necesidad del aporte científico, de igual manera se consideraron factores tanto de simulación de manejo o manejo real como parte de los estudios considerados, enfocando a posibles escenarios en los cuales se obtuviera una publicación de influencia para estudio, así como puede verse en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de variables de relevancia encontrada en los documentos.

Título	Electroencefalografía	Simulador Digital de Manejo	Prueba de Manejo Real	Estrés al conducir	Software de lectura de señales	Metodología	Datos Relevantes
Noise Robustness Analysis of Performance...							
Electroencephalogram assessment of mental...							
Reliability Analysis of Driving Behaviour in Road...							
A critical review of the psychophysiology of ...							
Driver fatigue detection through multiple ...							
Automatas celulares y su aplicación a la ...							
Analyzing neural time series data							
Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro...							
Investigating Driver Fatigue versus Alertness...							
Driver Sleepiness assessed by ...							
Human Mental Workload: Models and ...							
Practical Considerations for Simulated ...							

Fuente Elaboración propia.

De acuerdo con la investigación "Noise Robustness Analysis of Performance for EEG-Based Driver Fatigue Detection Using Different Entropy Feature Sets", se hizo una medición sobre la fatiga en un grupo de estudiantes universitarios, el experimento fue planeado aleatoriamente con una duración entre 40 y 130 minutos, el equipo que se utilizó fue un simulador de manejo, un casco de EEG de 32 canales y el software "City Car Driving", (ver Figura 3). Para el análisis de los datos se utilizó la fórmula normalizada de la entropía de Shannon para medir la capacidad eléctrica y comparar la potencia en una serie de tiempo, utilizando únicamente los últimos 5 minutos de la evaluación con una simulación normal (familiarizarse con el software) y los últimos 10 minutos de la evaluación de la simulación cuando se generó la fatiga en el conductor. Los resultados que se obtuvieron muestran un estado de

cambio en las señales cerebrales en conformidad con la metodología de estudio. (Hu & Wang, 2017).



Figura 3. Ejemplo de montaje experimental. Fuente Hu & Wang, 2017.

La investigación "Driver fatigue detection through multiple entropy fusion analysis in an EEG-based system", utilizó un método de entropía múltiple, que está conformado por una combinación de entropía espectral, aproximada, de muestra y difusa, estos modelos se basan en estadísticas probabilísticas de parámetros de estimación, normalización y variación en la potencia de las ondas cerebrales. Para la obtención de los datos se utilizó un simulador de manejo digital y el equipo NeuroScan de 32 canales para el análisis de EEG. La simulación se estableció con base en un escenario, al conducir en una carretera con bajo nivel de tráfico, el modelo para la recopilación de datos se definió en 2 variables, de los primeros 20 minutos del estudio se tomaron los últimos 5 para definir un estado normal del conductor y en segundo lugar de los próximos 40 a 100 minutos del estudio se tomaron de igual forma los 5 minutos finales para un estado de fatiga, estos datos se normalizaron y compararon conforme a la potencia de las ondas cerebrales. Los resultados obtenidos muestran un aumento de potencia en los electrodos T6, P3, TP7 y O1 de la zona parietal y occipital del cerebro, mientras que hubo una reducción en FC4, C3, P4 y F8 encontrados en zonas central, parietal y frontal, demostrando que hay presencia de estrés en los participantes, mediante el cambio de potencia de los canales del EEG (ver Figura 4).

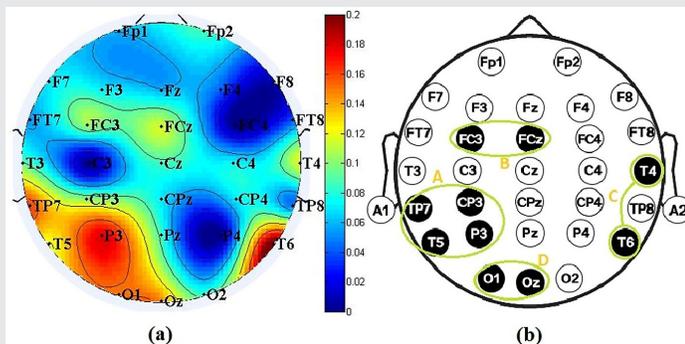


Figura 4. Estudio de electrodos con presencia de estrés. Fuente Min, et al; 2017.

Con base en el estudio "Driving Fatigue Detection from EEG Using a Modified PCANet Method", se demostró la eficacia del uso de sistemas de adquisición de señales de EEG (32 canales) para detectar la fatiga de los conductores al volante, mediante la utilización de un simulador de manejo y un software de análisis de componentes principales (PCA), el estudio se planteó en dos modelos, el primero realizar la simulación en un estado de vigilia con 8 horas de sueño previas y el segundo en estado de fatiga con 4 horas de sueño previo, en ambos casos la simulación tuvo un tiempo de duración entre 30 y 60 minutos.

Para el análisis de la información, se utilizó el sistema Matlab para limpiar los datos y tomar la información de los últimos 20 minutos de cada estudio, para después dividir y reducir los datos conforme al sistema PCA y crear puntos de influencia en una gráfica para encontrar la fatiga en los automovilistas. El resultado obtenido mostró que existe un aumento en las ondas cerebrales alpha y beta en la zona del parietal y occipital del cerebro, indicando la presencia de fatiga en los participantes (Ma et al; 2015)

Tabla 3. Análisis de aspectos literarios de relevancia encontrada en los documentos.

Título	Introducción	Definición del problema	Objetivos	Justificación	Delimitación
Noise Robustness Analysis of Performance...					
Electroencephalogram assessment of mental...					
Reliability Analysis of Driving Behaviour in Road...					
A critical review of the psychophysiology of ...					
Driver fatigue detection through multiple ...					
Autómatas celulares y su aplicación a la ...					
Analyzing neural time series data					
Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro...					
Investigating Driver Fatigue versus Alertness...					
Driver Sleepiness assessed by ...					
Human Mental Workload: Models and ...					
Practical Considerations for Simulated ...					

Fuente Elaboración propia.

Con respecto al análisis de aspectos literarios, como se mencionaron en la sección de la metodología, se muestran a continuación dos artículos de los puntos evaluados en la Tabla 3.

En primer lugar, se muestra el estudio de "Investigating Driver Fatigue versus Alertness Using the Granger Causality Network", donde se analizan dos estados mentales en el conductor, correspondientes a un estado de alerta y somnolencia con dispositivos EEG, con el fin de demostrar su influencia en los accidentes viales, lo cual se presenta con respecto a la introducción y definición del problema, pero que no aborda sus objetivos o metas a lo que aspira descubrir, además que no justifica su estudio de manera estricta, ni lo delimita en relación a lo que espera lograr o lo que realizará.

En segunda instancia, se analizaron los resultados obtenidos del estudio "Driver Sleepiness assessed by electroencephalography - Different Methods Applied to one single data set", el cual buscó investigar la somnolencia en los conductores, en base a simulaciones de conducción, utilizando equipos de EEG, conforme a la introducción y su justificación, además de presentar en la definición del problema la influencia del sueño al conducir como un aspecto del automovilista y delimitando el estudio conforme a la estructura de simulación de acuerdo con un horario de manejo nocturno en un área rural y la selección de voluntarios que hubieran obtenido su licencia de conducción durante el último año.

RESULTADOS

Con respecto a los resultados obtenidos del estudio, se puede ver en la Tabla 4 el porcentaje y cantidad de artículos revisados en esta investigación, en consideración de los conceptos de relevancia de los parámetros establecidos.

Tabla 4. Valoración de conceptos.

Electroencefalografía	Variables					
	Simulador Digital de Manejo	Prueba de Manejo Real	Estrés al conducir	Software de lectura de señales	Metodología	Datos Relevantes
22	10	4	12	24	26	27
63%	29%	11%	34%	69%	74%	77%

Fuente Elaboración propia.

Es así, que en el estudio se mostraron resultados favorables relacionados con la necesidad de establecer un parámetro de influencia, los documentos trabajan temáticas correspondientes al estudio del comportamiento humano, se encontró un 63% de documentos que presentan la temática de electroencefalografía, ya que en los estudios disponen de equipos con capacidad de recolectar y analizar datos de EEG.

Ahora bien, el segundo parámetro de influencia son los softwares de lectura de señales con un 69%, que expresan el funcionamiento del pensamiento humano, conforme a la interpretación de los cambios en la corriente eléctrica del cerebro al presentarse la fatiga.

De igual modo, con un 74% se encontró la metodología que maneja el rigor del método científico y el impacto de los modelos matemáticos, muestran un patrón de cambio en el comportamiento de las ondas cerebrales; cada autor utiliza diferentes modelos de estudio, pero que conducen a un mismo factor que es encontrar el comportamiento de la corriente eléctrica cerebral, como se muestra en la Figura 5.

Además, los diversos documentos analizados muestran que un 77% tiene datos relevantes, esto es en función de que a pesar que no se mencionaron di-

rectamente los conceptos: electroencefalografía, simulación, estrés al conducir o software de lectura de señales, iban dirigidos al estudio de las ondas cerebrales sobre el tema de accidentes viales.

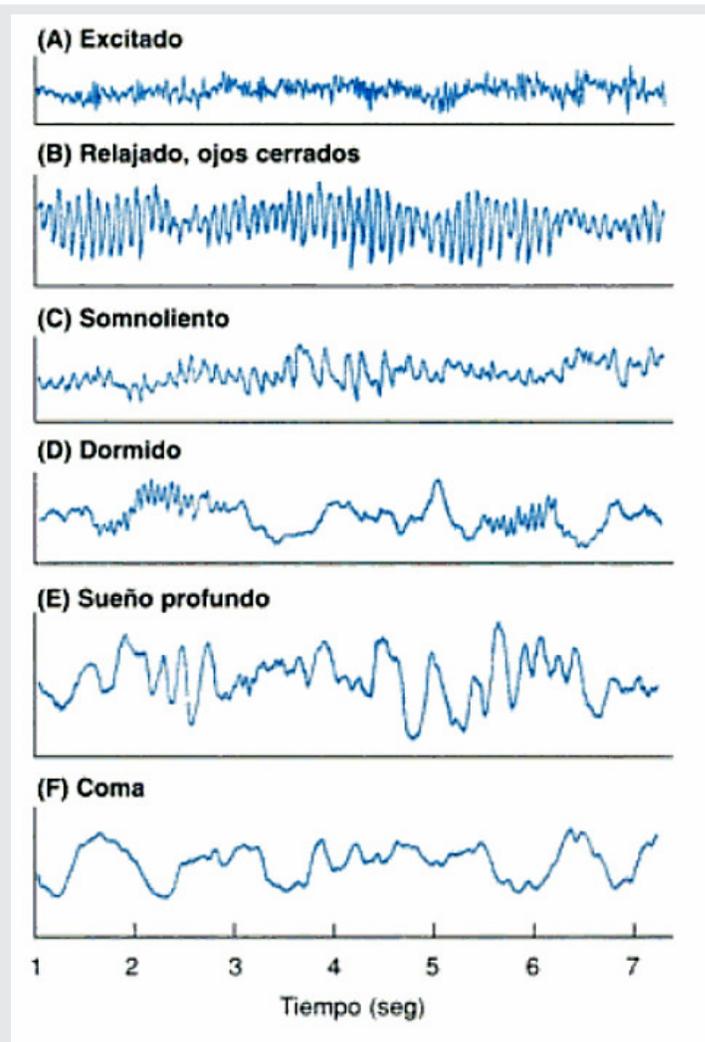


Figura 5. Ondas Electroencefalográficas de EEG.

Fuente Kolb & Wishaw, 2015.

Finalmente, las variables con menor número de documentos encontrados en la revisión de literatura son el estrés al conducir con un 34%, simulación de manejo con 29%, la prueba de manejo real con 11%. Dichos documentos nos expresan el enfoque a la innovación tecnológica conforme a la implementación de herramientas que evalúen el estudio de la mente humana, para la prevención de accidentes viales reconociendo el cansancio y en los cuales se busca implementar equipos de manejo automatizado o de ayuda al conductor en cuestión de frenos automatizados para reducir accidentes en el área de transporte.

De la misma forma, en la temática de aspectos literarios se evaluó la información que cumpla con los pasos del método científico conforme a la revisión de literatura como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Valoración Aspectos Literarios.

Aspectos Literarios				
Introducción	Definición del problema	Objetivos	Justificación	Delimitación
32	17	20	18	20
91%	49%	57%	51%	57%

Fuente Elaboración propia

Con respecto a los aspectos literarios, se basó en conocer la estructura de los documentos y sus componentes de estudio, delimitando cuales cumplían con un formato establecido, en conformidad a la confiabilidad del documento según sus consideraciones introductorias, con respecto a esto se reconoció información básica como introducción, definición de problemas, objetivos, justificación y delimitación como parte de definir una investigación.

puntos obtenidos por cumplir con las variables y aspectos literarios en el análisis de los documentos (ver Tabla 6).

Tabla 6. Ejemplo de calificación de documentos.

Título	Calificación (Máx 12)	Relevancia
Driving Fatigue Detection from EEG Using a Modified PCANet Method	10	Principales
Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment	10	
Driver Sleepiness assessed by electroencephalography - Different Methods Applied to one single data set	10	
Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro y la comodidad	7	Secundarios
Noise Robustness Analysis of Performance for EEG-Based Driver Fatigue Detection Using Different Entropy Feature Sets	6	
Electroencephalogram assessment of mental fatigue in visual search	6	
A critical review of the psychophysiology of driver fatigue	6	
Autómatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la ciudad de Caracas.	6	
Investigating Driver Fatigue versus Alertness Using the Granger Causality Network	6	Baja
Human Mental Workload: Models and Applications	5	
Practical Considerations for Simulated Annealing Implementation	5	
Analyzing neural time series data	4	

Fuente Elaboración propia

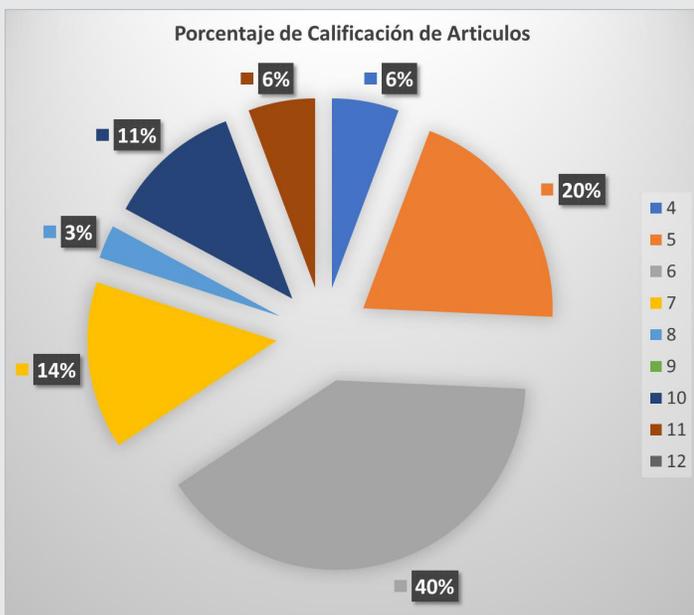


Figura 6. Señales Neuronales de EEG.

Fuente Kolb & Whishaw, 2009.

A su vez en la Figura 6, se expresa el porcentaje de los 35 artículos analizados correspondientes al valor de calificación obtenida, esto en referencia a cuantos parámetros de variables y aspectos literarios cumplieron, en total son 12 puntos obtenibles; los documentos con mayor influencia están entre los valores de 10 a 12 puntos obtenidos, los cuales son considerados como principales; los estudios secundarios con algunas características de información de relevancia se encuentran entre los 6 a 9 puntos; y aquellos estudios de nivel bajo, que tienen algún dato de importancia que pueden parecer no necesarios, pero resultan importantes para la investigación y se encuentra entre los 4 y 5 puntos.

Por otro lado, se puede visualizar el modelo de calificación final, correspondiente a la sumatoria de los

Discusión

En consecuencia, las simulaciones de manejo nos proporcionan una vista de la realidad permitiendo reproducirla en un mundo digital, donde no se pone en riesgo a las personas. El uso de equipos para la medición de las ondas Cerebrales en coordinación con un software para la recolección y análisis de los datos, permiten determinar el estado de estrés en las personas.

Igualmente, una metodología propuesta para llevar a cabo estos análisis en comparación con los autores analizados, se compone por la definición de parámetros de rutas de tráfico compuestas por horarios de tráfico ligero y pesado para una simulación de condiciones estresantes, y por una selección de participantes con características similares y buen estado de salud, reduciendo cualquier posible causa de error en los análisis (ver Figura 7).

En relación con el diseño de experimentos, se generará a partir de la utilización de un simulador digital de manejo y la recolección de datos con EEG con un dispositivo de EMOTIV EPOC de 32 Canales, los da-

tos serán leídos con un software EMOTIV Pro provisto con el propio equipo. La información se analizará y limpiará con el sistema EEGLab del software estadístico Matlab, en relación de normalizar los datos, para lo cual dará como resultados valores de potencia que podrán ser comparados y determinarán la presencia de niveles de estrés en los participantes.

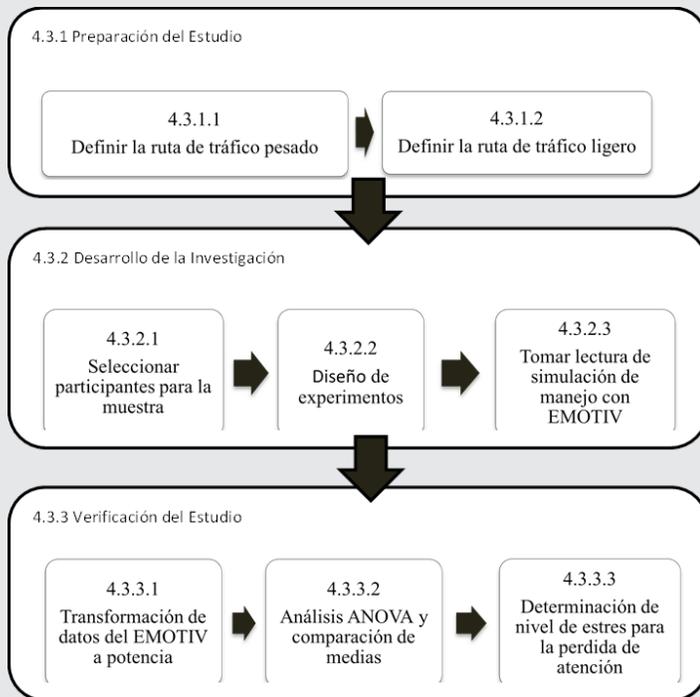


Figura 7. Metodología propuesta. Fuente Elaboración propia.

De manera que, este procedimiento conlleva la obtención de datos estadísticos de la potencia obtenida en los electrodos, que podrán ser comparables entre un estado inicial y final, para demostrar los cambios en las señales neuronales (ver Figura 8), obtenida del estudio “Driver fatigue detection through multiple entropy fusion analysis in an EEG-based system”, el cual da acceso a los datos de la muestra digital.

Dicho lo anterior, se analizaron las gráficas de densidad del espectro de potencia en algunas muestras de la base de datos de (Min, et al 2017) en estado normal y en presencia de fatiga, con la finalidad de determinar qué áreas del cerebro estuvieron más activas en las ondas cerebrales theta (θ), alfa (α), beta (β), y gamma (γ).

Con respecto a (Correa, 2018), la onda theta se encuentra activa en el área del lóbulo temporal y se asocia con el estado de sueño (4-7 Hz). La onda alfa se encuentra en el área del lóbulo occipital y se asocia con la relajación de la persona (8-12 Hz). La onda beta se encuentra en los lóbulos parietales y frontal de la cabeza, asociado al estado de concentración (12-30 Hz). La onda gamma se encuentra en el lóbulo

parietal, frontal y temporal, asociado a procesos de atención, percepción y cognición (32-100 Hz).

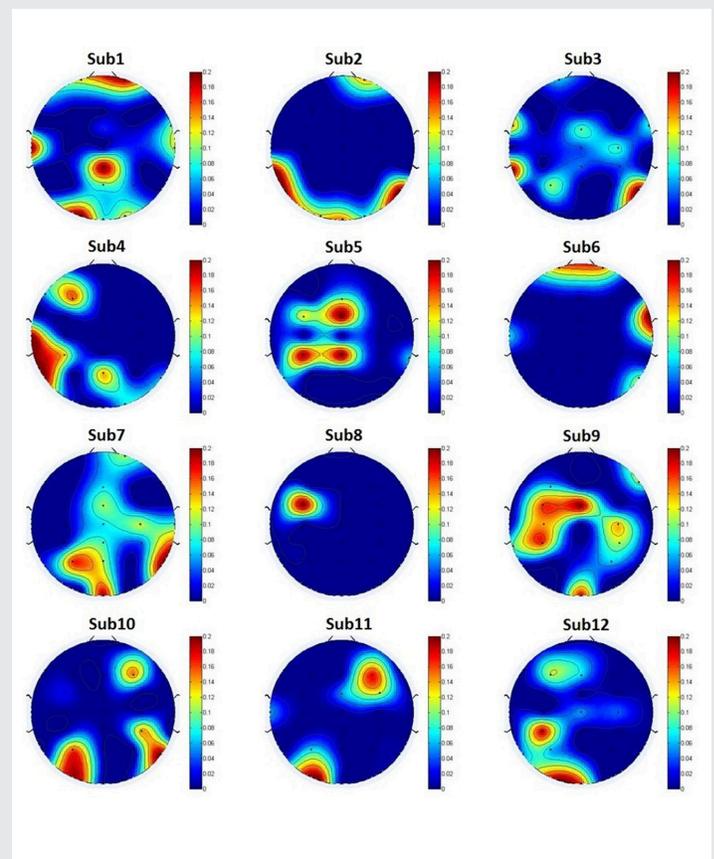


Figura 8. Topografía de las señales de influencia, la coloración azul indica menor nivel de actividad y la coloración rojo es mayor nivel de actividad. Fuente Min, et al, 2017.

Para comprender mejor, de un total de 12 muestras recolectadas en el experimento realizado por (Min, et al, 2017), nosotros analizamos 5 muestras, para obtener las gráficas de densidad del espectro de potencia en estado normal y con fatiga, las cuales se muestran a continuación (Ver Figuras de la 9 a la 13).

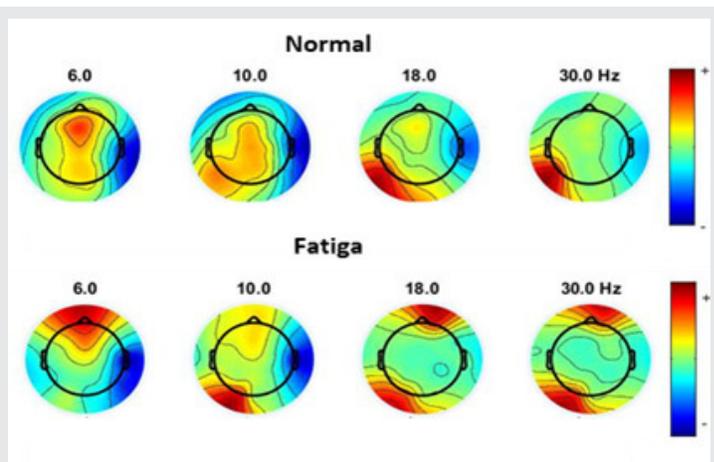


Figura 9. Experimento 1. Fuente Min, et al, 2017.

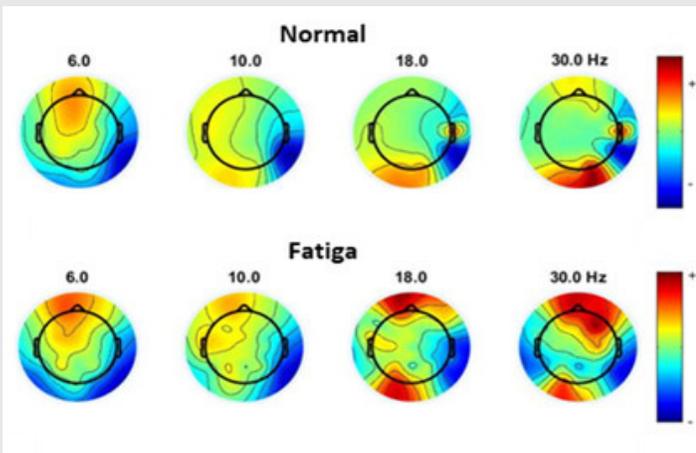


Figura 10. Experimento 4.
Fuente Min, et al, 2017.

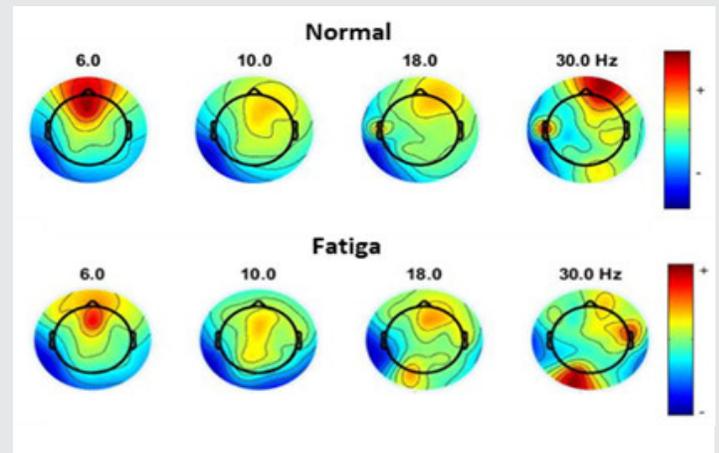


Figura 13. Experimento 10.
Fuente Min, et al, 2017.

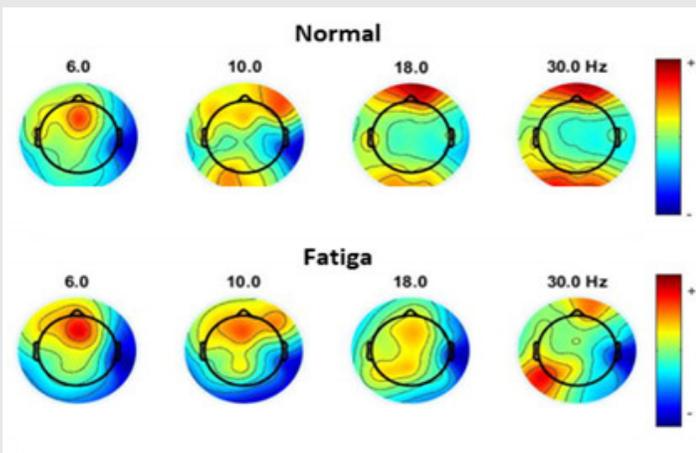


Figura 11. Experimento 6.
Fuente Min, et al, 2017.

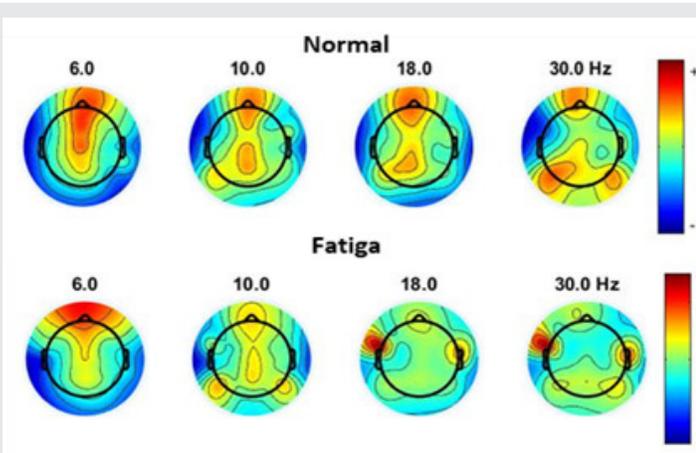


Figura 12. Experimento 9.
Fuente Min, et al, 2017.

CONCLUSIONES

Conforme al presente estudio, se propone la necesidad del desarrollo de más investigación sobre el estrés en automovilistas, mediante métodos de simulación e interpretación de las ondas cerebrales con equipos de EEG y software de interpretación de datos, para resolver cuestiones de accidentes viales y mejorar la concientización de la educación vial.

Es así que, el estudio demostró conforme a diversos documentos, que el uso de equipos como Emotiv, Neuroscan, USBamp y similares fueron capaces de detectar la fatiga en los automovilistas mediante el análisis de los datos en las ondas cerebrales delta, theta, alpha, beta y gamma.

Los resultados obtenidos con base en la literatura analizada nos muestra la viabilidad de los estudios relacionados con la simulación del estrés y el manejo de equipos de EEG, siendo un tema de interés y con posibilidades de diversos tipos de aplicación en el área automovilística, como lo son temas de seguridad vial en general o bien temas de mejorar los procesos del transporte de mercancías en consideración de la reducción de pérdidas humanas, materiales y económicas.

A pesar de que la mayoría de las investigaciones que se encontraron sobre el área de manejo fueron en los países de Europa y Asia. Por lo que se sugiere, desarrollar más proyectos de investigación en el área de transporte para la disminución de las problemáticas causadas por el estrés en los conductores.

Según (Kandel, et al, 2000), las funciones del cerebro están asociadas a los lóbulos, los cuales dividen al área cerebral en cuatro regiones, en el lóbulo occipital se reconoce la función de recibir y analizar la información visual, mientras que en los lóbulos temporales manejan las sensaciones e interpretaciones visuales, de memoria y auditivas. Los movimientos

musculares, el lenguaje, la inteligencia, el razonamiento, las emociones y la personalidad están regidos por los lóbulos frontales, en la llamada corteza motora. El lóbulo parietal está asociado con los sentidos, el equilibrio, el dolor y la presión.

Tabla 7. Tabla de análisis de experimento.

Experimento	Figura	Estado	Área Cerebral más Activa			
			Theta	Alfa	Beta	Gamma
1	Ver figura 9	Normal	Frontal	Central-Temporal Izquierdo	Temporal Izquierdo	Temporal Izquierdo
4	Ver figura 10	Normal	Frontal		Occipital	Occipital
6	Ver figura 11	Normal	Frontal		Frontal	Frontal y occipital
9	Ver figura 12	Normal	Central-Frontal	Frontal y Parietal	Frontal y Parietal	Frontal y Temporal Izquierdo
10	Ver figura 13	Normal	Frontal		Frontal	Frontal
1	Ver figura 9	Fatiga	Frontal	Occipital	Frontal y Occipital	Frontal y Occipital
4	Ver figura 10	Fatiga	Frontal		Frontal y Occipital	Frontal y Occipital
6	Ver figura 11	Fatiga	Frontal	Frontal		Frontal y Temporal Izquierdo
9	Ver figura 12	Fatiga	Frontal		Temporal Izquierdo	Temporal Izquierdo
10	Ver figura 13	Fatiga	Frontal		Frontal y Occipital	Occipital y Temporal Derecho

Fuente Elaboración propia

En concreto, en la onda theta, se puede ver que en el estado normal y con fatiga tuvo presencia en el área frontal. Con respecto a alpha se puede ver conforme a un estado normal que no hubo presencia en el área occipital, en cambio seguimos viendo presencia en la región frontal que nos demuestra el estado de concentración y actividad de la persona. En relación a Beta se puede establecer que en el estado normal se encuentra una actividad común referida a la mayor presencia de la región frontal y parietal que nos refiere a un estado de concentración, lo cual es un estado indispensable en la situación de manejo, lo cual comparado al estado en fatiga nos muestra mayor presencia en el área occipital y temporal, lo cual nos refiere a que la persona requirió mayor concentración visual. Por último, Gamma nos muestra más influencia en la zona frontal, parietal y temporal en el estado normal, lo cual establece un estado de atención y percepción que igualmente es necesario cuando se maneja un vehículo, que, comparado con un estado de fatiga, se muestra actividad en el área frontal, temporal y occipital, de la cual las primeras dos es de un estado normal, pero la presencia de la

región occipital se traduce como mayor necesidad de visualización.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a mi tutor Ana Isela García Acosta, Doctora en Ciencias de la Ingeniería, quien con sus conocimientos me guió a través de las etapas del presente proyecto para alcanzar los resultados deseados.

También quiero agradecer a Jianliang Min, Ping Wang, Jianfeng Hu, autores de la investigación "Driver fatigue detection through multiple entropy fusion analysis in an EEG-based system" por brindar los recursos de base de datos de EEG con acceso público para la aplicación de nuevos estudios, herramienta que fue necesaria para realizar el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por la investigación que ellos iniciaron.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Aporte, A., & Moreno, J. (2017). *Autómatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la ciudad de Caracas*. Tekhne, 5-15.

[2] Botella, J., & Gambara, H. (2006). *Doing and reporting a meta-analysis*. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 425-440.

[3] Correa Torres, Á. (2018). *Neuro ergonomía: una ciencia sobre el cerebro y la comodidad*. Granada: Editorial Zenodo.

[4] Davidson, R. J. (1998). *Affective Style and Affective Disorders: Perspectives from Affective Neuroscience*. Routledge, 307-330.

[5] Dominguez, G. E. (2020). *Atenuación de brechas en procedimientos y métodos de manufactura asistidos por computadora para productos con la metodología meta-análisis*. Ciudad Juárez: Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Juárez.

[6] Fan, X., Zhou, Q., Liu, Z., & Xie, F. (2015). *Electroencephalogram assessment of mental fatigue in visual search*. *Bio-Medical Materials and Engineering* 26, 455-463.

[7] He, S., Chen, L., & Yue, M. (2018). *Reliability Analysis of Driving Behaviour in Road Traffic System Considering Synchronization of Neural Activity*. *NeuroQuantology*, 62-68.

[8] Hu, J., & Wang, P. (2017). *Noise Robustness Analysis of Performance for EEG-Based Driver Fatigue Detection Using Different Entropy Feature Sets*. China: Editorial MDPI.

[9] Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of Neuronal Science*. New York: McGraw-hill.

[10] Kohen, M. X. (2014). *Analyzing neural time series data*. Massachusetts: The MIT Press.

[11] Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2009). *Neuropsicología humana*. Madrid: Editorial Medica Panamericana.

[12] Kong, W., Lin, W., Babiloni, F., Hu, S., & Borghini, G. (2015). *Investigating Driver Fatigue versus Alertness Using the Granger Causality Network*. China/Italia: Editorial MDPI.

[13] Ledesma, S., Aviña, G., & Sanchez, R. (2008). *Practical Considerations for Simulated Annealing Implementation*. En C. M. Tan, *Simulated Annealing* (págs. 401-420). México: InTech.

[14] Longo, L., & Chiara Leva, M. (2019). *Human Mental Workload: Models and Applications*. Roma: Ediciones Springer.

[15] Ma, Y., Chen, B., Wang, C., Li, R., Wang, J., She, Q., Zhang, Y. (2019). *Driving Fatigue Detection from EEG Using a Modified PCANet Method*. Hindawi.

[16] Martin Golz, D. S. (2015). *Driver Sleepiness assessed by electroencephalography - Different Methods Applied to one single data set*. 8th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, 365-371.

[17] Min, J., Wang, P., & Hu, J. (2017). *Driver fatigue detection through multiple entropy fusion analysis in an EEG-based system*. Jiangxi, China: Ediciones PLOS ONE.

[18] Saroj, K. L. (2000). *A critical review of the psychophysiology of driver fatigue*. MDPI.

[19] Saroj, K. L. (2002). *Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment*. *Psychophysiology*, 313-321.

[20] Vysata, O., Kukal, J., Valis, M., Pazdera, L., Hort, J., & Prochazka, A. (2014). *Lag Synchronisation in the Human Brain: Evidence from 17,722 Healthy Subjects EEG Analyses*. *NeuroQuantology*, 40-45.

Anexo

Tabla 1. Ejemplo de revisión literaria concentrada para el meta-análisis.

Título	Autor	Año de publicación	DOI	ISSN	ISBN
Noise Robustness Analysis of Performance for EEG-Based Driver Fatigue Detection Using Different Entropy Feature Sets	Jianfeng Hu y Ping Wang	2017	10.3390/e19080385		
Electroencephalogram assessment of mental fatigue in visual search	Xiaoli Fan, Qianxiang Zhou, Zhongqi Liu and Fang Xie	2015	10.3233/BME-151444		
Reliability Analysis of Driving Behaviour in Road Traffic System Considering Synchronization of Neural Activity	Shouhui He, Lei Chen, Mingshi Yue	2018	10.14704/nq.2018.16.4.1209		
A critical review of the psychophysiology of driver fatigue	Saroj K.L. Lal, Ashley Craig	2000	10.1016/S0301-0511(00)00085-5		
Driver fatigue detection through multiple entropy fusion analysis in an EEG-based system	Jianliang Min, Ping Wang, Jianfeng Hu	2017	10.6084/e0188756		
Autómatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la ciudad de Caracas.	Lic. Angel Aponte, Dr. José Alí Moreno	2007		1316-3930	
Analyzing neural time series data	Mike X Kohen	2014			978-0-262-01987-3
Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro y la comodidad	Ángel Correa Torres	2018			978-84-09-05245-5
Investigating Driver Fatigue versus Alertness Using the Granger Causality Network	Wanzeng Kong, Weicheng Lin, Fabio Babiloni, Sanqing Hu y Gianluca Borghini	2015	10.3390/s150819181		
Driver Sleepiness assessed by electroencephalography - Different Methods Applied to one single data set	Martin Golz, David Sommer, Jarek Krajewski	2015	10.13140/RG.2.1.1665.9046		
Human Mental Workload: Models and Applications	Longo, L., & Chiara Leva, M.	2019		1865-0929	978-3-030-62301-2
Practical Considerations for Simulated Annealing Implementation	Sergio Ledesma, Gabriel Aviña and Raul Sanchez	2008			978-953-7619-07-7

Para mejorar leibilidad



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Propuesta metodológica para la detección de maltrato infantil mediante IoT



Colaboración

Juan Carlos Colorado Cordova; Roberto Ángel Meléndez Armenta, Tecnológico Nacional de México / campus Misantla

Fecha de recepción: 26 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2021

RESUMEN: El maltrato infantil es un problema que está muy presente en la sociedad mexicana, y es un problema que afecta al infante, siendo los niños menores de 14 años los mayormente afectados por este hecho. Debido a esto es importante diagnosticar las situaciones de maltrato que puedan estar sufriendo. Esto buscando que el desarrollo de ellos sea del adecuado, convirtiéndose así en adultos que desarrollen su papel satisfactoriamente. Actualmente los casos de maltrato infantil son mayormente sacados a la luz en las escuelas debido a que es un espacio seguro para el desarrollo de los infantes, sin embargo, los casos son encontrados solo por las señales que identifican los profesores debido a esto es importante plantear una metodología que sea capaz de recolectar datos del comportamiento infantil para poder así clasificar y realizar la detección de infantes que sufren maltrato o algún tipo de violencia. Se realiza un análisis de indicadores y sus formas de identificarlos para así tener un conjunto de sensores que se utilicen para la recolección de datos.

PALABRAS CLAVE: datos, inteligencia artificial, maltrato infantil, metodología, recolección, sensores.

ABSTRACT: Child abuse is a problem that is very present in Mexican society, and it is a problem that affects the infant, being children under 14 years of age the most affected by this fact. Because of this it is important to diagnose the situations of abuse they may be suffering. This is in order to ensure that their development is adequate, thus becoming adults who develop their role satisfactorily. Currently, cases of child abuse are mostly brought to light in schools because it is a safe space for the development of children, however, the cases are found only by the signs that teachers identify. Because of this, it is important to propose a methodology that is able to collect data on child behavior in order to classify and detect children who suffer abuse or some kind of violence. An analysis of indicators and the ways to identify them is carried out in order to have a set of sensors to be used for data collection.

KEYWORDS: data, artificial intelligence, artificial intelligence, child abuse, methodology, collection, sensors.

INTRODUCCIÓN

La World Health Organization [1] define el maltrato infantil como cualquier acción de abuso o desatención del que pueden y son víctimas las y los menores de 18 años, esto incluye cualquier tipo de maltrato físico o psicológico que puedan causar daño a la salud, dignidad integridad o desarrollo del infante, así como poner el peligro la supervivencia del mismo.

En México diferentes instituciones y organizaciones han realizado estudios sobre el maltrato infantil como El Instituto Nacional de Estadística y Geografía [2] con la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) que arroja resultados como que el 26.1% de las adolescentes de 15 a 18 años han sufrido violencia durante la niñez siendo 20.4% de naturaleza física, 10.5% emocional y 5.5% sexual.

Así como también el Instituto Nacional de las Mujeres [3] demuestra que alguna forma de disciplina violenta fue empleada en el 62.4 % de las niñas y 62.7 % de los niños de 1 a 14 años de edad. Anualmente se registran en México más de 4 millones y medio de niñas y niños víctimas de abuso sexual este registro de acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que ubican a este país en primer lugar mundialmente DEMOS, Desarrollo de Medios, S.A. de C.V. [4].

Amrit [5] presentó un artículo donde realiza la investigación para la detección de maltrato infantil mediante machine learning, para esto hicieron uso de minería de textos, los cuales fueron obtenidos mediante encuestas. Para obtener como producto un modelo entrenado capaz de identificar casos de maltrato infantil con ayuda del análisis de textos.

Además de Sorensen y col. [6] pensando en la aplicación que podría tener la inteligencia artificial dentro de la radiología pediátrica realizaron una investigación para proponer un modelo basado en aprendizaje automático, esto realizando un análisis de imágenes de niños en situación de violencia de diferentes tipos.

Powell [7] reunió un conjunto conformado por 170 expertos en diferentes áreas que mediante estudios Delphi lograron identificar diferentes indicadores para realizar una correcta y posiblemente temprana detección del maltrato infantil, criterios que abarcan desde el daño físico hasta señales de desatención y abandono.

Actualmente los infantes de 6-10 años pasan una parte considerable de su tiempo en las instituciones escolares, con horarios promedio de 8 am a 12:30 pm por lo cual se considera que su segundo hogar es la escuela debido al tiempo que pasan en las instituciones y la constante interacción con su docente los casos de maltrato infantil son mayormente sacados a la luz en las escuelas, esto también debido a que es un espacio seguro para el desarrollo de los infantes en el cual pueden expresarse y actuar con mayor libertad, sin embargo, los casos son encontrados solo por las señales que identifican los profesores, ya que no se cuenta con una forma real de dar seguimiento a todos los alumnos debido a esto es importante plantear una metodología que sea capaz de recolectar datos del comportamiento infantil para poder así clasificar y realizar la detección de infantes que sufren maltrato o algún tipo de violencia.

Partiendo de que existen ciertos parámetros que pueden ayudar a la identificación del maltrato infantil se tiene la siguiente pregunta de investigación, ¿Es posible plantear una metodología que sea capaz de recolectar diversos tipos de datos que cumplan los requisitos para la identificación de señales que indiquen maltrato infantil mediante procesos de inteligencia artificial de manera satisfactoria?

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección de indicadores

Para comenzar con el desarrollo de la metodología es necesario saber qué es lo que se va a buscar, para esto con base en la investigación de Powell [8] donde presenta indicadores físicos, de comportamiento y factores parentales de maltrato infantil se seleccionaron los indicadores físicos y de comportamiento que se muestran en la Tabla 1 esto debido a que por la naturaleza de los mismos son los parámetros que pueden ser identificados en un entorno controlado y en convivencia con otros infantes, y se dejaron fuera los factores parentales ya que tiene que ver con entornos como el hogar donde pueda ser difícil o hasta imposible el monitoreo y la investigación.

Tabla 1. Indicadores de maltrato infantil.

Tipo	Indicador
Físico	Lesiones menores recurrentes
Físico	Episodios recurrentes e inexplicables de cianosis
Comportamiento	Autolesiones
Comportamiento	Miedo excesivo a los adultos
Comportamiento	Trastornos alimentarios
Comportamiento	Comportamiento sexualizado inadecuado
Comportamiento	Cambios repentinos de comportamiento
Comportamiento	Agresividad con sus compañeros
Comportamiento	Tristeza

Fuente Elaboración propia

Análisis de indicadores

Teniendo ya los indicadores seleccionados, (Tabla 1) es necesario analizarlos para saber cuál sería la manera adecuada de identificarlos, con esto poder realizar la selección apropiada de sensores para la recolección de datos, así como el contexto en el que se puede implementar la metodología. Analizando los indicadores se obtiene que:

Lesiones menores recurrentes. Se pueden presentar lesiones físicas como rasguños y moretones esto se puede identificar observando las partes visibles del cuerpo, así como brazos y rostros, para esto se requeriría que los sensores puedan recolectar imágenes como fotografías del rostro, brazos y piernas.

Episodios recurrentes e inexplicables de cianosis. Se pueden presentar expresiones faciales y movimientos repentinos de extremidades, así como la coloración de la piel, esto se puede identificar observando las partes visibles del cuerpo, así como brazos y rostros, para esto se requeriría que los sensores puedan recolectar imágenes como fotografías del rostro, brazos y piernas.

Autolesiones. Hay niños que ante los problemas se sienten abrumados y esto les puede hacer que mani-

fiesten conductas autolesivas [9], para identificar esto se requiere del monitoreo constante del comportamiento físico, para esto los sensores deberían poder analizar su comportamiento por largos periodos de tiempo.

Miedo excesivo a los adultos. El miedo excesivo a los adultos es una excelente señal de que el infante puede sufrir maltrato ya que los adultos son los principales agresores. Esto se puede identificar con la conducta o manera de expresarse hacia los adultos o con adultos presentes. Esto se puede reconocer observando las interacciones, así como analizando la voz al interactuar.

Trastornos alimentarios. Los trastornos alimenticios generan conductas como falta de apetito o negarse a la alimentación, causando desnutrición. También pueden ser trastornos que les produzca como los atracones de comida, generando sobrepeso e incluso obesidad. Tanto la desnutrición como la obesidad generan cambios físicos que pueden ser observados, debido a esto es necesario analizar su fisionomía.

Comportamiento sexualizado inadecuado. El desarrollo sexual suele ser un tema tabú aun que es parte de todo ser humano en desarrollo, no obstante, dentro del tema hay comportamientos normales y otros no adecuados, y estos se pueden identificar mediante la observación de la forma de interacción entre individuos e incluso su lenguaje ya que esto puede identificarse no como por sus acciones físicas sino también por sus expresiones verbales.

Cambios repentinos de comportamiento. Los cambios de comportamiento repentinos que suelen suceder sin razón aparente, están racionados con confusión mental, delirios discurso o comportamiento desorganizado, alucinaciones o estado de ánimo extremo (como depresión). Esto se puede identificar analizando su comportamiento físico, así como sus expresiones verbales.

Agresividad con sus compañeros. Las acciones violentas son un indicador muy importante a la hora de la identificación de estos problemas, debido a esto es importante poder observar y analizar las interacciones en grupos con diversos infantes.

Tristeza. Los cambios que tiene un infante al sufrir violencia no solo son cambios físicos y de comportamiento, también hay emocionales, esto se ve reflejado en que su estado de ánimo, el cual se puede determinar a través de reconocimiento facial e incluso variaciones en el tono de voz, siendo así identificable a partir de imágenes o audios.

Cambios repentinos de comportamiento. Los cambios de comportamiento repentinos que suelen suceder sin

razón aparente, están racionados con confusión mental, delirios discurso o comportamiento desorganizado, alucinaciones o estado de ánimo extremo (como depresión). Esto se puede identificar analizando su comportamiento físico, así como sus expresiones verbales.

Selección de hardware

Después del análisis de los indicadores y cuál es la forma de identificarlos, se sabe que los tipos de datos necesarios para procesar son las imágenes y audios, y los sensores que nos pueden recolectar estos datos son las cámaras y los micrófonos respectivamente.

Debido a que se necesita el análisis y el seguimiento de acciones y comportamientos, la captura de imágenes tendrá mayor eficiencia si se toman como video. Y para cubrir un área sin puntos ciegos es necesario contar con más de una cámara por ello la mejor opción para la recolección de imágenes es una grabadora de video digital, para poder montar un circuito cerrado. Para la recolección de audio se utilizarán micrófonos.

Para el monitoreo la selección estratégica de los componentes de forma que sean discretos es importante para no afectar el comportamiento natural de los individuos y así tener datos más confiables y que ayuden a una mejor detección.

El monitoreo debe ser durante periodos largos de tiempo debido a esto es importante saber cuál es la capacidad de almacenamiento necesaria, Seagate [10] una empresa dedicada al almacenamiento nos presenta la información recolectada en la Tabla 2 de acuerdo a la capacidad que se necesita para almacenar días de grabación continua para la compresión de video MPEG-4 en diferentes resoluciones.

Tabla 2. Datos comparativos de almacenamiento requerido para grabaciones de videovigilancia.

Variable de grabación: 20fps		Capacidad del disco duro de vigilancia	
		1TB	2TB
176x120	#Days	346	692
352x240	#Days	132	264
704x480	#Days	42	84
1280x1024	#Days	12	24

Fuente SEAGATE

Además, se debe considerar el espacio de almacenamiento requerido para la grabación de audio considerando un audio estándar de 128 kbps.

Contexto

Teniendo en cuenta los indicadores y las formas en las que se presentan, y habiendo escogido los sensores que se utilizaran se requiere que el entorno cumpla con las siguientes:

- Contar con tiempos donde los infantes estén quietos para recolectar información como reconocimiento facial.

- Desarrollar actividades que permitan analizar las interacciones entre infantes.
- Debe ser un entorno controlado

En este caso se implementará en un salón de clase ya que esta principalmente orientado a ser implementado en estos.

RESULTADOS

Análisis de entorno

La primera parte de la metodología consiste en el análisis del entorno, esto considerando que, durante la entrada se puede analizar la fisionomía de los infantes en busca de desnutrición u obesidad, en clases se pueden identificar los rostros de los infantes, así como sus expresiones, además de poder hacer la búsqueda de lesiones en rostro y brazos, además se pueden realizar trabajos en equipo que promuevan la interacción entre ellos y por último la hora de receso es un tiempo en el que algunos alumnos suelen estar sin supervisión en el salón. Además, se requiere que el sonido dentro del aula sea bien recolectado no importa de qué parte del aula surja. La mayoría de los salones escolares tienen la misma configuración (Figura 1).

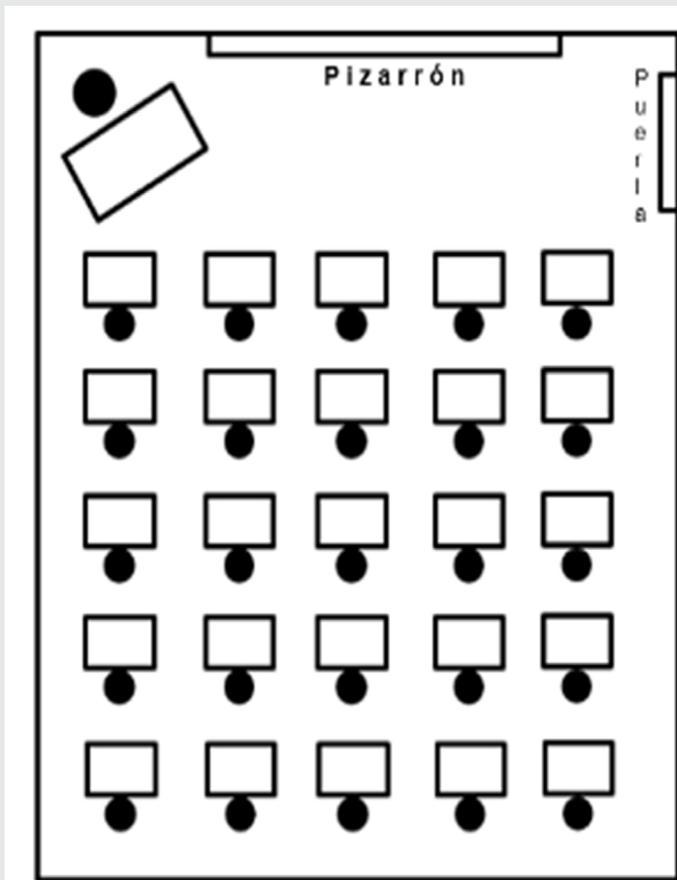


Figura 1. Salón de clase.
Fuente Elaboración propia

Diseño de la Red

Ahora que analizamos la forma del aula es importante que se consideren los puntos clave para que la co-

locación de las cámaras y los micrófonos sea óptima para la recolección de los datos, analizar de acuerdo al tamaño cuantos micrófonos son necesarios para tener bien cubierta el área, cuantas cámaras y en que posiciones son necesarias para que no existan puntos ciegos y que la distancia a la que se van a mostrar las imágenes sea adecuada para tener suficiente nitidez en los datos. Así como la resolución necesaria para las cámaras y la sensibilidad adecuada de los micrófonos.

Para un salón estándar de 25 alumnos la configuración que se presenta en la Figura 2 está compuesta por un DRV con 3 cámaras acomodadas de manera estratégica para cumplir un objetivo:

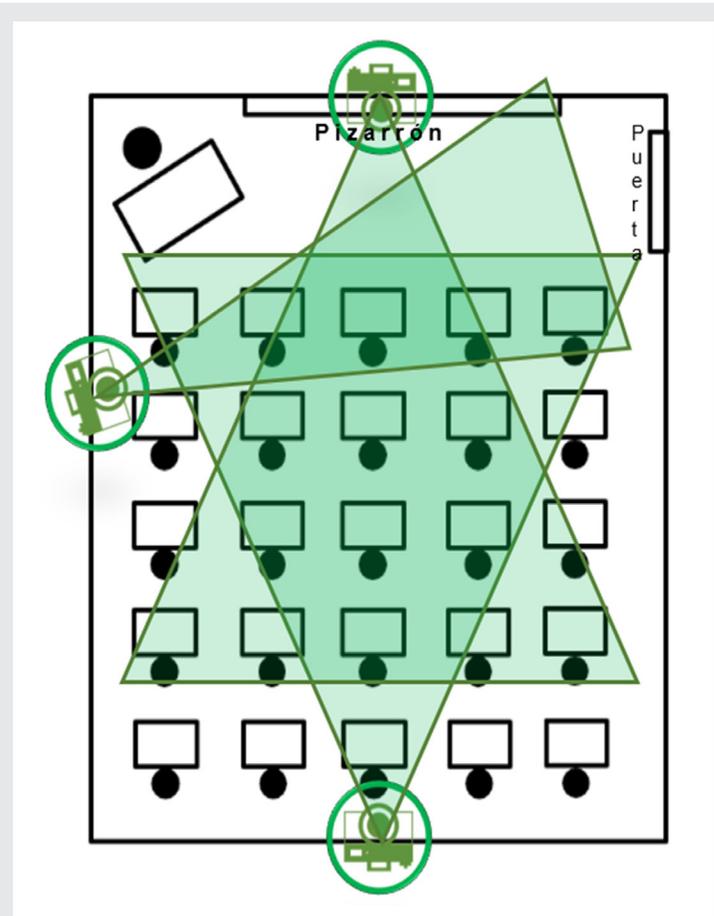


Figura 2. Configuración de las cámaras.
Fuente Elaboración propia

Cámara 1. Colocada en el techo de forma que apunte directamente a la puerta para enfocar a los infantes cuando entren y salgan del aula, antes y después de la clase y de forma individual en las salidas hacia los tocadores.

Cámara 2. Colocada por arriba del pizarrón apuntando hacia los alumnos para así analizar sus rostros y expresiones de la mejor manera.

Cámara 3. Con el objetivo de tener la menor cantidad de puntos ciegos durante las actividades de interac-

ción la tercera cámara estaría en la parte posterior del salón apuntando hacia el pizarrón.

También cuenta con un sistema de micrófonos cuya distribución sería la siguiente (Figura 3):

Micrófono 1, 2. Estarían colocados a cada lado considerando 1/3 a partir de la pared del pizarrón.

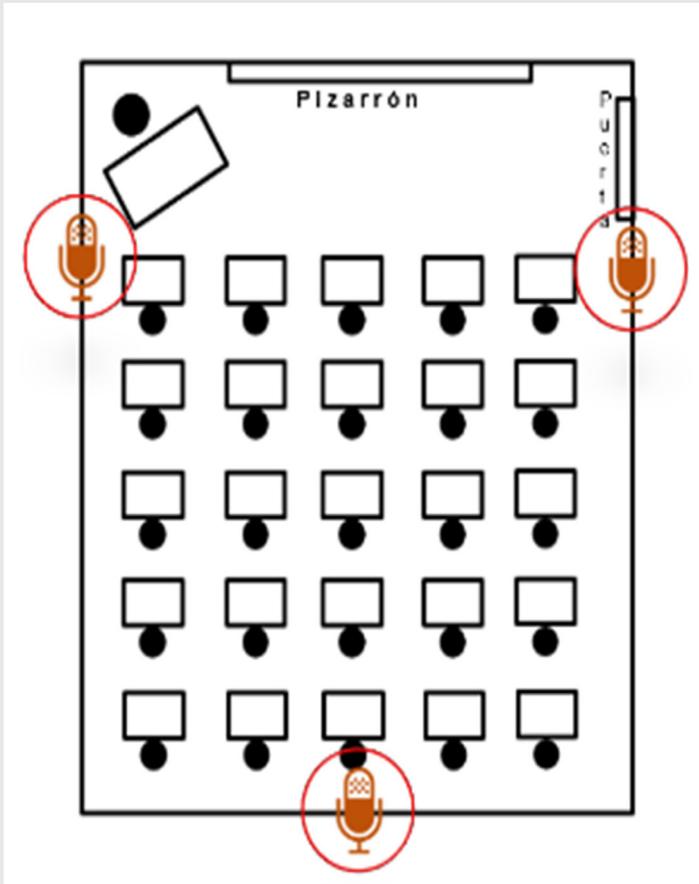


Figura 3. Configuración de los micrófonos.
Fuente Elaboración propia

Micrófono 3. Colocado en la parte posterior del aula. Con esto al final de obtiene la arquitectura (Figura 4) que será nombrada "Arquitectura 3-3".

Elección del Hardware necesario

Con la red diseñada es momento de seleccionar el hardware necesario que cumpla con las necesidades del entorno. La selección de dispositivos, así como la discreción en su colocación es primordial para no afectar el comportamiento de los infantes al sentirse observados, se sugiere la utilización de cámaras que sean capaces de grabar en una resolución de al menos 720p y micrófonos condensadores de forma que estén orientados hacia el interior del aula.

Debido a la importancia que tiene el hecho de que la implementación sea discreta, la selección de los dispositivos debe ser orientada a las Tecnologías IoT, esto para la extracción de la información de forma remota, que pueda existir una supervisión en cualquier momen-

to, sin la necesidad de recurrir al sistema físicamente, exponiendo los dispositivos y alterado el comportamiento de los infantes.

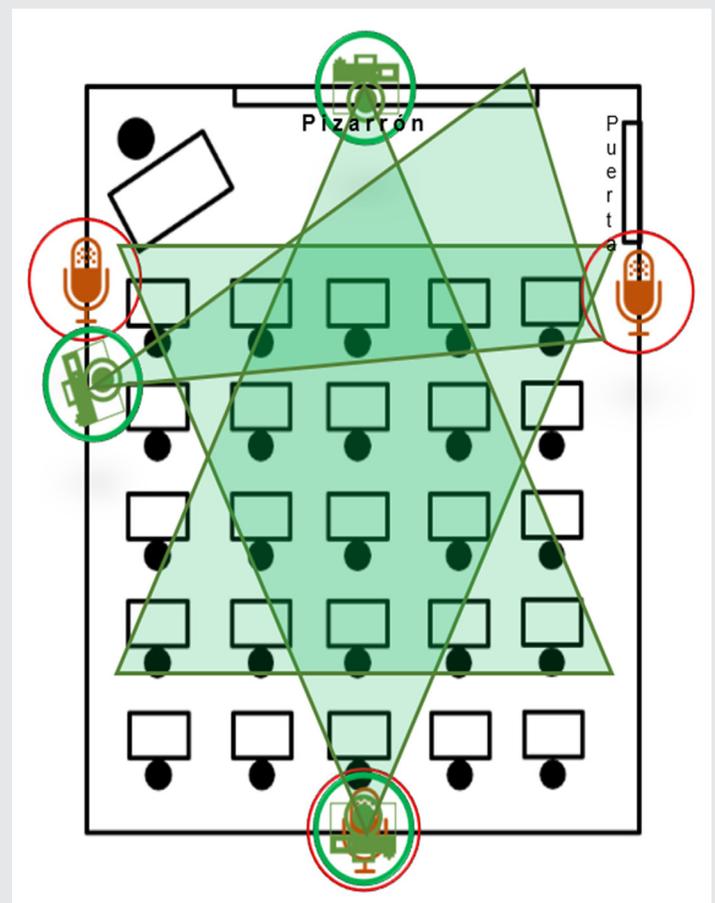


Figura 4. Configuración 3-3.
Fuente Elaboración propia

CONCLUSIONES

La metodología esta presentada en un entorno de acomodo lineal, sin embargo puede ser fácilmente aplicada a diferentes configuraciones de salón.

La información recolectada con esta metodología está pensada para ser tratada con inteligencia artificial, aplicando herramientas como el machine learning, o redes neuronales para el análisis y clasificación de comportamientos.

Como trabajo futuro implementar los sistemas de Inteligencia artificial con más configuraciones de sensores para realizar un sistema que no necesite pos-procesamiento y que sea capaz de identificar el maltrato infantil en tiempo real.

BIBLIOGRAFÍA

[1] World Health Organization (2019). *Violence against children.*

[2] El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) 2016.*

[3] Instituto Nacional de Salud Pública, & UNICEF México. (2016). Encuesta Nacional de Niños, Niñas y Mujeres 2015-Encuesta de Indicadores Múltiples por Conglomerados 2015, Informe Final.

[4] DEMOS, Desarrollo de Medios, S.A. de C.V. (2019). La Jornada: México, primer lugar en abuso sexual infantil, según la OCDE.

[5] Amrit, C., Paauw, T., Aly, R., y Lavric, M. (2017). Identifying child abuse through text mining and machine learning. *Expert systems with applications*, 88:402-418.

[6] Sorensen, J. I., Nikam, R. M., y Choudhary, A. K. (2021). Artificial intelligence in child abuse imaging. *Pediatric radiology*, pp. 1-4.

[7,8] Powell, C. (2003). Early indicators of child abuse and neglect: a multi-professional delphi study. *Child Abuse Review: Journal of the British Association for the Study and Prevention of Child Abuse and Neglect*, 12(1):25-40.

[9] Belloso, J. J. C., & Peñalver, J. G. (2017). Relación entre el bullying, autolesiones, ideación suicida e intentos autolíticos en niños y adolescentes. *Revista de estudios de juventud*, (115), 207-218.

[10] Video Surveillance Storage: How Much Is Enough? – Seagate US; [cited 2018 21 May]. Available from: <https://www.seagate.com/tech-insights/how-much-video-surveillance-storage-is-enough-master-ti/>.



ECONOMÍA CREATIVA

PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE