



Ingeniantes®

Año 10, No.1, Vol. 2

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

latindex

ISSN 2395-9452

XIII

Congreso Internacional
de instalaciones
ELECTROMECAÑICAS

“SEGURIDAD Y CONTROL EN LAS INSTALACIONES”



Edición Especial

Ingeniantes

Año 10 / No. 1 / Vol. 2

Información Legal

Ingeniantes, Año 10, No. 1, Vol 2. diciembre 2022 - junio 2023, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, 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, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, fecha de última modificación, 14 de junio de 2023.

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 22843.

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
<https://www.latindex.org/latindex/ficha/22843>

Directorio

M.G.E. Jorge Alberto Lara Gómez

Director General, ITSM, Veracruz, México

Mtro. Arturo Olguin Hernández

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

M.B.A. Maribel García Alvarado

Subdirectora Académica, ITSM, Veracruz, México

Dra. María Cristina López Mendéz

Subdirectora de Posgrado e Investigación, ITSM, Veracruz, México

Lic. Rosa María Hernández Ramírez

Subdirectora de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

Lic. Julio Cesar Rosas Cruz

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Lic. Adriana López Trujillo

Subdirectora de Planeación, ITSM, Veracruz, México

M.C.E. 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. 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. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM

Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET

Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET

Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ

Dr. José Luis Marín Muñiz, 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. Daniel Martínez Navarrete, ITSAV

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

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. Saúl Santiago Cruz, ITSM

SNI Dr. Joel Pozos Osorio, HUB2i

SNI Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín, ITO

SNI Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado, ITCV

SNI Dr. Guillermo Alfredo Arriola 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 Dr. Luis Enrique García Santamaría, ITSM

SNI Dr. Irahán Otoniel José Guzmán, ITSM

SNI Dra. Alicia Martínez Rebollar, CENIDET

SNI Dr. Humberto Raymundo Gonzalez Moreno, ITSM

SNI Dr. Alan Rico Barragán, ITSM

SNI M.C. Clovis Nchikou, ITNL

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

C. SNI M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán, ITSM

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

M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM

M.C. Vladimir Zagoya Juárez, ITSM

M.G.C. Eduardo Gutierrez Almaraz, ITSM

M.I.I. Giovanni Luna Chontal, ITSM

M.C. Luz del Carmen Muñoz Palacios, UTCV

M.F. María Guadalupe Montes de Oca Sánchez

XIII Congreso Internacional de instalaciones ELECTROMECAÓNICAS

“SEGURIDAD Y CONTROL EN LAS INSTALACIONES”

Reseña

Con la realización de la XIII edición del Congreso Internacional de Instalaciones Electromecánicas, celebrada los días 18 y 19 de mayo del presente año, en el Hotel Galería Plaza, en Boca del Río, Ver., se reafirmó la importancia de la Seguridad y Control de las Instalaciones, como norma fundamental que tiene el propósito de salvaguardar los bienes y la integridad humana, siendo la premisa que enarbola el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Veracruz CIME Veracruz.

En este evento se contó con la participación de 390 asistentes, conferencistas, congresistas y empresas nacionales e internacionales.

Empresas, instituciones e instancias relacionadas con el ecosistema de Instalaciones Electromecánicas: IPSE, ETAP, TEIXA, EPRECSA, SISTELEC, ITV, UFARA, DALTOR, AMESA, UCC, IMCEL, COOPER LIGHTING, COMPAÑÍA INSYNUES, CFE, RAYHUNTERS, PEGSA, SISTELEC, TRANSFORMADORES Y COMPONENTES, GAS NATURAL, SEICE, CONDUMEX, VIAKON, CILIMEX, BS&T, GRUPO RODRIMEX, INGENIERIA PERICO, RAYKER, REPSEVER, POLIFLEX, LEVITON, LAYMON, AMERIC, VOLTWAY, CASA SEGURA, GRUPO PIRO, BALTAZAR (PROYECTOS E INSTALACIONES ELECTRICAS).

En el marco del congreso se presentaron artículos derivados de investigaciones en instituciones de nivel superior, de los cuales fueron seleccionados 5 para la edición especial:

- Estudio empírico sobre la percepción del empresario PYME sobre Conocimiento Financiero, Uso y Accesibilidad.
- Potencial energético del oleaje para generar electricidad en México: Modelo hacia una Aproximación Teórica.
- Análisis Comparativo de los Diferentes Tipos de Baterías para Vehículos Eléctricos e Híbridos.
- Estudio de Calidad y Eficiencia Energética.
- Análisis y rediseño de cadena de lubricación de la empresa Tenaris TAMS A S.A. Para optimizar el proceso del sistema, en convenio de colaboración con Tecnm-Instituto Tecnológico De Veracruz.

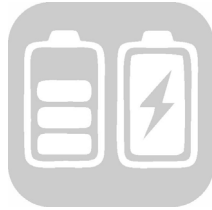
Ingeniantes



03



11



19



25



33

Contenido

Estudio empírico sobre la percepción del empresario PYME sobre conocimiento financiero, uso y accesibilidad _____ 03

Felipe de Jesús Pozos Texon; Juan Antonio Pinilla Rodríguez; Carlos Javier Gasca Caballero; Luz Estela Contreras Valenzuela; Roberto Díaz Marchetti, Universidad Cristóbal Colón

Estudio de calidad y eficiencia energética _____ 12

Mariel Morales Martínez; Armando Campos Domínguez; Adrián Vidal Santo; Francisco Ortiz Martínez; Josué Domínguez Márquez, Universidad Veracruzana

Análisis comparativo de los diferentes tipos de baterías para vehículos eléctricos e híbridos _____ 20

René Valdemar Rosales-Lasnibat; Josselyn de Jesús Galán-Bravo; Felipe de Jesús Pozos-Texon; Juan Antonio Pinilla-Rodríguez, Universidad Cristóbal Colón

Potencial energético del oleaje para generar electricidad en México: modelo hacia una aproximación teórica _____ 26

Juan Antonio Pinilla Rodríguez; Felipe de Jesús Pozos Texon; Carlos Javier Gasca Caballero; Roberto Díaz Marchetti; Mario Alberto Díaz Solís, Universidad Cristóbal Colón

Análisis y rediseño de cadena de lubricación de la empresa Tenaris Tamsa S.A. para optimizar el proceso del sistema, en convenio de colaboración con TECNOL - Instituto Tecnológico de Veracruz _____ 34

Vicente Miguel Díaz de León Santiago; Juan Manuel Bucio Ballado; Ángel Miranda Juárez; Eduardo Toledo Cerritos, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Estudio empírico sobre la percepción del empresario PYME sobre conocimiento financiero, uso y accesibilidad



Colaboración

Felipe de Jesús Pozos Texon; Juan Antonio Pinilla Rodríguez; Carlos Javier Gasca Caballero; Luz Estela Contreras Valenzuela; Roberto Díaz Marchetti, Universidad Cristóbal Colón

Fecha de recepción: 25 de marzo del 2023

Fecha de aceptación: 12 de mayo del 2023

RESUMEN: La presente investigación plantea preguntas sobre cómo los empresarios de pequeñas y medianas empresas (PYMES) perciben el conocimiento financiero. El estudio se centra en comprender cómo los empresarios Pyme perciben el conocimiento financiero y cómo lo utilizan en sus empresas. El estudio se define como no experimental, lo que significa que las variables se observarán tal como ocurren y no se manipularán. El objetivo es evaluar la percepción de los empresarios Pymes sobre el conocimiento. Según la percepción de los empresarios encuestados, consideran tener conocimientos en materia de inversiones y creen que esto les ha ayudado a acceder y utilizar los servicios financieros. En resumen, el estudio se enfoca en comprender cómo los empresarios Pyme perciben el conocimiento financiero y cómo lo utilizan en sus empresas, evaluando su acceso y uso de los servicios financieros. Los resultados muestran relaciones complejas entre las variables, lo que indica la complejidad de estas relaciones en la construcción de las variables canónicas a partir de las variables originales.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento financiero, servicios financieros, percepción, pyme.

ABSTRACT: The present research raises questions about how small and medium-sized enterprise (SME) entrepreneurs perceive financial knowledge. The study focuses on understanding how SME entrepreneurs perceive financial knowledge and how they utilize it in their businesses. The study is defined as non-experimental, meaning that the variables will be observed as they naturally occur and will not be manipulated. The objective is to evaluate the perception of SME entrepreneurs regarding knowledge. According to the perception of the surveyed entrepreneurs, they consider themselves to have knowledge in investment matters and believe that this has helped them access and utilize financial services. In summary, the study aims to comprehend how SME entrepreneurs perceive financial knowledge and how they use it in their businesses, assessing their access and usage of financial services. The results reveal complex relationships among the variables, indicating the intricacy of these relationships in constructing canonical variables from the original variables.

KEYWORDS: Financial knowledge, financial services, perception, SME.

INTRODUCCIÓN

En México se sostiene que existe un escaso desarrollo en términos de cultura financiera, influenciado por diversos factores como el nivel socioeconómico, el género, la edad, el nivel educativo, aspectos culturales y otras costumbres individuales. Sin embargo, de acuerdo con Lechuga y Carreón, en una encuesta realizada a 150 personas de entre 18 y 30 años, en su mayoría estudiantes o trabajadores, el 80% demostró tener un conocimiento adecuado sobre el manejo de las finanzas. Se observó que más del 65% realiza una planificación previa en cuanto al destino de sus ingresos y gastos, considerando el ahorro o la inversión. Estos resultados son algo contradictorios en comparación con la idiosincrasia mexicana. Aunque la mayoría no

opta por utilizar productos financieros debido al desconocimiento, los empresarios de pequeñas y medianas empresas, a pesar de esa falta de información y conocimiento, deben tomar decisiones que afectarán su consumo y ahorro a corto y largo plazo. Además, se menciona que elementos de riesgo como la devaluación, la paridad de tasas de interés, la inversión extranjera, la competitividad, los acuerdos internacionales de comercio y la presencia del COVID-19 han alterado el estilo de vida e incluso la estabilidad económica de las personas y las empresas.

La actual crisis sanitaria, originada por la propagación global del nuevo coronavirus (SARS-CoV-2), ha afectado al mundo desde principios de 2020 y ha tenido un impacto significativo en el funcionamiento normal de la economía. En el ámbito financiero, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMES) han experimentado caídas en la oferta y la demanda del mercado, que oscilan entre el 13% y el 52%, lo cual ha tenido un fuerte impacto en la inversión y el consumo. Muchas de estas empresas enfrentan desafíos operativos y financieros, como la escasez de suministros o la disminución de ingresos, lo que ha llevado a cambios negativos en su flujo de ingresos y gastos. Estos factores negativos incluyen el aumento de los precios de los productos, la reducción de personal, la disminución de salarios y beneficios, así como el cierre temporal o definitivo de muchos establecimientos. La desaparición de las MiPyMES se atribuye a la falta de educación financiera, que se refleja en aspectos como la escasa o nula participación en el mercado formal, malos hábitos en el uso de productos y servicios financieros, desconocimiento de derechos y obligaciones, y la falta de planificación financiera. [1]

Con lo anterior, el fin de la investigación como fuente generadora del saber, tiene su origen en el planteamiento de interrogantes profundas e inteligentes que permitan establecer modelos que describan las relaciones causales subyacentes, cualitativas y cuantitativas, que integran el fenómeno de estudio a través de sus variables endógenas y exógenas.

Ahora bien, bajo esta propuesta o directriz es que surge la interrogante ¿Cómo percibe el empresario PYME el conocimiento financiero que se genera en las IES y si esto le permite conocer, usar y acceder a los servicios y productos financieros? y ¿Cómo percibe el empresario PYME la transferencia del conocimiento financiero a través de las tecnologías en términos de oportunidad, pertinencia, eficiencia, eficacia, flexibilidad y accesibilidad? Dicho de otra forma: ¿Cuál es la estructura de variables latentes que permiten entender la percepción del empresario PYME relativa al conocimiento financiero y la transferencia de éste en términos de: oportunidad, pertinencia, eficiencia, eficacia, flexibilidad y accesibilidad? entendiendo esto último de la PYME, como al empresario, quien finalmente es la persona que la administra.

Con esta reflexión, el tema central del estudio se enfoca en entender la forma en que el microempresario PYME percibe el conocimiento financiero y como este es o ha sido utilizado al interior de las empresas. Por lo tanto, se busca definir un modelo teórico causal en el cual, se pueden identificar las variables subyacentes que serán determinantes en el desarrollo de la investigación.

De esta forma tenemos de inicio la variable conocimiento, específicamente, el conocimiento financiero, así como la forma de su aplicación o utilización mediada por la tecnología. Con esta aproximación, se buscará medir la percepción del microempresario PYME hacia este binomio.

Una visualización preliminar en los términos descritos, es el presentado en la siguiente figura:

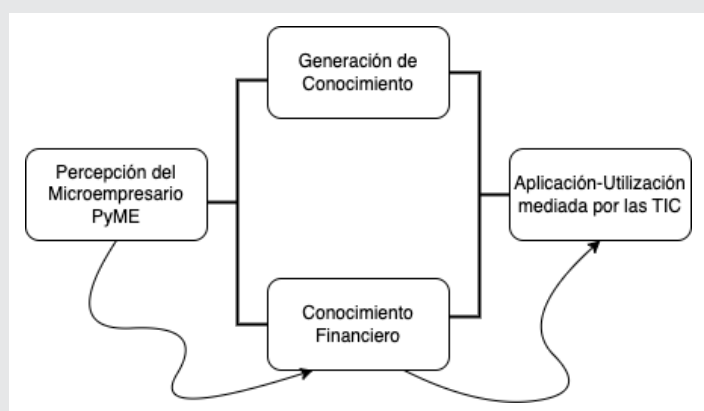


Figura 1. El conocimiento y su forma de aplicación.
Fuente: Elaboración propia.

Con estas consideraciones y de manera muy básica, es importante conocer en primer término la forma en que el microempresario: entiende, visualiza, percibe y valora el tema del conocimiento financiero, cuya aplicación puede resultar pertinente en la práctica cotidiana del microempresario, y desde luego, que pudiera ser de utilidad para él.

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) desempeñan un papel significativo en el sector empresarial de México [2]. En este contexto, Vallejo y Martínez señalan que la situación actual, caracterizada por una economía en constante crisis, genera un sentimiento de presión y temor en las personas respecto a su futuro financiero. Estos factores pueden llevar a tomar decisiones equivocadas. Por esta razón, las autoridades a nivel mundial incluyen en sus políticas públicas la facilitación del acceso y la participación de las MIPYMES en los mercados globales, debido a los beneficios económicos que ello conlleva. Estas empresas han demostrado ser generadoras de empleo y desempeñan un papel importante en términos porcentuales en el Producto Interno Bruto (PIB). En este sentido, el Banco de Desarrollo de América Latina (2020) afirma que las instituciones financieras han ampliado la oferta de créditos

tradicionales como la primera opción para las PYMES, con el objetivo de proporcionar un mayor número de productos financieros a este tipo de empresas. [3]

Pequeña y Mediana Empresa (PYME)

Para el caso de México específicamente las PYME han sido generadoras de pequeños y medianos negocios, los cuales tradicionalmente han sido abastecedores de productos y desde luego empleos. En la actualidad, existe un universo de 4.1 millones de empresas, 95.6% son microempresas, 3.4% son pequeñas y 0.8%, medianas. Solo 0.2% son grandes de empresas. Dicho universo es alimentado anualmente por 200 mil empresas nuevas. Estos datos aparentemente promisorios son resultado, entre otros aspectos y según información gubernamental, de la instrumentación de 134 programas económicos provenientes de 11 instituciones [4].

En la misma idea sobre la caracterización de las PYME, todas las pequeñas y medianas empresas (PYME) comparten casi siempre las mismas características, por lo tanto, se podrían resumir en las siguientes:

- El capital es proporcionado por una o dos personas que establecen una "sociedad".
- Los propios dueños dirigen la marcha de la empresa; su administración es empírica.
- Su número de trabajadores empleados en el negocio crece y va de 16 hasta 250 personas.
- Utilizan más maquinaria y equipo, aunque se sigan basando más en el trabajo que en el capital.
- Dominan y abastecen un mercado más amplio, aunque no necesariamente tiene que ser local o regional, ya que muchas veces llegan a producir para el mercado nacional e incluso para el mercado internacional.
- Están en proceso de crecimiento, la pequeña tiende a ser mediana y aspira a ser grande.
- Obtienen algunas ventajas fiscales por parte del Estado que algunas veces las considera causantes menores dependiendo de sus ventas y utilidades.
- Su tamaño es pequeño o mediano en relación con las otras empresas que operan en el ramo.

Y por otro lado tenemos las desventajas de las PYMES [5].

Entre las desventajas de estas unidades económicas se encuentran las siguientes:

- Les afecta con mayor facilidad los problemas que se suscitan en el entorno económico, como la inflación y la devaluación.
- Viven al día y no pueden soportar períodos largos de crisis en los cuales disminuyen las ventas.
- Son más vulnerables a la fiscalización y control gubernamental; siempre se encuentran temerosos de las visitas de los inspectores.
- La falta de recursos financieros los limita, ya que no tienen fácil acceso a las fuentes de financiamiento.
- Tienen pocas o nulas posibilidades de fusionarse o absorber a otras empresas; es muy difícil que pasen al rango de medianas empresas, mantienen una gran tensión política, ya que los grandes empresarios tratan

por todos los medios de eliminar a estas empresas, por lo que la libre competencia se limita o de plano desaparece.

- Su administración no es especializada, es empírica y por lo general la llevan a cabo los propios dueños [6].

Dichos problemas son atribuidos a la brecha financiera de las empresas pequeñas; es decir la PYME presenta un finance gap o brecha financiera, debido a que tienen mayores problemas para acceder a los mercados de capitales [7]. Esta brecha se divide en dos componentes: brecha de oferta, lo que significa limitada disposición de fondos para la PYME, o su costo es superior; y brecha de conocimiento, esto es debido a que los administradores desconocen las ofertas de fondos y pasivos financieros disponibles, así como las ventajas y desventajas de la contratación de deuda.

Existe la relevancia de dos factores clave para determinar el comportamiento financiero de la PYME, su tamaño y el sector en el cual se desempeñan. Estos autores señalan que, para las empresas, los propietarios de pequeñas firmas funcionan sin buscar una estructura de capital óptima, y observan preferencia por aquellas formas de financiación que disminuyan la intrusión en su compañía. Resultando que el apalancamiento se basa, primero, en ahorros personales y recursos internos; seguidos de deuda a corto o mediano plazo; por último, el menos elegido de todos, nuevos accionistas, lo que es coincidente con la Teoría de la Jerarquía [8].

La mayoría de las compañías en México carecen de respaldo para sus operaciones, y son pocas las que cuentan con recursos estatales o créditos institucionales destinados a la innovación. Esto dificulta su desarrollo en el ámbito económico. Estas empresas, en la práctica, carecen de tecnología y estructuras organizativas que les permitan ser eficientes. Cuando no tienen suficientes recursos para funcionar adecuadamente, se ven obligadas a recurrir a prácticas operativas ineficientes o a mercados financieros informales con costos excesivos. En el mejor de los casos, dependen de créditos a corto plazo de proveedores con recursos insuficientes, lo que impide a los empresarios considerar proyectos a largo plazo e incluso mejoras o innovaciones tecnológicas [9].

Percepción

Respecto a esta variable es necesario entender primeramente este constructo teórico, considerando que el objeto de estudio se ha centrado en medir la percepción del empresario PYME hacia ciertos tópicos que involucran conocimiento sobre educación financiera tal y como se analizara en posteriores apartados. Las decisiones al interior de las PYME están centradas en el propio empresario PYME y de manera muy particular nos referiremos a las decisiones financieras con las que día a día se enfrenta como parte de las actividades financieras que involucra a la PYME.

De esta forma se justifica el hecho de incluir el análisis de esta variable debido a que el instrumento a utilizar en la investigación de campo es un cuestionario que recogerá información sobre la percepción del empresario PYME referente a los tópicos financieros con esta consideración procedemos a la explicación teórica de la percepción. Platón pensaba que el alma es la que posibilita la percepción, mientras que Aristóteles otorgó un papel fundamental al funcionamiento de los sentidos y a la asociación de eventos e ideas.

De esta forma, el constructo sobre percepción ayuda a entender como percibiría el empresario PYME el uso de la tecnología, a través de la cual se podría transferir el conocimiento y con ello, poder realizar las tareas financieras de una forma más sencilla, entonces es necesario analizar los aspectos básicos sobre la usabilidad del Modelo de Aceptación Tecnológica (por sus siglas en inglés TAM).

Cabe aclarar que la percepción acerca de la importancia de la usabilidad, se ha dicho que es uno de los atributos de calidad que se consideran críticos en el proceso de desarrollo de software. En síntesis, la usabilidad es considerada como una de las principales características de la calidad de un producto de software (ISO2001).

Transferencia de conocimiento financiero

Latinoamérica presenta una situación económica favorable para la inclusión financiera, ya que alcanza una tasa anual y con series desestacionalizadas, el PIB incrementó 3.7 %, en términos reales, en el cuarto trimestre de 2022. Por grandes grupos de actividades económicas, el PIB de actividades primarias ascendió 6 %; el de las terciarias, 3.7 % y el de las secundarias, 3.2 por ciento. Por lo que el ambiente macroeconómico parece ser el idóneo para gestar importantes iniciativas en temas de desarrollo, crecimiento social y económico, con apoyo de la inclusión financiera, lo que resultaría un momento importante debido a los cambios en términos de política, economía, tecnología y sociales que se han desarrollado, por lo que resultaría un cambio trascendental e histórico para Latinoamérica [10].

Siguiendo este orden de ideas es de resaltar que, de acuerdo con las recientes investigaciones de Lusardi y Mitchell, hay evidencia empírica que indica que los mercados financieros de todo el mundo son cada vez más accesibles para el “pequeño inversor”, de igual forma que los nuevos productos y servicios financieros crecen en diferentes vertientes que apoyan a la economía de las empresas. Sin embargo para el año 2015, al inicio de la crisis financiera, que se gestó en países latinoamericanos, los créditos al consumo y préstamos hipotecarios habían florecido, es decir, las personas que tenían tarjetas de crédito o hipotecas de alto riesgo estaban en ese momento en la posición históricamente inusual de ser capaces de decidir cuánto deseaban

pedir prestado, como ejemplo podemos citar a los servicios financieros alternativos, incluidos los préstamos de día de pago, casas de empeño, préstamos de título de auto, préstamos de reembolso de impuestos, y alquiler con opción de tiendas [11].

Enseguida, el instrumento que ha ganado mucho terreno en los últimos años es la tarjeta de débito, asociada en la mayoría de los casos a una cuenta vista sin cheques. La cuenta corriente, que es el servicio más tradicional de los bancos, no ha logrado el mismo grado de penetración y muestra una evolución más bien gradual en el tiempo. Ello se explica principalmente por sus costos de administración y, particularmente, por los que implica el procesamiento de los cheques. La cuenta bancaria operada exclusivamente con tarjeta de débito, que funciona como una chequera electrónica es un instrumento similar, pero con costos muchísimos más bajos. Ello ha permitido su masificación en un período relativamente corto de tiempo.

Adicionalmente, varias instituciones han desplegado iniciativas propias. Entre ellas habría que destacar los programas de microcrédito que mantienen varios bancos y el programa que busca llegar a lugares apartados del territorio nacional transformando un establecimiento comercial en una caja bancaria virtual.

Con los argumentos expuestos anteriormente sobre las variables implicadas en el modelo causal de estudio, se favorece el planteamiento de la siguiente hipótesis:

H1: Hay una correlación significativa entre el conocimiento sobre inversiones, con el uso y acceso a los servicios y productos financieros en materia de inversiones.

Donde H1, será el constructo 1 denominado Conocimiento Financiero, Uso y Accesibilidad, para esta investigación.

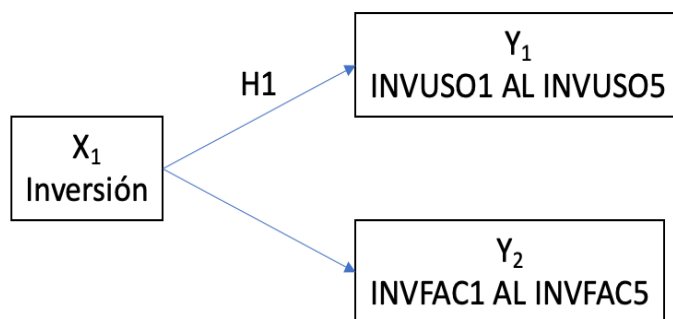


Figura 2. Hipótesis 1

Fuente: Elaboración propia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio es no experimental, ya que no se busca la manipulación en las variables independientes para que

con ello se modifique el efecto en las variables dependientes, éstas se observarán tal cual suceden.

Considerando que la investigación busca conocer la percepción que tiene el empresario PYME, hacia el conocimiento financiero y cómo lo percibe, cuando se transfiere mediante la tecnología (TIC), es entonces que se sigue el procedimiento realizado por Moreno-García, García-Santillán y Munguía-Tiburcio quienes desarrollaron un estudio similar, el cual iniciaron como descriptivo y lo concluyeron como explicativo. De igual forma es transversal, ya que los datos se recogen en un solo momento del estudio [12].

La investigación se aborda desde el enfoque cuantitativo y se busca medir la percepción del microempresario hacia los temas referidos en el capítulo anterior. Con ello se busca probar lo que establecen la hipótesis de trabajo H1.

Para determinar la muestra se tuvo que modificar el criterio para su cálculo, ya que, si bien se había determinado una muestra probabilística de poblaciones finitas, en varios momentos del estudio se encontraron de manera permanente obstáculos. Por lo anterior, el criterio para la selección de la muestra queda como un muestreo por conveniencia.

A partir de la propuesta de García-Santillán, se desarrolla la prueba de hipótesis utilizando el método multivariante denominado análisis correlacional canónico (ACC).

Para demostrar si H1 es cierta o se tiene evidencia para rechazarla, en primer término, se busca el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación (R y R²) [13].

Para ello se parte del formato de las hipótesis, el cual es de la forma invariante:

$$H_0: \rho = 0 \quad H_a: \rho \neq 0 \quad \text{Ec. (1)}$$

La correlación canónica, establece como ρ (rho) entre las X y Y, lo que significa que la hipótesis nula y alterna es para todos los casos (H1)

La hipótesis estadística planteada es una hipótesis nula (H₀) y una hipótesis alternativa (H_a) sobre el coeficiente de correlación (ρ) entre dos variables. H₀ plantea que el coeficiente de correlación es igual a cero, lo que implica que no existe una relación lineal entre las variables. H_a plantea que el coeficiente de correlación no es igual a cero, es decir, que existe una relación lineal significativa entre las variables. Esta hipótesis busca determinar si hay evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación entre las variables o si cualquier aparente relación observada es simplemente al azar.

$$H_{01}: \rho_{X1..n; Y1..n} = 0 \text{ y } H_{A1}: \rho_{X1..n; Y1..n} \neq 0 \quad \text{Ec. (2)}$$

Las funciones descritas se refieren a hipótesis estadísticas sobre la correlación entre dos conjuntos de variables, X1 hasta Xn y Y1 hasta Yn. H₀₁ plantea una hipótesis nula que afirma que el coeficiente de correlación (ρ) entre los conjuntos de variables X1 hasta Xn e Y1 hasta Yn es igual a cero. Esto implica que no existe una relación lineal significativa entre los conjuntos de variables, es decir, no hay una correlación entre ellos.

Por otro lado, H_{A1} plantea una hipótesis alternativa que sugiere que el coeficiente de correlación entre los conjuntos de variables X1 hasta Xn e Y1 hasta Yn no es igual a cero. Esta hipótesis indica que existe una relación lineal significativa entre los conjuntos de variables y que hay una correlación entre ellos.

De ahí que, para la prueba de bondad de ajuste tenemos lo siguiente:

$$X^2, gl(n-1), \text{con } \alpha = 0.05 \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde la prueba de bondad es un procedimiento estadístico utilizado para determinar si un conjunto de datos se ajusta o concuerda con una distribución de probabilidad teórica específica. Matemáticamente, la prueba de bondad compara la distribución empírica observada de los datos con la distribución teórica esperada.

La hipótesis puede ser probada mediante la estadística Λ de Wilks, en donde:

$$\Lambda = \pi_k^p = 1(1-r^2) = \frac{Sx - SxySy^{-1}Sxy'}{\|Sx\|} \quad \text{Ec. (4)}$$

En la expresión anterior, Λ (lambda) varía entre 0 y 1, y los valores cercanos a 0, son evidencia en contra de H₀. Una aproximación de gran utilidad basada en la conocida distribución Ji- Cuadrada, es la propuesta por Bartlett. Como siguiente etapa, en caso de no contar con suficiente evidencia para rechazar H₀. La pregunta ahora es: ¿sobra la significancia de la máxima raíz característica λ_1 ?

Donde $\lambda_1 = p_1^2$, esto es, que la primera raíz característica realmente representa el cuadro de la correlación canónica entre las primeras dos variables canónicas, es decir, las combinaciones lineales de las variables originales, y así sucesivamente con las restantes raíces características.

Validación del test

Para la interpretación de los datos obtenidos, en primera instancia se lleva a cabo un análisis de confiabilidad del instrumento mediante el coeficiente Alfa de Cronbach (AC). Dicho coeficiente constituye un coeficiente de fiabilidad o consistencia interna que toma valores entre 0 y 1, y ayuda a comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y por tanto nos llevaría a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes.

El AC es un coeficiente de correlación al cuadrado que mide la homogeneidad de las preguntas promediando las correlaciones entre todos los ítems. Cuanto más se acerca el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad, considerando una fiabilidad respetable a partir de 0.80 [14] aunque algunos autores aceptan valores >0.70.

La Fiabilidad se refiere al grado en el que la aplicación repetida del instrumento al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados. Así, el AC puede establecerse como una función del número de ítems y el promedio de las correlaciones entre los ítems:

$$\rho = \frac{N * \bar{r}}{1 + (N - 1) * \bar{r}} \quad \text{Ec. (5)}$$

Dónde: N = Número de ítems (o variables latentes),
 $\bar{r}$ = es la correlación media entre los ítems.

RESULTADOS

Entonces para el sub-constructo Conocimiento Financiero, se establece como primera combinación, que:

HO1: No hay una correlación significativa entre el conocimiento sobre inversiones, con el uso y acceso a los servicios y productos financieros en materia de inversiones.

HA1: Si hay una correlación significativa entre el conocimiento sobre inversiones, con el uso y acceso a los servicios y productos financieros en materia de inversiones.

En su forma estadística, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$HO1: \rho_{X1; Y1, Y2} = 0 \text{ y } HA1: \rho_{X1; Y1, Y2} \neq 0 \quad \text{Ec. (6)}$$

Del software Statistica, al invocar de la biblioteca de programas el análisis de correlación canónica, se obtuvieron para el primer sub-constructo denominado "Conocimiento, Uso y Facilidad en materia de inversiones".

Tabla 1. Descripción del coeficiente de correlación R (sub-constructo "Conocimiento Financiero").

Resumen Análisis Canónico		
Canonical R: .86820 Chi²(50)=80.508 p=0.00405		
No. de Variables	5	10
Indicadores de las variables	Conjunto Izquierdo	Conjunto derecho
Varianza extraída	100.000%	73.1070%
Redundancia Total	51.0800%	29.9366%

Fuente: Elaboración propia.

Tomando en orden los resultados que arroja el programa de Statistica tenemos que, el resumen del análisis canónico arroja:

$$R = .86820 \quad X^2(50) = 80.508 \quad p = .000405$$

Si HO1 establece que no hay correlación. Entonces tenemos evidencia para rechazar Ho, ya que el cálculo sugiere una alta correlación entre las variables estudiadas.

En general encontramos que entre las combinaciones lineales de X1 y las combinaciones lineales de Y1 y Y2, existe una correlación de 0.86820, el valor de X2=80.508 con 50 grados de libertad y el p-valor .00405 dan evidencia que permite confirmar esta asociación. Además, con alta significancia estadística (0.00405) para el rechazo de la Ho de este primer sub-constructo "1". De ahí que, podemos decir que existe correlación entre las variables que resultan de las combinaciones lineales que proporcionan la máxima explicación de la variabilidad presente con las variables originales independientes y dependientes.

Puesto que el número de variables involucradas en el conjunto de menor dimensión son 5, entonces el número de variables canónicas son 5. La varianza extraída por las combinaciones lineales del conjunto X1: INVCON1 al INVCON5 obtiene un 100% y una redundancia del 51.0800% en tanto que en el conjunto Y1 y Y2 las combinaciones lineales INVUSO1 al INVUSO5 y INVFA1 al INVFA5 lograron extraer el 73.1070% de la varianza y un 29.9366% de redundancia. En relación con la redundancia, esta se puede entender como el porcentaje que tiene un conjunto respecto al otro y viceversa. Esto es, el conjunto X1 tiene una redundancia del 51.08% del conjunto Y, el conjunto Y1 Y2, tiene una redundancia del 29.9666% del conjunto X1.

Ahora bien, las correlaciones lineales se observó que casi el 100% de las correlaciones son positivas, lo que hace suponer que son conceptos que por su propia naturaleza se asocian, esto es, el conjunto X1 que se refiere a los 5 indicadores de las variables X1 Conocimiento en materia de inversiones (5 factores), Y1 Uso y aplicación (5 factores) y Y2 Facilidad para acceder a los productos y servicios financieros en materia de inversión (5 factores) dentro del sub-constructo Conocimiento, Uso y Facilidad. De ello, podemos observar correlaciones mayores en los siguientes factores: INVCON3 (En las instituciones financieras se realizan inversiones en valores bursátiles), versus INVUSO1 (Ha realizado y/o utilizado alguna vez algún tipo de servicios financieros en materia de inversiones que ofrecen las instituciones financieras) se obtiene un coeficiente de correlación lineal de 0.513325.

El indicador INVCON1 (Considera usted que conoce los productos y servicios financieros que en materia de inversiones ofrecen las Instituciones Financieras) versus INVUSO4 (Usted directamente o en su hogar algún familiar, han realizado alguna inversión en algún fondo de inversión de los que ofrecen las instituciones financieras) se obtiene un coeficiente de correlación lineal de 0.555651. Por su parte la correlación lineal entre INVCON2 (En las instituciones Financieras se realizan

Inversiones con pagarés a plazo fijo) versus INVUSO4 (Usted directamente o en su hogar algún familiar, han realizado alguna inversión en algún fondo de inversión de los que ofrecen las instituciones financieras) se obtiene un coeficiente de correlación lineal de 0.535073. En este primer planteamiento podemos observar que las variables que más se correlacionan con las otras es INVCON1, INVCON2, INVCON3 con INVUSO e INVUSO4 lo que supone que el conocimiento del empresario en materia de tópicos financieros, en específico de inversiones le ayuda según su opinión, a usar los servicios financieros en materia de inversiones.

En una siguiente prueba es calcular los pesos canónicos, mismos que permiten construir las combinaciones lineales que dan origen a las variables canónicas. Así, para la variable canónica U1 con un eigenvalor de 0.7537665, con un peso canónico de 0.995702 para $U1 = 0.09459 \text{ INVCON1} + 0.80413 \text{ INVCON2} + 0.48050 \text{ INVCON5}$ y con un peso de 0.80616 para $V1 = 0.18558 \text{ INVUSO1} + \dots - 0.45668 \text{ INVCON5}$. Estas dos combinaciones lineales, son las dos variables canónicas (U1 y V1) involucradas en la primera prueba de hipótesis. Para la raíz 1 del conjunto consecuente V1 tenemos que INVUSO4 (1.65049) e INVCON2 (1.50276) son las dos variables que mayor contribución positiva hacen para la variable canónica V1, sin embargo, INVCON3 (-0.94436) contribuye negativamente a esta misma variable canónica. Para la raíz 1 del conjunto antecedente U1 encontramos una mayor contribución positiva a la variable canónica U1 en INVCON2 (0.80413) no así en INVCON3 (-0.29837) que contribuyen de manera negativa a dicha variable.

Esta mezcla de efectos positivos y negativos genera una explicación del 42.5085% al fenómeno que se estudia y así sucesivamente hasta la quinta raíz, las cuales explican el total de la varianza asimilable.

Con base en los resultados obtenidos en donde se pudo observar una aceptable explicación de las varianzas del constructo 1 con los eigenvalores del conjunto 1 al 3 (42.5085+32.4919+18.3715), en un 93.3719% y con los coeficientes de correlación canónica ($R = 0.86820$ y $R^2 = 0.7537665$), un valor de $X^2(50) = 80.508$ con $p = .000405$ y lambda prime de 0.062279, 0.252927 y 0.596738 en los primeros tres conjuntos, que se tiene evidencia significativa para rechazar la hipótesis H_01 .

CONCLUSIONES

Con respecto a las pregunta: ¿Cómo percibe el empresario PYME el conocimiento financiero que se genera en las IES y si esto le permite conocer, usar y acceder a los servicios y productos financieros? y que además se fijó como objetivo evaluar, a partir de la percepción del empresario PYME, el conocimiento que tiene sobre los tópicos financieros que han sido generados al interior de las IES, y si este conocimiento le ha favorecido para acceder y hacer uso de ellos; lo que se encuadra

da en los argumentos teóricos expuestos por Lusardi, Heineman y Mandell [15], [16], [17].

Es por ello por lo que el microempresario PYME considera tener el conocimiento en materia de inversiones, y que ello le ha favorecido para usar y tener acceso a los mismos, según la percepción de los empresarios encuestados.

No parece factible establecer una implicación absoluta, en virtud de que las cargas canónicas o coeficientes en las combinaciones lineales resultantes presentan valores positivos y negativos. Sin embargo, y partiendo de los resultados obtenidos en la aplicación de la técnica multivariante Análisis Correlacional Canónico, nos lleva a pensar lo complejo de las relaciones entre las variables implicadas en la construcción de las variables canónicas, a partir de las variables originales X y Y.

De acuerdo con lo antes mencionado y el análisis estadístico el beneficio del conocimiento financiero es una de las habilidades fundamentales del empresario pyme que apoya a la toma de decisiones, ya que permite a cada persona añadir un valor adicional al preguntarse qué desea hacer con su dinero. ¿Quiero ahorrar? ¿Quiero invertir? ¿En qué debo gastar mi dinero? Estas interrogantes son clave, ya que, al elegir una opción, la persona puede lograr lo que desea: tener libertad y orden en sus finanzas o seguir en una rutina de consumo excesivo, endeudamiento y dependencia del salario.

Otra habilidad es el ordenamiento de las finanzas, que implica conocer cuánto dinero se tiene, qué pagos se deben realizar y cuánto se puede gastar. Para facilitar esta tarea, es recomendable priorizar el pago de los gastos mensuales fijos y ahorrar una parte del excedente de los ingresos después de cubrir los gastos.

Futuras líneas de investigación aplicación de la misma metodología de investigación en otros municipios del estado de Veracruz, otros estados de la Republica Mexicano o incluso en otros países emergentes.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. P. L. P. y. F. C. García, «Educación financiera en México y repercusiones en las MiPyMES tras la pandemia de COVID-19 Síntesis,» 02 07 2021. [En línea]. Available: <https://contaduriapublica.org.mx/wp-content/uploads/2021/07/2-Educaci%C3%B3n-financiera-en-M%C3%A9xico-y-repercusiones-en-las-MiPyMES-tras-la-pandemia-de-COVID-19.pdf>. [Último acceso: 15 05 2023].

[2] M. L. J. R. G. L. C. y. T. J. Ortiz, «a teoría del triángulo del fraude en el sector empresarial mexicano. Retos de la Dirección,» 2018, pp. 238-255.

[3] L. y. M. M. Vallejo, «Profile Financial Well-Being: Contribution Towards Improving an Intelligent Com-

munity,» *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 2016, pp. 82-95.

[4] I. Morales-Nájara, «Las PYMES en México, entre la creación fallida y la destrucción creadora,» *Economía Informa*, Vols. %1 de %2Ene-Feb, nº 366, pp. 39-48, 2011.

[5] X. I. Peraza-Domínguez, J. L. Dzib-Vargas, G. I. Mexicano-Mora, L. F. Méndez-Correa y G. I. Delgado-Cih, «Análisis de la evolución de las PYMES en México,» *V Congreso Virtual Internacional Desarrollo Económico, Social y Empresarial en Iberoamérica*, pp. 559-578, 2020.

[6] J. E. Luna-Correa, *Influencia del capital humano para la competitividad de las pymes en el sector manufacturero de Celaya, Guanajuato* [Tesis Doctoral], Celaya: Universidad de Celaya, 2012.

[7] M. Bruhn, M. Hommes, M. Khanna, S. Singh, A. Sorokina, J. S. Wimpey y Y. Zhou, *MSME Finance Gap: Assessment of the Shortfalls and Opportunities in Financing*, Washington: International Finance Corporation, 2017.

[8] P. Rao, S. Kumar, M. Chavan y W. M. Lim, «A Systematic Literature Review on SME Financing: Trends and Future Directions,» *Journal of Small Business Management*, pp. 1-31, 2021.

[9] X. e. al., «ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS PYMES EN MÉXICO,» *Eumed.net*, [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/actas/20/desarrollo-empresarial/39-analisis-de-la-evolucion-de-las-pymes-en-mexico.pdf>. [Último acceso: 16 05 2023].

[10] D. M. Rave-Salinas y C. M. Jiménez-Marín, *Plan de mercadeo para productos de inclusión financiera en Bancolombia en la ciudad de Medellín* [Tesis de Especialidad], Medellín: Universidad de La Sabana, 2014.

[11] A. Lusardi y O. S. Mitchell, «The Economic Importance of Financial Literacy: Theory and Evidence,» *Journal of Economic Literature*, vol. 52, nº 1, pp. 5-44, 2014.

[12] E. Moreno-García, A. García-Santillán y J. P. Muguía-Tiburcio, «Some Aspects about Financial Knowledge of Undergraduate Students,» *International Journal of Management and Sustainability*, vol. 2, nº 4, pp. 40-62, 2013.

[13] C. Pérez-López, *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS*, Madrid: Pearson Educación, 2004.

[14] M. Quero-Virla, «Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach,» *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, vol. 12, nº 2, pp. 248-252, 2010.

[15] A. Lusardi y O. Mitchell, «Financial Literacy and Retirement Preparedness: Evidence and Implications for Financial Education,» *Business Economics*, vol. 42, pp. 35-44, 2007.

[16] U. Hiemann, J. Navarrete-Luna, M. O'Keefe, B. Vaca-Domínguez y G. Zapata-Álvarez, «Mapa estratégico de inclusión financiera: Una herramienta de trabajo,» *Bienestar y Política Social*, vol. 5, nº 1, pp. 119-121, 2009.

[17] L. Mandell y L. Schmid-Klein, «The Impact of Financial Literacy Education on Subsequent Financial Behavior,» *Journal of Financial Counseling and Planning*, vol. 20, nº 1, pp. 15-24, 2009.



Tierra, *Medio Ambiente* y Energía

Ingeniantes

Estudio de calidad y eficiencia energética

RESUMEN: En el presente artículo se realizó un análisis de los parámetros eléctricos para determinar la calidad de la energía en un edificio de protección civil, que cuenta con equipos de bombeo y compresión principalmente.

Se tomaron mediciones durante dos semanas en intervalos de 1 minuto. Los parámetros medidos fueron tensiones, corrientes, desbalances, armónicos, frecuencias, factor de potencia y energías, principalmente.

De los resultados obtenidos se destacó que ocurrieron 42 eventos relacionados con variaciones en la tensión y corriente que superaron el límite establecido por el IEEE -1100-2005.

No se detectaron problemas de distorsión armónicas en tensión y en corriente conforme al estándar IEEE -519-1992.

Para el periodo de análisis, el valor del factor de potencia promedio total fue de 0.93, el cual incluye los eventos de picos y huecos de tensión.

Con lo anterior se determinó que aunque no hay problemas destacables en la calidad de la energía, se recomienda monitorear los parámetros eléctricos anualmente o cuando se requiera instalar equipos nuevos de cargas no lineales, para verificar que se encuentran dentro de los rangos estipulados por las normas y evitar posibles daños del sistema eléctrico del edificio y de los equipos.

PALABRAS CLAVE: Calidad de la energía, central de emergencias, código de red, auditoría energética, factor de potencia.



Colaboración

Mariel Morales Martínez; Armando Campos Domínguez; Adrián Vidal Santo; Francisco Ortiz Martínez; Josué Domínguez Márquez, Universidad Veracruzana

Fecha de recepción: 24 de marzo del 2023

Fecha de aceptación: 12 de mayo del 2023

ABSTRACT:

In this article, an analysis of the electrical parameters was carried out to determine the power quality in a civil protection building, which mainly has pumping and compression equipment.

Measurements were taken for two weeks at one-minute intervals. The measured parameters were voltages, currents, imbalances, harmonics, frequencies, power factor and energies mainly.

From the results obtained, were appreciated 42 events related with voltage variations and current that exceeded the limit established by the IEEE -1100-2005 standard.

No harmonic distortion problems were detected in voltage and in current according to the IEEE -519-1992 standard.

For the analysis period, the value of the total average Power Factor was 0.93, which includes the events of voltage sags and swells.

With this, it was determined that although there are no notable problems in the power quality, it is recommended to monitor the electrical parameters annually or when it is required to install new non-linear charging equipment, to verify that they are within the ranges stipulated by the standards and avoid possible damage to the building's electrical system and equipment.

KEYWORDS: Power quality, emergency center, Código de red, energy consumption analysis, power factor.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se describe el estudio de calidad de energía realizado en las subestaciones eléctricas de edificios ubicados en la Administración Portuaria Integral del Pacífico, México.

Uno de los objetivos de la calidad de energía eléctrica es que ésta es un medio para que en la parte técnica, el inmueble espere obtener del proveedor de servicios eléctricos, un suministro con tensiones equilibradas, sinusoidales y de amplitudes y frecuencias nominales constantes [1].

El evaluar la calidad de la energía es importante porque los equipos o cargas, tanto eléctricos como electrónicos, se ven afectados si esta calidad no es adecuada. Algunas de los aspectos a considerar son: (1) coordinar a las partes involucradas, (2) adquirir y utilizar de manera segura el equipo de prueba necesario, (3) implementar técnicas de diagnóstico adecuadas al problema percibido, (4) interpretación adecuada de los resultados y (5) proporcionar recomendaciones rentables para eliminar o mitigar la causa de las perturbaciones si existieran [2].

El objetivo de este estudio fue examinar la calidad con que se está recibiendo la energía eléctrica en la subestación de la central de emergencias y en sus cargas, para analizar la información recabada del equipo de medición eléctrica y realizar comparaciones de los parámetros como son tensiones, corrientes, desbalanceos, frecuencias, armónicos, factor de potencia y energías con respecto a las normas para proponer posibles soluciones a las problemáticas que puedan detectarse.

Para cada uno de estos parámetros existen tanto normas nacionales (NOM, NMX) como internacionales (IEEE, IEC, ANSI).

Para destacar la importancia del estudio de la calidad de la energía, se han realizado múltiples análisis a diferentes edificios en países del mundo.

Uno de estos estudios fue realizado en Ecuador, donde se hizo una evaluación de la calidad de energía eléctrica en el edificio matriz del municipio de Ambato. En este caso, el sistema eléctrico que tiende a verse más afectado es el de baja tensión acoplado al secundario del transformador de 250 kVA, el cual alimenta a todos los departamentos del edificio. Mediante investigación de campo se recolectó una base de datos sobre el incremento de carga instalada en sistemas de iluminación, sistemas especiales, sistemas de fuerza, entre otros. En el reporte técnico los autores [3], muestran el consumo mensual de energía correspondiente a los años 2019-2022, los parámetros eléctricos de potencia, tensión, factor de potencia, porcentaje de armónicos totales e individuales tanto para tensión y corriente para la evaluación de calidad de energía eléctrica.

Otro estudio de calidad de energía se realizó en el país de Guatemala en el edificio del Ministerio de Relaciones Exteriores, con el objetivo de conocer el estado actual de las instalaciones eléctricas, y en su caso proponer mejoras que promuevan una disminución en el consumo de energía, para reducir los efectos ambientales que producen la generación de electricidad y promover el uso de fuentes de energía renovables como los paneles fotovoltaicos [4].

De igual manera, en México, se realizó un análisis en donde se buscó valorar las magnitudes paramétricas de calidad de la energía eléctrica referenciadas a las normas CFE-L000045 e IEEE-519, del sistema de energía eléctrica del edificio 2 de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN para determinar su estado de operación en régimen permanente [5].

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de la red eléctrica monitoreada

La energía eléctrica que recibe la subestación del edificio es suministrada en media tensión a 13200 V que alimenta a un transformador de pedestal de 150 kVA en conexión delta/estrella, para suministrar una tensión en el secundario de 220-127 V.

Las principales cargas que están conectadas a la red eléctrica del edificio son:

- Aires acondicionados y manejadoras de aire
- Copiadoras
- Alumbrados y contactos
- Sistemas de cómputo, comunicación y redes
- Sistemas de compresión y bombeo

La medición de los parámetros se realizó con el equipo analizador de calidad eléctrica trifásico Fluke Modelo 438-II con certificado de calibración vigente, con el fin de obtener datos para analizar el sistema de distribución de energía eléctrica.

El analizador de redes se instaló por un periodo de tiempo de dos semanas realizando el monitoreo en intervalos de 1 minuto.

En la Tabla 1 se muestran las características del transformador.

Tabla 1. Características del transformador eléctrico de 150 kVA

Características del transformador de central de emergencias.	
Marca	T J
Tipo	Pedestal, en aceite
Capacidad	150 kVA
Tensión del primario	13,200 V
Tensión del secundario	220Δ-127Y V
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Tensión línea a línea (fase a fase).

Los valores promedios medidos de tensión de línea a línea en el lado del secundario del transformador para la fecha del 10/12/2022 (13:59) al 27/12/2022 (18:05) fueron los siguientes:

L1-L2: 231.349 V

L2-L3: 231.890 V

L3-L1: 231.680 V

El valor mínimo medido fue de 145.15 V y se presentó el día 26/12/2022 a las 15:08:19 am en la línea 1, que se prolongó por 294 mili segundos. Este evento se considera un sag, porque supera los 8 ms y el valor del -10% del valor rms de la tensión nominal ($220 \times 0.9 = 198$ V).

El valor máximo medido fue de 235.45 V y se presentó el día 15/12/2022 a las 10:48:16 en la línea L2.

En el estándar IEEE -1100-2005 [6], se indica que la variación de la tensión no debe ser mayor del 5% (para cargas críticas) del valor de tensión nominal de 220 V ($209 \text{ V} \leq 220 \text{ V} \leq 231 \text{ V}$). El valor máximo medido y reportado de tensión (235.45 V), sobrepasa el valor estipulado por la IEEE (231 V), por lo que se considera como un evento de pico de tensión sólo para cargas críticas, ya que para equipos no críticos se aplica como límite superior el 110% del valor rms a 60Hz, es decir, 242 V (220×1.1 V), de manera que los 235 V máximos medidos y reportados está dentro del rango de tensión aceptable para operar cargas no críticas sin que estas se vean afectadas en su desempeño y vida útil. En la Figura 1 se muestra la gráfica de tensión de línea a línea generada durante el periodo de medición.

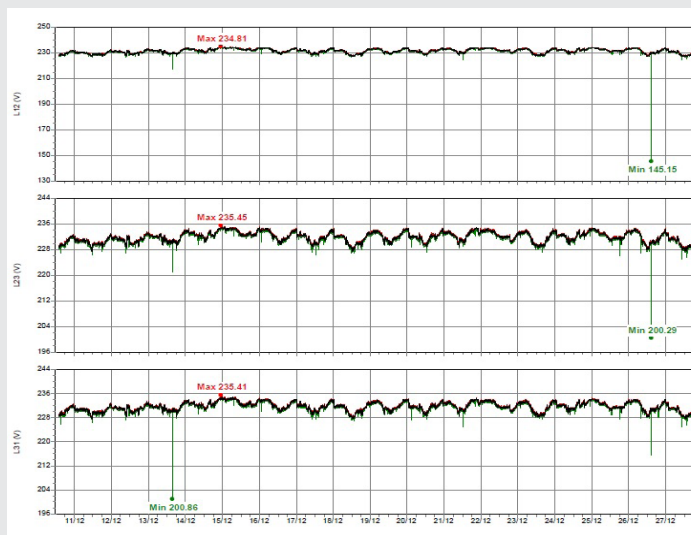


Figura 1. Tensiones línea - línea.

Fuente: Elaboración propia.

Tensión línea a neutro (fase a neutro)

Los valores promedios, medidos, de tensión de línea a neutro, en el lado del secundario del transforma-

dor de la subestación de la Central de Emergencias, 10/12/2022 (13:59) al 27/12/2022 (18:05) fueron los siguientes:

L1N: 133.596 V

L2N: 133.723 V

L3N: 133.892 V

El valor mínimo medido fue de 91.88 V y se presentó 26/12/2022 a las 15:08:19 am en la línea L2, que se prolongó por 294 mili segundos. Este evento se considera un sag, porque supera los 8 ms y el valor del -10% del valor rms de la tensión nominal ($127 \times 0.9 = 114.3$ V). Sin embargo, fue notable que durante el periodo de medición no hubo réplicas de esta caída de tensión en esta línea, como en otros edificios del API monitoreados anteriormente.

El valor máximo medido fue de 136.01 V y se presentó el día 14/12/2022 a las 23:11:54 am en la línea L3 por un tiempo de 1000 ms, dato que supera el valor y el tiempo máximo estipulado por la IEEE de 133.3 V y de 8 ms, respectivamente.

Los datos de baja tensión más críticos fueron medidos en las líneas 2 y 3, con valores de 91.88 V (26/12/2022 a las 15:08:19) y 92.105 V (13/12/2022 a las 15:48:39) y se mantuvieron por 294 y 145 ms, respectivamente, como se aprecia en la Figura 2. Estos valores se encuentran fuera del rango recomendado por el estándar IEEE -1100 - 2005, cuya variación no debe ser mayor del 5% (para cargas críticas) del valor de tensión nominal de 127 V ($120.6 \leq 127 \leq 133.3$ V).

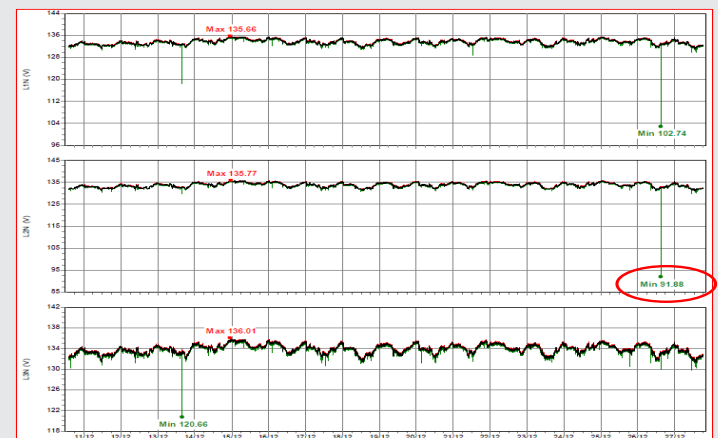


Figura 2. Tensión línea-neutro.

Fuente: Elaboración propia.

Corrientes

Para el mismo periodo analizado, los valores de las corrientes que circulan por las fases L1, L2 y L3 tienen un comportamiento similar, que van desde valores mínimos de 4.1 A, 6.7 A y 5.8 A, respectivamente; valores medios de 20.88 A, 26.78 A y 24.51, y valores máximos

de 243.8 A, 247.7 A y 267.7 A, para las fases L1, L2 y L3, respectivamente, como se muestra en la Figura 3. Se aprecia que en la línea 3 se consume más corriente y que la línea 1 tiene un consumo menor en los valores máximos de corriente, por lo que se recomienda tratar de balancear estas líneas.

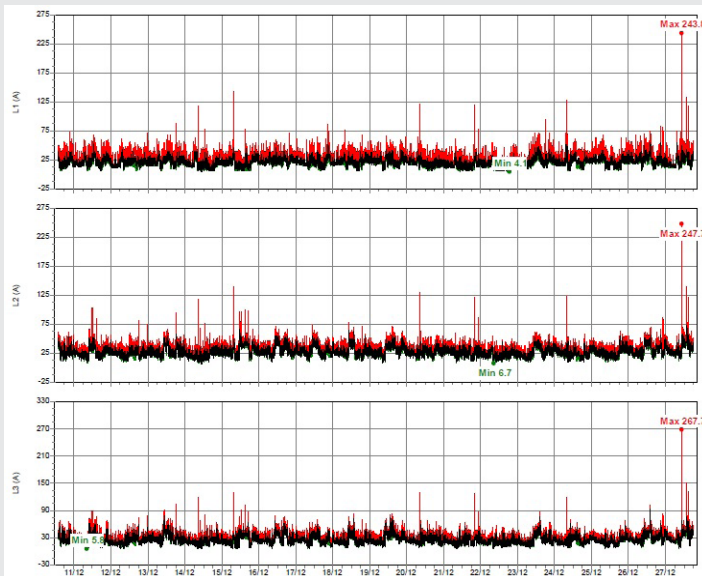


Figura 3. Corrientes.

Fuente: Elaboración propia.

Las corrientes máximas del día 27 de diciembre, representan un evento crítico ocurrido a las 10:42:54 y finalizó a las 10:43:54, es decir, tuvo un tiempo de duración de 1000 ms y que representan un evento de pico de corriente superior a 10 veces el consumo promedio de la corriente.

Corriente en el hilo de neutro

Se tuvo una circulación de corriente por el hilo de neutro cuyo valor promedio fue de 8.51 A, sin embargo, también se observaron valores máximos de hasta 56.3 A. Estos valores de corriente que circulan por el neutro anticipan problemas de desbalanceo que se vuelven críticos.

Desbalanceo por tensión entre líneas

Cuando las tensiones de línea aplicadas a un motor de inducción multifásico no son iguales, se producirán corrientes desequilibradas en los devanados del estator. Un pequeño porcentaje de desequilibrio de tensión dará como resultado un porcentaje mucho mayor de desequilibrio de corriente. En consecuencia, el aumento de la temperatura del motor que funciona con una determinada carga y el porcentaje de desequilibrio de tensión es mayor que el motor que funciona en las mismas condiciones con tensiones equilibradas.

Para el periodo de medición, en la Figura 4 se muestra un desbalanceo por tensión máximo de 23.86%, y el promedio y el mínimo cercanos a cero. También se

puede apreciar que hubo otro evento que superan el 3% de desbalance (en círculo azul), y se deben a las diferentes fallas en el suministro eléctrico que se presentaron durante el periodo de medición, como se reportó en párrafos anteriores hubo caídas drásticas de tensión lo que coincide con el desbalance en la misma fecha y hora, y que indica una mala calidad de energía en esos instantes.

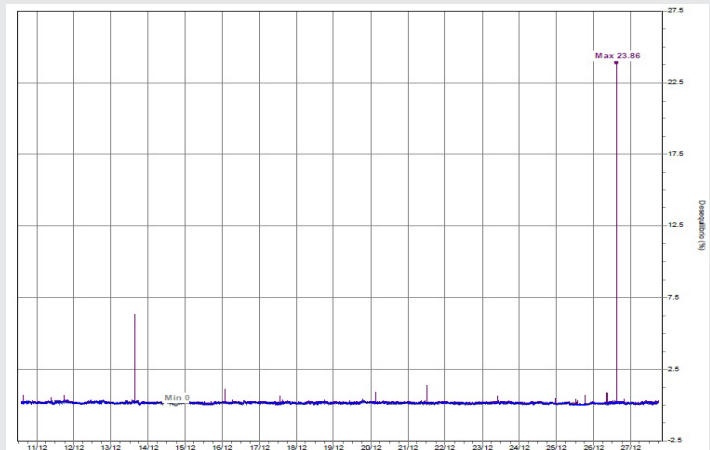


Figura 4. Desbalanceo por tensión entre líneas.

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, el valor máximo registrado fue derivado de un evento de hueco de tensión o sag que se presentó el día 26 de diciembre a las 15:08:20 y que a su vez provocó una disminución en la tensión de neutro a tierra (91.88 V), también se manifiesta una circulación de corriente en el hilo de neutro a tierra 56.3 A es día 18 de diciembre y un valor de 53.9 A el día 27 de diciembre. Descartando este evento, el valor promedio de desbalanceo es menor del 3% (ANSI C84.1-1995) y por lo tanto, se considera adecuado para el sistema eléctrico trifásico con hilo de neutro medido y analizado.

Desbalanceo por corriente entre líneas

El valor máximo de desbalanceo por corriente fue de 93.31% el 15 de diciembre. Sin embargo, el valor más representativo es la media estadística, cuyo valor fue de 21.61%, y el cual no supera el máximo aceptable establecido por Casaravilla y Echinope de 40% [7].

Armónicos

THD_V

El valor de THD_V máximo fue de 1.12% en la línea L1 con respecto al valor de la fundamental; por lo tanto, este valor se encuentra dentro del rango recomendado por el estándar IEEE -519-1992 [8], en el que se menciona que para tensiones inferiores a 69 kV, el valor del %THD_V, no debe ser mayor del 5%.

THD_I

En la Figura 5 se muestra el histograma del espectro de armónicas por corriente. El valor máximo de THD_I

se presentó en la línea L2 con un valor de 68.25% con respecto al valor de la fundamental, y el valor promedio en las tres líneas supera el 10%, por lo que este valor sobrepasa el rango recomendado por el estándar IEEE -519-1992, que indica que, para tensiones inferiores a 69 kV, el valor del %THD_I, no debe ser mayor del 10%.

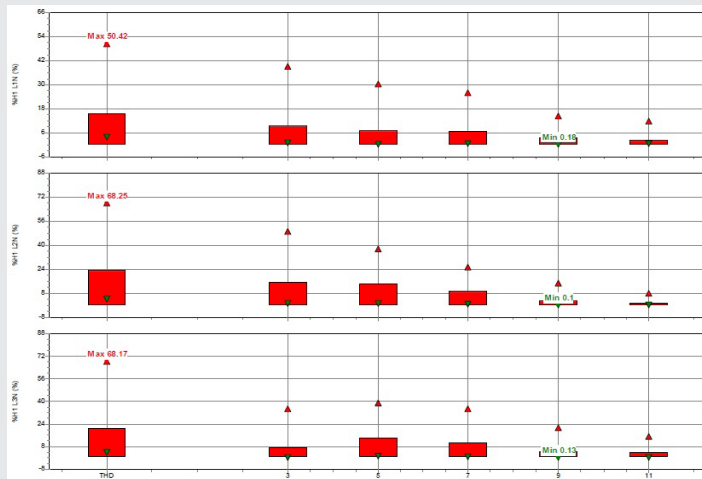


Figura 5. Histograma del espectro de armónicas por corriente.
Fuente: Elaboración propia.

El valor promedio (%) de la THD_I en la línea L2, fue superior al 10%, siendo este un valor de 23.64%.

Frecuencia

La frecuencia de operación del sistema eléctrico en México, tanto para generadores como para consumidores debe ser de 60 Hz. Para el periodo de análisis el valor promedio de la frecuencia fue de 60 Hz, reportándose un mínimo de 59.752 Hz a las 18:14:54 del 18/12/2022 y un valor máximo de 60.097 Hz a las 07:56:54 del 21/12/2022, sin embargo, se consideran eventos aislados que no afectan el buen funcionamiento de los equipos eléctricos conectados a esta red eléctrica.

Flicker (parpadeo)

Los flickers o parpadeos se manifiestan en los dispositivos de iluminación y se generan por fluctuaciones bruscas de la tensión en la red eléctrica. El estándar IEEE 1453-2015 [9] especifica que para baja tensión (para mediciones en el secundario del transformador) el límite aceptable para el flicker de corta duración (Pst) es de 1.0 y para el de larga duración (Plt) es de 0.7, ambos adimensionales evaluados en periodos de 10 minutos y 2 horas, respectivamente.

Aunque se observaron valores máximos en las mediciones de Pst y Plt que superan los valores establecidos como aceptables por la norma del IEEE, el promedio de estos valores durante el periodo de la medición e incluyendo los eventos de picos y huecos de tensión no fue superior al 0.089 y 0.1042 para el Pst y Plt, respectivamente.

Factor de potencia

De acuerdo a lo mencionado en el código de red, el consumidor en mediana y alta tensión >1 kV y >35 kV (medidos en el punto común de conexión entre la compañía suministradora de la energía y el usuario), respectivamente; se obliga a mantener un FP igual o mayor a 0.95 en atraso con medición cinco-minutal [10], es decir, el centro de carga (cliente) deberá cumplir con este requerimiento al menos el 95% del tiempo durante un periodo mensual, durante 10 años a partir del 09 de abril del 2019, ya que posterior al 09 de abril del 2029 el FP mínimo obligatorio será de 0.97.

Para el periodo de análisis, el valor del FP promedio total fue de 0.93, el cual incluye los eventos de picos y huecos de tensión, por lo que con este análisis y estudio no se cumple con los lineamientos del código de red.

En la Figura 6 se aprecian los datos estadísticos y el histograma de frecuencia del FP total. Se aprecia que en su mayoría fue de 0.95 o superior a este valor, lo que representaría una bonificación por alto FP, en vez de multas por bajo FP.

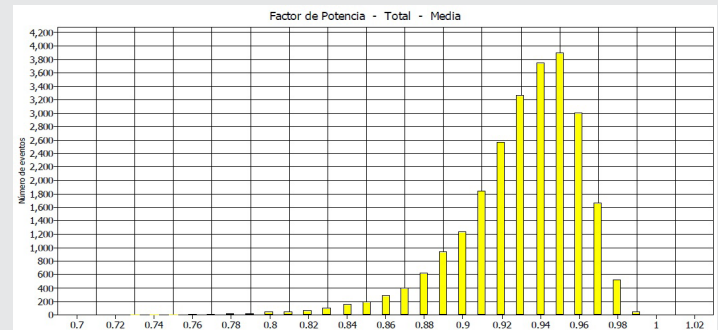


Figura 6. Histograma de frecuencia del factor de potencia.
Fuente: Elaboración propia

Los casos donde hubo mediciones del factor de potencia alrededor de 0.65 son consecuencia del uso de equipos de inducción como motores de los equipos de bombeo. Esto comprueba de nuevo la necesidad del diseño de bancos de capacitores coordinados con los filtros de armónicas, para compensar el bajo valor y cumplir con el código de red.

Energías (kWh, kVAh y kVARh)

En la gráfica de la Figura 7 se muestra el acumulado de la energía total consumida durante el periodo de medición (MWh, MVAh y MVARh).

Se puede apreciar que la línea de la energía activa (W en color rojo) y la energía aparente (VA en color verde) se encuentran cerca una de la otra observándose un perfil paralelo, lo cual valida la relativa poca generación de energía reactiva (VAR en color azul) y por lo tanto, el valor del FP promedio de 0.93 que se alcanzó durante el periodo de medición, como ya se reportó anteriormente.



Figura 7. Energías (kWh, kVAh y kVARh).

Fuente: Elaboración propia.

Eventos

En total ocurrieron 42 eventos rms que tuvieron que ver con variaciones en la tensión, principalmente, como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. Eventos.

Evento	Valor	Fecha	Hora	Línea
Picos de tensión (V)	235.45	15/12/2022	10:48:16	L2
	136.01	14/12/2022	23:11:54	L3N
Huecos de tensión (V)	145.15	26/12/2022	15:08:19	L1
	91.88	26/12/2022	15:08:19	L2N
Picos de corriente (A)	243.8	27/12/2022	10:42:54	L1
	247.7		a	L2
	267.7		10:43:54	L3
Flicker Pst	3.585	13/12/2022	N/A	L1N
	4.738	26/12/2022	N/A	L2N
Flicker Plt	1.566	13/12/2022	N/A	L3N
	2.069	26/12/2022	N/A	L2N

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

En la tabla 3 se aprecian los resultados de las mediciones de los parámetros obtenidas respecto a lo establecido por los estándares.

Tabla 3. Comparación de resultados y valores de referencia.

Parámetro	Valor medido	Estándar	Valor de referencia
Tensión línea a línea	Mínimo: 145.15 V Máximo: 235.45 V	IEEE -1100-2005	209 V ≤ 220 V ≤ 231 V
Tensión línea a neutro	Mínimo: 136.01 V Máximo: 91.88 V	IEEE -1100-2005	120.6 ≤ 127 ≤ 133.3 V
Desbalance	23.86%	ANSI C84.1-1995	Menor a 3%
Desbalance por corriente entre líneas	93.31%	Casaravilla y Echinope	Menor a 40%
Armónicos THD_V	1.12%	IEEE -519-1992	Menor a 5%
Armónicos THD_I	68.25%	IEEE -519-1992	Menor a 10%
Flicker	Pst: 0.089	IEEE 1453-2015	Pst: 1.0
	Plt: 0.1042		Plt: 0.7
Factor de potencia	0.93	CRE	0.95

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se realizaron las mediciones de los principales parámetros eléctricos a la subestación de la central de emergencias y se analizaron, concluyendo que durante el periodo de la medición existieron eventos de huecos de tensión, con diferentes magnitudes y tiempos de duración. Respecto a picos de tensión, estos no ocurrieron.

Aunque se presentó un mínimo de tensión de 145.15 V y un máximo de 235.45 V no causan deterioro prematuro o daño a los equipos. Si existieran en intervalos de tiempo mayores a medio o más segundos, se recomienda la instalación de sistemas ininterrumpibles de energía (UPS por sus siglas en inglés) y supresores de tensión. Los problemas de baja tensión mencionados anteriormente están fuera del rango establecido por la IEEE para eventos múltiples de baja tensión que llegan a alcanzar valores de hasta 31.0%; para el caso de picos de tensión se tienen eventos que representan una sobre tensión del 2.0% provocando sobrecalentamiento en motores, falla en el arranque, entre otros, por lo que el mal funcionamiento de estos sería la consecuencia en caso de seguir presentándose este tipo de eventos de mala calidad de la energía.

Los picos de corriente son comunes cuando se energizan los equipos de mayor consumo de energía, como los sistemas de bombeo, aire acondicionado, entre otros motores; y dado que el edificio de la central de emergencia cuenta con tres turnos para atender las eventualidades de la ciudad y del puerto, no existe un patrón de consumo, pues éste varía de manera aleatoria.

Los problemas de armónicos en corriente se deben principalmente a la electrónica del control de los equipos y motores, pero para el caso de la central de emergencia, este problema fue causado por el evento de pico de corriente del día 27 de diciembre. Por tal motivo, se recomendó un monitoreo continuo para descartar el problema de armónicos y en caso de seguir presentándose se deberá diseñar un sistema de filtros para reducirlos, trabajo que se puede realizar con personal especializado en este tipo de problemas.

Para el caso de flickers de larga duración (Plt) se apreciaron mediciones que superan el valor límite 0.7, pero se consideran eventos relacionados con huecos de tensión ocurridos los días 13 y 26 de diciembre.

Para el periodo analizado se afirma, que no hay problemas de parpadeos por fluctuaciones súbitas de tensión.

Respecto al factor de potencia que fue inferior al 95% estipulado en el código de red, se recomienda, como se ha mencionado anteriormente, seguir con el monitoreo para validar este valor y de ser necesario instalar un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia a 0.95.

De los eventos comentados anteriormente, es evidente el registro de sag o huecos de tensión, cuyo valor de corta duración (superior a 8 milisegundos) es perjudicial si es inferior a partir del 10% del valor rms nominal de 127 V, (114.3 V), y en muchos de estos eventos el valor de los huecos de tensión es inferior al límite que estipula la IEEE 1159-2009. Así mismo, el tiempo de estos es superior a los 8 milisegundos (0.5 ciclos) por lo tanto, estos sag o huecos sí son perjudiciales para el sistema eléctrico analizado de la subestación de la central de emergencia.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por la Beca Nacional otorgada a la estudiante Mariel Morales Martínez de la maestría en Ingeniería Aplicada-PNPC de la Universidad Veracruzana.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Holguín y D. Gómez Coello, "Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana", 2010.

[2] K. M. Michaels, "Sensible approaches to diagnosing power quality problems", *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 33, núm. 4, pp. 1124–1130, 1997.

[3] Q. Palate y B. Fabián, "Evaluación de la calidad de energía eléctrica del edificio matriz del municipio de Ambato", Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), 2022.

[4] M. Hernández y J. Roberto, "Estudio de calidad de energía y eficiencia energética en el edificio del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Guatemala", Universidad de San Carlos de Guatemala, 2020.

[5] M. R. Alva Benítez y U. Muñoz Zúñiga, "Estudio de la calidad de la energía al sistema de alumbrado del edificio 2 de la ESIME Zacatenco", Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, 2017.

[6] "IEEE recommended practice for powering and grounding electronic equipment", IEEE, Piscataway, NJ, USA, may 2008.

[7] G. Casaravilla y V. Echinope, "Desbalances : estudio de alternativas para su estimación", 2005.

[8] "IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems", IEEE, Piscataway, NJ, USA, abr. 2008.

[9] "IEEE recommended practice for the analysis of fluctuating installations on power systems", IEEE, Piscataway, NJ, USA, oct. 2015.

[10] C. R. de Energía, "Guía sobre los requerimientos técnicos del Código de Red aplicables

a Centros de Carga", *gob.mx*. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cre/documentos/guia-sobre-los-requerimientos-tecnicos-del-codigo-de-red-aplicables-a-centros-de-carga>. [Consultado: 10-feb-2023].



Tierra, *Medio Ambiente* y Energía

Ingeniantes

Análisis comparativo de los diferentes tipos de baterías para vehículos eléctricos e híbridos



Colaboración

René Valdemar Rosales-Lasnibat; Josselyn de Jesús Galán-Bravo; Felipe de Jesús Pozos-Texon; Juan Antonio Pinilla-Rodríguez, Universidad Cristóbal Colón

Fecha de recepción: 31 de marzo del 2023

Fecha de aceptación: 12 de mayo del 2023

RESUMEN: El objetivo de la presente investigación es comparar el estado actual de los diferentes tipos de baterías recargables, aptos para su uso en vehículos automotores, bajo las perspectivas de energía y potencia entregadas, tiempo de carga y características físicas (peso y volumen). Se investigaron en fuentes primarias las características de las baterías empleadas en vehículos automotores de todo tipo. Esta información fue sintetizada y comparada de acuerdo a las características generales de cada tipo de batería. Los resultados se presentan organizados en una tabla comparativa, de acuerdo a su clasificación incluyendo en cada caso los datos de su energía entregada, tiempos de carga y características físicas. Resultado del análisis comparativo, se determinó para las baterías de Plomo-Ácido un uso restringido a vehículos de combustión interna, y a las baterías basadas en Níquel como candidatas a ser implementadas en vehículos híbridos y eléctricos. No obstante, son las baterías basadas en Litio las que demuestran un rendimiento superior en todos los aspectos evaluados para vehículos eléctricos e híbridos. Se concluyó que las baterías que actualmente lideran la industria por su eficacia son las de iones de Litio.

PALABRAS CLAVE: Baterías de litio, baterías de plomo-ácido, vehículos eléctricos, vehículos híbridos, batería de iones de sodio.

ABSTRACT: This study compares several types of rechargeable electrical batteries for automotive vehicles, on the basis of their current power input, charging time and physical characteristics (weight and volume). The batteries used for this study had their characteristics tested through primary sources, and in all kinds of automotive vehicles; this information was synthesized and compared, and the results were organized, in a comparative table, by category (power input, charging time and physical characteristics). This comparative analysis determined that lead-acid batteries are exclusively suited for their use in internal combustion vehicles, and nickel-based batteries are well suited for their use in electric and hybrid vehicles. However, lithium batteries show the best performance in all tested aspects for electric and hybrid vehicles. It was concluded that lithiumion batteries show the best efficiency characteristics in the industry.

KEYWORDS: Lithium batteries, lead-acid batteries, electric vehicles, hybrid vehicles, sodium-ion battery.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de almacenar energía ha dado cabida a una gama de actividades, hoy en día, características de la vida del ser humano. De entre éstas, destaca la facultad de rápido transporte, en el cual, los usos de las baterías han desempeñado un papel esencial en el desarrollo de los vehículos, permitiendo el encendido del motor de este, o bien, la posibilidad de alimentarlo continuamente, tal y como sucede con los vehículos eléctricos.

Partiendo del análisis del estado actual de las baterías recargables empleadas en vehículos automotores, y en búsqueda de optimizar la eficacia operacional de éstas, especialmente en vehículos híbridos (combustión-eléctrico) y eléctricos, la finalidad de este estudio de naturaleza descriptiva consiste en generar un comparativo que considere los aspectos de energía entregada, tiempos de carga y

características físicas (volumen y peso) de cada una de las baterías empleadas en este campo. De este modo, señalar las ventajas y desventajas de las baterías utilizadas en los tres diferentes tipos de vehículos a fin de contribuir en una compilación de los distintos tipos de baterías y su aplicación desde la perspectiva de eficiencia bajo los aspectos de potencia entregada, tiempo de carga y características físicas. Por tal motivo una de las problemáticas a las que hoy en día nos enfrentamos es identificar las características de los diferentes tipos de baterías recargables usadas en vehículos automotores. El objetivo de la presente investigación es comparar el estado actual de los diferentes tipos de baterías recargables, aptos para su uso en vehículos automotores, desde las perspectivas de energía y potencia entregadas, tiempo de carga y características físicas (peso y volumen). Así como considerar las diferentes tecnologías de batería recargable disponibles, para poder analizar sus diferencias desde las perspectivas definidas y así representar las diferencias de una manera concisa y fácil de entender.

Tipos de baterías empleadas en vehículos automotores
Los tipos de baterías mayormente empleadas en los vehículos automotores se dividen en tres tipos de acuerdo con su composición química.

Baterías de Plomo-Ácido: Este tipo de baterías secundarias son las más baratas del mercado y siguen constituyendo una gran parte de este. Son ampliamente usadas en pequeños vehículos de tracción y en la industria. Contienen electrodos hechos de plomo y óxido de plomo, así como un ácido fuerte como electrolito. Producen el voltaje de celda más alto de las baterías acuosas comerciales, resultando en una buena capacidad de potencia. Su construcción es simple y existe disponibilidad de técnicas para su reciclaje. A comparación de tecnologías más actuales, este tipo de batería posee apariencia más robusta y menor rendimiento en sus ciclos de carga, así como energía y potencia específicas. Entre sus modos de falla están la degradación de la placa positiva, corrosión de la rejilla positiva y la sulfatación irreversible del electrodo negativo. Esto puede ser mitigado con la implementación de mejoras en su resistencia corrosiva y mediante el control de la microestructura de la rejilla. Sin embargo, continúan significando una restricción a su implementación en vehículos híbridos [1,4,7].

Baterías basadas en Níquel: De entre este grupo existen dos principales tipos de baterías de tecnología basada en Níquel:

- **Baterías de Níquel-Cadmio:** Son las baterías secundarias más populares y pueden trabajar a bajas temperaturas. Emplean oxihidróxido de Níquel como cátodo, Cadmio metálico como ánodo y un electrolito alcalino como el hidróxido de potasio. Son económicas, requieren poco mantenimiento y poseen una larga vida de servicio. Su pequeño tamaño y alta capacidad de des-

carga la hacen fácilmente portable. Poseen una longevida capacidad de ciclos de carga y el doble de energía específica que una batería de Plomo-Ácido. Sin embargo, sus ventas han decaído un 6% por año entre 2002 y 2012, pues se han visto reemplazadas dado a que estas baterías se calientan excesivamente y el Cadmio es extremadamente tóxico. Actualmente, una nueva combinación de celdas de Níquel-Cadmio ha sido desarrollada para proporcionar un mejor rendimiento en su posible uso en carros eléctricos tras estudios probados en diversas condiciones ambientales [1,4,7].

- **Baterías de Níquel-Hidruro metálico:** Este tipo de batería está reemplazando la de Níquel-Cadmio, debido a que es más amigable con el medio ambiente, resultando en un incremento en sus ventas de 5% por año entre 2002 y 2012. Fueron en principio, específicamente diseñadas para aplicaciones espaciales, sin embargo, hoy en día son utilizadas en vehículos eléctricos e híbridos. Emplean electrodos hechos de hidruro de metal e hidróxido de Níquel, así como un electrolito alcalino. Poseen una alta densidad de energía y carga rápida, así como tamaño que las hace fácilmente portables. La exposición a altas temperaturas y su almacenamiento extendido bajo carga son factores que afectan su vida [1,4,7].

Baterías de Iones de Litio:

Estas baterías han estado en comercialización por 25 años. Tiene menor auto descarga que otro tipo de baterías y requiere sólo una carga regular y poco mantenimiento. Actualmente, este tipo de batería es la más adecuada para emplear en vehículos eléctricos porque poseen alta liberación de energía, además de que son más pequeñas que el resto de baterías, debido a que el Litio es un metal de naturaleza liviana. Sin embargo, también es susceptible a sobrecalentarse y hacer cortocircuito o explotar, por lo que en las celdas no se usa metal de Litio, sino componentes de este. De la misma forma, dado que es un elemento raro en la Tierra su manufactura es costosa (40% por encima de la producción de baterías basadas en Níquel), por lo que la implementación de su producción a gran escala es una respuesta para abaratarlas. Todas las baterías basadas en Litio comparten las características de poseer excelentes ciclos de vida, altas energía y potencia específicas, así como su distintiva ligereza que las hacen ideales para aplicaciones en las que el tamaño es un requerimiento importante [1,5,7,8,9].

Algunas variantes de baterías basadas en Litio se presentan a continuación:

- **Baterías de Litio-Polímero:** Casi idénticas a las baterías de iones de Litio, pero, a diferencia de éstas, poseen un electrolito polimérico que es inflamable y a la vez actúa como separador. Su fabricación es costosa y poseen una mayor razón de costo-energía que las de iones de Litio. Actualmente ya son empleadas en algunos vehículos eléctricos [4].

- **Baterías de Litio-Aire:** Están usualmente compuestas por Litio metálico como ánodo, un separador sólido y oxígeno en el cátodo para inducir un flujo de corriente, el cual, se disipa a través del electrólito. Esto permite tener una densidad de energía superior comparada con otras baterías. Resulta una opción atractiva para el transporte dado a su alta capacidad de almacenamiento de energía [3,10,11].

- **Baterías de Litio-Azufre:** Requieren de altas cantidades de carbón eléctrico conductivo, debido a que el azufre es un aislante eléctrico. Son apropiadas candidatas para vehículos híbridos e híbridos enchufables, así como vehículos eléctricos [10,12,13].

Otras Baterías: • **Baterías de Zinc-Aire:** Son construidas con un electrodo de zinc y un electrodo de aire, usa hidróxido de potasio como electrólito. La característica principal de esta batería es que el oxígeno del exterior puede ser usado como cátodo, y el ánodo puede ser reemplazado por cartuchos hechos de Zinc. Han sido probadas para su posible uso en vehículos eléctricos, son ligeras y con alta densidad de energía, aún se encuentran en desarrollo [4,6].

- **Baterías de iones de Potasio:** Se producen a bajo costo debido a la abundancia de Potasio en la Tierra, estructura estable y carga rápida. Sin embargo, presentan problemas como pobre disipación de calor, que puede ser mayormente resuelto con la implementación de nanopartículas y nanoestructuras [7].

- **Baterías de iones de Sodio:** Son de bajo costo debido a la abundancia de Sodio. Han sido consideradas como análogas a las baterías de iones de Litio. Son candidatas atractivas para aplicaciones a gran escala, a pesar de sus retos a resolver como su capacidad específica y número de ciclos [3,14].

- **Baterías de Magnesio:** Resultan atractivas para su implementación en almacenamiento de energía a gran escala, ya que proveen excelente seguridad, gran capacidad volumétrica y bajos costos debido a la abundancia natural de este elemento [3,15].

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología utilizada es descriptiva comparativa, la información se obtuvo de artículos científicos para poder analizar y realizar la tabla comparativa de las diferentes baterías existentes en el mercado.

A continuación, se presenta la información necesaria para comprender los diferentes tipos de baterías recargables bajo las perspectivas de energía entregada, tiempo de carga y sus características físicas (volumen y peso).

Principio básico de una batería recargable La energía química, producto de la capacidad y voltaje que almacena una batería, es primeramente determinada por la celda química -elemento principal de una batería- y los materiales del electrodo. La máxima energía eléctrica que los materiales activos del electrodo pueden liberar

depende del cambio de energía liberada en la reacción química involucrada [1]. A diferencia de las baterías primarias, que sólo pueden ser usadas una vez, las baterías secundarias pueden ser cargadas y volverse a usar [2]. Su proceso de recarga es llevado a cabo por un dispositivo externo (cargador de batería) a la batería, que está basado en el proceso inverso de la reacción oxido-reducción entre los materiales anódico y catódico. Cada celda está compuesta por un electrodo positivo (cátodo), un electrodo negativo (ánodo), los cuales se encuentran físicamente aislados por un separador o membrana porosa, e inmersos en un electrólito. Éste último es en principio un conductor iónico y aislante eléctrico, lo que permite la oxido-reducción en cada uno de los electrodos; además de que afecta el rendimiento de una celda recargable, incluyendo aspectos de reversibilidad, eficiencia de Coulomb, velocidad de carga, seguridad, rango de temperatura de operación y ciclo de vida. Para muchos dispositivos electrónicos, una sola celda puede satisfacer los requerimientos de energía y potencia. Sin embargo, en aplicaciones a mayor escala, como vehículos eléctricos y estaciones EES (Electrical Energy Storage), se necesitan muchas celdas integradas eléctricamente en módulos, que son compactadas en una batería para satisfacer las necesidades de potencia y energía [3].

Uso de las baterías recargables en los vehículos automotores

A comparación de las baterías de plomo que se utilizan en vehículos de combustión interna, las baterías recargables empleadas en vehículos eléctricos e híbridos cuentan con una gama extensa de propósitos a diferencia de los de combustión interna, tales como: suministrar continuamente corriente para alimentar al motor eléctrico por un largo periodo de tiempo. Mientras que, para un motor de combustión interna, el propósito principal de la batería, conocida generalmente como batería de encendido es realizar una chispa y pulso eléctrico para poder encender el motor del vehículo. Por otra parte, en vehículos híbridos se cuenta con la presencia tanto de una batería de encendido, como de una batería de alto voltaje (high-voltage battery). La batería de encendido permite encender el motor del vehículo y activar unos contactores para hacer funcionar la batería de alto voltaje y que esta, a su vez, pueda encender el motor del vehículo. El sistema de alto voltaje puede ser utilizado para encender algunos accesorios de este tipo de vehículo, los cuales son alimentados por la batería de encendido [4].

Retos tecnológicos para las baterías en vehículos eléctricos La introducción de vehículos eléctricos marca un hito en la industria automotriz. La frecuencia de su mantenimiento es menor que la de un vehículo de combustión interna, dado que un motor eléctrico es más simple que uno de combustión. Sin embargo, la adopción de los mismos presenta una serie de obstáculos, los cuales giran en torno a la batería, que hoy en día no puede pro-

porcionar al vehículo eléctrico la misma autonomía que la de uno de combustión interna. Actualmente, la batería de un vehículo eléctrico otorga una media de 150 km, alcanzando los 120 km/h y soportando cerca de 2000 ciclos de recarga (aproximadamente 5 años). Además, representa aproximadamente un 40% del peso neto y un 50% del precio final del vehículo. De esta forma, los principales retos tecnológicos a enfrentar son el tiempo de vida de la batería y su necesidad de una infraestructura de recarga específica, estaciones de recarga distribuidas homogéneamente a lo largo del mundo. De este mismo modo, desempeña un papel fundamental la búsqueda de una batería cuya energía, tiempos de carga y características físicas proporcionen una mejor eficiencia funcional, traducida en una mayor asequibilidad a vehículos eléctricos, así como la posible introducción de esta batería a cualquier tipo de vehículo [5].

Energía y potencia entregadas por las baterías recargables

El propósito de una batería es almacenar energía. Esta energía es medida en Watt-hora y depende del voltaje de la batería y de la carga almacenada que puede soportar, siendo esto último el parámetro más crucial [6,16]. La cantidad de potencia que se puede obtener por kilogramo de batería es conocida como potencia específica y se mide en Watt/kilogramo (W/kg) [6].

Tiempos de carga de las baterías recargables

El proceso de carga y descarga de una celda en una batería involucra el flujo de electrones entre el cátodo y ánodo, y la aplicación de energía eléctrica externa. Esto permite almacenar las cargas. Cuando el voltaje aplicado es mayor que el de la batería, la corriente fluye en el interior de la celda; mientras que, al descargarse, la corriente fluye al exterior de ésta. La eficiencia energética es la razón de energía eléctrica que una batería puede proveer a la cantidad de energía eléctrica requerida para regresarla a su estado antes de la descarga. Puede variar en gran medida dependiendo del uso que se le dé a la batería. Cuando una batería es cargada y descargada de forma rápida, esta eficiencia decrece, aunque ninguna batería tiene eficiencia perfecta [2].

El número de ciclos de carga de una batería depende de su tipo y el uso que se le dé. Ésta es una especificación importante, pues se ve reflejado en el tiempo de vida de la batería y a su vez es un factor que repercute en los costos de los vehículos eléctricos. La mayoría de las baterías no pueden pasar largos periodos sin ser recargadas, por lo que al no usarse comienzan un proceso de auto descarga. Otros factores como la exposición a altas temperaturas influyen en este proceso [6].

Características físicas de las baterías recargables (peso y volumen)

Las celdas de las baterías pueden ser fabricadas de diferentes materiales y formas, principalmente cilíndricas y rectangulares, suministrando distintos pesos y tama-

ños. El peso es un factor importante en las baterías ya que permite conocer la energía específica de la misma (Wh/Kg). Ésta es la cantidad de energía eléctrica que puede ser almacenada por cada kilogramo de la batería. La densidad de energía (Wh/m³) es la cantidad de energía eléctrica almacenada por metro cúbico de batería, permitiendo estimar el volumen requerido para la misma [6].

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las características que permiten facilitar la comparación entre los tres grupos de baterías empleadas en todo tipo de vehículos automotores y las variaciones existentes en cada una de las divisiones. Se expresan características que influyen en las cualidades físicas sujetas de comparación como la energía específica, con la cual se puede estimar el peso; así como la densidad de carga, permitiendo calcular el volumen. También son comprendidos factores que describen el proceso de descarga de la batería como los ciclos que ésta es capaz de tolerar antes de ver afectado su rendimiento, y el tiempo aproximado que tarda en cargar. Y para finalizar se considera la potencia específica que cada batería puede proporcionar.

Tabla 1. Características de baterías recargables según su tipo.

Tipo de batería	Tipo de vehículo en el que se emplean	Energía específica (Wh/kg)	Densidad de energía (Wh/m ³)	Ciclos de carga	Tiempo de carga(hr)	Potencia específica (W/kg)
Plomo-Ácido	Combustión interna	20-35	54-95	800*	8**	250
Níquel-Cadmio	Eléctricos	40-55	70-90	1200*	1***	125
Níquel-Hidruro metálico	Eléctricos, híbridos	65	150	1000*	1***	200
Íones de Litio	Eléctricos	140	250-620	>1000	2-3****	300-1500
Litio-Polímero	Eléctricos	130-200	300	>1000	1	<10,000
Litio-Aire	Eléctricos	13,000	250	1200	N/A	N/A
Litio-Azufre	Eléctricos, híbridos	2600	35	1500	N/A	N/A
Zinc-Aire	Eléctricos	230	270	>2000	N/A	105
Íones de Sodio	Eléctricos	400	N/A	1000	N/A	N/A
Magnesio	Eléctricos	700	N/A	2500	N/A	3400

Fuente: Elaboración propia.

*Capacidad al 80%.

**Pero puede cargar 90% de su totalidad en 1 hora.

***Carga rápida al 60% en 20 minutos.

****Puede llegar al 80% en menos de una hora.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación conllevó la recopilación localizada en libros y publicaciones técnicas acerca de baterías en general, y con enfoque en las empleadas en vehículos automotores, enfatizando en vehículos híbridos y eléctricos. Adicionalmente fue necesario recurrir a literatura actual como artículos de divulgación científica para poder obtener un panorama más profundo. No obstante, a pesar de la abundante información sobre el tema en general, aún es insuficiente sobre todo en aspectos específicos, sobre todo de aquellas baterías que aún están en desarrollo o cuyo rendimiento aún se encuentra en fases de prueba para su implementación. De las características evaluadas como influyentes en el rendimiento que otorga una batería, y en su posible implementación en vehículos eléctricos o híbridos, se reconoce que cada tipo de batería tiene sus propiedades sobresalientes y deficiencias. De

entre éstas, destacan por sus cualidades superiores, las baterías basadas en Litio, las cuales lideran la industria. Éstas son las más aptas para uso en vehículos eléctricos e híbridos debido a su gran potencia y liberación de energía, su ligereza y proceso de carga con tiempos eficientes para el usuario, aspectos importantes, pero aún por mejorar en los vehículos eléctricos.

Finalmente, cabe recalcar que, de manera complementaria, sería valioso hacer pruebas de funcionamiento en las baterías existentes y las próximas a desarrollar. Adicionalmente, existen otros factores que afectan el rendimiento de una batería y varían entre cada tipo, y que pudieran ser abordados de manera similar en un trabajo futuro. Así mismo, se señala la importancia de la investigación y el desarrollo innovador de distintos tipos de separadores, electrolitos sólidos que pueden llegar a actuar como separadores, y la implementación de cátodos de diferentes materiales; todo lo anterior influyendo en el rendimiento de la batería.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Palacín y A. De Guilbert, «Why do batteries fail?», *Science*, vol. CCCLI, pp. 1-8, 2016.

[2] Technical Marketing Staff of Gates Energy Products, Inc., *Rechargeable Batteries Applications Handbook*, Massachusetts: Newnes, 1998.

[3] Z. Z. S. S. Zhang, *Rechargeable Batteries: Materials, Technologies and New Trends*, Springer, Cham, 2015.

[4] J. Erjavec, *Hybrid, Electric & Fuel-Cell Vehicles*, New York: Delmar, Cengage Learning, 2013.

[5] A. Conde, J. Coulter y U. Ibusuki, «Battery global value chain and its technological challenges for electric vehicle mobility», *RAI Revista de Administração e Inovação*, n° 14, pp. 333-338, 2017.

[6] J. Larminie y J. Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*, West Sussex: Wiley, 2012.

[7] R. Boddula, Inamuddin, R. Pothu y A. Asiri, *Rechargeable Batteries*, Hoboken: Wiley, 2020.

[8] M. Lowe, S. Tokouka, T. Trigg y G. Gereffi, «Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles: The U.S. Value Chain», *Globalization*, Carolina del Norte, 2010.

[9] M. Hannan, M. Hoque y Y. Yosuf, «State-of-the-Art and Energy Management System of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicle Applications: Issues and Recommendations», *Access*, vol. VI, pp. 1-17, 2018.

[10] A. Franco, *Rechargeable Lithium Batteries*, Cambridge: Woodhead Publishing, 2015.

[11] A. Doble, J. DiCarlo y K. Abraham, «Non-aqueous Lithium-Air Batteries with an Advanced Cathode Structure», *The proceedings of the 41st Power Sources Conference*, Philadelphia, PA June 2004, pp. 1-4, 2004.

[12] H. Han, S. Niu, Y. Zhao, T. Tan y Y. Zhang, «TiO₂/Porous Carbon Composite-Decorated Separators for Lithium/Sulfur Battery», *Nanoscale Research Letters*, pp. 1-9, 2019.

[13] X. Yan, H. Zhang, M. Huang, M. Qu y Z. Wei, «Self-Formed Protection Layer on a 3D Lithium Metal Anode for Ultrastable Lithium-Sulfur Batteries», *CHEMSUSCHEM*, pp. 1-9, 2019.

[14] A. Raya, «¿Adiós al litio? Nueva batería de sodio es tan buena como las que usamos pero más barata», *El Español*, 1 junio 2020.

[15] D. Linden y T. Reddy, *Handbook of Batteries*, McGraw-Hill, 1995.

[16] M. Root, *The Tab Battery Book*, USA: McGraw Hill, 2011.



Tierra,

Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Potencial energético del oleaje para generar electricidad en México: modelo hacia una aproximación teórica



Colaboración

Juan Antonio Pinilla Rodríguez; Felipe de Jesús Pozos Texon; Carlos Javier Gasca Caballero; Roberto Díaz Marchetti; Mario Alberto Díaz Solís, Universidad Cristóbal Colón

Fecha de recepción: 31 de marzo del 2023

Fecha de aceptación: 18 de mayo del 2023

RESUMEN: La disponibilidad de una oferta abundante y segura de diferentes tipos de energía constituye una de las prioridades estratégicas de la sociedad contemporánea. En este sentido, las energías renovables contribuirán en gran medida al desarrollo económico, social y ambiental. Una de las energías renovables de mayor potencial son las energías marinas debido a la bastedad de energía cinética disponible y por su nulo aporte de gases de efecto invernadero. La energía de las olas tiene un alto potencial de aprovechamiento para transformarla en electricidad, debido a que es 5 veces más concentrada que la energía eólica, de 10 a 30 veces más concentrada que la energía solar y se puede producir electricidad de forma constante las 8,760 horas del año, garantizando la continuidad del suministro de energía eléctrica. En este trabajo de investigación se diseñó un modelo teórico para valorar el potencial energético del oleaje. La propuesta de modelo se fundamenta en tres variables que son: ambiental, factibilidad técnica y social.

PALABRAS CLAVE: Electricidad, Energía z, Energía marina, Energía renovable.

ABSTRACT: The availability of an abundant and safe supply of different types of energy is one of the strategic priorities of contemporary society. In this sense, renewable energies will greatly contribute to economic, social and environmental development. One of the renewable energies with the greatest potential is marine energy due to the abundance of kinetic energy available and its zero contribution of greenhouse gases. Wave energy has a high potential for use to transform it into electricity, because it is 5 times more concentrated than wind energy, 10 to 30 times more concentrated than solar energy, and electricity can be produced constantly 8,760 hours of the year, guaranteeing the continuity of the electrical energy supply. In this research work, a theoretical model was designed to assess the energy potential of waves. The model proposal is based on three variables that are: environmental, technical and social feasibility.

KEYWORDS: Electricity, wave energy, marine energy, renewable energy.

INTRODUCCIÓN

El control de la energía eléctrica garantiza la cobertura de las necesidades humanas tales como: el confort en los hogares, los servicios de salud, la educación y el trabajo, en otras palabras, es un detonante para el desarrollo social y el crecimiento económico. El crecimiento demográfico y la complejidad de las necesidades de del tejido social trae consigo el aumento del uso de la electricidad, a su vez que sea de calidad y suministrada de forma constante. Esto hace que la generación de electricidad a través de combustibles fósiles no se elimine, debido a que es barato y las tecnologías de generación de energías alternativas aun no gozan de buena eficiencia. No obstante, y lejos de los costos de producción es imperan-

te de necesidad reducir el uso de combustibles fósiles debido al gran impacto negativo que tiene para nuestro ecosistema.

La disponibilidad de una oferta abundante y segura de diferentes tipos de energía constituye una de las prioridades estratégicas de las sociedades desarrolladas. La infraestructura energética actual, diseñada para el uso de hidrocarburos es la generadora más importante de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta situación dificulta y encarece el cumplimiento de los objetivos de la lucha contra el cambio climático [1].

Los recursos naturales de nuestro planeta son usados a un ritmo acelerado, si no se toman medidas al respecto, las condiciones de vida de los que vengan después que nosotros serán mucho peor a las que tenemos hoy en día.

La energía renovable es aquella que está presente en la naturaleza donde su potencial de utilización es prácticamente ilimitado. Esta tecnología tiene una desventaja notoria, la intermitencia, esto debido a que no es constante en su generación ya que depende su funcionamiento de las condiciones meteorológicas existentes y esta situación no da la suficiente confianza para su implementación y utilización [2].

En nuestro planeta el agua oceánica cubre aproximadamente el 71% de nuestra superficie. La energía marina es una alternativa atractiva al ser un recurso continuo y predecible, el cual, puede contribuir a sumar en la matriz energética de la generación de electricidad.

Los recursos provenientes del océano están catalogados como una opción para la generación, conversión y uso de energía eléctrica, en relación con el cuidado del medio ambiente [3].

La energía renovable proveniente del mar se debe a la influencia de la radiación solar y de los campos gravitatorios del sol, la tierra y la luna. Si se comparan con el resto de las energías renovables, las investigaciones y los proyectos para conseguir energía procedente del mar se encuentran en una fase inicial, sin embargo, su potencial es muy alto [4].

Se ha estimado un potencial teórico de energía oceánica superior a 100,000 TWh/año (como referencia, el consumo de electricidad en el mundo ronda los 16,000 TWh/año). Con la tecnología actual se estima poder generar 45,000 TWh/año de las olas, 2,200 TWh/año de las mareas, 20,000 TWh/año del gradiente salino y 33,000 TWh/año para la térmica oceánica [5].

En el caso de México es necesario lograr avances significativos para que las fuentes de energía renovable sean competitivas frente a las fuentes fósiles. Por lo tanto, su aplicación representa para el país un escenario de acceso a servicios de energía modernos con grandes beneficios,

promoviendo la reducción de emisiones y el aceleramiento del desarrollo económico, tecnológico y científico [3].

METODOLOGÍA

Las características de la metodología para la propuesta del modelo teórico se fundamentaron en las siguientes directrices:

- Método Cuantitativo: El análisis de la situación actual de las condiciones undimotriz, climáticas o de instalación tecnológica se evaluó a partir del registro de datos numéricos.
- Metodología Exploratoria y Descriptiva: En la actualidad existe poca información sobre la generación de electricidad a través de los mares y océanos a gran escala en nuestro país, es por ello por lo que se utilizará este tipo de estudio:
- Análisis de los Datos: Investigación No Experimental de corte Longitudinal, debido a que los datos analizados son registros de dependencias acreditadas y no fueron generadas a posteriori para esta investigación.

Además, para la construcción del modelo teórico se hizo la revisión de la literatura con datos actuales.

Es a partir de los datos y la revisión literaria que finalmente se realiza la propuesta de un modelo teórico para evaluar la viabilidad de implementar la generación de energía eléctrica a partir del potencial undimotriz.

El World Energy Council estimó que alrededor del mundo la potencia del recurso de la energía undimotriz es de 2 TW equivalente a una disponibilidad anual de 17,500 TWh. En la Figura 1 se observa el potencial de energía a partir de las olas, donde nos muestra la distribución en las costas mexicanas y la energía que se puede producir en Kw/m.

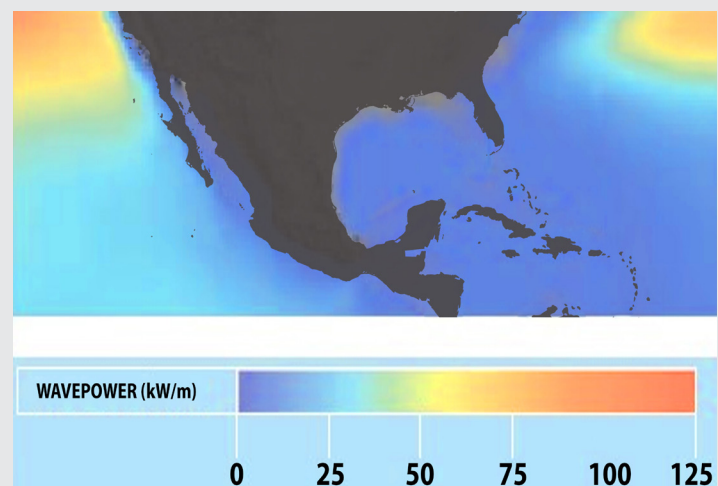


Figura 1. Distribución en México de la energía de las olas en Kw/m.

Fuente: J. Huckerby, H. Jeffrey, J. Sed, G. Jay y L. Finlay 2012.

El sector de la energía oceánica ofrece oportunidades significativas para contribuir a la producción de energía renovable con bajo contenido de carbono en todo el

mundo. La utilización de los recursos energéticos oceánicos contribuirá al futuro suministro de energía sostenible de nuestro planeta. La energía oceánica aportará electricidad, agua potable y otros productos a precios competitivos, creando empleos y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles. Además, reducirá las emisiones de carbono del sector energético mundial, al tiempo que minimizará el impacto negativo en los entornos marinos [6].

A partir de las premisas mencionadas como el potencial natural del oleaje para proporcionar la energía, la capacidad tecnológica-económica y los impactos hacia la sociedad y al medio ambiente donde nacen e identifican las variables para la evaluación del potencial energético de las olas, estas son:

- Variable Ambiental: Se debe de tomar en consideración las siguientes restricciones:

- Evitar regiones que sean consideradas con alto valor ecológico (reserva ecológica, por especies en peligro de extinción o por pertenecer a una ruta de migración de especies marinas).

- Actividad humana (navegación deportiva o de industria pesquera, explotación de hidrocarburos, acuicultura, recreación, investigación submarina o actividades militares).

- Variable de Factibilidad Técnica: Se considera de forma intrínseca dos criterios fundamentales, los cuales son:

- Potencia estimada de la ola, la cual se basa en la evaluación de las características de las olas (altura y periodo) y la potencia en kW/m explotable.

- Infraestructura, se investigó las condiciones extremas de mar a las que estarían expuestos los convertidores de energía, el cual se requiere evaluar preliminarmente el comportamiento hidrodinámico de los mismos.

- Variable Social: La electricidad trae consigo desarrollo y bienestar, así que la necesidad de contar con este tipo de servicio en el mundo es preponderante y es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, de manera particular el 7.

RESULTADOS

Las variables involucradas en el modelo forman parte de los ODS (ver Figura 2) por lo tanto, el modelo teórico tiene como eje rector la sustentabilidad.



Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: CEPAL 2018.

Y para atender el eje rector de sustentabilidad la primera variable a considerar fue la Variable Ambiental debido a su primordial importancia en la implementación de cualquier proyecto que tenga como objetivo el diseño y construcción de centrales undimotrices en cualquier parte del mundo, ya que de esta depende su viabilidad y factibilidad del mismo para que se pueda llevar a cabo, es indispensable considerar las restricciones ambientales, las cuales pueden exigir que se eviten algunas regiones que sean ecosistemas con alto valor ecológico, ya sea por formar parte de alguna reserva natural, por albergar especies en peligro de extinción o por pertenecer a una ruta de migración de especies marinas, arrecifes, condiciones adicionales entre los cuales se debe considerar si en la región de interés existen actividades importantes como navegación, explotación de hidrocarburos, pesca, acuicultura, recreación, investigación submarina o actividades militares.

En este sentido, la Variable Ambiental se divide en dos subvariables (ver Figura 3): Ecosistema Marino y Reserva Ecológica. Los ecosistemas marinos están formados por animales y plantas que viven en el mar y que se interaccionan entre sí, desde los más pequeños o microscópicos, hasta los más grandes. Los seres humanos formamos parte de los ecosistemas, y tenemos la gran responsabilidad de proteger y respetar las interacciones de vida para que no se dañen los mismos y siga existiendo un balance saludable de especies y florezca la vida tal y como la conocemos hasta el día de hoy.



Figura 3. Variable ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 se muestra las mediciones de las toneladas equivalentes de dióxido de carbono por sector que las genera, es así que se identifica que el sector electricidad es el que más gases de efecto invernadero emite a la atmósfera y de ahí radica la importancia de encontrar fuentes alternativas que nos brinden este tipo de energía y que sean más amigables con el medio ambiente.

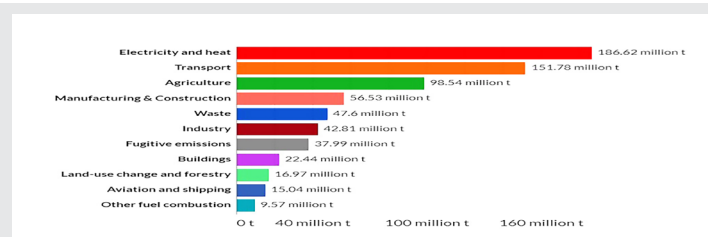


Figura 4. Emisiones de dióxido de carbono por sector en México.

Fuente: H. Ritchie, M. Roser y P. Rosado 2020.

En la Variable de Factibilidad Técnica se analizaron las características técnicas del modelo que se deben considerar para los estudios de factibilidad (ver Figura 5). En imperante mencionar que en la mayoría de la implementación de proyectos del sector energético, la variable de factibilidad técnica es la que impera en la toma de decisiones, sin embargo, aunque se reconoce su importancia, en esta investigación se le identificó su peso específico a la hora implementar el proyecto.



Figura 5. Variable de factibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad del recurso en kw/m, ubicación de la zona identificando la necesidad del servicio de electricidad y la cercanía a la infraestructura eléctrica existente son los criterios para tomar en cuenta en esta variable de estudio. La potencia disponible aprovechable del oleaje en kW/m, se puede calcular con datos de la altura significativa de la ola (m) y el periodo (s) con la finalidad de generar los mapas de distribución espaciotemporal de la potencia aledaña a la costa, esta información nos ayuda a identificar las posibilidades de aprovechamiento de energía undimotriz en nuestro país.

Para la Variable Social, la Agenda 2030 pide un cambio radical de los fundamentos de las economías mundiales. Esto llevaría al progreso de todas las personas de una manera inclusiva y justa, y que puedan mantenerse a lo largo del tiempo y a través de las generaciones. Las nuevas rutas para el progreso sostenible e inclusivo exigen una mentalidad sistémica, razón por la cual, la Agenda concibe a los ODS como un paquete integrado, es decir, interrelacionado a través de las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo [7, 9].

El mundo en el que vivimos tiene innumerables desafíos y uno de los principales es el de brindar electricidad a todos, es sabido que donde existe electricidad el desarrollo está vinculado fuertemente al progreso, la disponibilidad de poder contar energía proporciona en la mayoría de los casos cambios significativos en las personas y la sociedad, ya que es un medio que facilita el trabajo y la vida de forma significativa. Ver Figura 6:

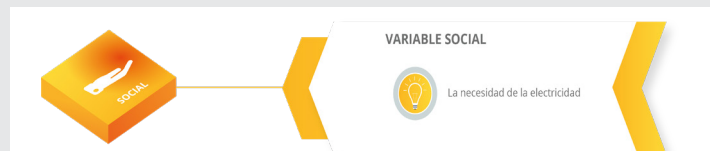


Figura 6. Variable social.

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene identificado que el desarrollo industrial sostenible aumenta la productividad, genera un gran número de empleos y contribuye a la innovación tecnológica en todos los ámbitos.

En nuestro país aproximadamente no tienen acceso a electricidad 1,015,302 habitantes, con datos de la CFE [10], para poner en perspectiva, existen 3 estados de México con población menor en comparación con el total de personas que no tienen electricidad, los cuales se mencionan a continuación: Campeche (935,047), Baja California Sur (809,833), Colima (747,801), las personas que hoy no tienen acceso a electricidad en México sería el equivalente a un estado federal sin energía eléctrica. Esto sería lo equivalente a que una entidad federativa vive en la época medieval, por lo tanto debe ser prioridad de cualquier gestión gubernamental.

Con lo anterior podemos mencionar que en cuanto a si los dispositivos de generación de energía undimotriz si deberían ser flotantes o fijos, la respuesta dependerá de varios factores, como las condiciones específicas del sitio donde se instalarán, las características de las olas en ese lugar y las tecnologías disponibles.

En general, los dispositivos flotantes tienden a ser más adecuados para áreas con aguas profundas, donde los fondos marinos son difíciles de alcanzar o no son adecuados para soportar estructuras fijas (ver Figura 7). Los dispositivos flotantes pueden ser menos costosos y más fáciles de instalar y mantener, y también pueden ser más eficientes en la captura de la energía de las olas.



Figura 7. Generador eléctrico flotante Pelamis.

Fuente: N. S. Bliss 2020.

Por otro lado, los dispositivos fijos (ver Figura 8) pueden ser más adecuados para áreas con aguas menos profundas, donde es posible instalar estructuras fijas en el fondo marino. Los dispositivos fijos pueden ser más estables y seguros en condiciones de oleaje fuerte, y también pueden ser más fáciles de integrar en la red eléctrica.

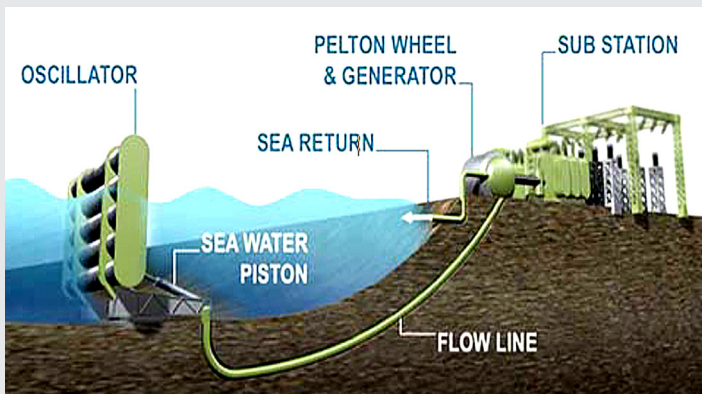


Figura 8. Convertidor de energía undimotriz tipo Oyster.
Fuente: N. S. Bliss 2020.

CONCLUSIONES

Se obtuvo como objetivo general proponer un modelo teórico que aborde el potencial energético eléctrico del oleaje y que este alineado a los ODS 2030, mostrando que México cuenta con todas las condiciones geográficas para convertirse en uno de los principales exponentes en este tipo de energía a nivel mundial.

Por tanto, una de las aportaciones que se presenten impulsar a partir de los resultados aquí plasmados y en un efecto multiplicador, es la de pasar del imaginario a la investigación aplicada, al impulso dentro del campo de acción-promoción de este tipo de tecnologías, generando el interés de inversionistas relacionados con el sector energético y de la construcción, de académicos y de la sociedad mexicana en su conjunto.

A continuación, se presentan las principales conclusiones alcanzadas al respecto y algunas sugerencias sobre posibles líneas de investigación que pueden derivarse del presente artículo.

- La aportación principal consiste en la propuesta de diseño del modelo teórico para evaluar el potencial teórico del oleaje en costas mexicanas, identificando las variables a considerar en su implementación.
- La identificación de las variables del modelo y el desarrollo de cada una de ellas, considerando las dimensiones de la teoría del Triple Bottom Line [12, 13]: Economía, Ambiente y Sociedad son fundamentales para que este tipo de tecnología se pueda incluir en proyectos estratégicos incluyendo la sostenibilidad como eje rector, con la finalidad de fortalecer las matrices energéticas de todos los países.

Hemos rescatado a partir de la revisión, que las dimensiones de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 se agrupan y se ajustan a la teoría del Triple Bottom Line (ver Figura 9) y que este tiene concordancia extensiva a nuestro modelo de estudio para la factibilidad de utilizar la energía undimotriz y así generar energía eléctrica renovable.

DIMENSIONES DE LOS ODS 2030

VARIABLES

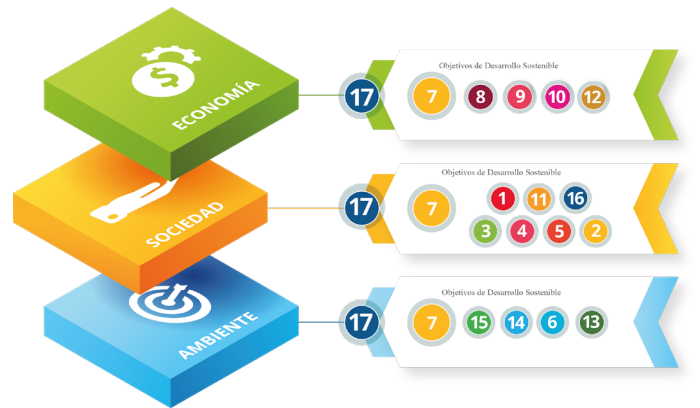


Figura 9. Variables de estudio y su relación a los ODS.
Fuente: Elaboración propia.

La energía es uno de los desafíos más importantes y urgentes a los que se enfrenta el mundo moderno, consideramos por esto vital el lograr obtenerla en nuestro país de una manera sostenible.

Por razones de equidad es necesario brindar el acceso a la energía moderna a las poblaciones que carecen de ella, pero, si las tecnologías utilizadas para acelerar el acceso a la energía tienen un significativo impacto ambiental, como hasta ahora sucede, sin duda se empeorarán los problemas ambientales y en particular, aquellos relacionados con el cambio climático. Es por esto que parte de las aportaciones que el presente documento comunica a través de los resultados obtenidos, es sobre las bondades de la energía de las olas es la opción más amigable, viable, factible, constante y propicia a desarrollar en México.

Conseguir generar energía limpia, a la vez que se impulsa el desarrollo económico de México impactaría positivamente en materia industrial, aprovechamiento de los recursos naturales y las condiciones geográficas del territorio mexicano para obtener energía sin alterar, afectar o impactar el medio ambiente de manera negativa. Hacerlo en uno de los países más ricos en diversidad ambiental como México, sin destrucción, mutilación, ni agotamiento de recursos naturales, es más que posible a través del aprovechamiento del oleaje, por lo que se considera a partir de la academia tomar como nuestra la responsabilidad, el promover y difundir la posibilidad de un futuro sostenible en materia energética.

En este sentido, el sector académico es otro ámbito importante que se debe de explotar en gran medida, es desde aquí, en donde se debiera desarrollar la teoría y el desarrollo tecnológico para la ampliar las fronteras del conocimiento y de la técnica. Esto debe ser ampliado a la comunidad estudiantil, para generar conciencia, interés y empatía sobre estos conceptos por parte de

las nuevas generaciones; fomentando el motivar a los jóvenes a investigar más sobre este tema, abundar en el conocimiento de éstas tecnologías, de tal forma que se genere un colectivo que en el futuro tenga los conocimientos necesarios para respaldar acciones, inversiones y políticas públicas que impulsen el desarrollo económico y de nuevas tecnologías, de la mano del cuidado al medio ambiente en nuestro país.

En la necesaria vinculación entre ciencia y política, los sectores académicos en particular las universidades están llamadas a analizar la coherencia de las políticas públicas. En la construcción de una institucionalidad para la evaluación de cualquier tipo de programa, por ejemplo, las universidades pueden ofrecer conocimiento, experiencia e imparcialidad para la evaluación de este tipo de proyectos, con la finalidad de construir un mundo sustentable.

En México, tenemos una responsabilidad enorme de poner la energía al alcance de todos de la forma en la que aquí se expuso, con respeto al medio ambiente. En un país mayoritariamente de pobres y con millones de habitantes carentes de energía, ha llegado la hora de aprovechar lo que nuestro propio territorio nos regala con su enorme litoral. Es nuestra obligación impulsar esta tecnología para el desarrollo de mejores prácticas industriales en el sector energético, que sirva de ejemplo para los otros tipos de industria y así incidir fuertemente en todo el modelo económico nacional. Empezando por difundir los resultados, para generar el interés de la sociedad, la academia, el empresariado y los gobiernos, para motivar la inversión y crear un nuevo estilo de aprovechamiento amigable con el ambiente, que por último nos lleve a lograr una obligatoriedad, a través de leyes y ordenanzas, que conviertan lo que hoy parece lejano, en posible y después obligado para nuestro país.

En el proceso de construcción del modelo teórico de estudio (ver Figura 10) se considera la secuencia que se debe de seguir en la evaluación de cada una de las variables, en primer lugar es primordial que en la variable ambiental este contemplada cada uno de los elementos indispensables y de carácter obligatorio para la continuidad de la propuesta del modelo, dentro de los cuales se destaca el área en la cual se pretende construir la central de generación undimotriz, que esta no sea un espacio protegido o reserva natural, que no se vea afectada las especies marinas, ya que la premisa fundamental se basa en que pueda generar electricidad de una forma más amigable con nuestro ecosistema, en segundo lugar la variable social y la de factibilidad técnica están en el mismo nivel en la representación de nuestro modelo de estudio, lo cual quiere decir que ambas variables se evalúan de forma simultánea y que deben de validarse con las características particulares de cada una para continuar con la implementación del mismo.

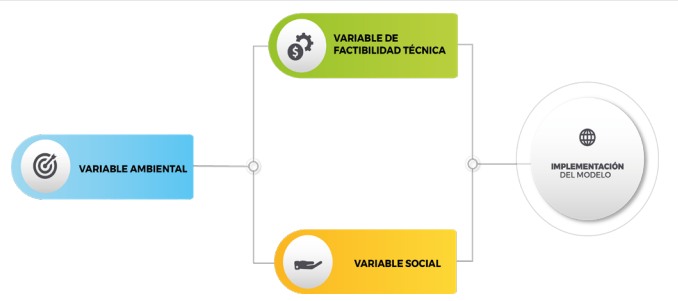


Figura 10. Representación del modelo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Es así que para alcanzar la implementación del modelo teórico (ver Figura 11) es necesario considerar la importancia y necesidad del proyecto estudiando cada una de las variables a partir de la siguiente metodología:

- 1) Identificar la energía del oleaje: Nuestro país cuenta con las características necesarias para poder utilizar este tipo de tecnología con los más de 11 000 km de costa.
- 2) Validación ambiental: Todas las condiciones de esta variable deben satisfacerse en su totalidad y si se detecta cualquier impacto negativo al ecosistema se descarta la implementación. Si la validación ambiental es positiva se continúa con el modelo teórico de estudio.
- 3) Validación técnica y social: Se debe considerar para su cumplimiento, las características particulares del lugar al cual se le suministrará la energía, necesidad de la misma, disponibilidad del aprovechamiento del oleaje para convertir en electricidad, infraestructura existente, por mencionar algunos aspectos.
- 4) Implementación del modelo teórico de estudio: Con la validación positiva de las 3 variables el proceso de cualquier proyecto a realizarse tiene altas posibilidades de ser exitoso.



Figura 11. Proceso del modelo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 12 se describe la idea central del modelo teórico de estudio propuesto para generar energía eléctrica a través de las olas de forma sustentable con nuestro planeta tierra.

Una de las motivaciones para avanzar hacia utilizar una forma de energía amigable con nuestro entorno es el aumento de la demanda de materias primas y la escasez de los recursos naturales de los cuales, muchos de estos recursos son materias primas primordiales y como la población mundial siempre está en constante crecimiento, la demanda también aumenta en todos los aspectos.

Finalmente, el crecimiento económico de un país está fuertemente vinculado a la electricidad que se produce y se utiliza para el desarrollo del mismo, estamos convencidos que la generación y aprovechamiento de la energía y el ambiente no son antagónicos, son una ecuación difícil de resolver, pero haciendo uso de este tipo de tecnologías es posible que puedan crecer juntas de forma sustentable.

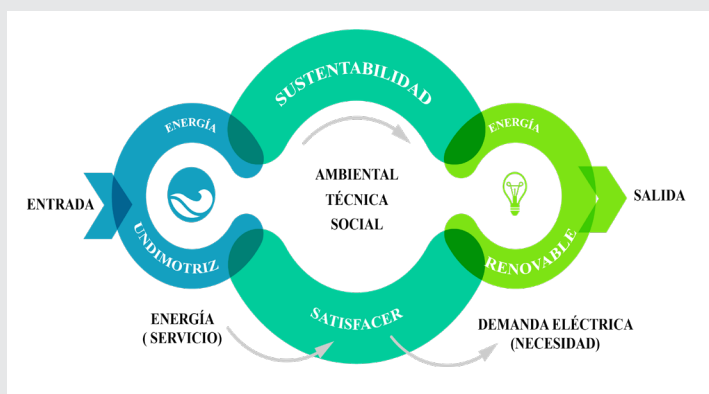


Figura 12. Esquema propuesto del modelo.

Fuente: Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. González, P. Liria, J. Amate, J. Domínguez y M. Uyarra, «Propuesta de clasificación del potencial de las corrientes, mareas y oleaje para su posible aprovechamiento,» *Revista de Investigación Marina, AZTI- Tecnalia*, vol. 19, n° 4, pp. 83-91, 2012.

[2] The Boston Consulting Group (BCG), *Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables.*, Madrid: IDAE, 2011.

[3] B. R. Conde-Ortiz, C. Sánchez-Díaz y X. González-Ramírez, «Análisis de datos de corrientes marinas para cálculo de potencial energético,» *Jóvenes en la Ciencia, Revista de Divulgación de la Ciencia*, vol. 5, n° 1, pp. 1-6, 2019.

[4] M. Amundarain, «La energía renovable procedente de las olas,» *e-Revista de Didáctica* 8, pp. 1-14, 2012.

[5] European Renewable Energy Council, *Renewable Energy in Europe: Markets, Trends and Technologies*, 2 ed., Abingdon: EREC, 2010, p. 288.

[6] J. Huckerby, H. Jeffrey, J. Sed, G. Jay y L. Finlay, «An International Vision for Ocean Energy – Version II,» *Ocean Energy Systems Implementing Agreement*, 2012.

[7] CEPAL, «La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe,» *Publicaciones de las Naciones Unidas*, Santiago, 2018.

[8] H. Ritchie, M. Roser y P. Rosado, «CO₂ and Greenhouse Gas Emissions,» *Our World in Data*, 2020.

[9] Grupo independiente de científicos designados por el Secretario General, *Informe Mundial sobre el Desarrollo Sostenible 2019: El futuro es ahora – la ciencia al servicio del desarrollo sostenible*, Nueva York: Naciones Unidas, 2019.

[10] CFE, «Comisión Federal de Electricidad. Informe anual 2021,» CFE, CDMX, 2022.

[11] N. S. Bliss, *Qualitative risks analysis on wave energy technologies*. Master Science Thesis, Uppsala: Uppsala Universitet, 2020.

[12] J. Elkington, «Enter the Triple Bottom Line,» de In: Henriques. A. and Richardson, J., Eds., *The Triple Bottom Line: Does it All Add Up?*, London, Earthscan Publications Ltd, 2004, pp. 1-16.

[13] T. F. Slaper, «The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work?,» *Indiana Bussines Review*, pp. 4-8, 2011.



Mecánica *de* Materiales

Ingeniantes

Análisis y rediseño de cadena de lubricación de la empresa Tenaris Tamsa S.A. para optimizar el proceso del sistema, en convenio de colaboración con TECNM - Instituto Tecnológico de Veracruz

RESUMEN: En este trabajo se describe el proceso de análisis y rediseño del proyecto corto de mejora cadena de lubricación en FAT 2, ofrecido al ITV como parte del convenio de colaboración suscrito por Tenaris Tamsa - Tecnológico de Veracruz para realizarlo durante el periodo de octubre del 2021 a mayo del 2022, con la participación de tres alumnos y de docentes del grupo de Mantenimiento Industrial del departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Veracruz, quienes concluyeron de manera exitosa la asignación logrando el objetivo inicial, proporcionando una solución de mejora y optimización aceptada por la empresa la cual sería implementada en noviembre 2022, las propuestas que se hicieron para modificar elementos y dar solución a posibles fallas permitió a los integrantes del proyecto adquirir experiencias relevantes en su periodo de formación académica - profesional, así como, utilizar software de simulación y modelado en un entorno real y a los docentes establecer vinculación escuela - empresa y asesorar y dirigir este proyecto.

PALABRAS CLAVE: alumnos, cadena de lubricación, docentes, optimización del sistema, proyectos de mejora, Tenaris TAMSa - TNM, vinculación.



Colaboración

Vicente Miguel Díaz de León Santiago; Juan Manuel Bucio Ballado; Ángel Miranda Juárez; Eduardo Toledo Cerritos, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

Fecha de recepción: 13 mayo del 2023

Fecha de aceptación: 18 de mayo del 2023

ABSTRACT: This paper describes the process of analysis and redesign of the short lubrication chain improvement project in FAT 2, offered to ITV as part of the collaboration agreement signed by Tenaris Tamsa - Tecnológico de Veracruz to be carried out during the period from October 2021 to May 2022, with the participation of three students and teachers of the Industrial Maintenance group of the Metal Mechanics department of the Instituto Tecnológico de Veracruz, who successfully completed the assignment achieving the initial objective, providing a solution for improvement and optimization accepted by the company which would be implemented in November 2022, the proposals that were made to modify elements and provide solutions to possible failures allowed the members of the project to acquire relevant experiences in their academic - professional training period, as well as, to use simulation and modeling software in a real environment and for the teachers to establish school - company linkage and to advise and direct this project.

KEY WORDS: students, lubrication chain, teachers, system optimization, improvement projects, Tenaris TAMSa - TNM, linkage.

We will continue working on improving the confidence level and thus be able to use this algorithm in a prototype that will alert the owner every time a person is detected prowling around the motor unit.

KEYWORDS: Deep Learning, Feature extraction, CNN, KNN, Decision tree, SVM, Naive Bayes, GLCM.

INTRODUCCIÓN

Durante el mes de septiembre del 2021 la empresa Tenaris Tamsa - Instituto Tecnológico de Veracruz mediante convenio suscrito, ofreció la oportunidad para rediseñar la cadena de lubricación de FAT 2 asignando al equipo de mantenimiento del Departamento de Metal Mecánica integrado por los docentes: Vicente Miguel Díaz de León Santiago, Eduardo Toledo Cerritos, Juan Manuel Bucio Ballado, Ángel Miranda Juárez, quienes invitaron a alumnos de 7º a 8º semestre para realizar una evaluación y entrevista que permitiera seleccionar tres estudiantes que reunieran las competencias necesarias para la participación en estos proyectos, y por parte de la empresa Darío Chávez Gutiérrez, director de Mantenimiento, quien nos proporcionó la información que requeríamos y quien fue el enlace y responsable del seguimiento del proyecto en la empresa, ya que debido a las condiciones y restricciones de la pandemia todo el trabajo se realizó de manera virtual.

Lo cual significó un gran reto ya que se realizó en base a planos y referencias proporcionados por el responsable de la empresa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El desarrollo del presente trabajo se realizó en TecNM - Instituto Tecnológico de Veracruz, ubicado en Miguel Ángel de Quevedo 2779 utilizando herramientas tecnológicas como Microsoft Teams para realizar reuniones de trabajo tanto de docentes con los alumnos, así como la reunión de avance mensual programada con el responsable por parte de la empresa.

En la Figura 1a se muestra una imagen satelital de la ubicación de la institución, así como evidencias de reuniones de trabajo dentro del MTeams Figura 1b.



Figura 1a. Vista vía satélite del Tecnológico Nacional de México campus Veracruz.



Figura 1b. Reunión de trabajo en MTeams.

El proyecto cadena de lubricación consistió en la mejora de proceso/equipo en el cual se re-diseñó la cadena de lubricación con mejora en materiales, tratamientos y ajuste de ensamble [1], vea Figura 2a y 2b.

Debido a las deformaciones en los eslabones y huelgo en alojamientos de apoyo.

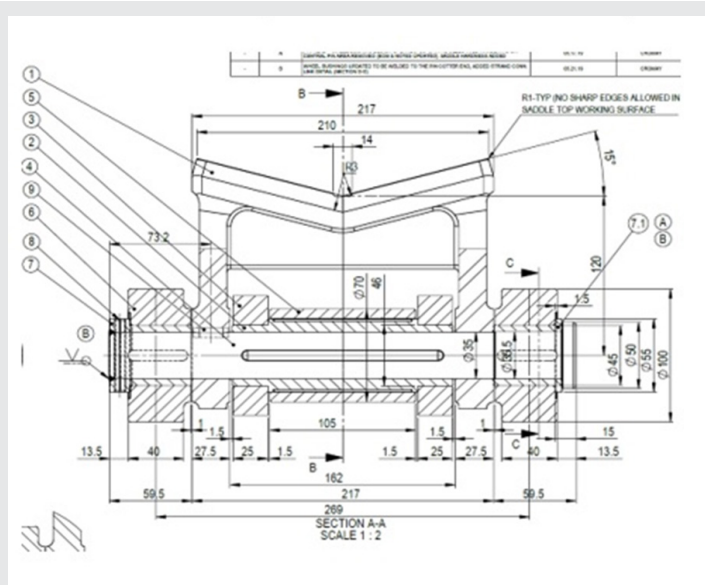


Figura 2a. Elemento de cadena de lubricación.

La empresa solicitó realizar el análisis y determinar soluciones a la problemática presentada:

- 1) Calculando el FS (factor de servicio) del equipo en las condiciones operativas presentadas.
- 2) El FS estático y a fatiga, estimación de ciclos de vida del componente.
- 3) Recabar información de proveedores de equipos similares y mejorar las prácticas aplicadas en soluciones similares.



Figura 2b. Elemento de cadena de lubricación.

La propuesta de diseño

- 1) Ingeniería básica de propuestas de diseño.
- 2) FS del equipo con la nueva propuesta.
- 3) FS estático y a fatiga, estimación de ciclos de vida del componente.
- 4) Calculo de costos y retorno de inversión.
- 5) Desarrollo de ingeniería de detalle de la propuesta seleccionada.

Durante el primer análisis se detectaron posibles fallas que a continuación, se mencionan:

Sillas deformadas en el área del eje ver Figura 3.

Posibles causas

- Falta de dureza en el agujero y la superficie.
- Vibraciones.
- Corrosión por exceso de grafito.
- Concentraciones de esfuerzos en el área del eje.
- Cargas cíclicas.
- Deformación por impacto.
- Resistencia a la deformación mal calculada.



Figura 3. Sillas deformadas en el área del eje.

Pernos deformados ver Figura 4 (Axial y transversal)



Figura 4. Pernos deformados.

Posibles causas

- Corrosión por exceso de grafito.
- Deformación por impacto.
- Fatiga por cargas cortantes mal calculadas.
- Exceso de fricción.
- Sprocket con interferencia.
- Dientes de Sprocket no diseñados para deslizamiento suave.
- Juego excesivo

Cadena fuera de trayectoria y ruedas rotas vea Figura 5.

Posibles causas

- Ausencia de calibración en la altura de la guía.
- Falta de amortiguamiento.
- Deformación en las guías y eslabones.
- Carga de impacto (caída de mandril).
- Ausencia de ruedas.
- Movimiento sin restricción lateral y superior.



Figura 5. Cadena fuera de trayectoria y ruedas rotas.

Se llegó a la conclusión de que las fallas del sistema estaban ocasionadas por:

- a) Por la geometría original no se consideraron los elementos de concentración de esfuerzos.
- b) Falla de los pernos por cizallamiento.
- c) Falla por fatiga en bujes.
- d) Contaminación de los bujes.
- e) Falta de amortiguamiento en la descarga del bancal del mandril (fallas por impacto).

- f) Error de ajuste de calibración.
- g) Deslizamiento sin restricción sobre las guías.

Posterior a un análisis de las fallas detectadas se presentaron las siguientes propuestas las cuales se validaron a través de cálculos y simulaciones:

- a) Cambiar el sistema de sujeción actual a ajuste por interferencia para evitar juego.
- b) Modificar las propiedades y especificaciones de los pernos.
- c) Reemplazar los cojinetes de fricción por rodamientos tanto en el rodillo como en la rueda.
- d) Sistemas de rueda con rodamiento aislado herméticamente y amortiguado.
- e) Sistema de limpieza.
- f) Sistema de amortiguación para disminuir las consecuencias del impacto en la descarga del bancal de mandriles.
- g) Calibración de la altura de la guía y sistema de compensación a largo plazo.
- h) Guías y ruedas de tipo ferroviario para evitar desplazamientos fuera de la trayectoria recta.
- i) Disminuir la altura de la silla, para reducir la fuerza que entrega con efecto de "palanca" a las ruedas.

RESULTADOS

Este proyecto se desarrolló mediante investigación aplicada, ya que, dados las situaciones problemáticas, con los datos proporcionados por la empresa, el equipo de trabajo modeló la solución de estos utilizando herramientas computacionales de diseño con Solidworks. Utilizando este software de diseño SW para modelar los elementos de la cadena se realizaron mejoras en su diseño, se demostraron las deficiencias del diseño original resaltando en los elementos principales las causas y conclusiones a las que se llegaron.

A) Diseño con concentradores de esfuerzos. [2] [3] Falla: Sillas deformadas en la zona del agujero.

1.) Modificar propiedades del material y aplicar tratamientos térmicos localizado en agujero del eje en el eslabón de silla de la cadena, para incrementar dureza, proponiendo para ello el acero 8620 y obtener una dureza en el agujero de 86 HRC.

2.) Cambio en el sistema de sujeción actual a ajuste por interferencia para evitar juegos eliminando concentradores de esfuerzos, se determinó mediante simulación y análisis que, para condiciones iguales, con interferencia el FS es de 1.5 sin concentradores y con concentradores el FS es de 0.9 ver Figura 6, lo que indica que si aumentamos el espesor y/o diámetros de casquillo ese factor puede aumentar sin cambio de materiales. [4]

Se propone modificar las dimensiones de espesor de eslabón de silla y el externo de 27.5 mm a 32mm, diámetros de pernos de 25 mm a 35 mm, agujeros de eslabones de silla interno 55mm y externo 35mm con

guía, casquillos de 55 mm con condiciones de ensamblable utilizando tolerancias de interferencia H7g7 para eliminar el juego excesivo entre los elementos y aumentar el área de apoyo y así evitar deformaciones ver Figuras 6 y 7.

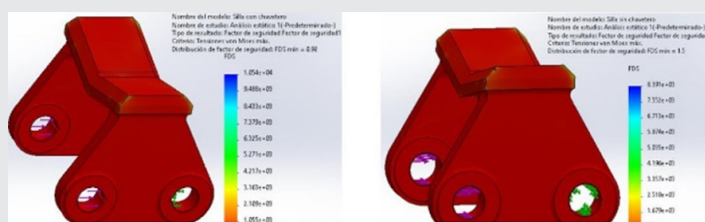


Figura 6. FS 0.92 para silla con chavetero (izq) y FS 1.5 para silla sin chavetero (der)

Se demuestra que aumentando el espesor de 27.5 mm actual a 32 mm recomendado para aumentar el área de apoyo en el eslabón de silla con chavetero el FS aumenta de 0.9 a 1.2 es decir el 100%.

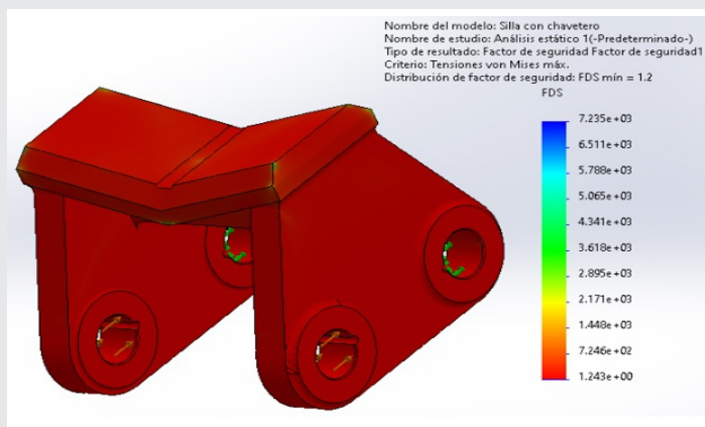


Figura 7. FS 1.2 para silla con chavetero y aumento de espesor a 32 mm.

3.) Se propone rediseño del eslabón de silla cambiando el orden actual, de externo a interno, agregando un casquillo de interferencia de 55mm H7g7, esto reduce el cortante en el perno y la deformación por fatiga del hueco de eslabón de silla, ya que se aumenta el área de apoyo reduciendo así el esfuerzo por aplastamiento en el eslabón de silla y el eje, de esta manera la falla por fatiga se reduce considerablemente ver Figura 8.

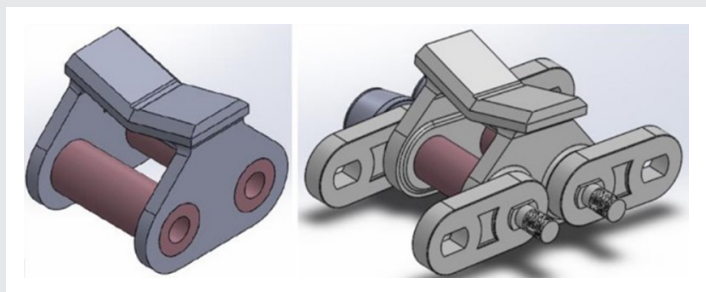


Figura 8. Rediseño del eslabón de silla.

4.) Disminuir la altura de la silla para reducir los efectos provocados por la fuerza de impacto a la descarga del mandril, lo que ocasiona un efecto "palanca" tanto en el eslabón de cadena como en las ruedas. Esa fuerza de impacto, es en realidad la causante de la forma de deformación del eslabón de silla ver Figura 9.

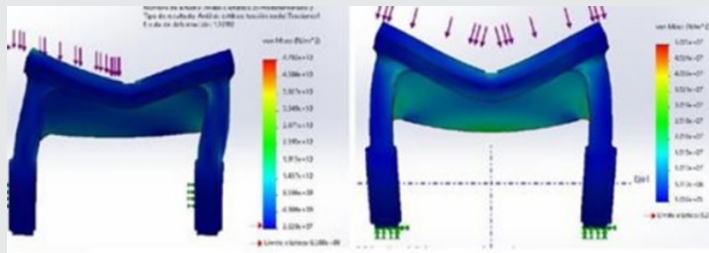


Figura 9. Eslabón de silla con disminución de altura para mejorar resistencia al impacto.

B) Falla de los pernos por deformación y cizallamiento

1). Modificar las propiedades del material y especificaciones de los pernos (cambiando materiales, incrementando dureza superficial, y diámetro); se sugiere un acero 8620 logrando una dureza de 86 HRC aumentando el diámetro a 35mm. 2. Se propone diseñar el eje con ajuste por interferencia con el eslabón de cadena externo del tipo H7g7 para evitar juegos.

C) Falla por Contaminación de los bujes de ruedas y Deslizamiento sin restricción sobre las guías

1). Se propone implementar un sistema de ruedas con rodamiento aislado herméticamente, con sistema de amortiguación lateral, esto evita las roturas en las ruedas por corrosión.

Se propone diseñar también las ruedas con guías tipo ferroviario y restricción de amortiguamiento lateral para limitar los desplazamientos provocados por el impacto a la descarga del mandril y así evitar desplazamientos fuera de la trayectoria, lo que evitara la deformación por fatiga en el eslabón de silla de la cadena [5]

CONCLUSIONES

El resultado del proyecto cadena de lubricación aporta información que puede utilizarse en la solución de los problemas de investigación, permitiendo obtener un mayor costo beneficio a la empresa. Las modificaciones propuestas contribuirán a optimizar el trabajo que se desarrolla en el proceso de producción de FAT 2, reduciendo los costos de mantenimiento y alargando la vida útil los elementos del sistema, un ahorro de recursos y su implementación dará solución a las deficiencias presentadas por la cadena que permanecía sin modificaciones desde hace más de veinte años, lo cual contribuirá a una mejora significativa.

Solid Works y autocad son dos softwares de diseño que permiten simular en condiciones similares a la rea-

lidad brindando un acercamiento rápido a la solución para la toma de decisiones.

La participación en este proyecto de alumnos dentro de la industria regional brindó a los jóvenes participantes una oportunidad mucho más motivadora en la que entran en juego el intercambio de ideas, la creatividad, la colaboración y una mejor preparación, ya que este tipo de proyectos desafía los conocimientos adquiridos en el aula y su aplicación dentro del entorno laboral y en cuanto al equipo de profesionales docentes la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos a los problemas prácticos, la resolución de problemas relevantes de la ingeniería en el ámbito industrial, permitiéndole al docente dirigir, asesorar y retroalimentar dentro del proyecto el proceso de enseñanza aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Márquez, Díaz de Leon, *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*, México: Patria, 2017.
- [2] J. K. R. Budynas, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Mc Graw Hill. , (2008).
- [3] Díaz de Leon Santiago Vicente M., *MECANICA DE MATERIALES*, MEXICO: PATRIA, 2018.
- [4] *Catalogo de cadenas*, «<https://www.skf.com/mx/products/power-transmission/chains>,» 08 octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.skf.com/mx/products/power-transmission/chains>.
- [5] B. Hamrock , *Elementos de máquinas*, Primera edición. Mc Graw Hill., (2000).



XIII Congreso Internacional de instalaciones ELECTROMECÁNICAS

“SEGURIDAD Y CONTROL EN LAS INSTALACIONES”