

ISSN 2523-6776

Volumen 3, Número 9 — Enero — Marzo - 2019

# Revista de Ingeniería Tecnológica



## **ECORFAN®**

### **Editor en Jefe**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

**Revista de Ingeniería Tecnológica**, Volumen 3, Número 9, de Enero Marzo 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: [www.ecorfan.org/taiwan](http://www.ecorfan.org/taiwan), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editor en Jefe: SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC. ISSN: 2523-6776. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

# **Revista de Ingeniería Tecnológica**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales , diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Ingeniería Tecnológica es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales , diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD  
Universidad Central del Ecuador

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

NAZARIO - BAUTISTA, Elivar. PhD  
Centro de Investigacion en óptica y nanofisica

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD  
Institut National Polytechnique de Grenoble

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD  
Academia de Ciencias de Polonia

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD  
Center of Research in Mathematics

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD  
University of Southampton

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD  
Université des Sciencis et Technologies de Lille

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD  
Centro de Microelectrónica de Barcelona

## **Comité Arbitral**

BARRON, Juan. PhD  
Universidad Tecnológica de Jalisco

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

CRUZ - BARRAGÁN, Aidee. PhD  
Universidad de la Sierra Sur

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Tecnológica emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Diseño de reingeniería del sistema de puesta a tierra de un transformador de 300 KVA*, por DOMINGUEZ-DE LA CRUZ, Joel, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Guillermo Miguel, GARRIDO-MELENDEZ, Javier y JIMÉNEZ-RIVERA Jesús, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como segundo artículo presentamos, *Diseño de una Placa de Entrenamiento de Microcontroladores PIC16F877A para la Asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez*, por HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos, TORRES-VALLE, José Bernardo, PEZA-ORTIZ, Edebaldo y GARCÍA-TRINIDAD, Enrique, con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, como tercer artículo presentamos, *Sílice Mesoporosa como encapsulador de materiales de cambio de fase (PCM)*, por GONZÁLEZ-CERVANTES, Nancy, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, CANO-LARA, Miroslava y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen, con adscripción en el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de Guanajuato y el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como cuarto artículo presentamos, *Tecnologías de Mantenimiento industrial en la industria 4.0*, por MERAZ-MÉNDEZ, Manuel, LERMA-HERNÁNDEZ, Claudia y CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Chihuahua, como último artículo presentamos, *Potencial de producción de energía eléctrica en México empleando la circulación del parque vehicular*, por CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe & AGUIRRE-RODRÍGUEZ, Claudia , con adscripción en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Diseño de reingeniería del sistema de puesta a tierra de un transformador de 300 KVA</b> DOMINGUEZ-DE LA CRUZ, Joel, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Guillermo Miguel, GARRIDO-MELENDEZ, Javier y JIMÉNEZ-RIVERA Jesús <i>Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería</i>	1-7
<b>Diseño de una Placa de Entrenamiento de Microcontroladores PIC16F877A para la Asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez</b> HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos, TORRES-VALLE, José Bernardo, PEZA-ORTIZ, Edebaldo y GARCÍA-TRINIDAD, Enrique <i>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez</i>	8-13
<b>Sílice Mesoporosa como encapsulador de materiales de cambio de fase (PCM)</b> GONZÁLEZ-CERVANTES, Nancy, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, CANO-LARA, Miroslava y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen <i>Instituto Politécnico Nacional Universidad de Guanajuato Instituto Tecnológico Superior de Irapuato</i>	14-19
<b>Tecnologías de Mantenimiento industrial en la industria 4.0</b> MERAZ-MÉNDEZ, Manuel, LERMA-HERNÁNDEZ, Claudia y CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe <i>Universidad Tecnológica de Chihuahua</i>	20-24
<b>Potencial de producción de energía eléctrica en México empleando la circulación del parque vehicular</b> CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe & AGUIRRE-RODRÍGUEZ, Claudia <i>Universidad Tecnológica de San Juan del Río</i>	25-30



**Diseño de reingeniería del sistema de puesta a tierra de un transformador de 300 KVA****Re-engineering desing of the grounding system of a 300 KVA transformer**

DOMINGUEZ-DE LA CRUZ, Joel†, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Guillermo Miguel, GARRIDO-MELENDZ, Javier y JIMÉNEZ-RIVERA Jesús

*Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería*ID 1<sup>er</sup> Autor: *Joel, Dominguez-De La Cruz* / ORC ID: 0000-0003-3574-3480, arXiv Author ID: joeldguez89, CVU CONACYT ID: 1001051ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Guillermo Miguel, Martínez-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0001-9760-7893, arXiv Author ID: Guillermo#2, CVU CONACYT ID: 947594ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Javier, Garrido-Melendez* / ORC ID: 0000-0001-9143-408X, Researcher ID Thomson: C-9373-2018ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Jesús, Jiménez-Rivera* / ORC ID: 0000-0002-3134-6405, Researcher ID Thomson: T-2722-2018, CVU CONACYT ID: 599539

DOI: 10.35429/JTEN.2019.9.3.1.7

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

**Resumen**

Se presenta un diseño de reingeniería de un sistema de puesta a tierra (SPT) de un transformador de 300 KVA de la Universidad Veracruzana, como antecedente se hicieron mediciones al transformador con un analizador de calidad de energía, de los datos medidos y analizados se detectaron altos valores de armónicos en el neutro, se deduce que el problema es en el SPT, para verificar lo anterior se realizaron mediciones con un equipo probador de electrodos de conexión a tierra, obteniendo alta resistencia en las varillas del SPT, la cual no cumple con la NOM-001-SEDE-2012, además se simuló los potenciales de contacto y paso con ayuda del software ETAP mostrando una diferencia de potencial peligrosa para el ser humano, se propone una metodología para el diseño y reingeniería del SPT del transformador mediante análisis del sistema actual, cálculos y simulaciones utilizando el software ETAP, obteniendo valores que cumplan con la normativa y lo más importante que brinden seguridad a las personas y equipos.

**Puesta a tierra, Armónicos, Neutro****Resumen**

Re-engineering design of grounding system (GS) is presented of a 300 KVA transformer from the Universidad Veracruzana, as a background measurements were made to transformer with an power quality analyzer, from the measured and analyzed data high values were detected of harmonics in the neutral, we deduce that the problem is in the GS, to verify the above, measurements were made with a grounding electrode tester, obtaining high resistance in the rods of GS, this value fail with respect to norm NOM -001-SEDE-2012, also, the contact and step potentials were simulated with the help of ETAP Software showing a dangerous potential difference for the human being, a methodology is proposed for the design and re-engineering of SG of the transformer through actual system analysis, calculations and simulations using ETAP software, obtaining values that comply with the normative and most importantly that provide security to people and equipment's .

**Grounding, Harmonics, Neutral**

**Citación:** DOMINGUEZ-DE LA CRUZ, Joel, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Guillermo Miguel, GARRIDO-MELENDZ, Javier y JIMÉNEZ-RIVERA Jesús. Diseño de reingeniería del sistema de puesta a tierra de un transformador de 300 KVA. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2019. 3-9: 1-7

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Un sistema de puesta a tierra (SPT) comprende todas las instalaciones de conexión a tierra interconectadas en un área específica [1]. Sin un sistema de puesta a tierra eficaz, podríamos vernos expuestos a riesgos de descargas eléctricas, problemas de distorsión de armónicos y problemas de factor de potencia [3].

La universidad Veracruzana cuenta con un transformador de 300 KVA el cual se analizó la calidad de energía, encontrándose fallas en el neutro. Con los datos obtenidos de las mediciones se deduce que el motivo de la falla es el SPT. Se realiza un diseño de reingeniería para el SPT con el objetivo de mejorar la seguridad en las personas alrededor del equipo y la seguridad de este.

En este trabajo, en la sección dos, se explica el análisis del sistema eléctrico con los datos obtenidos de las mediciones, así como los comportamientos de las ondas sinusoidales del transformador, el diagrama fasorial y armónicos. En la sección tres se analiza el SPT, se simula los potenciales de contacto y de paso mediante el software ETAP. En la última sección se realiza un diseño del SPT con cálculos y simulaciones con el software ETAP.

## Análisis del sistema del sistema eléctrico actual

El transformador para analizar se encuentra ubicado en el lado oriente de la Universidad Veracruzana de 300 kVA, 13.2kV/220-127V con una conexión delta-estrella  $\Delta$ -Y tipo ON-AN; con impedancia de  $Z= 4.6\%$  marca DALTON.

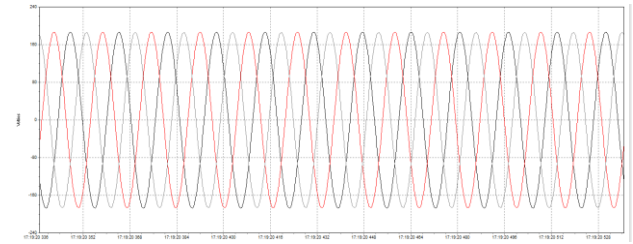
Se realizaron mediciones con el analizador de calidad de energía Fluke 435-II. Con los datos obtenidos se realizan los siguientes análisis:

- Forma de onda de Voltajes y Corrientes.
- Diagrama fasorial
- Armónicos

## Análisis de Forma de onda de V y I

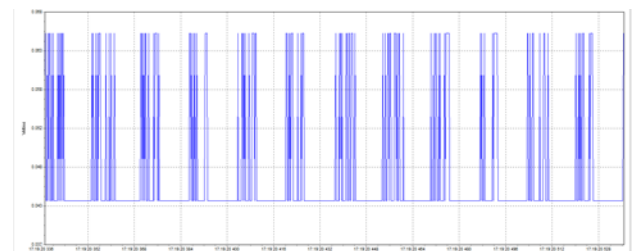
En la Figura 1 se muestra el comportamiento de las ondas sinusoidales de voltaje en las fases del transformador, se puede observar que las ondas no presentan ninguna distorsión.

En la Figura 2 y 3 se muestra la forma de onda sinusoidal de voltaje y corriente del neutro respectivamente, se observa que las ondas presentan distorsión en ambas.



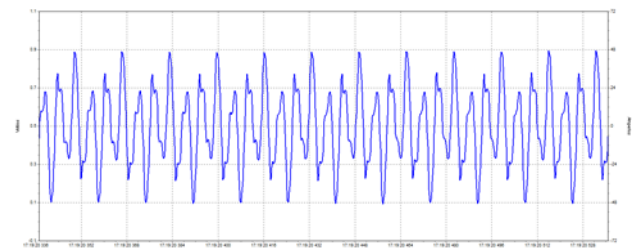
**Figura 1** Ondas sinusoidales de voltaje en fases

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 2** Onda sinusoidal de voltaje en el neutro

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 3** Onda sinusoidal de corriente en el neutro

Fuente: Elaboración Propia

## Análisis del diagrama fasorial

En la Figura 4 se muestra el diagrama fasorial de corriente, se puede observar un desbalance de:

- Fase A muestra desbalance de  $-7^\circ$
- Fase B muestra desbalance de  $-7^\circ$
- Fase C muestra desbalance de  $-2^\circ$

Una de las causas de tener un aumento de corriente en el neutro es por desbalance en las cargas [5]. Con base en los valores de desbalance en las fases se descarta la posibilidad de que la corriente en el neutro sea ocasionada por este.

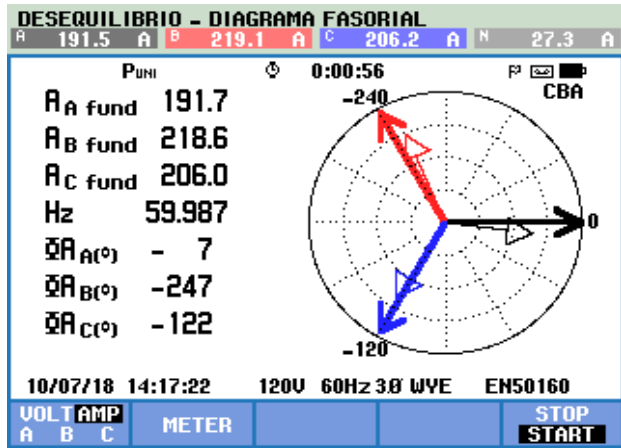


Figura 4 Diagrama de espectros de armónicos de corriente  
Fuente: Elaboración Propia

**Análisis de Armónicos**

En la figura 5 se muestra el diagrama de espectros de armónicos de voltaje de las fases. En las fases se obtuvo un THD del 0.4% de armónicos de voltaje, en la Figura 6 se muestra el diagrama de espectros de armónicos de voltaje en el neutro, obteniendo un THD de 95.6%, se puede notar que sobresalen los armónicos de secuencia cero, los cuales afectan al neutro [4].

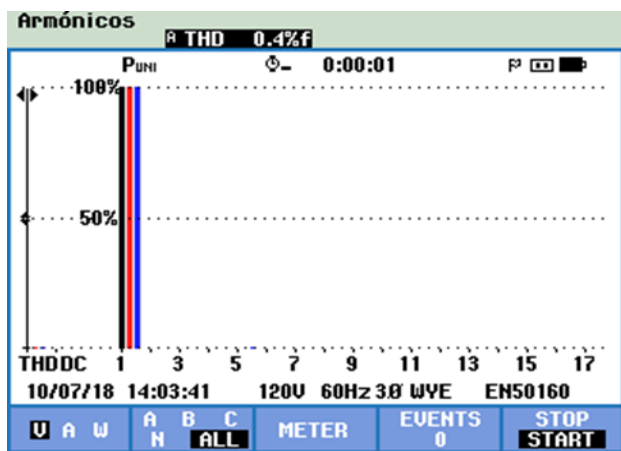


Figura 5 Diagrama de espectros de armónicos de voltaje  
Fuente: Elaboración Propia

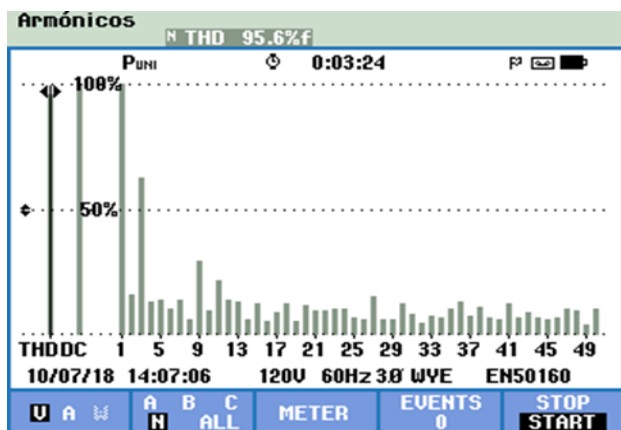


Figura 6 Diagrama de espectros de armónicos de voltaje en el neutro  
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 7 se muestra el diagrama de espectros de armónicos de corriente en el neutro, la cual muestra un THD de 231.7%, los armónicos más sobresalientes son los de secuencia cero.

Con los datos obtenidos podemos concluir que el aumento de corriente es debido a las cargas no lineales que generan armónicos de secuencia cero. Las cargas no lineales son aquellas donde su impedancia está en constante cambio de acuerdo con la tensión aplicada, esto significa que la corriente consumida por la carga no lineal no será sinusoidal, en otras palabras, la corriente que fluye a través de ellas no se comporta de acuerdo con la ley de Ohm

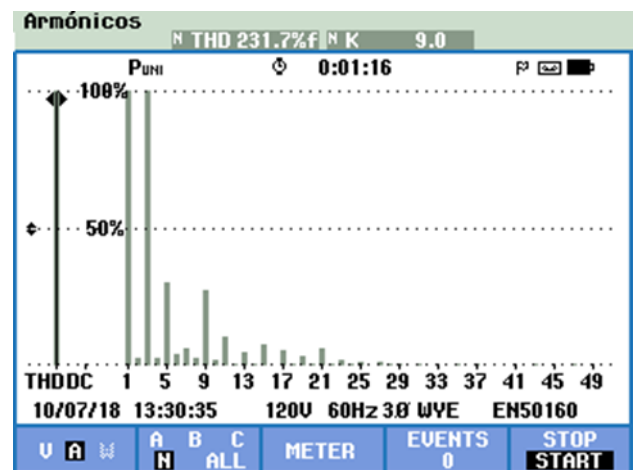


Figura 7 Diagrama de espectros de armónicos de corriente en el neutro  
Fuente: Elaboración Propia

Para comprobar que una carga no lineal se pueden inyectar armónicos de secuencia cero (3ro, 9no, 15vo, etc.) al neutro de una red trifásica se realizó una simulación empleando el software de simulación de Matlab-Simulink como se muestra en la Figura 8.

Se utilizó como carga no lineal 3 rectificadores monofásicos de 4 pulsos con una carga RL. En la Figura 9 se muestra los armónicos de secuencia cero en el neutro.

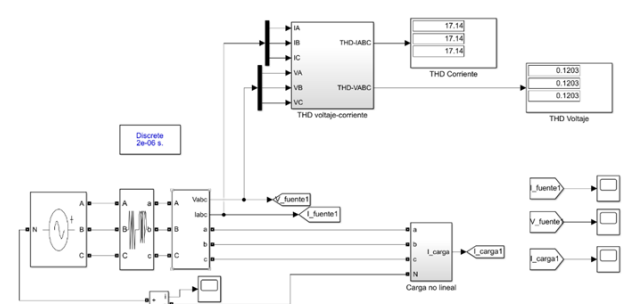
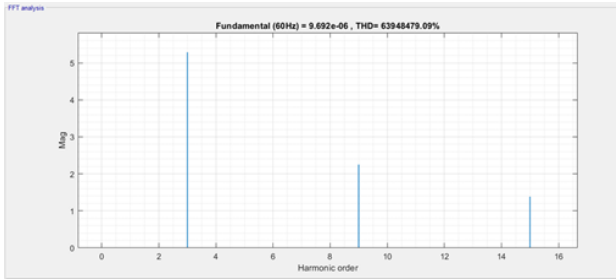


Figura 8 Sistema simulado por simulink.  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 9** Sistema simulado por simulink.  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Análisis del SPT

El SPT se encuentra conectado en paralelo con el neutro del transformador, al destapar el registro del transformador se observó que solo cuenta con dos varillas interconectadas entre sí con una separación aproximada de  $dv=30$  cm como se muestra en la Figura 10, se considera que el problema es el SPT. Para verificar las condiciones de este, se optó por hacer mediciones de resistencia a las varillas. Se utilizó un probador de electrodos de conexión a tierra. El método de wenner se utilizó para la medición de las varillas. La resistencia de las varillas dio un valor de  $R=8 \Omega$  como se muestra en la Figura 13, mientras que la norma [2] dicta que el valor mínimo son  $5 \Omega$ .



**Figura 10** varillas del sistema de puesta a tierra  
Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 11** resultado del equipo de medición  
Fuente: *Elaboración Propia*

Por medio de la formula (1) se calcula la resistividad  $\rho$  del terreno.

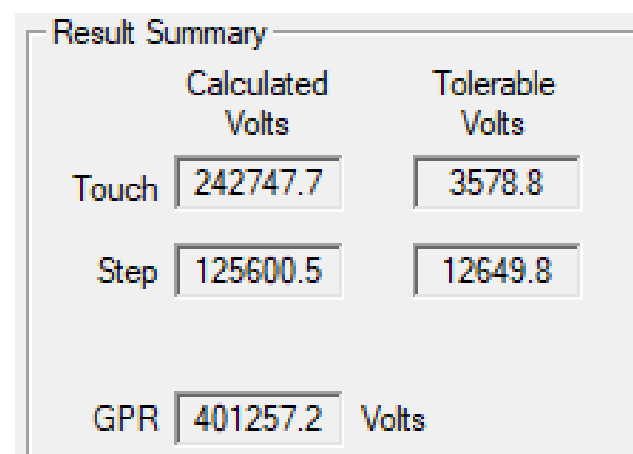
$$\rho = (2\pi)(dv)(R) = 150.79 \Omega m \quad (1)$$

donde:  $dv$  es la distancia entre varillas y  $R$  es la resistencia medida.

Debido a que el transformador tiene una resistencia muy alta en el sistema de tierra además de estar ubicado en una zona donde transitan estudiantes se consideró necesario calcular y simular los voltajes de contacto y de paso, con ayuda del software ETAP.

El voltaje de paso se genera entre los pies de una persona mientras se está inyectando corriente en el área en que se desplaza, dados los gradientes de potencial en la superficie del suelo. El voltaje de contacto es el que existe entre la mano y ambos pies de una persona, es decir, la diferencia entre el potencial de tierra y el potencial de la superficie en el punto donde la persona que está de pie toca con sus manos una estructura puesta a tierra [6].

Los datos para considerar son: El cortocircuito que se calcula con la formula (2), el peso promedio de 70 Kg, el tiempo de falla de 0.08 s. y el X/R de 2.5%. Obteniendo el resultado mediante el software ETAP de la Figura 14.



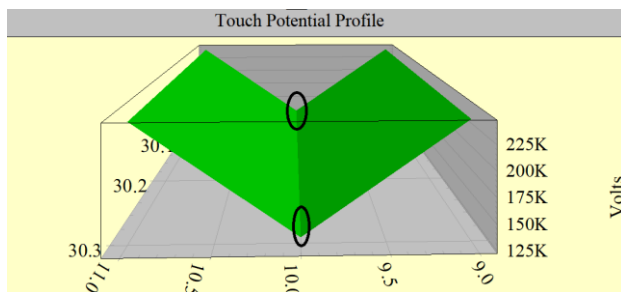
**Figura 12** Resultados de los cálculos del estado actual ETAP

Fuente: *Elaboración Propia*

El potencial de contacto de 242747.7 V y el potencial de paso de 125600.5 V exceden el valor tolerable para el ser humano como se muestra en la Figura 12.

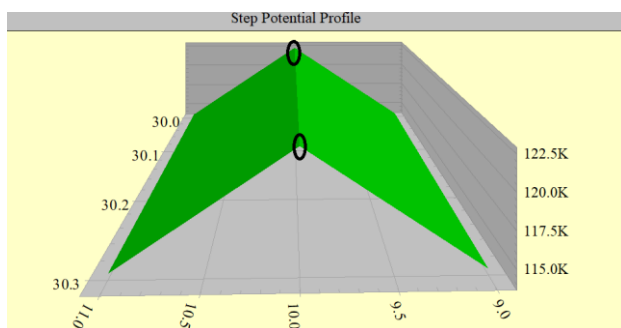


En las gráficas de las simulaciones se muestra la distancia en metros en el eje x y el voltaje en el eje y. En la figura 13 se muestra la simulación del potencial de contacto, se obtuvo niveles que exceden el valor tolerable para el ser humano. En los óvalos se encuentran las varillas del SPT, se observa que en las varillas es la zona con menos voltaje y mientras que se aleja esta aumenta considerablemente. En la simulación no existe zona segura, los colores solo muestran los diferentes niveles de voltaje.



**Figura 13** Potencial de contacto en el estado actual ETAP  
 Fuente: *Elaboración Propia*

En la Figura 14 se muestra la simulación del potencial de paso realizado mediante el software ETAP, las varillas son el punto más alto de voltaje, se muestran como óvalos, el cual disminuye mientras se aleja, sin embargo, no hay zonas seguras.



**Figura 14** Potencial de paso en el estado actual ETAP  
 Fuente: *Elaboración Propia*

Con los cálculos y simulaciones obtenidos se llegó a la conclusión que los potenciales de contacto y de paso no son los adecuados para el ser humano.

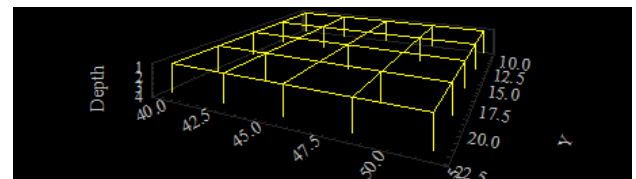
Los armónicos medidos también afectan debido que a medida que aumenta la frecuencia, aumenta el módulo de impedancia de puesta a tierra [7], por lo que se propone una malla de puesta a tierra al transformador.

### Diseño de reingeniería del SPT

En esta etapa se diseña una malla de puesta a tierra del transformador en donde se considerarán los siguientes puntos:

- Cálculos de la malla
- Potencial de contacto en ETAP
- Potencial de paso en ETAP

La malla elaborada en el software ETAP cuenta con una dimensión de 12 x 12 m con área de  $A = 144 \text{ m}^2$ , teniendo 5 conductores en el lado horizontal y 5 en el vertical. Las varillas se encuentran en varias intersecciones de la malla siendo un total de 21 varillas con una longitud de 3.05 metros como se muestra en la Figura 15



**Figura 15** Malla de puesta a tierra ETAP  
 Fuente: *Elaboración Propia*

Se propone tener una capa superficial de grava de 25 cm con una resistividad superficial  $\rho_s = 8534 \Omega\text{-m}$  dada por ETAP.

### Cálculos de la malla del SPT

Los cálculos se basaron de acuerdo con la norma IEEE 80. La corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  se calculó con la fórmula de bus infinito siendo  $I = 787.296 \text{ A}$  la corriente nominal de placa del transformador.

$$I_{cc} = \frac{I}{Z} = 17115.13 \text{ A} \quad (2)$$

El primer paso para el diseño de la malla de puesta a tierra es calcular el calibre del conductor de puesta a tierra A con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\log_{10} \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}} \quad (3)$$

$$A = 20601.76 \text{ Circular Mils}$$

Donde:

$I_{cc}$  - Corriente de cortocircuito

$T_m$  - Temperatura máxima de fusión =  $1084^\circ\text{C}$

$T_a$  - Temperatura ambiente =  $35^\circ\text{C}$

El calibre calculado es el 7 AWG ( $10.55\text{mm}^2$ ). De acuerdo con la norma oficial mexicana, el calibre mínimo del conductor del electrodo de tierra se determina por medio de la tabla 250-66. La norma ANSI/IEEE std 80 recomienda como calibre mínimo el 4/0 AWG ( $11.684\text{ mm} = 0.011684\text{ m}$ ) por lo que se tomará este calibre.

El siguiente paso es calcular la longitud  $L$ , con esta longitud se mantendrá una tensión de malla dentro de los límites de seguridad, para esto primero se debe calcular los coeficientes  $n$ ,  $K_m$  y  $K_i$

$$n = No. cp - 2 = 3 \quad (4)$$

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln\left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot D_c}\right) + \frac{1}{\pi} \ln\left[\frac{3}{4} x \frac{5}{6} x \frac{7}{8}\right] \quad (5)$$

$$K_m = 0.481$$

$$k_i = .65 + .172 * No. cp \quad (6)$$

$$k_i = 1.166$$

$$L = \frac{k_m * k_i * \rho * I_{cc} * \sqrt{t}}{116 + .117 * \rho_s} \quad (7)$$

$$L = 351.58\text{ m}$$

Donde:

$No. cp$  - número de conductores en paralelo = 5

$D$  - Espaciamiento entre conductores = 3 m

$h$  - profundidad de enterramiento = 0.7 m

$D_c$  - Diámetro del calibre

$\rho_s$  - Resistividad superficial

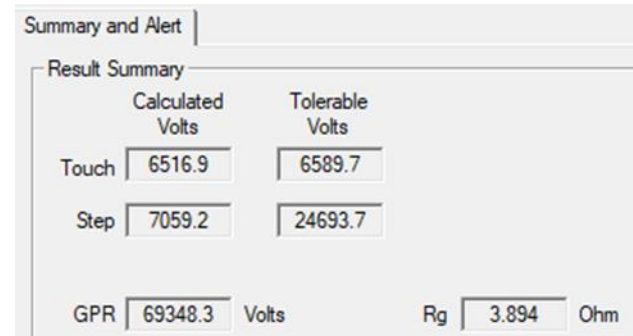
Procedemos a sumar las distancias de las varillas y los conductores resultando una distancia total  $DT$ . En la tabla 1 se muestra la suma total.

Cantidad	Longitud	Total
21 varillas	3.05 metros	64.05 m
10 conductores	12 metros	120 m
		184.05 m

**Tabla 1** suma de total de longitud

Fuente: Elaboración Propia

Siendo  $L$  mayor que la distancia total, se considera aceptable por no exceder los límites de seguridad.



**Figura 16** Cálculos obtenidos de ETAP

Fuente: Elaboración Propia

### Potencial de contacto

Con el software ETAP se calcularon los potenciales de contacto y de paso del nuevo diseño como se muestra en la Figura 16.

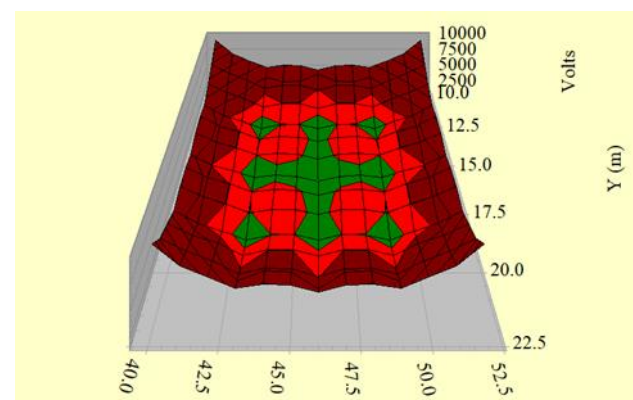
Los valores calculados son:

- Potencial de contacto de 6516.9 V y el valor tolerable de 6589.7 V.
- Potencial de paso de 7059.2 V y el valor tolerable de 24693.7 V.

En la Figura 17 se muestra la simulación del potencial de contacto. Se observa que el punto más seguro es el centro de la malla y mientras se aleja del centro el voltaje aumenta, sin embargo, los voltajes se encuentran por debajo del valor tolerable.

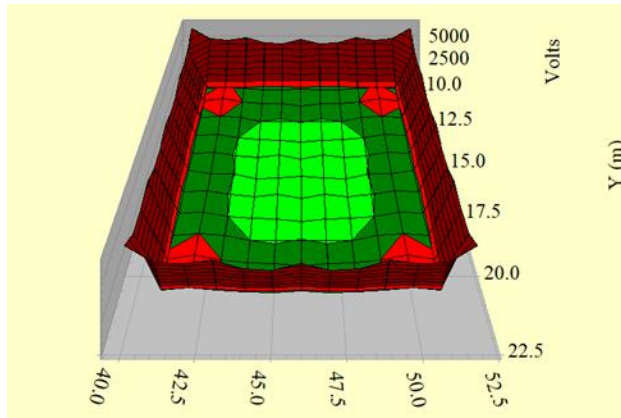
### Potencial de paso

El potencial de contacto simulado como se muestra en la Figura 18, muestra un voltaje bajo en el área de la malla mientras que esta se eleva en los extremos, sigue por debajo del tolerable.



**Figura 17** Simulación del potencial de contacto ETAP

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 18** Simulación del potencial de paso ETAP  
 Fuente: *Elaboración Propia*

## Resultados

En el análisis de los armónicos se detectaron fallas en el neutro, la onda sinusoidal del neutro se ve afectada debido a los armónicos de secuencia cero. Las simulaciones con simulink comprobaron que las cargas no lineales pueden afectar al neutro. Las altas frecuencias afectan a la impedancia del SPT por lo que las mediciones realizadas a las varillas del SPT mostraron una resistividad muy alta.

Debido a que se supuso que la causa de las fallas es el SPT se optó por calcular los valores de potenciales de paso y de contacto, resultando en una diferencia de potencial peligrosa para el ser humano.

Con el diseño de reingeniería se calculó y se simuló la malla y los potenciales de paso y de contacto mostrando diferencias de potenciales tolerables para el ser humano.

## Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

## Conclusiones

La instalación inadecuada del SPT afecta a los transformadores, lo que provoca que se tenga una resistencia alta por lo que el flujo de corriente no es óptimo, como consecuencia se obtienen fallas en el neutro, calentamiento del equipo y potenciales de paso y de contacto peligrosos para el ser humano.

En el diseño del SPT se plantea mejorar el flujo de la corriente de falla por medio de una malla de puesta a tierra, esto se comprobó con simulaciones con el software ETAP. Este diseño se pretende implementar físicamente en el futuro.

## Referencias

- [1] IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding. IEEE Std 80-2000.
- [2] Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas.
- [3] Resistencia de puesta a tierra FLUKE, Principios, métodos de comprobación y aplicaciones.
- [4] Qipeng Song. A Novel Approach to Eliminate Zero-sequence Harmonics Current. Key Laboratory of Power System Protection and Dynamic Monitoring and Control under Ministry of Education University. Beijing, China.
- [5] Luis Fernando Gallego B. (2003). Armónicos y problemas de “power quality” en el conductor de neutro de sistemas trifásicos. Scientia et Technica.
- [6] Pablo Días. (2001). Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución. México: McGraw-Hill.
- [7] Lijun Zhou. Calculation Method for Harmonic Impedance of Traction Substation Grounding Grid. Chengdu, China.

## Diseño de una Placa de Entrenamiento de Microcontroladores PIC16F877A para la Asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

### Design of a Training Board of Microcontrollers PIC16F877A for the Process Control with Microcontrollers subject of the Mechatronics Engineering degree at Fidel Velázquez University

HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos<sup>†\*</sup>, TORRES-VALLE, José Bernardo, PEZA-ORTIZ, Edebaldo y GARCÍA-TRINIDAD, Enrique

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Av. Emiliano Zapata S/N, El Tráfico, C.P. 54400, Villa Nicolás Romero, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Carlos, Hernández-Borja* / ORC ID: 0000-0002-8138-9016, Researcher ID Thomson: S-4792-2018

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *José Bernardo, Torres-Valle* / ORC ID: 0000-0002-4302-1640, Researcher ID Thomson: W-7170-2019

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Edebaldo, Peza-Ortiz* / ORC ID: 0000-0003-0236-883X

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Enrique, García-Trinidad* / ORC ID: 0000-0003-2875-0500, CVU CONACYT ID: 271440

DOI: 10.35429/JTEN.2019.9.3.8.13

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

#### Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de una placa de entrenamiento con el microcontrolador PIC16F877A de la marca Microchip, que servirá de apoyo en las prácticas, principalmente, en la asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera en Ingeniería en Mecatrónica de la División Académica en Mantenimiento Industrial y Mecatrónica de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV). Con el diseño de esta placa y su futura construcción, los estudiantes y profesores de la carrera del área académica mencionada, tendrán una herramienta más accesible para que puedan realizar las prácticas de cada uno de los temas que abarca la signatura. La placa está integrada básicamente por una fuente de voltaje de corriente directa (CD), el zócalo que monta al microcontrolador PIC16F877A, un módulo de programación y depuración, la interfaz de comunicación seriales RS-232 e I2C, ocho indicadores LED, un teclado matricial 3x4, un zumbador, dos módulos de tres display de siete segmentos cada uno, una pantalla LCD 16x2, un puente H, para control de motores y un módulo de ocho relevadores.

**PIC16F877A, Microcontroladores, Microchip**

#### Abstract

This paper presents the design of a training plate with the microcontroller PIC16F877A of the Microchip brand, which will support the internship, mainly, in the subject of Process Control with Microcontrollers of the Mechatronics Engineering career of the Industrial Maintenance and Mechatronics Academic Division from Fidel Velázquez University (UTFV). With the design of this plaque and its future construction, students and professors of the aforementioned academic area career will have a more accessible tool so that they can carry out the practices of each of the subjects covered by the signature. The board is basically composed of a direct current (CD) voltage source, the socket that mounts the PIC16F877A microcontroller, a programming and debugging module, the RS-232 and I<sup>2</sup>C serial communication interface, eight LED indicators, a matrix keypad 3x4, a buzzer, two modules with three displays of seven segments each, a 16x2 LCD screen, an H bridge, for motor control and an eight relay module.

**PIC16F877A, Microcontrollers, Microchip**

**Citación:** HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos, TORRES-VALLE, José Bernardo, PEZA-ORTIZ, Edebaldo y GARCÍA-TRINIDAD, Enrique. Diseño de una Placa de Entrenamiento de Microcontroladores PIC16F877A para la Asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2019. 3-9: 8-13

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: ch\_borja@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

Se muestra el diseño de una placa electrónica de entrenamiento para el Microcontrolador PIC16F877A. En la placa se podrá llevar a cabo la escritura del programa en el Microcontrolador PIC y también el entrenamiento de diferentes aplicaciones, como son: control y manejo de entradas y salidas digitales, conversión de señales analógicas a digitales, control de motores de CD y comunicación serial.

Para el diseño de la placa se muestra cada una de las partes que lo conforma como son fuente de voltaje, pulsadores, indicadores, actuadores, controladores, así como el mismo microcontrolador.

La placa de circuito impreso (PCB – Printed Circuit Board) es diseñada mediante la herramienta de software Altium. El diseño básicamente consiste en convertir el diagrama del circuito en un plano que contenga la colocación de los componentes, las pistas de conexión eléctrica y los puntos de contacto, así como entradas y salidas del circuito.

La placa electrónica será de gran utilidad para la realización de las prácticas de la asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la UTFV debido a que no existe el material requerido. Regularmente se opta porque los estudiantes comprendan el material, pero este queda fuera de su presupuesto debido al costo elevado, y si se organizan equipos de trabajo, no todos pueden participar al mismo tiempo con el armado y funcionamiento del circuito.

Por lo que, el diseño que se propone para este trabajo servirá como propuesta para que se puedan construir las placas suficientes para la asignatura, además de que los estudiantes podrán enfocar su estudio en la programación del microcontrolador PIC16F877A y sus posibles aplicaciones como son el manejo de puertos de Entrada/Salida, subrutinas, tablas, interrupciones, temporizadores, módulo de conversión Analógica/Digital y comunicación serial.

## Objetivos

### Objetivo General

Realizar el diseño de una placa de entrenamiento para el Microcontrolador PIC16F877A.

### Objetivos Específicos

- Utilizar una herramienta de diseño por software para el desarrollo de la placa de circuito impreso (PCB).
- Configurar en la placa los componentes electrónicos que permitan practicar con el PIC en diferentes aplicaciones de control.

## Diseño de la Placa de Entrenamiento

### Fuente de Alimentación de Voltaje de CD

Para el diseño de la fuente de voltaje se emplean dos reguladores de voltaje de CD, 5V y 12V de matrícula LM7805 y LM7812 respectivamente. La fuente sirve para proporcionar la energía necesaria a todos los componentes que integran la placa de entrenamiento. Ver Figura 1.

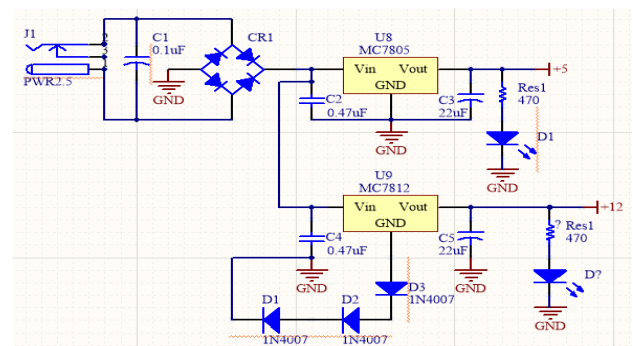


Figura 1 Fuente de alimentación de Voltaje

### Base para el Microcontrolador PIC

En la figura 2 se muestra el diseño de la base para el Microcontrolador PIC16F877A que consta de 40 pines. También se muestra el circuito de RESET y el oscilador que requiere el microcontrolador para operar, este último consta de un cristal de cuarzo de 4MHz y 2 condensadores de 22pF.

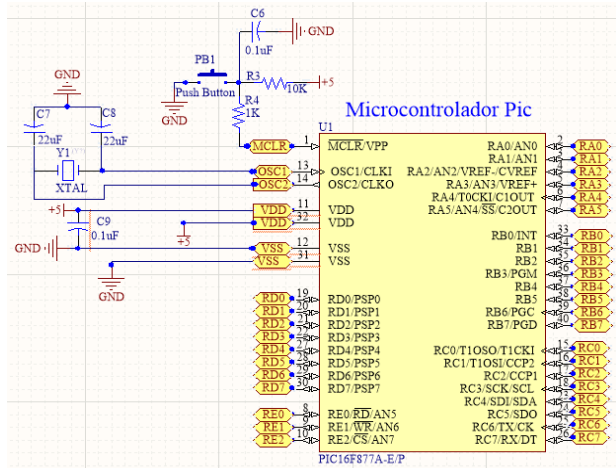


Figura 2 Base para el Microcontrolador PIC16F877A

**Módulo de Depuración en Circuito MPLAB ICD**

Este módulo, que se muestra en la figura 3, permite la programación y depuración del Microcontrolador PIC mediante el MPLAB ICD de Microchip.

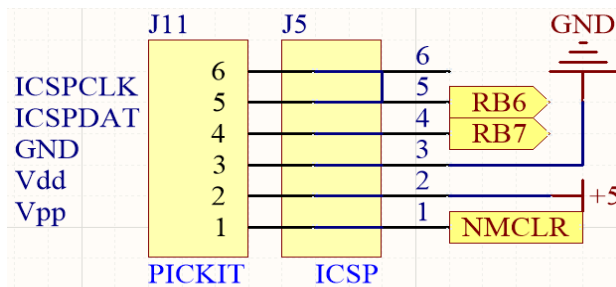


Figura 3 Conector ICD

**Sistema de Comunicación Serial RS-232C**

Esta etapa del diseño se implementa un módulo para la transmisión (Tx) y recepción (Rx) de datos con otros dispositivos a través de la comunicación serial utilizando el protocolo estándar RS-232C. El puerto físico empleado es un conector DB9 y además se emplea el circuito integrado MX232N para el acoplamiento de los niveles de la señal de transmisión. Como se muestra en la figura 4.

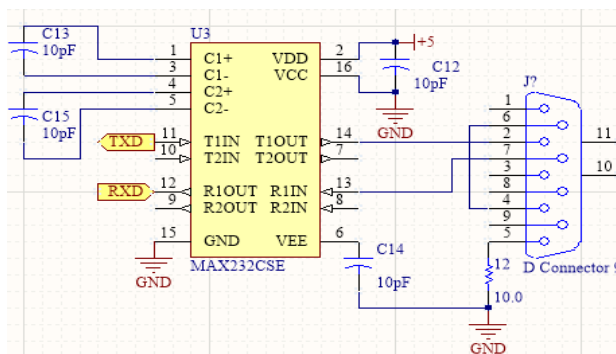


Figura 4 Módulo de Comunicación Serial RS-232C

**Indicadores de tipo LED**

A la salida del puerto B del Microcontrolador se tienen conectados ocho LED's que corresponden a cada uno de los pines del puerto. En la figura 5 se muestra el modo en que están conectados.

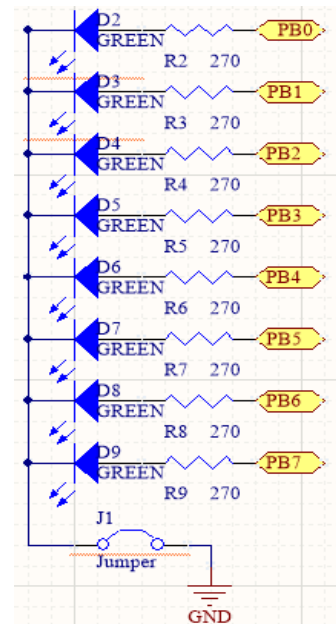


Figura 5 Indicadores LED conectados al puerto B

**Teclado Matricial 3x4**

Se implementa un teclado matricial con doce botones mediante 3 filas (A, B y C) y 4 columnas (1, 2, 3 y 4) con el propósito de reducir el número de pines de conexión a las entradas del microcontrolador. Esto es en lugar de ocupar 12 pines solo serán 7. El diagrama de conexión se muestra en la figura 6.

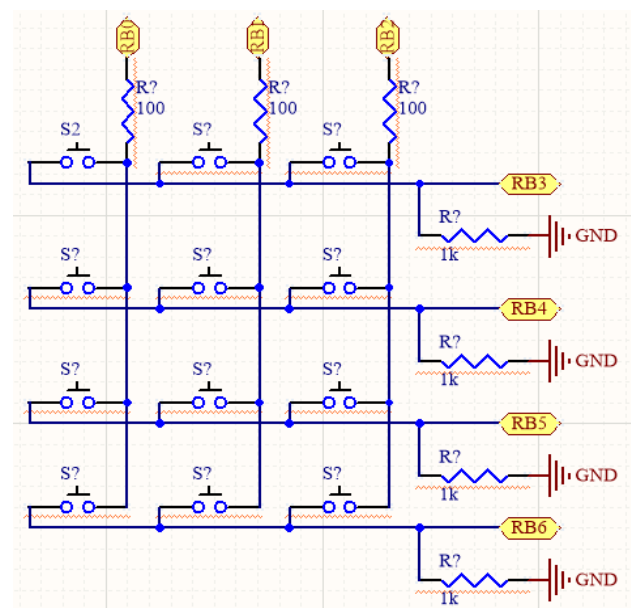


Figura 6 Conexión del teclado matricial al microcontrolador

### Zumbador

Un zumbador, que se conecta a una de las salidas del puerto C del microcontrolador. Ver figura 7.

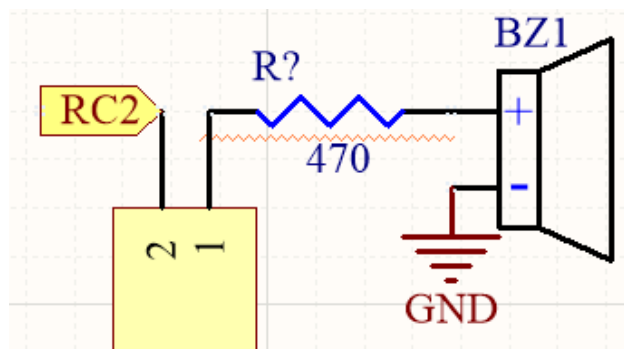


Figura 7 Zumbador

### Display de 7 Segmentos

Se cuenta con dos módulos de tres display de 7 segmentos conectados a los pines de salida del PIC. Ver figura 8.

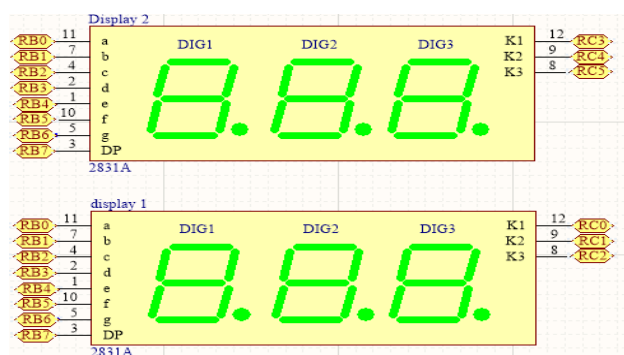


Figura 8 Módulos de Display de 7 Segmentos

### Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable Eléctricamente (EEPROM) con el Bus I<sup>2</sup>C

Se incluye una EEPROM serial CMOS I<sup>2</sup>C de 32K x 8 con el 24LC256 y un reloj de tiempo real I<sup>2</sup>C serial de 64 x 8 con el DS1307Z como se muestra en la figura 9.

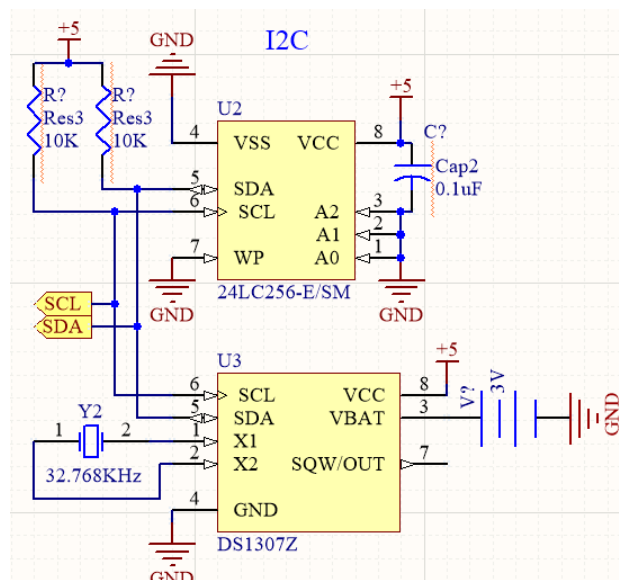


Figura 9 EEPROM y reloj en tiempo real

### Pantalla Display de Cristal Líquido (LCD)

La placa cuenta con una pantalla LCD de 16x2 (ver figura 10), esto es 2 líneas de 16 caracteres cada una. El voltaje requerido es de 5V a 5mA. El bus de datos de la pantalla se comunica con la parte baja del puerto D (PD0 – PD3), 4 bits del PIC y el bus de control con los siguientes 3 bits del puerto D (PD4 – PD6).

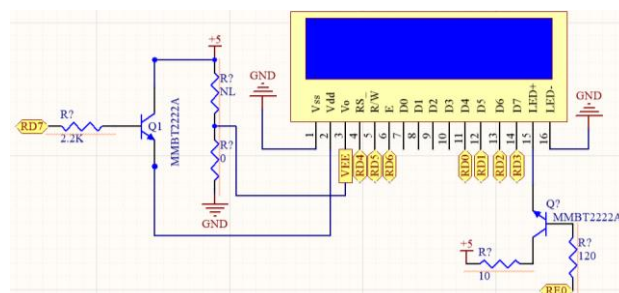


Figura 10 Pantalla LCD

### Puente H

Como se observa en la figura 11, se implementa el puente H con el circuito integrado L293B para el control de motores de CD bidireccional.

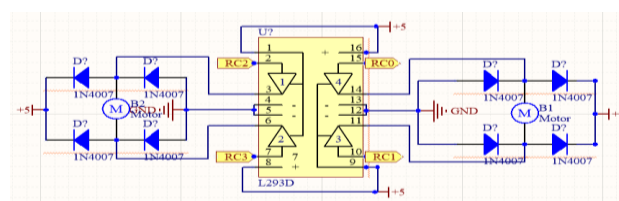


Figura 11 Puente H



## Módulo de relevadores

Un módulo control de 8 relevadores se conectan al Microcontrolador mediante el circuito integrado ULN2803 (Arreglo de Transistores Darlington).

## Resultados

Se diseña una placa de entrenamiento para el PIC16F877A con la configuración de todos los componentes requeridos para realizar las prácticas requeridas y cubrir el contenido temático de la asignatura Control de Procesos con Microcontroladores.

El diseño de la placa electrónica se realiza con utilización de la herramienta de software de ingeniería electrónica asistida PROTEL de ALTIUM.

En la figura 12 se muestra el plano del diseño de componentes en la placa electrónica de entrenamiento.

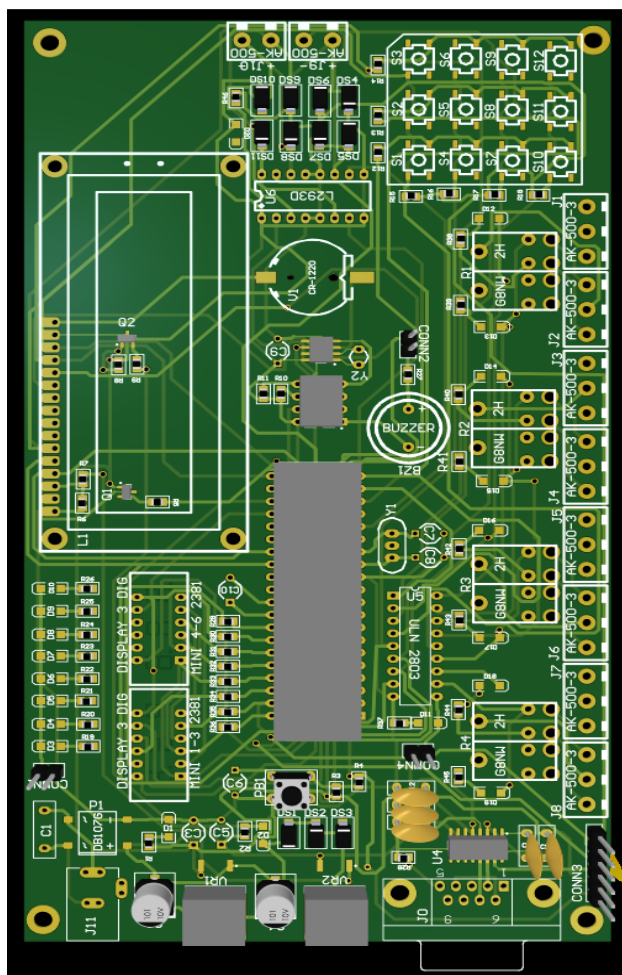


Figura 12 Placa de componentes electrónicos

En la figura 13 se muestra el plano del diseño con dos capas de pistas conductoras dibujadas en azul y rojo.

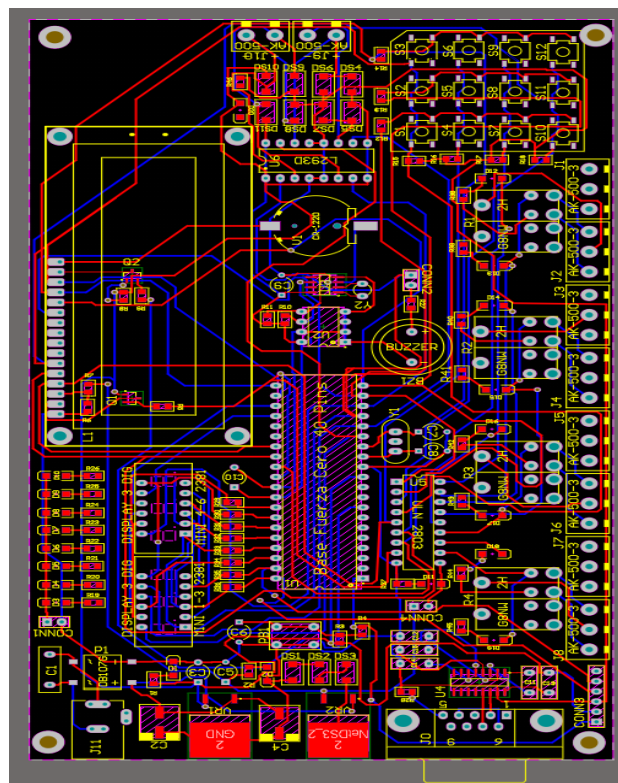


Figura 13 Placa de circuito impreso de dos pistas

## Agradecimientos

A los alumnos Elvis Alejandro Pineda Urieta y David Ricardo Martínez Rico, egresados de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, así como también agradecer a la División Académica de Mantenimiento Industrial y Mecatrónica de dicha Institución por el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo.

## Conclusiones

Se obtiene el diseño de una placa de circuito impreso (PCB) utilizando la herramienta de software Altium. La placa electrónica de entrenamiento se ha destinado para que posteriormente puedan construirse varias de ella con el fin de ser utilizadas en las prácticas de laboratorio para la asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores.

El diseño de la placa contiene todos los componentes y elementos requeridos para el desarrollo de cada una de las prácticas propuestas para la asignatura. Y además, la placa también tendrá la capacidad de ser utilizada para diferentes aplicaciones para el control de procesos.

## Referencias

Angulo José, Romero Susana y Angulo Ignacio (2006). *Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones 2ª. Parte PIC16F87X y PIC18FXXX*. McGraw-Hill Interamericana. Ed. 2.

Microchip (2004). *MPLAB® IDE PICSTART® PLUS USER'S GUIDE*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51028f.pdf>. Microchip Technology Inc.

Microchip (2009). *Compiled Tips 'N Tricks Guide*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/01146B.pdf>. Microchip Technology Inc.

Microchip (2013). *PIC16F87XA Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf>. Microchip Technology Inc.

Torres Portero Manuel y Miguel A. (2005). *Diseño e ingeniería electrónica asistida con PROTEL DXP*. Alfaomega Ra-Ma.

## Sílice Mesoporosa como encapsulador de materiales de cambio de fase (PCM)

### Mesoporous silica as a phase change material encapsulator (PCM)

GONZÁLEZ-CERVANTES, Nancy<sup>1†</sup>, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes<sup>2</sup>, CANO-LARA, Miroslava<sup>3</sup> y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato, Instituto Politécnico Nacional, Av. Mineral de Valenciana No. 200 Col. Fracc. Industrial Puerto Interior Silao de la Victoria, Guanajuato, México. C.P.36275

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Ex Hacienda de San Matías S/N Colonia San Javier, Guanajuato, Gto, México. C.P.36020

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Departamento de Mecatrónica. Carretera Irapuato-Silao km 12.5 Colonia El Copal.

ID 1<sup>er</sup> Autor: Nancy, González-Cervantes / ORC ID: 0000-0002-0494-9331

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Mercedes, Salazar-Hernández / ORC ID: 0000-0001-8039-8124

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Miroslava, Cano-Lara / ORC ID: 0000-0002-3335-2710

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Carmen, Salazar-Hernández / ORC ID: 0000-0002-6901-2937

DOI: 10.35429/JTEN.2019.9.3.14.19

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

#### Resumen

Hoy en día el uso de fuentes de energía renovable efectivas son temas de investigación, siendo la radiación solar directa una de las mejores fuentes de energía. Sin embargo, el uso de esta forma de energía es optimizada con el desarrollo de tecnologías para su almacenamiento. Una de las técnicas propuestas para el almacenamiento de energía solar es la aplicación de materiales de cambio de fase (PCMs). Varios candidatos de materiales de cambio de fase como orgánicos e inorgánicos y sus mezclas han sido propuestos como almacenadores de energía ya que tienen un elevado calor latente. Sin embargo, una desventaja de estos materiales es su descomposición durante los ciclos de almacenamiento y liberación de energía, por lo cual, en este proyecto se propone encapsular los PCM en redes de sílice mesoporosa con la finalidad de incrementar la estabilidad térmica.

PCM, Sílice mesoporosa, Parafina, DSC

#### Abstract

Today, the effective renewable energy sources are research topics, with direct solar radiation being one of the best sources of energy. However, the use of this form of energy is optimized with the development of technologies for storage (TES). One of the proposed techniques for solar energy storage is the application of phase change materials (PCMs). Several candidates of phase change materials such as organic and inorganic and their mixtures have been proposed as energy storage because they have a high latent heat. However, a disadvantage of these materials is their decomposition during storage and energy release cycles, therefore, in this project it is proposed to encapsulate PCMs in mesoporous silica networks in order to increase thermal stability.

PCM, Mesoporous silica, Parafin, DSC

**Citación:** GONZÁLEZ-CERVANTES, Nancy, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, CANO-LARA, Miroslava y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen. Sílice Mesoporosa como encapsulador de materiales de cambio de fase (PCM). Revista de Ingeniería Tecnológica. 2019. 3-9: 14-19

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: msalazarh@ipn.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los materiales de cambio de fase (*Phase Change Materials*, PCM) son materiales que tienen un elevado calor latente (fusión o ebullición) o sensible; los cuales son empleados como almacenador de energía térmica [1]. Entonces, estos materiales han sido propuestos como nuevos sistemas de almacenamiento de energía (*Thermal Energy Storage*, TES) [2]. La Figura 1 muestra la clasificación de los TES indicando el tipo de materiales que han sido empleados hasta la fecha como PCM (materiales que emplean el calor latente como almacenador de energía). Los PCM pueden ser materiales orgánicos como: las parafinas, ácidos grasos, polímeros, azúcares y mezclas eutécticas; en este caso se utiliza la entalpía latente de cambio de fase de sólido a líquido. Otro tipo de material como PCM son las sales inorgánicas y sales hidratadas, en estos materiales también utilizan el calor latente de fusión o cristalización como posible almacenador de energía [3].

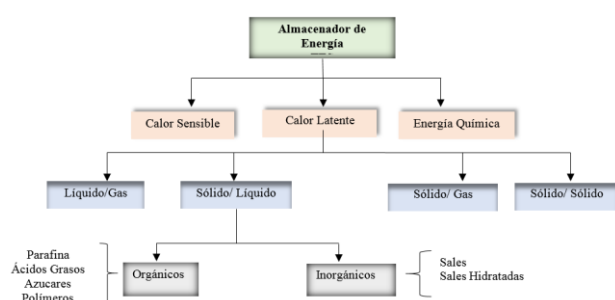


Figura 1 Clasificación de TES

Los PCM tienen como principal desventaja que a ciertos ciclos de uso presentan disminución en las capacidades de transferencia de energía térmica y de almacenamiento; lo anterior se debe principalmente a que durante la transformación de fases el material presenta cambios en el volumen molar [4]. Por lo que hoy en día se busca estabilizar los PCM encapsulándolos en sistemas estables que no disminuyan la capacidad de almacenamiento de energía pero estabilicen la estructura del material durante los procesos de transformación de fases. Entre los sistemas empleados como encapsuladores o estabilizadores de PCM se encuentra la sílice mesoporosa (MS, *Mesoporous Silica*) [5-6]. La MS es una red de sílice que en su interior contiene una gran cantidad de poros donde pueden alojar diferentes tipos de moléculas, entre las cuales se encuentran contaminantes como colorantes [7], plaguicidas [8], metales pesados [9], entre otros.

Entre los PCM que se han encapsulado en MS o nanopartículas de sílice (MSN, *Mesoporous Silica Nanoparticle*) se encuentran los ácidos grasos como son el ácido esteárico [10], ácido laurico [11], ácido adipico [12].

Los materiales de cambio de fase encapsulados en nanopartículas de sílice mesoporosa PCM/MSN son obtenidas principalmente a través de dos métodos de síntesis (véase Figura 2):

- 1) Síntesis Directa: La MSN es sintetizada a través de la metodología del tamiz molecular [4], donde se emplea una molécula de surfactante quien da forma a los poros de la sílice. En esta síntesis se adiciona el PCM de forma directa durante la formación y estructuración de la MSN (Figura 2, Esquema A).
- 2) Impregnación: En este método debe prepararse la MSN para impregnarla del PCM colocándola en contacto con una solución que contenga el PCM (Figura 2, Esquema B) o bien logrando que el PCM se adsorba en los poros de la sílice a través de aplicar presiones elevadas (Figura 2, Esquema C).

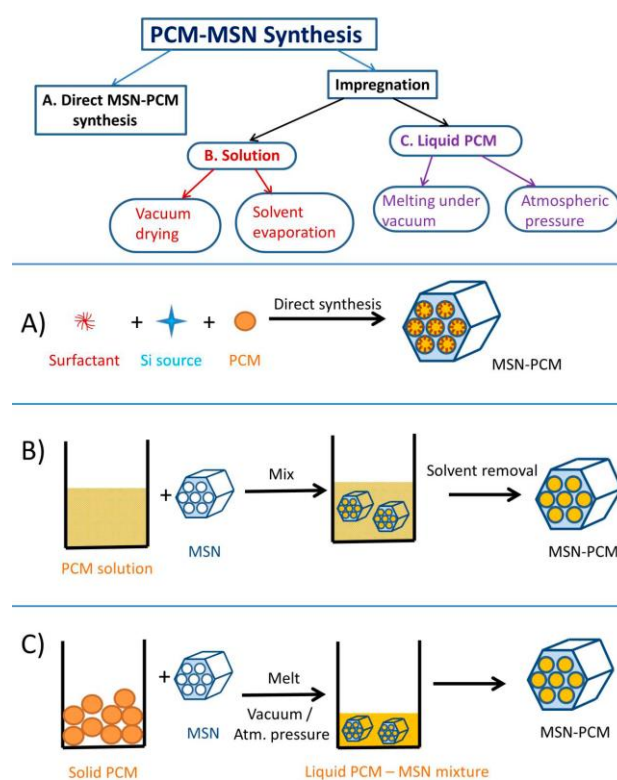


Figura 2 Métodos de obtención de PCM encapsulados en sílice mesoporosa [4]

En este proyecto se propone explorar el encapsulamiento de un aceite vegetal en sílice mesoporosa (PCM/MSN) obtenidos con la metodología del tamiz molecular; se explorará el uso de pluronic como surfactantes que permita aglomerar el aceite para posteriormente depositar la sílice empleando tetraetilortosilicato como precursor. Los PCM/MSN se caracterizan por espectroscopia de infrarrojo para determinar la presencia del aceite dentro de la estructura de la sílice y por DSC para determinar la capacidad de almacenamiento del sistema.

## Metodología

### Materiales

Los PCM/MSN fueron sintetizados empleando tetraetil-orto-silicato (TEOS; 99% Aldrich) como precursor formador de sílice, hidróxido de amonio (30%, J.T. Baker) fue empleado como catalizador sol—gel, Pluronic F-127 (Aldrich) como surfactante y agua desionizada y etanol grado reactivo como disolventes. El PCM empleado fue aceite vegetal comercial.

### Síntesis de MSN

En 300mL de Etanol se disuelven 14g de Pluronic F-127 ajustando el pH a 10 con  $\text{NH}_4\text{OH}$ . A esta disolución se adicionaron 20mL de TEOS y 6mL de agua desionizada. La disolución se mantiene por 24hr a temperatura ambiente y agitación moderada. El sólido formado se filtra y seca a  $80^\circ\text{C}$  por 4 hr. El pluronic es eliminado por extracción sólido/líquido colocando la MSN en reflujo por 24hr con Etanol a pH de 3. Finalmente el sólido se filtra y lava con etanol para secarse a  $80^\circ\text{C}$  por 4hr y eliminar el remanente de pluronic por calcinación a  $400^\circ\text{C}$  por 2h.

### Síntesis de PCM/MSN

Los PCM/MSN fueron sintetizados por síntesis directa empleando la síntesis antes descrita para la MSN; se adicionaron diferentes cantidades de aceite que fueron de 1 mL, 2 mL y 3 mL. El PCM fue adicionado a la disolución de Pluronic F-127 y la reacción se llevó a cabo a  $50^\circ\text{C}$  para favorecer el encapsulamiento del aceite en el surfactante. Posteriormente se adicionó el TEOS para formar la MSN con el PCM adsorbido (PCM/MSN) y finalmente se llevó a cabo la extracción del surfactante.

## Caracterización Química por Espectroscopía de Infrarrojo con Transformada de Fourier (IR-TF)

El IR-TF permite identificar los principales grupos funcionales en la MSN y PCM/MSN determinando la composición de los materiales. Los espectros de IR se obtuvieron empleando un equipo IR-ATR-Nicolet iS-10 TA-Instrument, el barrido se realizó en una ventana espectral de 400 a  $4000\text{ cm}^{-1}$ .

## Isotermas de Adsorción-Desorción de $\text{N}_2$

Esta técnica de análisis permitió determinar las propiedades texturales (tamaño de poro, área superficial, volumen de poro) de la MSN y PCM/MSN. Las isotermas de adsorción-desorción de  $\text{N}_2$  se obtuvieron a 77 K en un equipo Micromeritics ASAP-2010. Las muestras fueron desgasificadas a  $70^\circ\text{C}$  y  $7\ \mu\text{mHg}$ . El área superficial se determinó por el método de Brunauer, Emmett y Teller (BET) y el diámetro promedio del poro por el método Barrett, Joyner y Halenda (BJH) empleando la isoterma de desorción.

## Caracterización morfológica: Microscopía Electrónica de Barrido

La microscopía electrónica de barrido permitió identificar la morfología obtenida para la MSN y los PCM/MSN. Las micrografías se obtuvieron con un equipo SEM-JOEL6510 plus.

## Caracterización Térmica

El análisis térmico se realizó con un equipo TGA/DSC SDTQ600 TA-Instrument. El análisis termogravimétrico (TGA) fue realizado para cuantificar la cantidad de PCM adsorbida; dicho análisis se realizó bajo atmósfera oxidante en un rango de temperatura de 25 a  $800^\circ\text{C}$  con rampa de calentamiento de  $10^\circ/\text{min}$ .

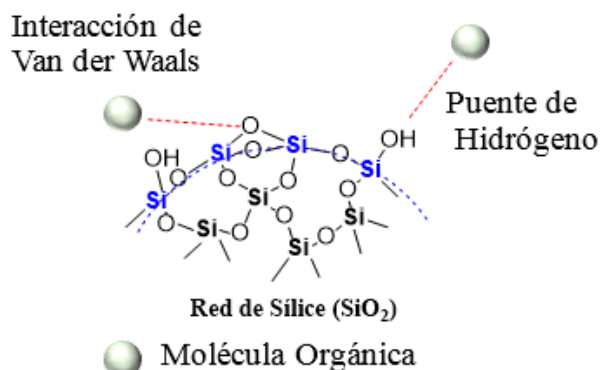
## Análisis de resultados

### Caracterización Química y Física

La Figura 3a muestra los espectros de infrarrojo para la MSN donde se observan la formación de una superficie de sílice hidratada, agua adsorbida se observó con las señales a  $3600\text{ cm}^{-1}$  ( $\nu$ ) y  $1640\text{ cm}^{-1}$  ( $\delta$ ). Además de identificarse los silanoles libres como una banda intensa a  $945\text{ cm}^{-1}$ .



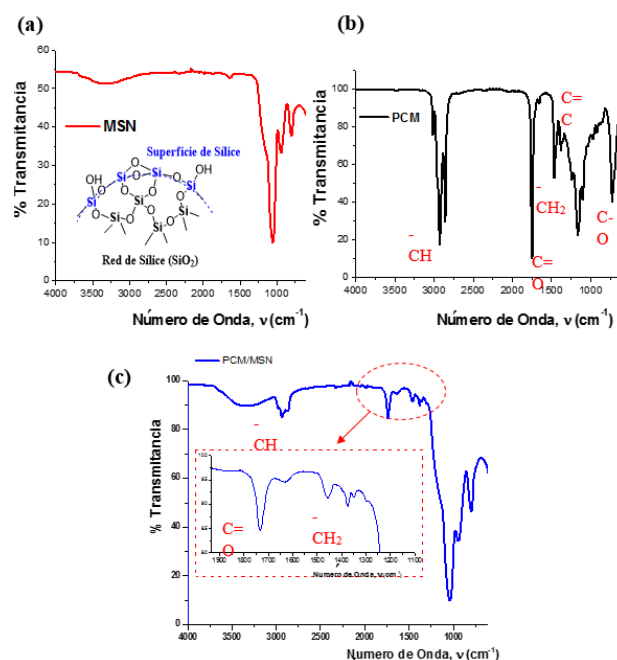
Por otra parte la red de sílice es identificada con los modos de vibración correspondientes a los siloxanos ( $1150\text{ cm}^{-1}$ , vas y  $570\text{ cm}^{-1}$ , vs) [13]. La presencia de silanoles libres y agua fisisorbida permiten mejorar la capacidad de adsorción de la sílice con las moléculas orgánicas, como se muestra en la Figura 4 se incrementa las interacciones de tipo Van der Waals y puentes de hidrógeno.



**Figura 4** Efecto del agua en la estructura de la MSN sobre su capacidad de adsorción

En cuanto al PCM (Figura 3b) se observó una estructura correspondiente a un hidrocarburo, grupos  $-\text{CH}$  fueron observados de  $2841\text{ cm}^{-1}$  a  $3009\text{ cm}^{-1}$ ,  $-\text{CH}_2$  a  $1451\text{ cm}^{-1}$ , se identificó el modo vibracional del carbonilo,  $\text{CO}$  a  $1737\text{ cm}^{-1}$  pero no se observó el  $-\text{OH}$  del ácido, por lo cual se trata de un ácido esterificado. A  $1153\text{ cm}^{-1}$  se identificó el grupo éster,  $\text{C-O}$ ; mientras que los  $\text{C=C}$  se identificaron a  $1640\text{ cm}^{-1}$  (banda de intensidad pequeña).

El espectro correspondiente al PCM/MSN se muestra en la Figura 3c, donde se observa el espectro de la sílice modificado con señales intensas correspondientes al PCM, los  $-\text{CH}$  se observaron como un conjunto de señales anchas entre  $2900$  y  $3000\text{ cm}^{-1}$ , la señal del carbonilo se presentó a  $1730\text{ cm}^{-1}$  (señal ancha y de intensidad media) y los  $-\text{CH}_2$  a  $1455\text{ cm}^{-1}$ , estos se mostraron como señales de intensidad pequeña.



**Figura 3** Espectros de infrarrojo (a) MSN (b) PCM (c) PCM adsorbido en la MSN

De acuerdo con los resultados de infrarrojo, el método de síntesis propuesto permite encapsular en la MSN el material de cambio de fase. Para determinar la cantidad de PCM adsorbido se realizó el análisis termogravimétrico (véase Figura 5). Donde la MSN mostró solo un tipo de caída de peso (pico 1) que se asignó a pérdida de disolvente; esta sílice tiene un rendimiento cerámico (porcentaje neto de red de sílice formada) del 84.43%. La MSN/PCM mostraron tres diferentes caídas de peso; la primera corresponde a pérdida de disolvente (pico 1) y las otras dos a pérdida de materia orgánica (Picos 2 y 3). La cantidad de disolvente y materia orgánica presente en los materiales se calcularon por el método integral y son indicados en la Tabla 1.

	% en Peso		
	$\text{SiO}_2$	Disolvente	Materia Orgánica
MSN	84.43	15.57	---
MSN/PCM-1mL	64.76	9.47	25.76
MSN/PCM-3mL	62.78	9.89	27.32

**Tabla 1** Composición de MSN y MSN/PCM

Aunque la cantidad de PCM que se colocó para adsorber fue diferente, ambos materiales alcanzaron un valor de rendimiento cerámico similar, lo cual se refleja en una capacidad máxima de adsorción del PCM alrededor del 27% en peso.

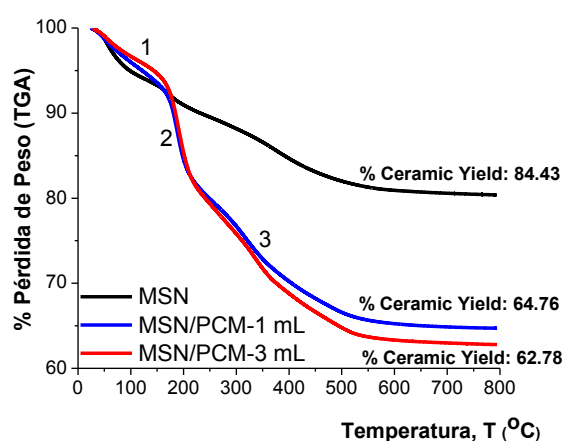


Figura 5 TGA para MSN y PCM encapsulado en la sílice

### Porosidad Formada para MSN y MSN/PCM

La MSN es sintetizada por el método de Stöber, el cual promueve la hidrólisis y condensación del precursor de sílice (TEOS) bajo una catálisis alcalina que tiende a formar sílices no porosas. Lo anterior se observó con las isotermas de adsorción-desorción de  $N_2$  (Figura 6) obteniéndose para estos materiales una isoterma tipo III; donde la interacción del sorbato con la superficie es débil. La Tabla 2 resume las propiedades texturales de la sílice, donde se puede observar que el volumen de poro disminuye en 73.80 %; mientras que el área superficial de BET en 43%.

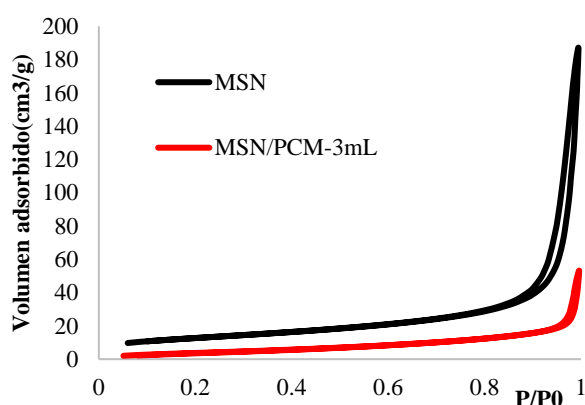


Figura 6 Isoterma de adsorción-desorción de  $N_2$

	ABET ( $m^2/g$ )	$V_{poro}$ ( $cm^3/g$ )	$D_{poro}$ (nm)
MSN	10.44	0.061576	6.24
MSN/PCM-3mL	5.98	0.016129	5.56

Tabla 2 Propiedades Texturales

### Caracterización Morfológica

La Figura 7 muestra la micrografía observada para los materiales, la MSN son partículas esféricas monodispersas con tamaño promedio de 258.6 nm.

Al adicionar el PCM (81 mL) se observaron dos dispersiones de tamaño de partícula una de 2552 nm (tamaño original de la MSN) y otro de 107 nm (MSN/PCM). Para MSN/PCM-3 mL se obtienen partículas esféricas monodispersas con tamaño promedio de 93 nm.

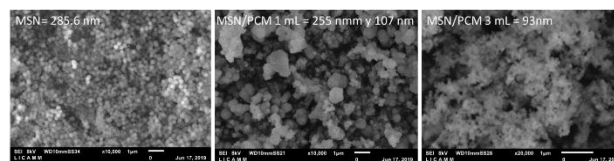


Figura 7 MEB de MSN y MSN con PCM adsorbido

### Caracterización Térmica

La Figura 8 muestra el análisis diferencial calorimétrico, donde se puede identificar para la MSN una sola reacción endotérmica a los 100°C, que se debe a la liberación de disolvente. Para la MSN/PCM se presentó esta reacción, además de 4 reacciones exotérmicas que ocurren a 30°C (1Exo), 193°C (2Exo), 351°C (3Exo) y 459°C (4Exo). Las reacciones de 2 a 3 Exo se deben a la descomposición del PCM; sin embargo, la reacción a los 30°C es un pico exotérmico de liberación de energía que es observado debido al almacenamiento de calor latente de conformación en la estructura orgánica del PCM. La Tabla 4 indica las cantidades de calor liberado por el PCM encapsulado en la MSN.

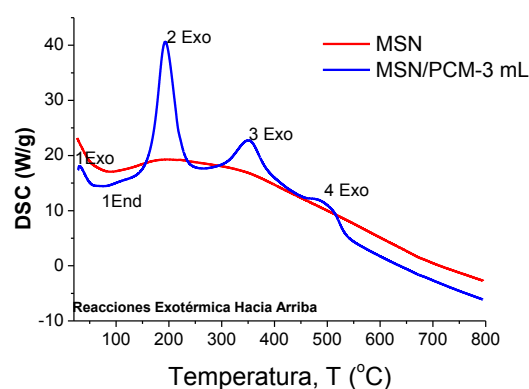


Figura 8 DSC para MSN y PCM encapsulado en la MSN

Temperatura	Flujo de Calor (W/g)	Tipo de Calor
30°C	0.407	Almacenamiento (reversible)
193°C	2.555	Descomposición (irreversible)
351°C	1.731	Descomposición (irreversible)
459°C	0.646	Descomposición (irreversible)

Tabla 4 Calor almacenado en MSN/PCM-3MI

## Conclusiones

El Pluronic F-127 es un surfactante neutro que permite encapsular aceite vegetal en MSN como se observó en la caracterización química y física. Sin embargo, existe un porcentaje máximo de adsorción del PCM que se limita al 27%. En los MSN/PCM puede aprovecharse dos tipos de calor el reversible a 30°C (0.407 W/g) y el irreversible que es la reacción de descomposición del orgánico en la sílice que va entre 193-459 °C (4.93 W/g).

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaria de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo brindado a través del proyecto SIP-20195874. Además se agradece al LICAMM-UG por su apoyo en la caracterización por MEB.

## Referencias

- [1] Prim E.O, Thermal energy storage (TES) using phase change materials (PCM) for cold applications (2012) Phd Thesis. Lleida University. España
- [2] Villasmil W, Fischer L.J, Worlitschek J, A review and evaluation of thermal insulation materials and methods for thermal energy storage systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (2019) 103, 71-4
- [3] Zhou Xiangfa (2018) Porous Ceramic Matrix Phase Change Composites for Thermal Control Purposes of Hypersonic Vehicle. In *Advances in some hypersonic vehicles technology*. Pp. 153-174. Intech Open Science. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70863>
- [4] Motahar S, Nikkam N, Alemrajabi A.A, Khodabandeh R, Toprak m.S, Muhammed M, A novel phase change material containing mesoporous silica nanoparticles for thermal storage: A study on thermal conductivity and viscosity, *International Communications in Heat and Mass Transfer* (2014) 56, 114-120
- [5] Qian T, Li J, Min X, Fan B, Integration of Pore Confinement and Hydrogen-Bond Influence on the Crystallization Behavior of C18 PCMs in Mesoporous Silica for Form-Stable Phase Change Materials, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* (2018) 6, 897-908
- [6] Peng S, Huang J, Wang T, Zhu P, Effect of fumed silica additive on supercooling, thermal reliability and thermal stability of Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O as inorganic PCM, *Thermochimica Acta* (2019) 675, 1-8
- [7] Kohno Y, Haga E, Yoda K, Shibita M, Fukuhara Ch, Tomita Y, Maeda Y, Kobayashi K, Adsorption behavior of natural anthocyanin dye on mesoporous silica, *Journal of physics and chemistry of solids* (2014) 75, 48-51
- [8] Burke A, Hanrahan J.P, Healy D.A, Sodeau J.R, Holmes J.D, Morris M.A, Large pore bi-functionalised mesoporous silica for metal ion pollution treatment, *Journal of hazardous materials* (2009) 164, 229-234
- [9] Li J, Miao X, Hao Y, Zhao J, Sun X, Wang L, Synthesis, amino-functionalization of mesoporous silica and its adsorption of Cr(VI), *Journal of colloid and interface science* (2008) 318, 309-314
- [10] Wang Y, Xia T.D, Zheng H, Feng H.X, Stearic acid/silica fume composite as form-stable phase change material for thermal energy storage, *Energy and Buildings* (2011) 43, 2365-2370
- [11] Fang G, Li H, Liu X, Preparation and properties of lauric acid/silicon dioxide composites as form-stable phase change materials for thermal energy storage, *Materials chemistry and physics* (2010) 122, 533-536
- [12] Liu S, ma G, Xie S, Jia Y, Sun J, Jing Y, Diverting the phase transition behaviour of adipic acid via mesoporous silica confinement, *RSC Adv*, 2016, 6, 111787-111796
- [13] Launer P.J (1987) Infrared analysis of organosilicon compounds: spectra structure correlation silicon compounds. In: Arkles B (ed) Gelest Inc: Morrisville, PA

## Tecnologías de Mantenimiento industrial en la industria 4.0

### Industrial Maintenance Technologies in Industry 4.0

MERAZ-MÉNDEZ, Manuel<sup>†\*</sup>, LERMA-HERNÁNDEZ, Claudia y CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe

*Universidad Tecnológica de Chihuahua, Avenida Montes Americanos 9501, Sector 35, C.P.31216*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Manuel, Meraz-Méndez* / ORC ID: 0000-0001-8254-957, Researcher ID Thomson: S-4565-2018, CVU CONACYT ID: 250582

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Claudia, Lerma-Hernández* / ORC ID: 0000-0003-3232-0431

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Guadalupe, Corral-Ramírez* / ORC ID: 0000-0003-4874-4036

DOI: 10.35429/JTEN.2019.9.3.20.24

Recibido 03 de Enero, 2019; Marzo 30 Septiembre, 2019

#### Resumen

La Industrial 4.0 es la incorporación de tecnologías digitales en las fábricas como: la inteligencia artificial, machine Learning, impresión 3D, drones, robótica, IOT, Big data, realidad virtual, automatización, entre otros, que tienen como objetivo la digitalización de los procesos productivos en las fábricas, a estas también se les denomina fábricas inteligentes (Garatu, 2016). El presente artículo tiene como objetivo identificar las tecnologías de mantenimiento industrial aplicables a la industria 4.0, para identificar los conocimientos que se deben de enseñar en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica de Chihuahua, como resultado final de esta investigación se prepara a los docentes de la carrera con los conocimientos actuales que deben de aplicar en la enseñanza de programas relacionados al Mantenimiento Industrial, para así brindar a los estudiantes las competencias y habilidades necesarias con un enfoque en la industria 4.0.

#### Industria 4.0, Mantenimiento, Técnicas

#### Abstract

Industry 4.0 is the incorporation of digital technologies in factories such as: artificial intelligence, machine learning, 3D printing, drones, robotics, IOT, big data, virtual reality, automation, among others, which aim to digitalize processes productive in the factories, these are also called smart factories. The objective of this article is to identify the technologies applicable to industrial maintenance in Industry 4.0, the final result of this research determine the teaching practices that must be carried out in the Industrial Maintenance Engineering career at the Technological University of Chihuahua, and how the students must be prepared with the competences and skills necessary to face this challenge, at the same time the new teaching practices and strategies that a teacher in the technical area of Industrial Maintenance must apply in laboratory practices with a focus on Industry 4.0.

#### Industry 4.0, Maintenance, Techniques

**Citación:** MERAZ-MÉNDEZ, Manuel, LERMA-HERNÁNDEZ, Claudia y CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe. Tecnologías de Mantenimiento industrial en la industria 4.0. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2019. 3-9: 20-24

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: mmeraz@utch.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Hoy en día la tendencia del Mantenimiento predictivo va incorporada con tecnologías de comunicación como Big Data o Industry 4.0, las cuales hacen que la información relativa al mantenimiento predictivo pueda ser integrada con los demás sistemas de planta los cuales tienen como objetivo capturar y comunicar datos de manera constante, alertando rápidamente a las empresas sobre ineficiencias y evitando costosas averías en las maquinas, generando así una gran eficiencia en la gestión de los activos. En otras palabras, el mantenimiento predictivo en la industria 4.0 se basa en el internet de las cosas (IOT) y la transferencia de datos se realiza de manera digital, esto quiere decir que no es necesario hacer intervenciones en la maquinaria para poder tomar mediciones de esos parámetros físicos, las máquinas ya se los comunican entre sí, y de esta manera lo aprovechamos para aplicar el mantenimiento industrial de I4.0 (Ibérica, 2018).

El mantenimiento predictivo en las fábricas inteligentes es precisamente la aplicación de tecnologías de detección, monitorización de condiciones, análisis predictivo y distribución de sistemas. Gracias a softwares de análisis, se tiene en todo momento los datos del estado de las máquinas, el sistema informático ayuda a predecir cuándo una máquina tiene desgaste o presenta una falla o anomalía en su funcionamiento. También te ayuda a decidir cuándo es el momento idóneo para hacer una reparación o sustitución antes de que se produzca una avería que ponga en riesgo el buen funcionamiento de la fábrica. Y, además, gracias a las particularidades de la I4.0, el resto de la maquinaria podrá adaptarse a la circunstancia y conseguir el máximo rendimiento mientras esa parte del proceso de producción está en reparación.

En caso particular, la Universidad Tecnológica de Chihuahua (UTCH) sus programas de estudio se han actualizado con un enfoque en la I4.0, es por ellos que en esta investigación vamos a identificar las tecnologías del Mantenimiento en la I4.0, para así medir el grado de conocimiento de los maestros en esta nueva era, si están preparados técnicamente, para si proponer que tipo de prácticas de enseñanza los docentes deben aplicar en sus materias para impartir la cátedra con un enfoque centrado en la I4.0

**Objetivo**

Identificar las tecnologías de mantenimiento aplicado en la industria 4.0 para darlas a conocer a los maestros del área de Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

**Metodología**

La metodología que se utilizará en esta investigación consta de tres pasos (Figura 1) la cual será con un enfoque descriptivo para identificar las Tecnologías aplicables al mantenimiento en la industria 4.0.

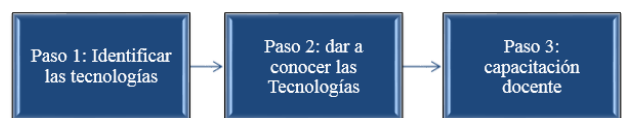


Figura 1 Metodología pasos a seguir

**Identificación de las técnicas de Mantenimiento Industrial en la Industria 4.0**

Algunas de la Tecnologías que se aplican en el Mantenimiento Industrial en la era de la Industria 4.0 son las que se describen a continuación:

– **Software de sistema de gestión de mantenimiento inteligente**

Están diseñados principalmente para un mantenimiento preventivo y dependiente del rendimiento con el objetivo de maximizar la disponibilidad de la planta (Siemens, 2019), la figura 2 muestra la configuración y sus ventajas.

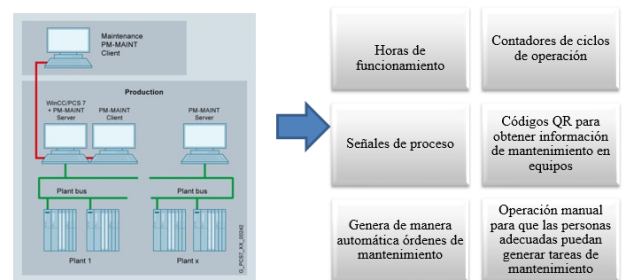


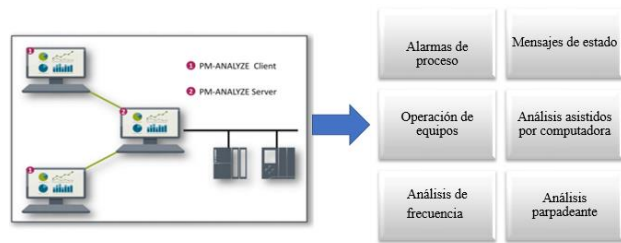
Figura 2 Software PM MAINT y Aplicaciones

Fuente: <https://new.siemens.com>



– **Software para análisis estadístico**

Realiza un análisis estadístico de los parámetros de operación y alarmas de equipos en el proceso para tomar acciones al respecto (Siemens, PM-ANALIZAR, 2019), la figura 3 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 3** Software PM ANALYZE y Aplicaciones  
Fuente: <https://new.siemens.com>

– **Panel HMI**

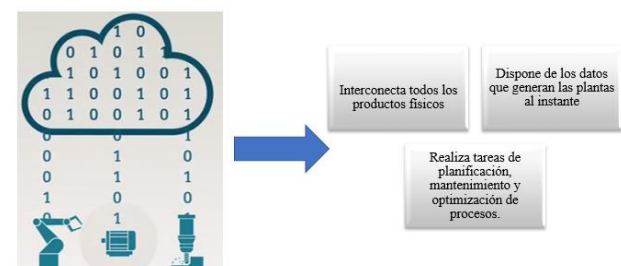
Permite monitorear y visualizar errores en el proceso directamente en el equipo y por medio de la conexión al PLC podemos visualizar en el programa donde ocurrió la falla, la figura 4 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 4** Panel HMI  
Fuente: <https://www.redlion.net>

– **La nube**

Subir datos a la nube para que por medio de la inteligencia artificial se puedan tomar decisiones, la figura 5 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 5** Adquisición de datos en la nube  
Fuente: <https://ciudadeselfuturo.es>

– **IPC**

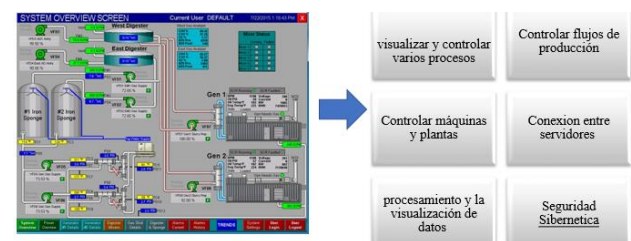
Computadoras industriales de alto rendimiento tienen capacidad hasta 1 TB de memoria RAM, Hasta 5 monitores, poner en red, la figura 6 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 6** Computadoras Industriales  
Fuente: <https://sp.depositphotos.com>

– **Sistemas SCADA**

El sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancia mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores (Industria, 2018), la figura 7 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 7** Panel View de un sistema SCADA  
Fuente: <https://vestertraining.com>

– **Softwares de gestión de la energía**

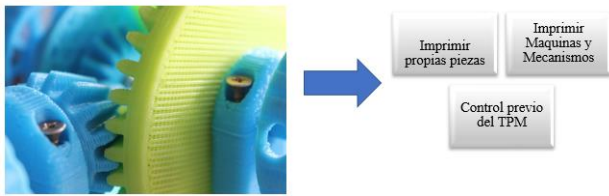
A lo largo de la planta (Energy manager) el PLC apaga cargas que no son críticas en el proceso o pone en estados de reposo apagando la parte de potencia para bajo consumo (Siemens, PM-ANALIZAR, 2019), la figura 8 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 8** Software de consumo de energía Energy Manager y Aplicaciones  
Fuente: <https://new.siemens.com>

### – Fabricación aditiva

Con la impresión 3D, podemos fabricar nuestros propios componentes y mecanismos, la figura 9 muestra la configuración y sus ventajas.

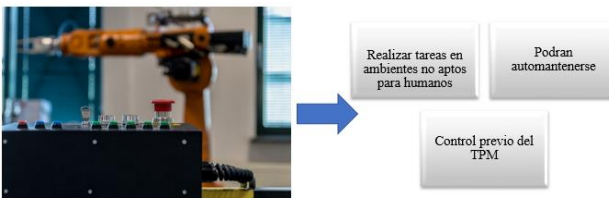


**Figura 9** Engranajes fabricados por impresión 3D

Fuente: <https://www.createch540.com>

### – Robótica autónoma

Los robots autónomos realizarán tareas de mantenimiento de forma autónoma, la figura 10 muestra la configuración y sus ventajas.



**Figura 10** Robot Industrial

### – La simulación y la realidad aumentada

Las tareas de mantenimiento en las simulaciones de rendimiento, Simulan el comportamiento de las grasas, aerosoles y lubricantes, en base a factores externos, medioambientales, situaciones excepcionales, sucesos imprevistos o incluso fallos humanos.

### Paso 5 dar a conocer las técnicas y estrategias

Las tecnologías descritas anteriormente serán expuestas a la dirección de carrera de mantenimiento Industrial como un plan estratégico de capacitación y actualización tecnológica que los docentes de la carrera deben de conocer para aplicar en su enseñanza y transmisión del conocimiento.

Además de dar a conocer las tecnologías del Mantenimiento en la Industria 4.0 es necesario hacer mención sobre las características y los desafíos que la educación enfrenta en la era de la I4.0

### Principales características de la educación 4.0

- La cooperación entre estudiante y docente es la base de la enseñanza
- La comunicación es el principal vehículo del aprendizaje
- Se fomenta la resolución de problemas reales con la incorporación de tecnologías 4.0
- Incorpora el juego y la creación de entornos reales como el principal motor del aprendizaje
- La evaluación es un proceso constante para mejorar y progresar
- Utiliza las TIC como herramientas de acceso, organización, creación y difusión de los contenidos

### Desafíos que enfrenta la industria 4.0 en la educación:

1. Conocimiento: primero es necesario conocer a qué se refiere la industria 4.0, cómo se compone y cómo se utiliza.
2. Preparación: Una vez que se cuenta con el conocimiento de la misma, es necesario capacitarnos para utilizarla e integrarla en la educación.
3. Aprendizaje: Los instructores de una institución educativa pueden aprender industria 4.0 para poder aplicarla en su campo

### Resultados

Como resultado final se determina que la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial de la UTCH tiene necesidad primordial de formar profesionistas en cuanto a lo laboral, las competencias y habilidades requeridas por las empresas, El mantenimiento Industrial maneja nuevas tecnologías como la fabricación aditiva, la conectividad, la robótica autónoma o incluso la simulación y la realidad aumentada, desde el punto de vista de la educación, la universidad debe de empezar a preparar y formar personas con competencias relevantes hacia las temáticas que se desarrollan en el presente y hacia el futuro, pero primero debemos empezar con la capacitación de los docentes y de manera consecutiva con la adquisición de equipo de laboratorio acorde a la I4.0

### Desafíos que enfrenta la educación en la industria 4.0:

1. Conocimiento: primero es necesario conocer a qué se refiere la industria 4.0, cómo se compone y cómo se utiliza.
2. Preparación: Una vez que se cuenta con el conocimiento de la misma, es necesario capacitarnos para utilizarla e integrarla en la educación.
3. Aprendizaje: Los instructores de una institución educativa pueden aprender industria 4.0 para poder aplicarla en su campo

### Conclusiones

Primero, las Autoridades Universitarias deben de empezar con un plan estratégico para formar a nuestros docentes para que puedan transmitir todo el conocimiento necesario y tengan la experiencia y las herramientas necesarias para hacerlo con enfoque I4.0, también es indispensable formar docentes competentes en habilidades blandas las cuales son: Creatividad para resolver problemas y retos complejos de manera colaborativa, inteligencia emocional, pensamiento crítico, innovación, emprendimiento y metodologías ágiles para crear nuevos modelos de negocio.

Segundo, también es necesario cambiar la forma y las metodologías con las que educamos. Superando la barrera generacional para utilizar herramientas tecnológicas con un nivel I4.0, los docentes deben de impulsarse a traer a las aulas la experiencia, la práctica, las herramientas y los retos para enseñar haciendo y construyendo, basados en las tendencias y tecnologías actuales de la I4.0.

Tercero, para lograr esta transformación se debe contar con el apoyo gubernamental, el cual debe entender el cambio y apropiarlo dentro de las instituciones educativas. Esto sería benéfico para afrontar algunos de los retos para que los planes y programas de estudio cumplan con el perfil de egreso que demanda el sector productivo. El rol del docente es importante en la I4.0, porque son ellos los que formarán a las jóvenes para los empleos del futuro, en el cual necesitarán las competencias para resolver problemas más relevantes del mundo, pero, las instituciones educativas y los docentes no pueden hacerlo solos, es necesario la participación integral del sector productivo, gubernamental y educativo.

### Agradecimiento

En especial a la Universidad Tecnológica de Chihuahua por el apoyo en esta publicación.

### Referencias

Garatu, G. (2016). Obtenido de ¿Qué es y qué aporta la Industria 4.0?: <https://grupogaratu.com/que-es-y-que-aporta-la-industria-4-0/>

Ibérica, A. (20 de 04 de 2018). *¿Qué importancia tiene el Mantenimiento Predictivo 4.0 (PdM) para la fábrica inteligente?* Obtenido de <https://abas-erp.com/es/news/mantenimiento-predictivo-40-para-la-fabrica-inteligente>

Industria, C. d. (2018). Obtenido de ¿Qué es un Sistema SCADA?: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>

Siemens. (12 de 07 de 2019). Obtenido de El Sistema de Gestión de Mantenimiento inteligente: <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/wincc-addons/pm-maint/pages/default.aspx>

Siemens. (12 de 07 de 2019). Obtenido de Análisis de datos de Alarmas y Procesos.: <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/wincc-addons/pm-analyze/pages/default.aspx>



## Potencial de producción de energía eléctrica en México empleando la circulación del parque vehicular

## Potential of electricity production in Mexico using the circulation of the vehicle fleet

CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe†\* & AGUIRRE-RODRÍGUEZ, Claudia

Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Av. La Palma 125. Col. Vista Hermosa. San Juan del Río, Qro. C.P. 76800

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Felipe, Castañeda-Olivares* / ORC ID: 0000-0003-0510-1591, Researcher ID Thomson: X-3289-2019, CVU CONACYT ID: 231030

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Claudia, Aguirre-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0003-4476-606X, Researcher ID Thomson: X-3310-2019

DOI: 10.35429/JTEN.2019.9.3.25.30

Recibido 03 de Enero, 2019; Marzo 30 Marzo, 2019

### Resumen

La producción de energía eléctrica es una necesidad de la vida moderna y México no se escapa de la misma. México se encuentra en el lugar 51 del Índice de Competitividad Global en materia de electricidad, según estudios del Foro Económico Mundial. En donde se usan las siguientes fuentes de producción energética. *De Tecnología Convencional:* Ciclo combinado, Termoeléctrica Convencional, Carboeléctrica, Turbo gas, Combustión Interna, Nucleoeléctrica. *Energía Limpia y Renovable:* Hidroeléctrica, Eólica, Geotérmica, Solar Fotovoltaica y Termo Solar. También se importa energía eléctrica de los Estados Unidos. La presente investigación tiene como objetivo dar a conocer otras posibilidades de generación de energía eléctrica que no han sido exploradas en México ni contempladas en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN, 2019-2033). La hipótesis planteada como propuesta es que se pueden usar los 38 millones de vehículos automotores que existen y circulan por los caminos y carreteras del país para generar electricidad por medio de generadores piezoeléctricos y aerogeneradores. Con base en las estimaciones del escenario de planeación, la demanda máxima integrada del Sistema Interconectado Nacional (SIN) proyecta un crecimiento medio anual de 3.2% entre 2019 y 2033. Para lograr este crecimiento es necesario considerar todas las posibilidades de producción de energía y su rentabilidad.

**Efecto piezoeléctrico, Aerogeneradores, Energía limpia**

### Abstract

The production of electricity is a necessity of modern life and Mexico does not escape it. Mexico ranks 51st in the Global Electricity Competitiveness Index, according to World Economic Forum studies. Where the following sources of energy production are used. *Conventional Technology:* Combined Cycle, Conventional Thermoelectric, Carb, Turbo Gas, Internal Combustion, Nuclear Power. *Clean and Renewable Energy:* Hydroelectric, Wind, Geothermal, Solar Photovoltaic and Solar Thermal. Electrical power is also imported from the United States. The objective of this research is to make known other possibilities of generating electricity that have not been explored in Mexico or contemplated in the Program for the Development of the National Electrical System (PRODESEN, 2018-2032). The hypothesis put forward as a proposal is that the 38 million motor vehicles that exist and circulate on the country's roads and highways can be used to generate electricity through piezoelectric generators and wind turbines. Based on the planning scenario estimates, the maximum integrated demand of the National Interconnected System (SIN) projects an average annual growth of 3.2% between 2018 and 2032. To achieve this growth, it is necessary to consider all the possibilities of energy production and its profitability.

**Piezoelectric effect, Wind turbines, Clean energy**

**Citación:** CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe & AGUIRRE-RODRÍGUEZ, Claudia. Potencial de producción de energía eléctrica en México empleando la circulación del parque vehicular. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2019. 3-9: 25-30

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: fcastanedao@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La energía eléctrica en el mundo es un insumo primordial y estratégico para el desarrollo de la sociedad. La forma de producirla es un tema que ha cambiado en México en los últimos años. Como resultado de la Reforma energética en México, ahora en México se produce electricidad en un régimen de libre competencia. Sin embargo, la Secretaría de Energía (SENER) es la responsable de formular el programa sectorial para el desarrollo de la industria eléctrica. Dicho programa se ve plasmado en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), con un horizonte de 15 años 2019-2033.

Existen en el mundo muchas tecnologías para la producción de energía eléctrica, sin embargo, no todas se han implementado en México. Para poder cubrir la demanda del futuro de los mexicanos se requiere crecer a un ritmo de 3.2% anual en materia de generación de energía eléctrica. (Secretaría de Energía, 2019)

A través de la Ley de Transición Energética en materia de energías renovables, México estableció metas y obligaciones para las áreas de energías limpias y eficiencia energética. También los actores que deberán generar los reglamentos, programas y demás lineamientos que detallen las acciones e instrumentos para asegurar la correcta operación del sistema en estas áreas, principalmente, la Secretaría de Energía (Sener), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee). En los transitorios de la Ley se mantienen las metas establecidas en leyes anteriores sobre el porcentaje de energías limpias en la generación eléctrica: 25% en 2018, 30% en 2021, y 35% en 2024. (Mulás del Pozo, 2019)

## Justificación

Aun cuando el PRODESEN contempla en su planeación las alternativas de producción de energía eléctrica para un horizonte de 15 años, consideramos pertinente analizar una alternativa sustentable, no contaminante y que podría cambiar el rumbo de la estrategia en la producción de electricidad en algunas regiones del país.

## Problema de investigación

La posible implementación en la generación de energía eólica y piezoeléctrica ubicadas en las autopistas de México y sus ciudades.

## Objetivos

### Objetivo General

Determinar la viabilidad en México del uso de generadores de electricidad piezoeléctricos y aerogeneradores a usarse en carreteras y ciudades de México.

### Objetivos específicos

- Investigar el estado de la producción de electricidad en México.
- Investigar el plan de crecimiento de la producción eléctrica a futuro.
- Investigar el funcionamiento de los generadores piezoeléctricos y aerogeneradores y proponer los lugares aptos para su uso en México.

## Marco Teórico

### La piezoelectricidad

La piezoelectricidad es un fenómeno eléctrico que se presenta en algunos minerales y fue descubierto por los hermanos Curie (J. Curie, 1880; P. Curie, 1880) a finales del siglo XIX. Sin embargo, solo hasta el año de 1916 se dio a conocer su primera aplicación en el trabajo de Paul Langevin y Constantin Chilowski en la construcción de un detector ultrasónico utilizado para la medición de los fondos marinos y la detección de submarinos durante la Primera Guerra Mundial.

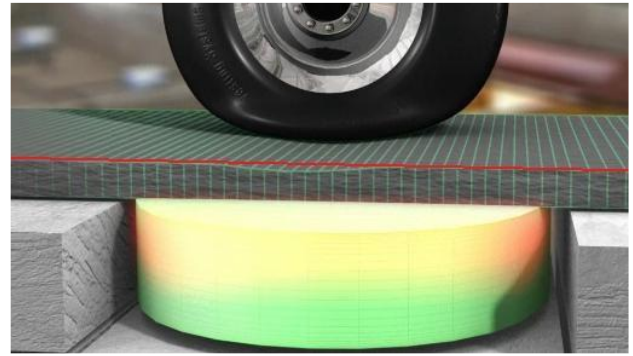
Según la bibliografía relacionada con la generación de energía a partir de celdas piezoeléctricas, en 1944 los científicos B.M. Wool e I.P. Goldman, del Lebedev Physycal Institute, fueron los primeros en implementar un método de sinterización de cerámicas piezoeléctricas con titanato de bario (BaTiO<sub>3</sub>). (Leyton Vásquez & Roa Becerra, 2017)

En los últimos años se ha despertado el interés por el aprovechamiento de la energía cinética y potencial presente en el tráfico vehicular, en parte por la necesidad de contar con dispositivos energéticamente autónomos, tales como lámparas para alumbrado público, semáforos, sensores de tráfico, cámaras de vigilancia, entre otros. (Castro S. & Arias C., 2015)

Se han realizado experimentos con generadores piezoeléctricos tales como la realizada en el año 2009 por una firma de ingeniería de Israel, quienes fueron noticia por el desarrollo de una nueva técnica que permite generar electricidad a partir del peso, movimiento, y vibraciones de los vehículos; Actualmente ya hay generadores específicos para carreteras, vías férreas, pistas de aterrizaje y circulación de peatones. El producto con mayor cantidad de pruebas ha sido el de los generadores piezoeléctricos que se instalan debajo del asfalto, los generadores se instalan 0.05 m por debajo de la rasante, en este caso la presión de los vehículos sobre los dispositivos se convierte en electricidad, abasteciendo de esta manera los alumbrados públicos en las zonas de influencia de las carreteras. (Tamayo Zapata & Cardozo Gutierrez, 2017)

En el año 2007 surgió la empresa Innowattech, pionera en el desarrollo de esta tecnología en las vías. Esta es una de las más conocidas a nivel mundial por sus múltiples productos piezoeléctricos, esta empresa desarrollo un método de obtención de electricidad que utiliza la energía mecánica producida por la vibración de vehículos. Se centra en los actuadores piezoeléctricos de alto rendimiento, los cuales son unos dispositivos capaces de utilizar los cambios de presión producidos por las vibraciones y el movimiento para realizar la transformación de la energía y obtener electricidad. Este efecto es conocido como piezo-mecánico comprimido. (Figura 1)

Estos piezoeléctricos se instalan bajo la capa de pavimento asfáltico, la energía generada es utilizada para la iluminación de las vías y para monitorizar los datos de circulación. (Tamayo Zapata & Cardozo Gutierrez, 2017)



**Figura 1** Deformación vertical asociado con el paso de la rueda

### Aerogeneradores

Si los generadores piezoeléctricos son prometedores, la presión del aire en forma de vientos con mayor velocidad acumulan mucha más energía. Todos los vehículos en las vías rápidas generan olas de presión de diferente forma y velocidad que bien pueden ser aprovechados en aerogeneradores. En el mundo existen varios diseños de ellos, pero entre los más representativos están los Darrieus-Savonius desarrollados en Taiwan (Figura 2)



**Figura 2** Turbina Darrieus-Savonius

Este proyecto se amortizó en menos de cuatro años con una vida estimada de diez. Es decir, el 60% de su vida útil es un generador de energía limpia y a costo cero. Estos molinos no solo captan el viento generado por los coches al circular a altas velocidades, sino cualquier ráfaga. Se pueden instalar a lo largo de la mediana de una autopista (donde el acceso es muy sencillo y económico). (Marcos, 2016)

Dentro de las ventajas que tienen es que a nivel medioambiental su impacto es muy bajo:

- Usan un espacio ya inutilizado, por lo que no requieren invadir grandes extensiones de campo;

- Su ruido es prácticamente nulo, sobre todo comparado con el del tráfico;
- El peligro de herir a la fauna, especialmente a las aves, es mucho menor debido a la baja velocidad del giro de las aspas;
- Las sinergias que crea con líneas de tensión de media tensión de localidades cercanas podrían incluso retirar el tendido eléctrico actual. (Marcos, 2016)

## Resultados

### Métodos de producción de energía eléctrica

Existen los siguientes sistemas de producción de energía eléctrica y sus % de capacidad (Tabla 1) efectiva instalada (31 dic 2018) en México. (Secretaría de Energía, 2019)

Convencional	
Ciclo combinado	36.5 %
Termoeléctrica convencional	17 %
Carboeléctrica	7.7 %
Turbogás	4.6 %
Combustión Interna	1 %
Limpia	
Bioenergía	0.5 %
Hidroeléctrica	18 %
Eólica	6.8 %
Geotérmica	1 %
Solar Fotovoltaica	2.6 %
Nucleoeléctrica	2.3 %

**Tabla 1** Capacidad Instalada efectiva por tipo de tecnología (70,053 MW)

Como se puede observar en la Tabla 1, la producción de energía eléctrica convencional sigue siendo la principal fuente de producción de energía eléctrica, aunque en años recientes se busca incrementar la producción "limpia", con el fin de cumplir con las disposiciones de la Ley de Transición Energética en materia de energías renovables.

### Datos relevantes de la situación actual en México

Al año 2015, según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se estima una población de aproximadamente 119,938,473 personas que residen en el país. Y según la SENER y la SIE al año de 2017, se estimó una población de 123.518 millones de habitantes. De las cuales, una parte cuenta con un vehículo particular, y circulan diariamente por carreteras y autopistas del país.

A nivel país existen más de 38 millones de vehículos automotores registrados. (INEGI, 2015) Con la cantidad de vehículos existentes en México, las mejores opciones para implementar generadores eléctricos piezoeléctrico y aerogeneradores son:

Autopista	Longitud km
México-Puebla	130
México- Querétaro	260
México-Acapulco	367
México-Nogales	2378
México-Cuernavaca	85
Carretera Panamericana	1920
Ciudades más pobladas	
México	Puebla
Guadalajara	Tijuana
Monterrey	Zapopan

**Tabla 2** Autopistas más usadas y Ciudades Más pobladas de México (Monroy, 2018)

Cada una de las autopistas mencionadas supera los 600 vehículos por hora. Además, las ciudades con mayor población humana y vehicular tienen un alto potencial en las calles y cruceros que por lo general están saturados. En el período 2019-2033, se estima que el PIB de los sectores Agrícola y Servicios crecerá 2.7%, mientras que el industrial 2.9%. Se prevé que, en 2033, el sector Agrícola representará el 3.3% del PIB Nacional, mientras que, el Industrial y los Servicios integrarán el 31.3% y 65.4% respectivamente. Además, se estima que el consumo energético crezca 3.5%, a un ritmo mayor que el PIB que se estima en el 2.8%. (Secretaría de Energía, 2019). Por tanto, se observa un déficit que de alguna manera habrá de cubrirse.

### Estrategias a nivel mundial

Innowattech menciona que "Una sola pista equipada con el generador piezoeléctrico ya está proporcionando a los israelíes 0,5 megavatios por hora, suficiente para abastecer a 600 hogares durante un mes" Estos datos son alentadores en la búsqueda de alternativas en la producción de electricidad. El costo promedio que estima la empresa israelí para la implementación de los generadores oscila los US\$ 650 mil por km, teniendo una equivalencia en energía correspondiente a US\$ 6,5 mil por kilovatio (kW), no obstante la administración de Innowattech afirma: "el costo debe caer un 60% cuando llegan a la producción en masa, haciendo el sistema más barato que la energía solar" (Tamayo Zapata & Cardozo Gutierrez, 2017)

Tanto en Europa como en Norteamérica están trabajando en otras alternativas para disminuir los gases de efecto invernadero y no es precisamente el tema en cuestión, pues se han dado cuenta que es un conjunto de técnicas y acciones las que pueden resolver el problema ambiental. Tal es el caso del uso de aluminio en la construcción de vehículos más ligeros (Palazzo & Geyer, 2019) (Milovanoff, y otros, 2019)

También los japoneses están promoviendo integrar los vehículos eléctricos a la red de energía eléctrica. Con los generadores propuestos aquí podría hacerse más fácil (Iwafune, Ogimoto, & Azuma, 2019). La Unión Europea también está intentando reducir la emisión de los gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático y una de sus alternativas es el uso del biometano. (Goulding, Fitzpatrick, O'Connor, Browne, & Power, 2019)

### **Perspectivas de implementación de nuevas fuentes de energía**

Según un estudio realizado por Toyota, con un solo kilómetro en un solo carril con esta tecnología piezoeléctrica, se podrían producir electricidad suficiente para dar energía a unos 300 hogares. (Toyota, 2017)

En cuanto a los aerogeneradores, este tipo de parques eólicos distribuidos podrían ser el futuro, debido a sus ventajas frente a los grandes molinos (de 5 a 10 MW). Especialmente en lo económico por transporte o mantenimiento. Un gran molino averiado implica un gran desembolso, y su reparación requiere tiempo y recambios de elevado coste. Mientras que un molino pequeño puede ser cambiado por otro en cuestión de horas. (Marcos, 2016)

### **Conclusiones**

En el caso de los generadores piezoeléctricos, coincido con Tamayo y Cardozo (2017) quienes afirman que la energía que se produce por el aprovechamiento de la energía captada por el tránsito de los vehículos a lo largo de los paneles instalados estaría disponible a lo largo del día gracias a la afluencia de vehículos en los perfiles viales donde se podría instalar esta tecnología, a diferencia de otras energías renovables que están sometidas a ciclos de producción.

La tecnología de Innowattech plantea que en una vía de 1 km carril de carretera se pueden producir 250KWh, este valor fue obtenido con base en generadores que están incrustados a lo largo de la vía en dos filas. Con un tránsito aprox. a 600 vehículos pesados por hora. El costo para 1 km de instalación está en US\$650,250 que cubre la implementación del sistema en cuanto a los sistemas de recolección, almacenamiento, distribución y obra civil.

En México el flujo vehicular ronda los 2,200 vehículos por hora. Con un gran porcentaje de vehículos pesados ya que la carga por ferrocarril no se ha desarrollado a la par de la economía y se ha priorizado el transporte de materiales por carretera. Lo cual significa un alto potencial de generación de energía eléctrica por este concepto. Aunado a que los sistemas piezoeléctricos son un sistema eficiente y amigable con el ambiente y el entorno donde sea instalado, siendo fuentes de energías alternativas y sostenibles, con una múltiple opción en su forma e instalación.

Las referencias consultadas coinciden en los requisitos para la implementación de los generadores piezoeléctricos o de aerogeneradores.

- Alto tráfico de vehículos pesados complementado con un volumen mixto vehicular.
- Un paso constante por el punto donde se han instalado los piezoeléctricos.
- Ancho de la vía donde se instalará el sistema.
- Corrientes de aire naturales.

Una de las grandes ventajas de ambos sistemas es la supresión del coste del transporte de electricidad. Ya que se usaría en las áreas cercanas o en las mismas vías de comunicación. El tiempo dedicado a investigación y a comercializar las energías renovables ha sido poco, comparado con el uso de otras energías convencionales y la tendencia es que se sigan abaratando los costos a través del tiempo, por lo que las carreteras tendrán mucho que decir en el futuro de la energía en el mundo y la propuesta es que México se integre a todas las formas de producción de energía eléctrica. Sobre todo porque tiene los medios para hacerlo desde la perspectiva de la inversión privada o gubernamental.

## Referencias

- Castro S., D., & Arias C., E. (2015). Análisis y diseño de un prototipo suelo generador de energía eléctrica utilizando materiales piezoeléctricos. En E. Serna, *Avances en Ingeniería* (págs. 315-320). Medellín, Antioquía, Colombia: Instituto Antioqueño de Investigación. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Edgar\\_Serna\\_M/publication/331385300\\_Avances\\_en\\_Ingenieria/links/5c76e2d8299bf1268d2b0152/Avances-en-Ingenieria.pdf#page=316](https://www.researchgate.net/profile/Edgar_Serna_M/publication/331385300_Avances_en_Ingenieria/links/5c76e2d8299bf1268d2b0152/Avances-en-Ingenieria.pdf#page=316)
- Goulding, D., Fitzpatrick, D., O'Connor, R., Browne, J., & Power, N. (2019). Introducing gaseous transport fuel to Ireland: A strategic infrastructure framework. *Renewable Energy*(136), 549-557.
- INEGI. (05 de 11 de 2015). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 10 de 09 de 2019, de <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- Iwafune, Y., Ogimoto, K., & Azuma, H. (2019). Integration of Electric Vehicles into the Electric Power System Based on Results of Road Traffic Census. *Energies*, 12(10), 1849.
- Leyton Vásquez, H., & Roa Becerra, N. (2017). Representación matemática y Técnicas de caracterización para celdas piezoeléctricas, una revisión bibliográfica. *unminuto.edu*, *Enero-Junio*(22), 66-75.
- Marcos, M. (2 de Noviembre de 2016). *CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de <https://blog.ferrovial.com/es/2016/11/generar-electricidad-con-coches/>
- Milovanoff, A., Chul Kim, H., De Kleine, R., Wallington, T. J., Posean, I., & MacLean, H. L. (2019). A dynamic fleet model of U.S light-duty vehicle lightweighting and associated greenhouse gas emissions from 2016-2050. *Environmental science & technology*, 53(4), 2199-2208.
- Monroy, S. (21 de Septiembre de 2018). Las carreteras más importantes de México. *El Universal*. Obtenido de <https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/las-carreteras-mas-importantes-de-mexico>
- Mulás del Pozo, P. (01 de Agosto de 2019). *revista comercio exterior.com*. Recuperado el 2019, de <https://www.revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=133&t=el-sector-energetico-y-la-ley-de-transicion-energetica>
- NOTIMEX. (29 de Enero de 2018). *MILENIO*. Obtenido de <https://www.milenio.com/negocios/numero-autos-particulares-crece-mexico-suman-29-4-millones>
- Palazzo, J., & Geyer, R. (2019). Consequential Life Cycle Assessment of Automotive Material Substitution: Replacing Steel with Aluminum in Production of North American Vehicles. *Environmental Impact Assessment Review*, 1-39.
- Secretaría de Energía. (2019). *Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y Redes Generales de Distribución del Mercado Eléctrico Mayorista*. CENACE, Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). México: Secretaría de Energía. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <https://www.gob.mx/sener/documentos/prodese-n-2019-2033>
- Tamayo Zapata, D. A., & Cardozo Gutierrez, N. K. (2017). *EL USO DE PIEZOELÉCTRICOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOSTENIBLE COMO PROYECTO PILOTO EN UN PERFIL VIAL DE BOGOTÁ*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Toyota. (1 de Marzo de 2017). *Toyota*. Obtenido de Carreteras que generan electricidad: [https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2017/carreteras\\_generaran\\_electricidad](https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2017/carreteras_generaran_electricidad)

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## [Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

*International Identification of Science - Technology and Innovation*

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

### Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

### Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Tecnológica. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

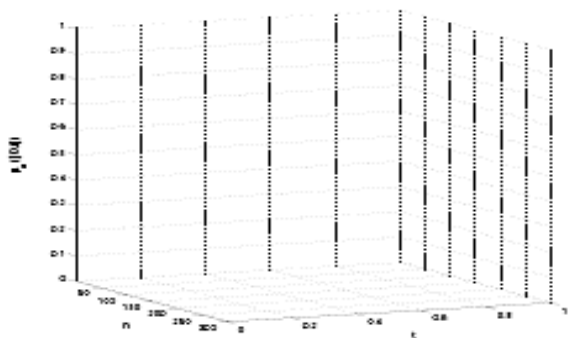
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

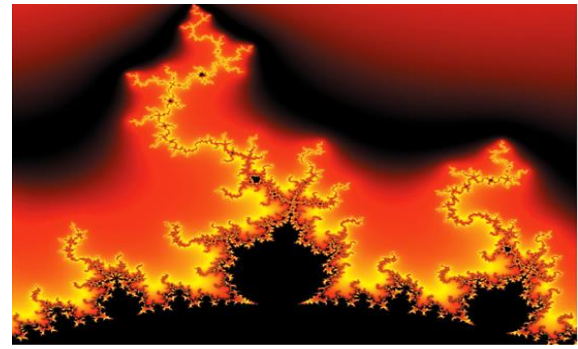
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]



**Gráfico 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

## Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.



## Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Ingeniería Tecnológica se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Tecnológica emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Ingeniería Tecnológica, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales**

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

#### **Política Editorial y Administración**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editor en Jefe**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

**Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

**Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

**Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN® Taiwan), [sponsorships@ecorfan.org](mailto:sponsorships@ecorfan.org)

**Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. [financingprograms@ecorfan.org](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

**Oficinas de Gestión**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

# Revista de Ingeniería Tecnológica

“Diseño de reingeniería del sistema de puesta a tierra de un transformador de 300 KVA”

**DOMINGUEZ-DE LA CRUZ, Joel, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Guillermo Miguel, GARRIDO-MELENDEZ, Javier y JIMÉNEZ-RIVERA Jesús**

*Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería*

“Diseño de una Placa de Entrenamiento de Microcontroladores PIC16F877A para la Asignatura de Control de Procesos con Microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez”

**HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos, TORRES-VALLE, José Bernardo, PEZA-ORTIZ, Edebaldo y GARCÍA-TRINIDAD, Enrique**

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez*

“Sílice Mesoporosa como encapsulador de materiales de cambio de fase (PCM)”

**GONZÁLEZ-CERVANTES, Nancy, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Mercedes, CANO-LARA, Miroslava y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen**

*Instituto Politécnico Nacional*

*Universidad de Guanajuato*

*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato*

“Tecnologías de Mantenimiento industrial en la industria 4.0”

**MERAZ-MÉNDEZ, Manuel, LERMA-HERNÁNDEZ, Claudia y CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe**

*Universidad Tecnológica de Chihuahua*

“Potencial de producción de energía eléctrica en México empleando la circulación del parque vehicular”

**CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe & AGUIRRE-RODRÍGUEZ, Claudia**

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río*

