

ISSN 2523-6873

Volumen 2, Número 5 — Enero — Marzo - 2018

# Revista de Ingeniería Innovativa

**ECORFAN®**

## **ECORFAN-Perú**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Revista de Ingeniería Innovativa,**

Volumen 2, Número 5, de Enero a Marzo 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: [www.ecorfan.org/republicofperu](http://www.ecorfan.org/republicofperu), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD. Coeditor: SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD. ISSN 2523-6873. 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 2018.

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 Innovativa**

## **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 Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología.

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 Innovativa es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, 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 la Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología con 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 Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® 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**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

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

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

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD  
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD  
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD  
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD  
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

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

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD  
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD  
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

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

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFOX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

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

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

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

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

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

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

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD  
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

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

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD  
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD  
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

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

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD  
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Innovativa 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 Perú 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 Oceania. 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 Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación*, por ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo, CONDE-SALINAS, David, HERNÁNDEZ-MOSQUEDA, Carlos y PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Querétaro y la Universidad Tecnológica de Salamanca, como siguiente artículo presentamos, *Propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación*, por HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo, OLVERA-GARCÍA, Omar, RINCÓN-MALTOS, Gerardo y SANDOVAL-CURMINA, Víctor, con adscripción en la Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila y el Instituto Tecnológico de Mérida, como siguiente artículo presentamos, *Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad: Agua, energía y contaminación*, por NAVA-DIGUERO, Pedro & CASTILLO-JUÁREZ, Marcela, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Altamira, como último artículo presentamos, *Uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola*, por HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí y DEL CARMEN-MORALES, Heidi, con adscripción en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero y la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación</b> ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo, CONDE-SALINAS, David, HERNÁNDEZ- MOSQUEDA, Carlos y PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino <i>Universidad Tecnológica de Querétaro</i> <i>Universidad Tecnológica de Salamanca</i>	1-8
<b>Propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación</b> HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo, OLVERA-GARCÍA, Omar, RINCÓN- MALTOS, Gerardo y SANDOVAL-CURMINA, Víctor <i>Universidad Nacional Autónoma de México</i> <i>Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila</i> <i>Instituto Tecnológico de Mérida</i>	9-17
<b>Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad: Agua, energía y contaminación</b> NAVA-DIGUERO, Pedro & CASTILLO-JUÁREZ, Marcela <i>Universidad Tecnológica de Altamira</i>	18-34
<b>Uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola</b> HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí y DEL CARMEN-MORALES, Heidi <i>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero</i> <i>Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense</i>	35-40

## Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación

### Basic Smart Board for Energy Saving in Lighting

ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo\*†<sup>1</sup>, CONDE-SALINAS, David<sup>1</sup>, HERNÁNDEZ –MOSQUEDA, Carlos<sup>2</sup> y PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Querétaro

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Salamanca

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Gerardo, Ortega-Zertuche* / **ORC ID:** 0000-0002-1587-9666, **Researcher ID Thomson:** V-6451-2018, **CVU CONACYT ID:** 288684

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *David, Conde-Salinas* / **ORC ID:** 0000-0002-9852-3664, **Researcher ID Thomson:** V-6607-2018; **CVU CONACYT ID:** 766557

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Carlos, Hernández –Mosqueda* / **ORC ID:** 0000-0001-6120-9308; **Researcher ID Thomson,** V- 6533-2018; **CVU CONACYT ID:** 241514

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Maximino, Pérez-Ramírez* / **ORC ID:** 0000-0003-0223-9165; **Researcher ID Thomson:** V-6472-2018; **CVU CONACYT ID:** 766835

Recibido Enero 27, 2018; Aceptado Marzo 30, 2018

#### Resumen

Actualmente existen tableros inteligentes que permiten la protección, monitoreo y control de los sistemas de iluminación mediante sensores y equipo de medición. Estos equipos rebasan las necesidades de control y su la implementación en los sistemas implica una completa sustitución de los tableros actuales, por lo que el tablero que se propone, conformado por una integración de componentes de fácil adquisición, económico y de fácil operación, se presenta como una alternativa viable. Por ello, el objetivo busca crear un sistema de control para la iluminación y distribución de la cantidad luz artificial, operando sin la intervención humana, de bajo costo reutilizando las instalaciones y equipo ya existente de manera práctica. Se analizó y se desarrolló el Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación, integrando diferentes componentes ya existentes de reuso, contribuyendo en este proceso al aprendizaje de los alumnos de la carrera de mantenimiento área industrial mediante su integración en las tareas de programación, pruebas y puesta en marcha. El impacto inmediato se evidencia en el tiempo de uso en iluminación en las áreas que se instaló el equipo.

#### Ahorro de Energía, Iluminación, Sustentabilidad

#### Abstract

Currently there are smart boards that allow the protection, monitoring and control of lighting systems using sensors and measuring equipment. This equipment exceeds the control needs and its implementation in the systems implies a complete replacement of the current boards, so the board proposed, consisting of an easy-to-purchase, economical and easy-to-operate components integration, is presented as a viable alternative. Therefore, the objective seeks to create a control system for lighting and distribution of artificial light, operating without human intervention, low cost reusing existing facilities and equipment in a practical way. The Intelligent Basic Board for Energy Saving in Lighting was analyzed and developed, integrating different existing components of reuse, contributing in this process to the learning of the students of the industrial area maintenance career through its integration in the programming tasks, Testing and commissioning. The immediate impact is evidenced in the time of use in lighting in the areas where the equipment was installed.

#### Energy Saving, Sustainability, Lighting

**Citación:** ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo, CONDE-SALINAS, David, HERNÁNDEZ –MOSQUEDA, Carlos y PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino. Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación. Revista. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018. 2-5: 1-8.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gortega@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La estrategia principal del programa institucional de ahorro de energía se centra en la sustitución de luminarias de baja eficiencia por otras de mayor eficiencia, sin embargo, con base en un monitoreo en ciertas áreas, se puede observar el gran desperdicio de energía, generado por el mal uso de la iluminación, en particular aulas vacías que tienen las luminarias encendidas.

En el estudio realizado se observa que al día permanecen en promedio tres salones con la luz encendida y sin actividad durante al menos dos horas, lo cual genera un desperdicio económico, así como una afectación al medio ambiente. Actualmente existen tableros inteligentes que permiten la protección, monitoreo y control de los sistemas de iluminación mediante sensores y equipo de medición, todo integrado en un solo equipo. Sin embargo, en muchas de las aplicaciones, rebasa las necesidades de control, además de que la implementación de estos sistemas inteligentes implica una completa sustitución de los tableros actuales, generando un desperdicio del equipo existente debido a que el sistema actual no es compatible con la nueva tecnología, aunado a que la inversión económica inicial es equiparable con tres equipos de los que se consideran en el estudio. El tablero que aquí se propone, es una integración de diversos componentes, que son de fácil adquisición y por ende económico, su operación se centra en la interacción de un relevador inteligente con sensores de movimiento y de intensidad, lo que lo hace relativamente fácil de configurar e integrar a una infraestructura dedicada a la iluminación.

## Marco Referencial

El consumo excesivo de los combustibles usados para generar energía eléctrica ha derivado en cambios que afectan gravemente a nuestro planeta, como el calentamiento global, entre otros, que nos ponen en riesgo a todos, por lo que es de vital importancia que seamos conscientes y que ayudemos a contrarrestarlos dentro de nuestras posibilidades. El uso eficiente y el ahorro de la energía eléctrica contribuyen en buena medida a disminuirlos, además, cuando hacemos un uso racional de la energía eléctrica en nuestros hogares y lugares de trabajo, el pago del servicio también se reduce.

Los sistemas de control en la iluminación funcionan para distribuir la cantidad adecuada de luz artificial en el espacio y momento necesario y son ampliamente utilizados tanto en interiores como exteriores en espacios residenciales, industriales o comerciales.

La instalación de sistemas automáticos es sencilla, de bajo costo y favorece el ahorro de energía. Estos sistemas operan sin la intervención humana, encienden y apagan la iluminación exterior mediante un sistema de fotocontrol (fotoceldas) o mediante un temporizador (control por tiempo). De dichos sistemas, el primero es preferido por su bajo costo y por ser sencillo de instalar y de operar. De hecho, prácticamente todas las lámparas del alumbrado público funcionan de esta manera, es decir, cuentan con un fotocontrol que solamente cuando está oscuro manda la señal de encendido de la lámpara.

El fotocontrol es un dispositivo en forma de capuchón de 3 pulgadas de diámetro y 2 pulgadas de alto, que está diseñado para soportar condiciones de intemperie y tiene una larga vida útil; generalmente es de color gris o negro, está instalado sobre un receptáculo o socket especial que se encuentra en la parte superior de las luminarias. Algunas lámparas de diseños recientes incluyen un fotocontrol mucho más pequeño llamado “de montaje directo” y pueden ser adquiridos en las tiendas de material eléctrico, en su configuración de fotocontrol a 127 V, 1500 W, con un soporte de metal para montaje en pared o en techo.

Ambos elementos son necesarios cuando deseamos automatizar el funcionamiento de uno y hasta diez focos en paralelo, según la potencia de la fotocelda. A este respecto ya se han desarrollado proyectos con algunas características similares, como prueba en ambientes reales, entre ellos el proyecto denominado “Automatización de iluminación de un edificio gubernamental”, en el cual se diseñó la automatización del sistema de iluminación de un edificio gubernamental para efficientar su operación y mantenimiento, evitando desperdicio de energía eléctrica y con la finalidad de abatir costos.

Sobre este proyecto, algunas de las características de referencia son: edificio de ocho niveles, de los cuales cuatro son estacionamientos, en el edificio se tienen diferentes áreas donde se realizan distintas actividades con sus respectivos horarios y al término de las mismas la iluminación permanece activa, aunque esta no sea utilizada, ocasionando así un consumo innecesario ya que existen áreas en las que la iluminación permanece encendida durante la noche por más de 10 horas innecesariamente. Este consumo se ve reflejado en los costos de operación. La propuesta de configuración también fue desarrollada y probada en el proyecto “Eficiencia Energética en Instalaciones de alumbrado público” con buenos resultados.

Por otro lado, la evolución de la tecnología led en el alumbrado exterior es una realidad. Gracias a la vertiginosa carrera tecnológica en la mejora de la eficiencia de los LED's, combinada con los avances en los sistemas ópticos, esta tecnología ofrece ya una fuente de luz de mayor eficiencia y calidad luminosa que el vapor de sodio de alta presión (VSAP) y el vapor de sodio a baja presión (VSBP). Pero lo que realmente está haciendo que esta tecnología se imponga aún más rápido, es su capacidad de reducir los niveles lumínicos respecto a otras tecnologías de baja reproducción cromática.

Un ejemplo documentado de la mejora en la eficiencia de los LED's en alumbrado público puede encontrarse en el caso práctico de la localidad de San Francisco de Olivenza, una población rural cuya creación se incluyó dentro del Plan Badajoz, contando con una vida de 54 años perteneciente al municipio de Olivenza. El alumbrado público que se concibió en su momento era acorde a la situación social existente en esa época, sufriendo reformas y modificaciones a lo largo de su vida según las necesidades.

Básicamente, la instalación de alumbrado público de San Francisco de Olivenza constaba de unos faroles de diseño exclusivo y fabricados de forma artesanal en chapa de acero, pletinas y redondos y la instalación de un casquillo para una lámpara. Posteriormente se incluyó en estas luminarias un equipo de encendido externo para poder utilizar lámparas de descarga, así como bases fusibles de protección individual, obteniendo niveles de eficiencia energética y ahorro de gran relevancia para la localidad.

[Eficiencia Energética En Instalaciones De Alumbrado Público. Sistemas De Iluminación Basados En Tecnología Led Y Regulación Punto A Punto]

### Desarrollo

Dentro de la Universidad Tecnológica de Querétaro, se trabaja en el ahorro de energía; un área de oportunidad para disminuir los costos por concepto de energía eléctrica, es la iluminación, con las tecnologías actuales la estrategia principal es la simple sustitución por modelos más eficientes. Un ejemplo de ello es la sustitución de T12, que es un tipo de luminaria que consume 39 watts a T5 o T5 led, que consumen entre 20 y 28 watts respectivamente.

Sin embargo, se evidenció en un estudio, realizado en un edificio “F” de la Universidad Tecnológica de Querétaro, el cual se confirmó con un grupo de alumnos para el monitoreo de las áreas y en los horarios correspondientes programados de la siguiente manera.

1. Se buscó las áreas de interés.
2. Se seleccionó en consideración el edificio F.
3. Se dividió el edificio en 2, planta alta y planta baja.
4. Conformación de equipos (alumnos de mantenimiento).
5. Se les entrego una tabla con la información que se requería obtener.
6. Toma de datos. (por semana y áreas inspeccionadas dentro del edificio F “tabla 1”)
7. Análisis de información obtenida.

El resultado de la información denoto que se encontraron áreas con iluminación, cuando no hay nadie ocupándolo, siendo el elemento humano es un gran factor que propicia el desperdicio de energía, por lo que, con base en el marco de sustentabilidad, se pretende disminuir la dependencia.

Actualmente se comercializan tableros inteligentes, que permiten conectividad con sensores y control a distancia, además de una visualización del proceso, facilitando la operación para el usuario, por lo que el costo de estos equipos es elevado.

## Evaluación de desperdicio

Como parte de la sustentación del proyecto, se consideró el análisis de desperdicio de energía que se realizó en el edificio “F”, en el mes de Febrero del de 2017. A continuación, se presenta dicho análisis.

### Impacto energético

Para saber el desperdicio de energía que existe en la universidad, se decidió que, por 30 horas durante 5 días, se analizarían los salones de la planta baja y los de la planta alta, que conforman el edificio F, tomando en cuenta que la luminaria no es la misma, se realizó el estudio que se presenta en la tabla 1.0

Planta Alta						
Días / Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
13hrs	1	0	0	0	0	1
14hrs	0	0	0	0	0	0
15hrs	1	1	1	1	0	4
16hrs	0	0	1	0	1	2
17hrs	0	0	0	0	0	0
18hrs	0	0	0	0	0	0
<b>Total de hrs al día</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
De 30 horas analizadas en 1 semana 7 horas fueron desperdicio por lo tanto Si 30hrs.= a 100% analizando, 7hrs=23.5% de DESPERDICIO						
Equivalencia a 1hr. 24min Al Día de 7 salones encendidos con lámpara T5x28Watts						

Planta Baja						
Días / Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
13hrs	0	0	0	0	0	0
14hrs	0	1	0	1	0	2
15hrs	1	1	1	0	1	4
16hrs	0	0	0	2	0	2
17hrs	0	0	0	1	0	1
18hrs	1	1	1	0	0	3
<b>Total de hrs al día</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	
De 30 horas analizadas en 1 semana 7 horas fueron desperdicio por lo tanto Si 30hrs.= a 100% analizando, 12hrs=36% de DESPERDICIO						
Equivalencia a 1hr Al Día de 12 salones encendidos con lámpara T12x39Watts						

Tabla 1.0 Análisis de Desperdicio

Con la información obtenida se evaluó el impacto energético y económico, que dio como resultado la justificación para buscar alternativas de mejora.

### Diseño

El diseño es la etapa más importante para la realización de un proyecto, aún más cuando se habla de innovación y desarrollo tecnológico, por lo tanto, se dedicó la mayor parte del proyecto a formar bases sólidas para alcanzar la proyección que se tiene del sistema inteligente, desarrollando los siguientes puntos:

## Diagrama lógico de programación

El modo de programación que se utiliza para el micro PLC es por medio de bloques que se programan en base a la electrónica digital. Las entradas se denominan “I”, las salidas “Q” y los bloques “B”, estos últimos pueden ser de dos tipos: “Funciones Básicas” o “Funciones Avanzadas”. El programa inteligente, cuenta con bloques temporizados los cuales pertenecen a las “Funciones Avanzadas” y también con bloques de lógica combinatorial (AND, NOT y OR) que pertenecen a las “Funciones Básicas”.

**Compuertas AND:** Se representan con el símbolo “&”, tal como se muestra en los bloques B004, B003 y B006, cualquiera de ellas se activará si y solo si, las dos señales digitales que reciban son iguales a 1. Por lo tanto, en la Figura 1 se muestra que, el bloque “B003” depende del bloque “B007” y de la entrada “I1”. **Compuertas NOT:** Este tipo de compuertas cambian el valor lógico, es decir que, si se tiene un uno a la entrada, su salida será cero. En el programa inteligente, se representan con un punto de color negro en la entrada de las compuertas AND, un claro ejemplo de aplicación, se observa en el bloque “B006”. **Compuertas OR:** Los bloques “B001” y “B008” son un ejemplo de este tipo de compuerta y se representan mediante el símbolo “>1”. La condición que se debe cumplir para este caso es que cualquiera de las señales sea uno lógico.

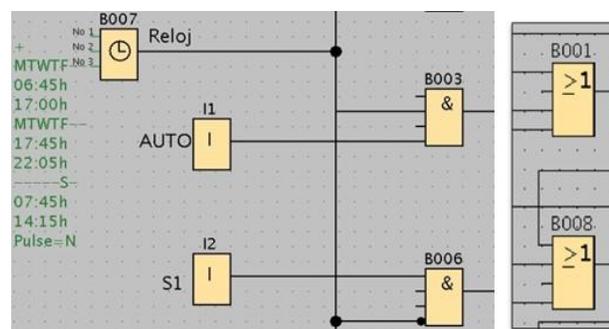


Figura 1 Compuertas AND, NOT y OR

### Programa inteligente

Dentro de la planeación se consideró que el programa debería tener ciertas características. La primera parte consistió en montar un control manual (Entrada “I3”) y uno automático (Entrada “I1”) y que ambos funcionarían de acuerdo a un reloj (B007) que comprende entre las 6:45am y las 10:00pm de lunes a viernes y los sábados de 8:00am a 20:00pm. (Figura 2).

La señal se controla mediante un selector, por lo que estas entradas digitales no podrán trabajar simultáneamente.

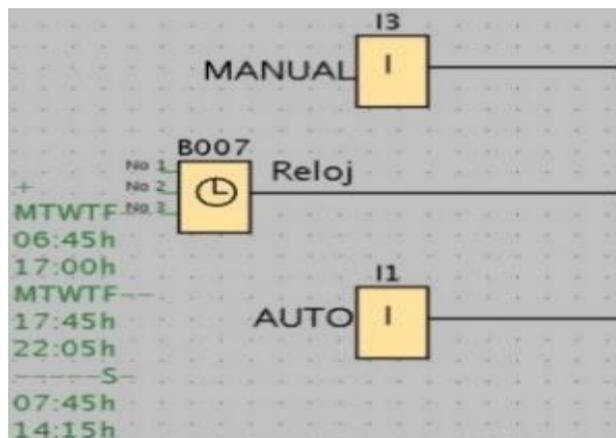


Figura 2 Programa etapa I

En el siguiente paso, se determinó el tiempo de respuesta al encendido (B072) para evitar el arranque de la luminaria en falso, con un retardo de 10 segundos Figura 3. Por otra parte, en el apagado (B005) se consideró un retardo de 20 minutos después del último scan que haya hecho el sensor “S1” de la entrada “I2”, con lo que se pretende no habrá afectación en la vida útil de la luminaria.

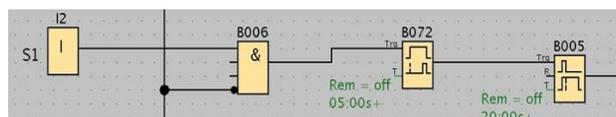


Figura 3 Programa parte II

En la etapa tres, se utilizó un contador (B050) que va del uno al 15 y una vez que llega a los 15 se mantiene así por dos razones; la primera de ellas, para limitar el número de disparos de la luminaria y la segunda para saber el número de veces que se han disparado los relevadores de control, con lo cual se puede realizar un mantenimiento basado en condiciones esto en la Figura 4. Cabe mencionar que, después de las horas de trabajo establecidas en el reloj B007 el reloj B053 restablece los contadores al final del día.

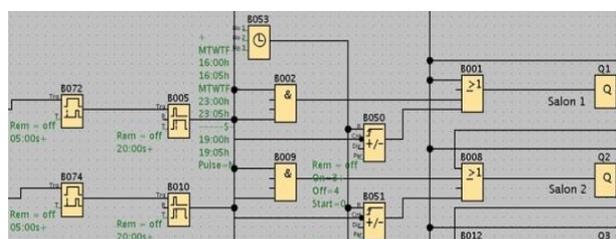


Figura 4 Programa parte III

Por último, se observó que el arranque en paralelo del control manual, podría causar un exceso en la demanda de corriente soportada, por lo que se diseñó un control para que arranquen en serie, es decir, una vez que el “Salón 1” (Salida Q1) ha sido encendido, el temporizador “B036” comenzará su recorrido de 3 segundos y se encargará de arrancar el siguiente salón (Salida Q2), el mismo procedimiento sucede para el temporizador “B041”, que activará el “Salón 3” figura 5.

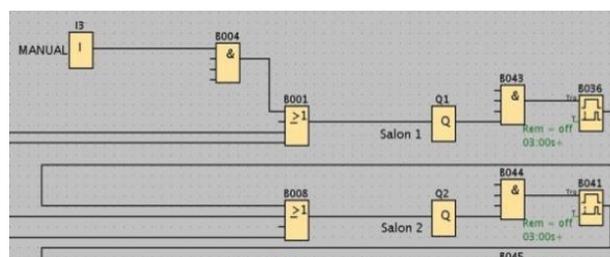


Figura 5 Programa parte IV

Finalmente, el programa inteligente está compuesto por: 82 bloques, 12 entradas y 10 salidas ver la Figura 6.

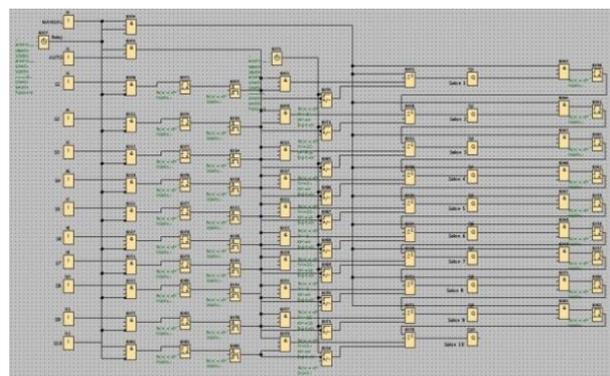


Figura 6 Diagrama Lógico de Programación

### Diagrama de control

La elaboración e interpretación de los diagramas fue muy importante, para ello se utilizó una simbología universal y se realizó una numeración, la cual sirve para identificar rápidamente alguna falla que se presente, de algún componente o por mal cableado en el sistema. En el plano 1 ver Figura 7, se visualizan las conexiones que se realizaron de manera física y como se interpretan. El diagrama lo componen los siguientes elementos:

- Interruptor principal
- Interruptor de área; uno para línea de 127VAC y el otro para línea de 24VDC.
- Fuente de alimentación de 127 VAC a 24VDC,

ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo, CONDE-SALINAS, David, HERNÁNDEZ –MOSQUEDA, Carlos y PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino. Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación. Revista. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018.

- Relevadores de control
- Clemas fusibles
- Selector
- Sensores de movimiento
- PLC LOGO y bloque auxiliar.

El sistema propuesto controlará 12 salones, sin embargo, el prototipo solo considera la puesta en marcha de dos salones.

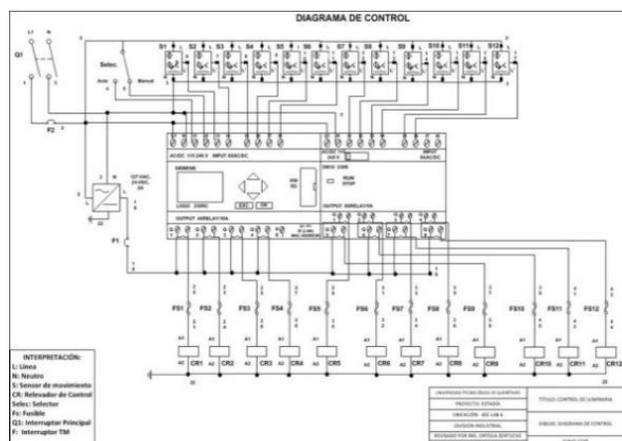


Figura 7 Plano 1 Diagrama de Control

### Diagrama de potencia

Una vez que el control del sistema ha sido creado, la parte de potencia se encargará de encender o apagar la carga, mediante la utilización de los relevadores de control. El circuito de potencia que se propuso (ver Figura 8, plano 2), fue en base a las áreas seleccionadas del laboratorio 4EE (4 Entre Ejes) para la realización de pruebas, por lo que se consideró el layout de la instalación eléctrica.

El layout del plano proporciona la información para el cableado del circuito, donde se indica el número del térmico, así como la carga que este controla. Las áreas propuestas para la instalación fueron: el área 1 de Automatización y el área 2 de Neumática ver Figura 9. En teoría este sistema puede aumentar el número de salones a controlar agregando los bloques auxiliares que sean necesarios, por consecuencia se tendría que agregar a la programación la cantidad de salones que se añadieron. El límite para la automatización de la luminaria depende de la memoria del micro PLC LOGO, para el modelo 0BA7 se consideran 400 bloques como límite de programación, lo que equivaldría a controlar 30 salones.

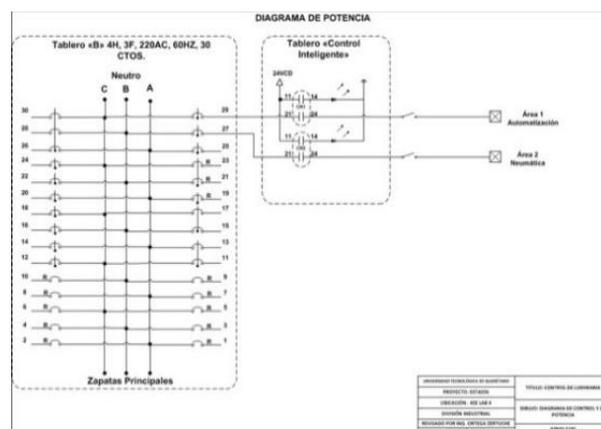


Figura 8 Plano 2, Diagrama de Potencia

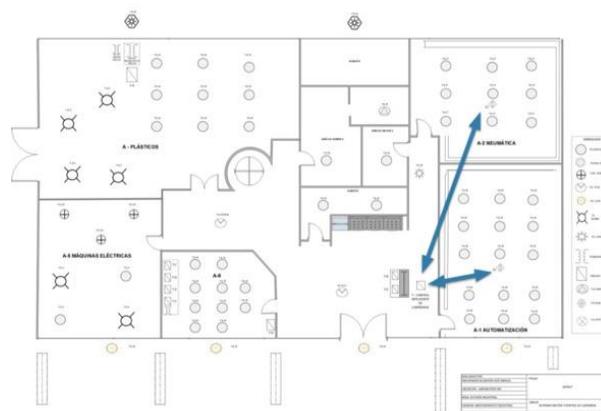


Figura 9 Layout para control de luminaria

### Selección

Para la realización del proyecto, se consideró el marco de sustentabilidad de la Universidad, se consideró el uso de elementos reciclados, los cuales se buscaron en almacén y también en equipos obsoletos, logrando así un impacto económico en la realización del proyecto. La selección de los elementos para la implementación del sistema inteligente dependió del presupuesto para la inversión, dentro del mismo se consideró la lista de materiales. Una vez que se obtuvo la cantidad total a invertir, se redujo el costo de los componentes reciclados, estos quedaron especificados en el presupuesto con color verde, el resto es la inversión neta del proyecto.

Para la selección de los elementos se tomó en cuenta que el sistema inteligente requiere dos tensiones para su operación; Una requerida por los relevadores de control a 24VDC y la otra por los sensores de movimiento, el LOGO y las Luminarias a 127VAC.

Otro punto importante fue el cálculo de la intensidad que se genera con la luminaria, conociendo que la luminaria es T5, en su mayoría a 28 watts y que en general cada salón tiene seis gabinetes, se obtiene que la intensidad promedio es de 4.5 Amp. Los ciclos de operación de los relevadores de control, se consideró en la programación del LOGO, donde se determina si es necesario su reemplazo.

## Logo

Éste autómata (ver Figura 10), cuenta con 16 entradas digitales a 127VAC y 12 salidas relé, las primeras cuatro soportan 10Amp y las siguientes ocho soportan 5Amp. Así mismo se contempló en la proyección, que el LOGO tenga una pantalla HMI para visualización y control del proceso, por lo que se decidió comprar el micro PLC con salida de datos Ethernet. [Información de SIEMENS]



Figura 10 MICRO PLC, LOGO SIEMENS

Para la elección del sensor se consideró que su tensión de operación fuera de 127VAC, con salida digital y que tuviera un rango de ajuste de tiempo, de distancia para el censado y de luminosidad, con un ángulo de 180°. (Figura 11)



Figura 11 Sensor de movimiento PIR

## Protecciones

Dentro de los elementos de protección, se consideró utilizar a las salidas del LOGO, los relevadores, ya que como se explicó, la intensidad estaría al límite de la capacidad de las salidas del LOGO, por lo que de este modo se evitarán posibles averías del micro PLC.

Como se puede observar en los datos de placa de la siguiente Figura 12, la bobina trabaja a 24VDC, mientras que sus contactos soportan hasta 10Amp a 250VAC.



Figura 12 Relevador de control

## Construcción

En esta etapa se comenzó con el montaje de los elementos sobre el riel DIN para la conexión y etiquetado del circuito tal como se indicó en los planos 1.0 y 2.0 (Figura 7 y 8) en el apartado de diseño, por fines prácticos se realizó fuera del gabinete, como se observa en la Figura 13 y se trató de que el cableado fuera lo más estético posible.



Figura 13 Conexión del prototipo

## Proyección

El proyecto se concluyó con la instalación del prototipo, se considera que a corto plazo se realizará un análisis para el mantenimiento del sistema. Las mejoras al programa, la comunicación a la pantalla HMI, así como también observar que la vida útil de las luminarias no haya sido afectada, serán algunas de las actividades que se continuarán realizando.

Como plan de mantenimiento preventivo se revisarán los relevadores cada mes, a fin de saber que se encuentre en óptimas condiciones, es decir, que los contactos no presenten carbonización. Por otro lado, ya se piensa en la instalación de sensores de corriente que permitirán saber el estado en que se encuentra la luminaria, lo que serviría para el proceso de instalación de la pantalla HMI. Cabe mencionar que se instaló un medidor de energía tipo tarifa, con el fin de saber el ahorro y compararlo entre un edificio que cuenta con el sistema y otro que es dependiente del factor humano, por lo que se tendrán que tomar cada mes las mediciones que este equipo arroje.

## Resultados

El prototipo fue instalado en las tres áreas proyectadas, durante los primeros días se le realizaron los ajustes de sensibilidad y tiempo a los sensores de movimiento, posterior a esto, el equipo opero tal y como se tenía previsto, al no detectar movimiento durante el tiempo programado, la iluminación era desconectada.

Durante el desarrollo del proyecto, se visionaron otras aplicaciones, tales como la integración de un sensor de corriente del tipo dona, la visualización del proceso, así como de otras variables que coadyuvan al mantenimiento del equipo, la posibilidad de comunicación a distancia y la factibilidad de conectividad de un sistema fotovoltaico.

## Agradecimientos

Agradecemos a las Universidades Tecnológicas de Querétaro y Salamanca, quienes nos brindaron los tiempos y en caso de Querétaro los recursos materiales e instalación, en especial al M.en I. J. Víctor Hugo Lara Pelayo, Director de la División Industrial, quien dio la oportunidad de realizar pruebas en el edificio de docencia y la instalación del equipo en el mismo.

## Conclusiones

Existen equipos que pudieran realizar funciones semejantes a este prototipo, sin embargo, su desventaja principal radica en el costo. Una vez que nuestro equipo esté operando y se obtengan los primeros resultados, podremos contar con el marco de referencia que nos permita tomar decisiones para su uso cotidiano y/o bien pensar en otra alternativa que permita la automatización orientada a la no dependencia del factor humano para el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en iluminación.

## Referencias

Cópiala y pégala en tu documento. La ficha bibliográfica es:  
<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/logo-software/pages/default.aspx>

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN BASADOS EN TECNOLOGÍA LED Y REGULACIÓN PUNTO A PUNTO

Nombre de Autor: ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo\*, CONDE-SALINAS, David, GUERRERO-ORDAZ, Salvador, JAMAICA-GONZÁLEZ, Alejandro, PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino, LUNA-PUENTE, Rafael, PERÉZ-CHIMAL, Rosa Janette y HERNÁNDEZ – MOSQUEDA, Carlos.

Siemens. (2017). LOGO! Software. 2017, de siemens Sitio web:  
[https://www.aepro.com/files/congresos/2012valencia/CIIP12\\_1222\\_1234.3796.pdf](https://www.aepro.com/files/congresos/2012valencia/CIIP12_1222_1234.3796.pdf)  
<https://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/ques-un-detector-de-movimiento-pasivo-o-pir>

SIEMENS, “LOGO! Software”, 2017. Disponible por internet:  
 TECNOSEGURO, Detector de movimiento PIR, 2017. Disponible en internet:  
 UWE GRAUNE, LOGO! Practical Training, 2011 SIEMENS.

## Propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación

### Proposal of an automated passive system for air conditioning in the home

HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo<sup>1</sup>, OLVERA-GARCÍA, Omar<sup>1</sup>, RINCÓN-MALTOS, Gerardo<sup>2</sup> y SANDOVAL-CURMINA, Víctor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México-Laboratorio de Investigación en energías renovables de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Mérida -Tecnológico Nacional de México

ID 1<sup>er</sup> Autor: Víctor Hugo, Hernández-Gómez / ORC ID: 0000-0001-9315-5869, Researcher ID Thomson: S-6575-2018, CVU CONACYT ID: 122247

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Omar, Olvera-García / ORC ID: 0000-0001-6386-9772 - Researcher ID Thomson: S-6644-2018, CVU CONACYT ID: 706478

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Gerardo, Rincón-Maltos / ORC ID: 0000-0003-4712-4302 - Researcher ID Thomson: X-2306-2018, CVU CONACYT ID: 362678

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Víctor, Sandoval-Curmina / ORC ID: 0000-0002-6511-7344 - Researcher ID Thomson: T-3408-2018, CVU CONACYT ID: 70654

Recibido 19 de Febrero, 2018; Aceptado 31 de Marzo, 2018

#### Resumen

Los sistemas pasivos son elementos que se integran a la envolvente de la edificación y permiten generar flujos de aire para calefacción y enfriamiento, mediante pequeñas compuertas operadas por las personas que habitan el lugar, canalizando ese aire hacia el interior de una habitación. En este documento, se presenta la propuesta de un sistema pasivo (muro Trombe) automatizado para el acondicionamiento del aire en una casa habitación, en donde el sistema monitorea la temperatura y humedad de la habitación y envía la señal para la operación de las compuertas que permitan el flujo de aire al contenedor de desecante y operación de humidificadores, esto con la finalidad de que en forma automatizada se modifique la temperatura y humedad del aire del interior de la habitación a lo largo del año. Se describe cuales son los parámetros de diseño y variables que intervienen en el sistema pasivo para acondicionamiento del aire mediante el uso del muro Trombe aplicado a una casa habitación. Además, se propone la forma de operación del sistema de automatización basado en una tarjeta de desarrollo Arduino que es energizado a través de un sistema fotovoltaico y mediante una red inalámbrica de sensores se efectúa el monitoreo de las condiciones de temperatura y humedad en la habitación.

**Aire acondicionado, Sistemas pasivos, Muro Trombe, Automatización, Red inalámbrica de sensores**

#### Abstract

Passive systems are elements that are integrated into the envelope of the building and allow generating air flows for heating and cooling, through small gates operated by the people who inhabit the place, channeling that air into the interior of a room. In this document, we present the proposal of a passive system (wall Trombe) automated for the air conditioning in a house, where the system monitors the temperature and humidity of the room and sends the signal for the operation of the gates that allow the flow of air to the desiccant container and operation of humidifiers, this with the purpose of automatically changing the temperature and humidity of the air inside the room throughout the year. Describes which are the design parameters and variables that intervene in the passive system for air conditioning through the use of the Trombe wall applied to a dwelling. In addition, we propose the operation method of the automation system based on an Arduino development card that is energized through a photovoltaic system and through a wireless sensor network, the temperature and humidity conditions in the room are monitored.

**Air conditioning, Passive systems, Wall Trombe, Automation, Wireless sensor network**

**Citación:** HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo, OLVERA-GARCÍA, Omar, RINCÓN-MALTOS, Gerardo y SANDOVAL-CURMINA, Víctor. Propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018, 2-5: 9-17.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vichugo@unam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El ser humano debe de mantener una temperatura interna cercana a los 36 °C o 37 °C para evitar problemas en el organismo. Cuando el organismo detecta temperaturas menores, éste empieza a temblar para generar calor, si la temperatura interna sigue disminuyendo el organismo tiende a proteger los órganos vitales, como parte del flujo de calor lo lleva la sangre, para evitar pérdidas de calor, el organismo deja de enviar sangre a los órganos que considera no vitales, tal es el caso de la pérdida de dedos u orejas por el frío en alpinistas, si la temperatura sigue disminuyendo, la mayoría de los órganos dejan de funcionar y se termina la vida del organismo con la hipotermia.

En caso contrario, si la temperatura interna empieza a incrementarse, el organismo comienza a sudar, es decir, genera gotas de agua que le van a servir para disipar el calor al medio ambiente, si la temperatura ambiental siguiera incrementando correría el riesgo de la deshidratación y el organismo perecería. Por tal motivo, es necesario apoyar al organismo con otro tipo de protecciones, como es el vestido y el medio ambiente del espacio donde habita. Cuando la temperatura y humedad del medio ambiente no ha sido suficiente para mantener la temperatura interna del ser humano cercana a los 36 °C o 37 °C, ha sido necesario apoyarlo con equipos acondicionadores del aire que emplean energía eléctrica, con la consecuente emisión de gases de efecto invernadero por el origen de la energía eléctrica que se requiere para su funcionamiento.

Para evitar el consumo de energía por el empleo de sistemas de aire acondicionado, se ha retomado las técnicas de nuestros antepasados para modificar la temperatura y humedad del aire, las cuales se conocen como sistemas pasivos. Son sistemas que no requieren de energía eléctrica, normalmente operan con sol y viento, y se aplican en la envolvente de las edificaciones. Dentro de estos sistemas se encuentra el muro Trombe, el cual puede ser utilizado todo el año debido a que las personas pueden modificar manualmente su operación para calefacción o enfriamiento, Morillón (1993).

El propósito de este documento es presentar una propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación, es decir, que se cuente con un sistema de monitoreo de la temperatura interna de la habitación y en función de los valores programados, abra o cierre las compuertas del sistema. Como otra aportación, se pretende monitorear también a la humedad interna, con la finalidad de que el sistema accione un humidificador o canalice el flujo de aire a un contenedor con material desecante, antes de que el aire entre a la habitación. Con esto se tendría el esquema completo de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, para aplicarlo en cualquier estado de la república, durante todo el año.

El trabajo se desarrolla en varias secciones; primeramente, se propone el uso del muro Trombe y se establecen cuáles son sus componentes para implementar el sistema de acondicionador pasivo. En la siguiente sección se describe el funcionamiento y operación del sistema de acondicionamiento del aire empleando el muro Trombe. Posteriormente, se dedica una sección a describir el sistema automatizado para el monitoreo y control del acondicionador pasivo, desde la selección de los sensores de temperatura y humedad, su comunicación inalámbrica con la etapa de control y la comunicación final entre la etapa de control y los actuadores. Para finalizar, se presentan los resultados principales alcanzados con el sistema propuesto y las conclusiones importantes obtenidas.

## Muro Trombe

Los sistemas pasivos son aquellos elementos que se integran a la envolvente de las edificaciones y permiten captar el flujo de calor del Sol que recibiría la envolvente, para descargarlo al medio ambiente o emplearlo para calefacción de la edificación, Morillón (1993). Estos sistemas pueden diseñarse para enfriar, calentar, humidificar o deshumidificar el aire del interior de una edificación. Dentro de estos sistemas se encuentra el muro Trombe, el cual puede utilizarse para calentamiento y enfriamiento de un espacio.

El muro Trombe está formado por dos placas paralelas, una de ellas es transparente (vidrio, acrílico, etc) permitiendo el paso de los rayos del sol y además protege a la otra placa llamada elemento almacenador (por ejemplo, aluminio) que está montada sobre un muro, formando un canal por donde circula aire, Ken Butti and John Perlin, (1980). Los rayos del Sol al incidir sobre el elemento almacenador modifican su temperatura y por su capacidad calorífica se convierte en un acumulador de calor. Este calor almacenado se transmite al aire que se introduce al sistema por el canal ocasionando convección natural. Este aire se desecha al medio ambiente logrando generar ventilación en el interior de la edificación, o se ingresa nuevamente para calentamiento del espacio. El muro Trombe puede construirse con materiales de construcción ordinarios, por lo que no es cara su inversión y mantenimiento.

El proyecto tiene la finalidad de que el sistema sea empleado en cualquier casa habitación, por lo cual, no se establece un diseño fijo del muro, sino recomendaciones para su diseño y automatización que deberán ajustarse lo más posible en función de la casa habitación a climatizar. Tomando como base los resultados de Hernández et al (2010), se propone un muro Trombe cercano a un metro de ancho por dos metros de altura, el cual puede estar construido por vidrio o acrílico (4 mm de espesor) como primera placa y como segunda placa una lámina de aluminio (calibre 12), se debe dejar un espacio entre placas de 5 cm y estar protegido con un bastidor de madera, la lámina de aluminio debe estar aislada con unicel y montada a la pared sur de la edificación. Tanto en la pared como en la lámina de aluminio es necesario dejar el espacio para las rendijas por donde pasará el flujo de aire del sistema. En la parte superior del muro, debe de instalarse una compuerta para permitir la salida del aire caliente en el caso de enfriamiento de la habitación.

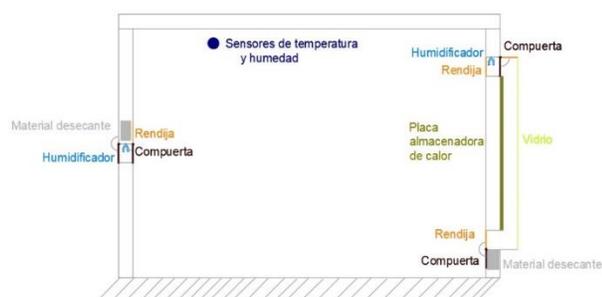
En la parte de abajo de la placa de aluminio, debe instalarse un contenedor con material desecante con su respectiva compuerta para la etapa de calentamiento con deshumidificación. En el ducto superior del muro Trombe, en la sección que da hacia la habitación a climatizar, debe instalarse un humidificador o un aspersor de agua junto con un sistema de recolección del agua sobrante, para la etapa de calentamiento con humidificación.

También debe considerarse una compuerta para permitir que el flujo de aire salga del muro al medio ambiente o pase al humidificador antes de ser descargado al interior de la habitación.

Para el material desecante, se tomó en cuenta los trabajos presentados por Olvera y Hernández (2015) quienes utilizaron un promedio de 200 g de sílice para reducir la humedad del aire que pasaba a través de un prototipo de muro de descarga de calor, (que trabaja bajo el principio del muro Trombe) la reducción promedio conseguida fue de 17.7%. Un año después, Olvera, Morillón y Hernández (2016) publican resultados de deshumidificación del aire que ingresa a una vivienda, a través de una ventana de 1.0 m<sup>2</sup> utilizando condiciones ambientales (velocidad promedio del viento, humedad relativa y presión atmosférica de la zona) de acuerdo con Fuentes (2004), concluyen que se requieren grandes cantidades de sílice para retirar la humedad del aire que ingresa a la vivienda, sin embargo estos datos sirven como base para estimar la cantidad de sílice que se requieren por día, para deshumidificar el aire que recircula a través de las rejillas de aire del sistema. La cantidad aproximada de sílice para deshumidificar el aire un 18% en un espacio cerrado de 30 m<sup>3</sup> es de 20 Kg/día, con un volumen aproximado de 30,000 cm<sup>3</sup>.

Para la etapa de enfriamiento de la habitación, debe considerarse que en la pared contraria al muro Trombe, debe de instalarse un ducto de aire con dos compuertas que permitan, una cerrar el ducto para el caso de calentamiento y la otra que permita canalizar el flujo de aire del medio ambiente exterior al humidificador para la etapa de enfriamiento con humidificación, o al contenedor con material desecante, para la etapa de enfriamiento con deshumidificación. Para conseguir esto, en el ducto debe instalarse un humidificador y un contenedor con material desecante. De ser necesario puede emplearse en los ductos un pequeño ventilador de apoyo, el cual puede ser alimentado con una foto celda.

En la figura 1, se presenta un esquema del sistema de acondicionamiento del aire, en donde se muestra el muro Trombe, las compuertas que lo operan, los contenedores de material desecante, los humidificadores y la pared por donde será remplazado el aire.



**Figura 1** Esquema del sistema de acondicionamiento del aire

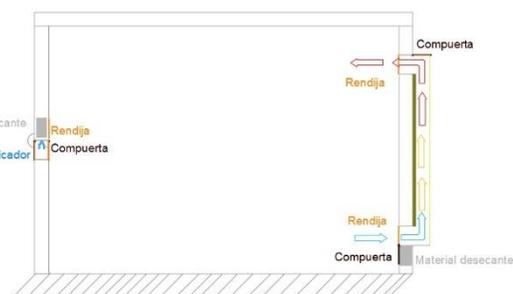
Fuente de consulta: Propia

## Funcionamiento del sistema de acondicionamiento del aire

En esta sección se describe la operación del sistema de acondicionamiento del aire con base en cada una de las funciones importantes que debe realizar. Las funciones principales que un sistema de acondicionamiento del aire implementa son la calefacción y el enfriamiento. A su vez, en cada una de estas funciones es posible desarrollarlas con Humidificación o Deshumidificación dependiendo de las necesidades del ambiente que se desee tener en la habitación.

A continuación, se presenta la operación del sistema de acondicionamiento del aire para cada una de las funciones que realiza:

**Calefacción.** Cuando los sensores de temperatura del sistema de monitoreo detecten que la temperatura del aire del interior de la habitación es menor a la temperatura de confort térmico, enviarán la señal a las compuertas inferior y superior del muro, para permitir el paso del flujo de aire desde el interior de la habitación a climatizar al muro Trombe, el aire será calentado por la placa de aluminio y por la compuerta superior será introducido nuevamente a la habitación. El ducto de la pared que se emplea para el remplazo de aire se mantiene cerrado. El sistema seguirá operando hasta alcanzar la temperatura deseada. En la figura 2 se ilustra el proceso de operación del sistema para calentamiento de la habitación.



**Figura 2** Proceso de calentamiento

Fuente de consulta: Propia

**Enfriamiento.** Cuando los sensores de temperatura del sistema de monitoreo detecten que la temperatura del aire de la habitación es mayor a la temperatura de confort térmica, enviarán la señal a las compuertas inferior y exterior del muro, para permitir el paso del flujo de aire desde el interior de la habitación a climatizar al muro Trombe, el aire será calentado por la placa de aluminio y la compuerta externa permitirá que el flujo de aire caliente sea evacuado al medio ambiente, generando un flujo de ventilación. Por la parte de la casa donde no da el sol, el sistema enviará la señal para que se abra la compuerta para permitir el remplazo del aire caliente extraído por aire a la temperatura ambiental. El sistema seguirá funcionando hasta alcanzar la temperatura deseada. En la figura 3 se ilustra el proceso de operación del sistema para enfriamiento de la habitación.

**Calefacción con Humidificación:** Cuando el sistema de monitoreo detecte el aire de la habitación con una temperatura inferior a la de confort térmico y una humedad relativa inferior al 50 %, el sistema funcionará como se explicó en la parte de calefacción, pero antes de liberar el flujo de aire al interior de la habitación, el sistema enviará la señal para que el humidificador o los rociadores de agua que se instalen en el ducto superior del muro se activen, incrementando la humedad del aire. Cabe hacer mención que, si se utiliza un aspersor, el agua debe de pasar previamente por el muro para incrementar su temperatura y no enfríe el aire. El sistema estará en operación hasta alcanzar las condiciones de temperatura y humedad deseadas. En la figura 4 se ilustra el proceso de operación del sistema para calentamiento con humidificación de la habitación.

### Calefacción con Deshumidificación:

Cuando el sistema de monitoreo detecte que la temperatura del aire del interior de la habitación es menor a la de confort térmico y una humedad relativa mayor al 50%, el sistema funcionará como se explicó en la parte de calefacción, pero el sistema enviará la señal para que la compuerta inferior del muro canalice el flujo de aire al contenedor de material desecante, con la finalidad de que el aire pierda humedad. El sistema funcionará hasta alcanzar las condiciones deseadas. En la figura 5 se ilustra el proceso de operación del sistema para calentamiento con deshumidificación de la habitación.



**Figura 3** Proceso de enfriamiento

Fuente de consulta: Propia



**Figura 4** Proceso de calentamiento con humidificación

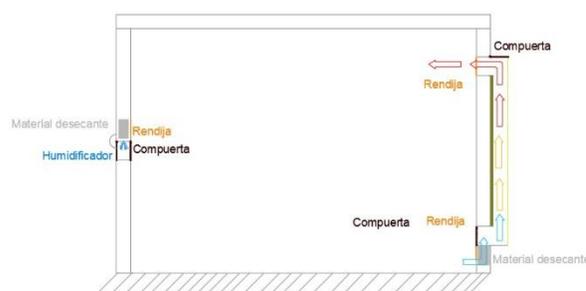
Fuente de consulta: Propia

### Enfriamiento con Humidificación:

Cuando el sistema de monitoreo detecte que la temperatura interna del aire es superior a la de confort térmico y la humedad relativa sea inferior al 50%, el sistema funcionará como se explicó en la parte de enfriamiento, pero en el ducto de aire de la pared empleada para remplazo del aire, el sistema activará el humidificador para incrementar la humedad del aire que proviene del medio ambiente. El sistema seguirá operando hasta alcanzar las condiciones deseadas. En la figura 6 se ilustra el proceso de operación del sistema para enfriamiento con humidificación de la habitación.

### Enfriamiento con Deshumidificación:

Cuando el sistema de monitoreo detecte que el aire de la habitación tenga una temperatura superior a la de confort térmico y una humedad relativa superior al 50%, el sistema funcionará como se explicó en la parte de enfriamiento, pero en el ducto de aire de la pared empleada para remplazo del aire, el sistema enviará la señal a la compuerta para que canalice el flujo de aire del medio ambiente al contenedor de material desecante, para reducir la humedad del aire ambiental antes de ingresar a la habitación. El sistema funcionará hasta alcanzar las condiciones deseadas. En la figura 7 se ilustra el proceso de operación del sistema para enfriamiento con deshumidificación de la habitación.



**Figura 5** Proceso de calentamiento con deshumidificación

Fuente de consulta: Propia



**Figura 6** Proceso de enfriamiento con humidificación

Fuente de consulta: Propia

### Sistema automatizado para el monitoreo y control del acondicionador pasivo

Para el correcto funcionamiento del acondicionador pasivo propuesto, se requiere diseñar un sistema de monitoreo y control automatizado mediante el uso de una red de sensores inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Network) que le permita monitorear los estados de temperatura ambiental y humedad relativa para luego enviar la información obtenida a la etapa de control, que estará implementada en una tarjeta de desarrollo basada en un Arduino, la cual mediante actuadores activarán los motores paso a paso para la apertura y cierre de las rendijas del acondicionador.

HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo, OLVERA-GARCÍA, Omar, RINCÓN-MALTOS, Gerardo y SANDOVAL-CURMINA, Víctor. Propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018.

## Sensores

Una WSN consiste en una red de pequeños sistemas embebidos, autónomos y distribuidos físicamente llamados nodos sensoriales instalados alrededor de algún fenómeno que necesita ser monitoreado, los cuales tienen la capacidad de comunicar datos (y en algunos casos almacenar) en una forma inalámbrica y colaborando entre sí para realizar una tarea en común, Rehmani, M. y Pathan, A., (2016). Existen muchas aplicaciones para las WSN y es una tecnología muy utilizada para implementar el Internet de las cosas IoT, IEC. (2018) y Telefónica, F., (2011).



**Figura 7** Proceso de enfriamiento con deshumidificación  
Fuente de consulta: Propia

Para la operación del acondicionador pasivo, se requiere ubicar las WSN que midan la temperatura y humedad relativa en los siguientes puntos:

- En los ductos inferiores y superiores del muro Trombe.
- En el ducto de remplazo de aire, tanto a la entrada como a la salida.
- En diferentes partes de la habitación a climatizar.

Con base en un estudio realizado en Iraceburu J., Goicoechea J., (2014), se empleará el sensor de temperatura y humedad SHT25 de la familia Sensirion. Este tipo de sensor contiene un amplificador, un conversor A/D, memoria OTP y una unidad de procesamiento digital además del propio sensor. La gran ventaja de este chip es su compatibilidad con I2C, evitando el trabajo de indicar al microcontrolador cómo y cuándo va a recibir los datos mediante el envío de comandos. Consta de un sensor capacitivo para medir la humedad mientras que la temperatura se mide por un sensor “band-gap”.

En lo que respecta a la conexión inalámbrica, se propone utilizar módulos XBee-pro que están diseñados para cumplir con los estándares IEEE 802.15.4 relacionados con la comunicación ZigBee. Los sensores de temperatura y humedad que cuenten con los módulos XBee serán las terminales esclavas que enviarán su información de las condiciones ambientales de la habitación y ciertas partes del acondicionador pasivo al módulo maestro XBee que se encontrará conectado a la tarjeta de desarrollo Arduino que se encargará del proceso de automatización.

## Alimentación eléctrica

El proyecto será energizado por un sistema fotovoltaico autónomo, que consta de un panel solar, regulador de carga y batería, lo que permite aprovechar las energías renovables y no alejarnos del concepto de lo que representa un muro Trombe.

## Control

En un inicio fueron consideradas las opciones de control del sistema, el PLC (programador Lógico Controlable) y el Arduino, sin embargo, se busca que el proyecto sea accesible para toda persona, el Arduino es una opción económica de control, tal y como lo afirma, Murillo-Soto (2015) “las razones principales para utilizar Arduino en proyectos de automatización de pequeña escala se encuentran en las capacidades del hardware y sus costos”.

Además, existen evidencias de uso de placas Arduino como, por ejemplo, Herrera (2014), Azúa-Barrón (2017) y Jordão (2017) por mencionar algunos donde se realiza el monitoreo de variables, el mismo se podría ocupar de controlarlas mediante la activación de elementos finales que ayudan a mitigar las discrepancias entre los resultados requeridos y los posibles escenarios negativos al no actuar a tiempo.

Por lo que se propone el uso de una placa de desarrollo, con el fin de facilitar el manejo del sistema, por lo que se elige Arduino, placa muy conocida que cuenta con gran cantidad de aditamentos compatibles y librerías para utilizar.

**Actuadores**

Dentro de la lista de elementos a utilizar se sugieren el uso de 7 motores paso a paso NEMA 17 para la apertura y cierre de las compuertas, permitiendo el paso del flujo de aire al sistema. Estos serán clasificados por grupos, el grupo A, consta de 4 motores que se encargaran de la apertura y cierre de las compuertas que canalizarán el flujo de aire al contenedor de material desecante que se encuentra en la parte inferior del muro Trombe, el grupo B, un motor el cual se encargue del movimiento de la compuerta que permitirá el paso del flujo de aire caliente del muro al interior de la habitación o hacia el exterior del muro, para el grupo C, se propone dos motores que permitan la ventilación hacia el exterior, el grupo D, controlará la compuerta de remplazo que permite canalizar el flujo de aire del medio ambiente al interior de la habitación o al contenedor de material desecante. El uso de ventiladores de 200 milímetros podría ser considerado.

**Diagrama**

A continuación, en la figura 8 se muestra parte del esquemático, donde se puede apreciar cómo se llevará a cabo el control de motores y que se contará con un sistema maestro/esclavo de Arduino, con el fin de ampliar el número de entradas y salidas disponibles. La conexión maestro-esclavo entre las placas Arduino son posible gracias a las librerías WIRE [Arduino. C.C. (2018)].

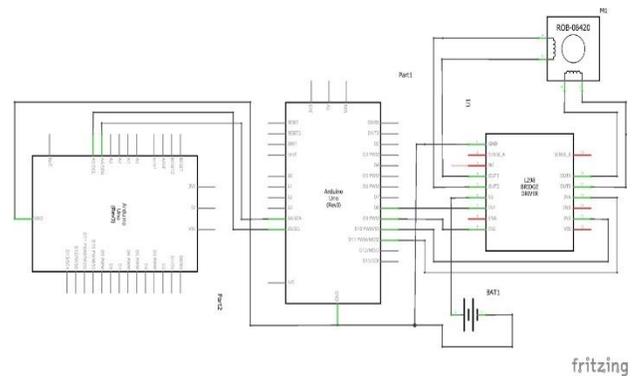
**Operación del sistema**

A continuación, en la figura 9 se muestra un diagrama de flujo que detalla la forma de funcionamiento del sistema, se consideran 24 grados Celsius para efectos demostrativos.

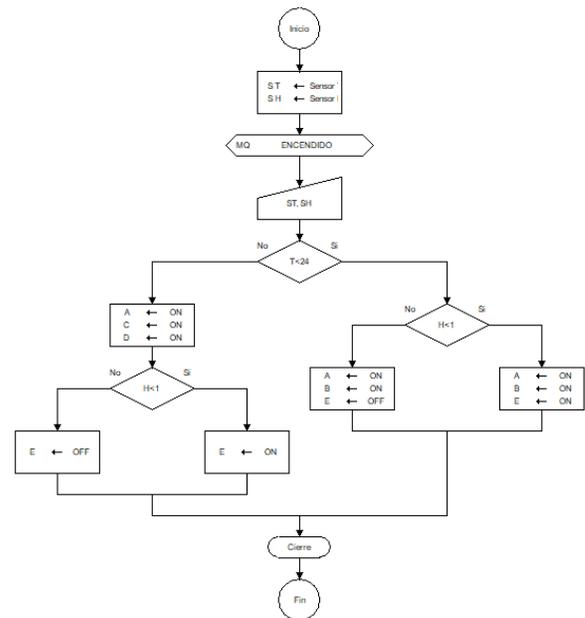
Primero se declaran las entradas utilizadas por los sensores, posteriormente se toman lecturas de estos, mientras se mantenga encendido el sistema, se estarán monitoreando las lecturas ofrecidas por los sensores, una vez que se conocen los parámetros, se procede a determinar que parte del sistema entrará en funciones.

**Calefacción**

En caso de obtener una lectura menor a la de confort térmico, lo siguiente a verificar será la humedad en el ambiente, en caso de ser menor al 50%, procederá a energizar la sección de motores A, B y el ventilador que sería representado por la sección E. En caso de que la humedad en el ambiente sea mayor al 50%, solo encenderá la sección A y B.



**Figura 8** Diagrama esquemático Arduino maestro-esclavo  
Fuente de consulta: Propia



**Figura 9** Diagrama de flujo de sistema pasivo automatizado  
Fuente de consulta: Propia

**Enfriamiento**

En caso de obtener una lectura mayor a la de confort térmico, la acción a realizar será energizar las secciones A, C y D, posteriormente dependiendo si la humedad en el ambiente sea menor al 50%, energizará la sección E, en caso de ser mayor dicha sección se mantendrá sin energía.

## Resultados

El empleo de sistemas pasivos permite reducir el consumo de energía eléctrica, manteniendo condiciones de temperatura y humedad cercanas a la de confort higrotérmico. Gracias al uso de una WSN es posible monitorear en tiempo real la temperatura y humedad en las habitaciones y en ciertas partes del sistema pasivo de acondicionamiento sin necesidad de estar conectado alámbricamente con la etapa de control implementada en una tarjeta de desarrollo Arduino. Para mantener la sustentabilidad, las WSN están alimentadas con pilas que pueden ser recargables. La etapa de control permite que el sistema pasivo automatizado pueda operar bajo cualquier clima, lo cual hace posible su funcionamiento en cualquier parte de la República Mexicana, sin que los habitantes de la vivienda tengan que manipular el sistema.

## Conclusiones

Gracias a los avances tecnológicos en el área de la electrónica, es posible tener en operación y de forma muy práctica un sistema pasivo de acondicionamiento del aire de un cuarto habitación mediante la automatización basada en una WSN y una etapa de control con una tarjeta de desarrollo Arduino. El siguiente paso es implementar un prototipo de esta propuesta para obtener resultados experimentales, validar su operación práctica y valorar sus costos de implementación, todo esto con la finalidad de mejorar sus condiciones de operación y hacer esta tecnología competitiva en comparación con un sistema activo de acondicionamiento del aire.

## Referencias

Arduino – MasterReader. (2018). Retrieved from <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/MasterReader>

Azúa-Barrón, M., & Vázquez-Peña, M., & Arteaga-Ramírez, R., & Hernández-Saucedo, R. (2017). Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma arduino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (1), 1-12.

Fuentes V. A., Rodríguez M., (2004). *Ventilación natural. Cálculos básicos para la arquitectura*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. ISBN-970-31-0205-0

Hernández V. H., Morillón D., Fernández J. L. (2010), *Design recommendations for heat discharge systems in walls*. *Applied Thermal Engineering*, Vol. 30, pp. 1616-1620, ISSN 1359-4311.

Herrera, J., & Barrios, M., & Pérez, S. (2014). Diseño e implementación de un sistema scada inalámbrico mediante la tecnología zigbee y arduino. *PROSPECTIVA*, 12 (2), 65-72.

IEC. (2018). *White paper Internet of Things: Wireless Sensor Networks*, recuperado en <https://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-internetofthings-LR-en.pdf>

Iraceburu J., Goicoechea J., (2014). *Desarrollo e implementación de una red inalámbrica de sensores de temperatura y humedad*, E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación, Universidad Pública de Navarra, España.

Jordão, Marcelo D. L., Paiva, Kary de, Firmo, Heloisa T., Inácio, Caio T., Rotunno Filho, Otto C., & Lima, Tomé de A. e. (2017). Low-cost automatic station for compost temperature monitoring. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(11), 809-813. <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n11p809-813>

Ken Butti and John Perlin, (1980). *A Golden Thread, 2500 year of Solar Architecture and Technology*, E. U. 291 pp.

Morillón Gálvez David (1993), *Bioclimática, sistemas pasivos de climatización*. Colección biblioteca circular, serie universitaria. Universidad de Guadalajara.

Morillón, D. (1993). *Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización*. *Universidad de Guadalajara*.

Murillo-Soto, Luis Diego. (2015). Automatización de pequeña escala con Open Hardware. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(1), 15-23. Retrieved November 29, 2018, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822015000100015&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822015000100015&lng=en&tlng=es).

Olvera, O. Morillón D., Hernández V. H., (2016). *Deshumidificación del aire que ingresa a una vivienda a través de desecantes*. Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica. AÑO 2. No. 1. IE-06, pp.1-6 ISSN-2448-7236.

Olvera, O., Hernandez V. H., (2015). *Humidificación y deshumidificación solar pasiva*. Presentado en XXXIX Semana Nacional de Energía Solar del 2015.

Rehmani, M., Pathan,A., (2016). *Emerging communication technologies based on wireless sensor networks: Current research and future applications*, New York, USA: CRC Press.  
Telefónica, F., (2011). *Smart Cities: un primer paso hacia la Internet de las Cosas* (Informe 16). Madrid, España: Ariel y Fundación Telefónica.

## Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad: Agua, energía y contaminación

### Microbial fuel cells as an alternative to solve the challenges of sustainability: Water, energy and pollution

NAVA-DIGUERO, Pedro<sup>†\*</sup> & CASTILLO-JUÁREZ, Marcela

*Universidad Tecnológica de Altamira*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Pedro, Nava-Diguero* / ORC ID: 0000-0002-4980-227X, CVU CONACYT ID: 170330

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Marcela, Castillo-Juárez*

Recibido 13 de Febrero, 2018; Aceptado 31 de Marzo, 2018

#### Resumen

Las celdas de combustible microbiano (MFC) son una tecnología que se encuentra en la etapa de desarrollo pero que, de alguna manera, los inversionistas no aprecian por completo con respecto a otras tecnologías renovables, como la eólica, por ejemplo, porque no se espera que soporte una alta demanda de electricidad. Sin embargo, al ofrecer las características de producir electricidad, desinfectar las aguas residuales con sustratos contaminantes y seguir funcionando constantemente las 24 horas del día, y dada la situación mundial, y en particular en México, para combatir el cambio climático, la escasez de agua y reducir los gases de efecto invernadero, entre los objetivos. De la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, está justificado considerarla e invertir en su desarrollo.

**Celda de combustible microbiana, Saneamiento de aguas residuales, Producción de energía eléctrica**

#### Abstract

Microbial fuel cells (MFC) are a technology that is in the development stage but that somehow is not fully appreciated by investors regarding other renewable technologies, such as wind, for example, because it is not expected to support a high demand for electricity. However, by offering the characteristics of producing electricity, sanitizing wastewater with contaminating substrates and keeping operating constantly 24 hours a day, and given the global situation, and particularly in Mexico, to combat climate change, water scarcity and reduce greenhouse gases, among the objectives of the 2030 Agenda for sustainable development, it is justified to consider it and invest in its development.

**Microbial fuel cell, Wastewater sanitation, Electric power production**

**Citación:** NAVA-DIGUERO, Pedro & CASTILLO-JUÁREZ, Marcela. Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad: Agua, energía y contaminación. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018. 2-5:18-34.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pnava@utaltamira.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En septiembre de 2015, 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas suscribieron la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” como un llamado universal a la adopción de un plan con medidas para poner fin a la pobreza y el hambre, proteger el planeta mediante la lucha contra el cambio climático y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad mediante la reducción de las desigualdades sociales y económicas.

Esta agenda se plantea desde el concepto de Desarrollo Sostenible, mismo que incluye la atención integral de las dimensiones sociales, económicas y ambientales que satisfagan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando con ello el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social (ONU Brundland, 1987), y prevé 17 objetivos (denominados objetivos de desarrollo sostenible u ODS por sus siglas) y 169 metas derivadas, que están interrelacionadas entre sí y son indivisibles, que por sí mismos constituyen un diagnóstico y control para las generaciones futuras acerca de los problemas a los que la humanidad se está enfrentando en los albores del siglo XXI y de la seriedad con los que ésta los está abordando. Entre ellos destacan la energía, el agua y la contaminación (ODS 6, 7, 11 y 13) por la estrecha interrelación que tienen entre sí y el impacto que ocasionan en los ecosistemas, sus presencias o falta de ellas.

El presente capítulo aborda el por qué y cómo la tecnología de las celdas de combustible microbianas, pueden al ser desarrolladas, convertirse en una herramienta que aproveche el triple beneficio de generar energía, sanear el agua y que ocurra acumulativamente las 24 horas del día. A fin de comprender el alcance de servicio que esta tecnología puede ofrecer, se parte desde una semblanza de la situación del agua y la energía, primero a nivel mundial y luego en la república mexicana seguido de una breve revisión del avance de la investigación básica y aplicada de las celdas de combustible microbianas en términos de sustratos y microorganismo, electrodos, factores y parámetros de desempeño, orientados hacia la escalabilidad, desde el laboratorio hacia la vida real.

## Agua

### Situación mundial

El agua tradicionalmente se estudia desde el enfoque de la ecuación “población-recurso disponible”, es por ello que la Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA) en su reporte de 2011 informó que la población mundial incrementó de 2529 millones en 1950 a 6909 millones en 2010, y que dado ese ritmo de crecimiento se estimaba que para el año 2050 la población incrementaría a 9150 millones.

El informe describió además la distribución de la población en 4 grupos, clasificando a la población como procedentes de “zonas urbana y rural” y a las regiones como de “países desarrollados y en desarrollo”, destacando que el incremento poblacional se daría hacia las zonas urbanas con disminución de las zonas rurales en ambos tipos de regiones, desarrolladas y en desarrollo, sin dejar de percibir que dicho crecimiento en el período anual de 1950 a 2050 tendrían diferentes tasas de comportamiento, ya que para la zona urbana en países desarrollados se estaría comportando prácticamente como una recta de mínima pendiente en tanto que la de países en desarrollo lo haría como una recta 5 veces más intensa a partir de 1970.

Por su parte, el comportamiento de la zona rural de países desarrollados lo haría en decremento a una tasa similar que la urbana, es decir, como recta de baja pendiente pero negativa, en cambio, la de países en desarrollo lo haría de manera polinómica de aproximadamente grado seis negativa. En ese entonces (2011), se situó a México en la posición octava en cuanto a cantidad de población con 108 millones y una densidad poblacional de 55 habitantes por kilómetro cuadrado. (CONAGUA, 2011).

Se ha establecido que el agua recubre aproximadamente el 71 % de la superficie de la corteza terrestre, siendo en su mayoría agua salada (97.5%) y solo el 2,5 % es agua dulce. Entre el 68 % y el 75 % del agua dulce existente en el mundo se encuentra acumulada en los glaciares.

Las aguas superficiales —lagos, embalses, ríos y humedales— suponen tan solo el 0,3 % del agua dulce del planeta. Si bien, a pesar de la notable extensión de agua en los glaciares, éstos no se consideran recursos hídricos debido a su inaccesibilidad.

Por su parte, el agua dulce subterránea almacenada representa el 96 % del agua dulce no congelada. Se ha estimado en general que el 70 % del agua para consumo humano es destinada a la agricultura, el 20 % a la industria y el 10 % restante a uso doméstico. El ciclo del agua es el mecanismo de renovación del agua dulce.

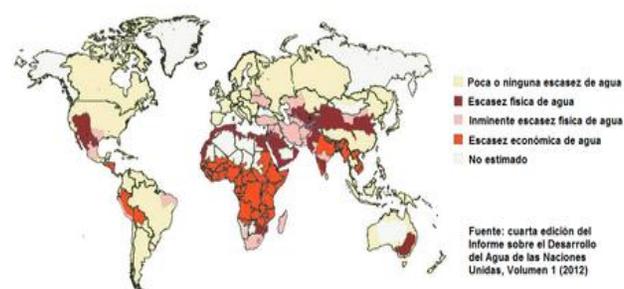
El U.S. Geological Survey (USGS por sus siglas en inglés) ha identificado 15 componentes en el ciclo del agua, los cuales son: agua almacenada en los océanos, evaporación, agua en la atmósfera, condensación, precipitación, agua almacenada en hielos y en la nieve, agua de deshielo, escorrentía superficial, corriente de agua, agua dulce almacenada, infiltración, descarga de agua subterránea, manantiales, transpiración, agua subterránea almacenada y distribución global del agua. (OMS, 2017).

La escasez de agua es definida como la falta de suficientes recursos hídricos para satisfacer las demandas de consumo de agua en una región e implica tres niveles situacionales, los cuales son: estrés hídrico, déficit hídrico, y crisis hídrica. El estrés hídrico se refiere a la dificultad de obtener fuentes de agua dulce durante un cierto período, una situación que de empeorar desembocaría en un mayor deterioro y agotamiento de los recursos hídricos disponibles.

El déficit hídrico es aquella situación en la que la demanda es mayor que la disponibilidad de obtenerla, puede ser causado por cambios climáticos tales como patrones climáticos alterados —incluyendo sequías o inundaciones— así como el aumento de la contaminación y el aumento de la demanda humana de agua, incluso su uso excesivo (sobrexplotación). (WWF, 2013).

Una crisis hídrica es una situación que se produce cuando la disponibilidad de agua no contaminada dentro de una región es constantemente inferior a la demanda de agua en esta región. (Freshwater: lifeblood of the planet. peopleandplanet.net (2002)).

La escasez de agua está siendo atribuida a dos fenómenos convergentes: el creciente uso de agua dulce debido al crecimiento poblacional y sus fenómenos asociados como falta de educación medioambiental manifestado como buenas prácticas de conservación y anticontaminantes, el desbalanceo poblacional en regiones causado por la migración desde las zonas rurales hacia las zonas urbanas, el aumento en la demanda de productos y servicios que a su vez demandan el uso consuntivo del agua en instalaciones fabriles y de generación de energía, la deficiente administración pública y la corrupción que desvía la aplicación efectiva de recursos financieros en obras de mayor prioridad en el interés público, entre algunos de esos factores de actualidad, que como se dijo, se encuentran asociados al fenómeno poblacional; así como el agotamiento de los recursos de agua dulce disponibles debido a las variaciones del clima que influyen en los patrones de disponibilidad y a la falta de inversión oportuna en infraestructura. (Clifford, 2011). La figura 1 muestra las regiones donde se presenta la escasez física y económica del agua, siendo notorio que la zona centro, noreste y noroeste de México se encuentra en situación comprometida actualmente.



**Figura 1** Panorama mundial de la escasez física y económica de agua por país

Fuente: Informe sobre el desarrollo del Agua de las naciones Unidas, cuarta edición, Volumen 1 (2012)

Se han identificado dos mecanismos generativos de escasez de agua: la escasez física de agua (también denominada absoluta) y la escasez económica de agua. La escasez física de agua es el resultado directo de la insuficiencia del sistema natural existente en la región de proveer el agua para abastecer la demanda de esa región, y la escasez económica de agua es el resultado de una mala gestión en la obtención de los recursos hídricos disponibles.

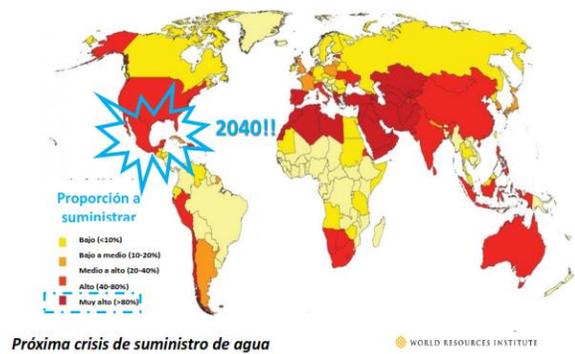
De conformidad con el informe dado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD o UNDP por sus siglas en inglés), en la mayoría de los países o regiones que llegan a experimentar escasez de agua se observa que como principal causa más precisamente a la escasez económica de agua, ya que en la mayoría de esos países o regiones si llega a contar con suficiente agua dulce para satisfacer las necesidades de los hogares, así como las necesidades industriales, agrícolas y ambientales, pero carecen de los medios para proporcionarlo en una forma asequible en términos técnicos y económicos. (UNDP, 2006).

La medición de la escasez de agua se puede hacer desde varios puntos de vista, tal como medir la disponibilidad del agua y su relación con la población que la demanda, es decir, comparando la cantidad total anual de los recursos hídricos disponibles a la población de un país o región, o como otra forma sería evaluar la cantidad física de agua en la naturaleza, comparando los países con volúmenes menores o mayores de agua disponible, aunque lamentablemente con este método a menudo no se logra captar la accesibilidad del recurso hídrico para la población que lo necesita.

Otro manera de medirlo consiste en relacionar la disponibilidad de agua al uso real del mismo, de esta manera se hace una distinción entre escasez 'física' y 'económica' del agua (Molden, 2006). El enfoque más frecuentemente aplicado para medir la escasez de agua ha sido el de clasificar a los países de acuerdo a la cantidad de recursos anuales de agua disponibles por persona. Por ejemplo, de acuerdo con el índice de estrés hídrico de Falkenmark, (Falkenmark y Lindh, 1976), el cual considera que un país o región experimenta "estrés hídrico" cuando los suministros anuales de agua bajan hasta los 1700 metros cúbicos por persona por año. Se puede esperar una escasez periódica o limitada de agua (déficit hídrico) si los niveles bajan entre 1700 y 1000 metros cúbicos por persona por año. Si el suministro de agua cae debajo de los 1000 metros cúbicos por persona por año, el país enfrenta entonces una situación de "crisis hídrica". (Larsen, 2009). La figura 2 muestra el panorama situacional en 2040 de la disponibilidad del agua a nivel mundial y en México.

La tonalidad crema representa un índice de estrés hídrico en el suministro de agua de nivel bajo o sea menor al 10%; amarillo, de nivel bajo a medio, entre 10 y 20%; naranja, de nivel medio a alto, entre 20 y 40%; rojo, de nivel alto, entre 40 y 80%, y rojo marrón, de nivel extremadamente alto, mayor a 80%.

#### Panorama Mundial de la Disponibilidad del Agua



**Figura 2** Panorama situacional en 2040 de la disponibilidad del agua

Fuente: adaptado de World Resources Institute

#### Situación en México

En México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es una oficina dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) dentro de la administración pública federal, al menos hasta 2018, y es la entidad responsable de acopiar, administrar con responsabilidad y proponer medidas para el uso del agua nacional; para ello se divide en 13 regiones hidrológicas-administrativas (RHA) denominados Organismos de Cuenca. Entre sus atribuciones destaca el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Sistema de Información Nacional del Agua (SINA) quien a su vez es responsable del Registro Público de Derechos del Agua (REPGA, por sus siglas) oficina que registra los volúmenes concesionados (o asignados, en el caso de volúmenes destinados al uso público urbano o doméstico) a los usuarios de aguas nacionales. En dicho registro se clasifican 12 rubros de utilización del agua, que para fines prácticos se concentran en 5 grandes grupos; cuatro de ellos corresponden al uso consuntivo, es decir, de consumo o que existe una diferencia entre el volumen ingresado y el descargado, y son: el agrícola, el de abastecimiento público, el de industria autoabastecida y el de generación de energía eléctrica excluyendo la hidroelectricidad.

El quinto grupo corresponde al de generación hidroeléctrica y no se considera consuntivo o consumible porque el agua empleada no experimenta un cambio de volumen debido al proceso, es decir, solo está de paso. En la figura 3 se aprecia un esquema interpretativo del uso del agua.



**Figura 3** Diagrama del uso consuntivo de agua  
 Fuente: *Elaboración Propia*

En el informe de 2017 (CONAGUA, 2017), se evaluó el período de consumo entre 2007 a 2016 y se identificó que el 61% del agua consuntiva proviene de fuentes de aguas superficiales (escorrentía: ríos, arroyos y lagunas) y el 39% de fuentes de aguas subterráneas (acuíferos) y que su tendencia de crecimiento de uso dentro de ese período se incrementó para aguas superficiales en 6% y para aguas subterráneas en 17%.

También se identificó que el consumo agrícola representa el 76.3%, el abastecimiento público 14.5%, la generación de energía eléctrica exceptuando la hidroeléctrica 4.8% y la industria autoabastecida 4.4%, lo cual guarda una proporción ligeramente similar con el dato del promedio mundial. En la figura 4 es observado el grado de presión sobre recursos hídricos (GPRH) o estrés hídrico, por cada una de las 13 regiones hidrológica-administrativa (RHA) en las que está dividido el territorio nacional, de conformidad con el Sistema de Información Nacional del Agua (SINA).

Las regiones están clasificadas en colores. Con el color azul, para el nivel menor a 10% significa sin estrés; Para el color verde, nivel bajo o entre 10 y 20%; En color amarillo, nivel medio o entre 20 y 40%; En color naranja o nivel alto entre 40 y 80% y finalmente en color rojo el nivel muy alto mayor a 80% y como es apreciado, en la actualidad existe una fuerte presión en el centro, noreste y noroeste del país.



**Figura 4** Grado de presión sobre recursos hídricos (GPRH) o estrés hídrico, por cada una de las 13 regiones hidrológica-administrativa (RHA)  
 Fuente: *Página web del SINA*

El grado de presión sobre los recursos hídricos (GPRH) o grado de estrés hídrico, es un concepto que sirve para medir el porcentaje del agua renovable disponible que es destinada a los usos consuntivos. Para clasificar el grado de presión, la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CDS) de la ONU define cuatro categorías, que van de “escasa” (donde el agua extraída no rebasa el 10% del líquido renovable disponible) a “fuerte” (cuando la extracción es mayor al 40% de la disponibilidad natural).

En México, el valor promedio estimado de GPRH en 2017 fue de 19.2% (CONAGUA, 2017), lo que lo ubica aún en la categoría de presión baja, similar al año 2013, aunque por arriba del promedio de 11.5% estimado para los países de la OCDE (FAO, 2012). Aunque regionalmente, las zonas centro, norte y noroeste del país tienen fuerte presión sobre el recurso como es observable en la figura YY. A nivel mundial en 2014, México ocupaba el lugar 53 de los países con mayores grados de presión de un total de 180 países (CONAGUA, 2013).

### Agua residual

De conformidad con el informe de CONAGUA (2017), el agua residual proveniente del uso consuntivo debe ser procesada antes de reintegrarla a la naturaleza (figura xx). Para efectos de procesamiento, el agua residual es clasificada en dos tipos: municipales y no municipales.

Las descargas municipales provienen del grupo de abastecimiento público y es recolectada por medio del servicio de drenaje y alcantarillado y procesada en instalaciones depuradoras también conocidas como “plantas de tratamiento de agua residual municipal”, en cambio las descargas no municipales que incluyen a los grupos de industria autoabastecida y el de generación de electricidad no hidroeléctrica descargan directamente en los cuerpos de aguas nacionales sin ser recolectadas por un sistema de alcantarillado. El principal parámetro de control de calidad en ambos casos es la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub> por sus siglas).

En la tabla 1 se muestra por una parte, el dato del gasto total generado de agua residual municipal, junto con la cantidad de ese mismo tipo de agua residual que fue recolectada mediante el sistema de alcantarillado así como la que en realidad fue tratada por las 2536 plantas depuradoras que están distribuidas en las 13 regiones hídras administrativas (RHA) en el país; y por la otra, correspondientemente para el caso del agua residual no municipal, las cantidades de aguas generadas y tratadas.

También en la misma tabla es observable el manejo de la carga generada y removida (DBO) en ambos tipos de agua residual. Los datos de gasto y de carga corresponden al año 2016 (CONAGUA, 2017). Como es observable de la tabla 1, para las aguas residuales municipales solo el 54% son tratadas con el 43% de remoción de la carga orgánica contenida y que fue medida con el parámetro DBO<sub>5</sub>.

Gasto	Aguas residuales municipales				Aguas residuales no municipales		
	Generadas 10 <sup>3</sup> hm <sup>3</sup> /año	Recolectadas 10 <sup>3</sup> hm <sup>3</sup> /año	Tratadas 10 <sup>3</sup> hm <sup>3</sup> /año	%	Generadas 10 <sup>3</sup> hm <sup>3</sup> /año	Tratadas 10 <sup>3</sup> hm <sup>3</sup> /año	%
	7.22	6.69	3.90	54	6.86	2.39	35
Carga DBO <sub>5</sub>	Generadas 10 <sup>6</sup> T/año	Recolectadas 10 <sup>6</sup> T/año	Removidas 10 <sup>6</sup> T/año	%	Generadas 10 <sup>6</sup> T/año	Removidas 10 <sup>6</sup> T/año	%
	1.95	1.81	0.84	43	10.28	1.62	16

**Tabla 1** Manejo de las aguas residuales municipales y no municipales  
Fuente: Adaptado de CONAGUA, 2017

En el período entre 2007 y 2016 el caudal de aguas municipales tratadas tuvo un incremento de alrededor de 56% respecto 2007. Los principales procesos de tratamiento de agua residual se muestran en la tabla 2, para las municipales, y en la tabla 3 para las industriales. De la tabla 2 es observable que el proceso de lodos activados es el más utilizado en el tratamiento de las aguas residuales municipales, y de la tabla 3, el tratamiento secundario es el más utilizado para el caso de las aguas residuales industriales.

Tipo de proceso de tratamiento	Porcentaje de utilización (%)
Lodos activados	56.0
Lagunas de estabilización	11.6
Dual	11.0
Lagunas aireadas	6.0
Otros	5.3
Filtros biológicos	4.3
Primario avanzado	3.6
Primario	1.3
Reactor anaerobio de flujo ascendente	1.0

**Tabla 2** Proporción de caudal tratado por cada uno de los procesos de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: Adaptado de CONAGUA, 2017

Entre el período de 2007 a 2016, el caudal de aguas industriales tratadas tuvo un incremento de alrededor de 154% respecto 2007.

Tipo de tratamiento	Propósito	Cantidad de plantas	Porcentaje de gasto tratado por el proceso (%)
Primario	Ajustar pH y remover materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión de tamaño igual	947	34
Secundario	Remover materiales orgánicos coloidales y disueltos	1847	61
Terciario	Remover materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas	102	2
No especificado		145	3
Totales:		3041	100

**Tabla 3** Tipos de proceso de tratamiento para aguas residuales industriales  
Fuente: Adaptado de CONAGUA, 2017

## Energía

Al tratar el tema de la energía se debe tener en consideración en primer término, que el bienestar de la humanidad está ligado con la oferta y demanda de la energía sin importar como ese proceso se lleve a cabo. En segundo término, que el crecimiento económico de una nación, sin importar su nivel de desarrollo, está ligado con el abasto suficiente y oportuno de la energía, y por último, que el uso de la energía tiene una relación muy estrecha y directa con el nivel de emisiones de dióxido de carbono al medio ambiente por lo que contribuye significativamente al fenómeno del cambio climático (Villanueva, 2016).

Los tres aspectos anteriores constituyen los más relevantes de las políticas energéticas a los que la Agencia Internacional de Energía (AIE o IEA por sus siglas en inglés) da un especial seguimiento, y son: seguridad energética, desarrollo económico y protección del medio ambiente.

La AIE es un organismo consejero autónomo de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE u OECD por sus siglas en inglés) y opera desde 1974 a raíz de la crisis petrolera en 1973. Cada año desde 1998, publica *The World Energy Outlook* (WEO) que es un instrumento que ayuda “a todos aquellos que operan en el sector de energía con un análisis robusto de un futuro de rutas posibles de energía, bajo un diferente conjunto de suposiciones, que los ayudan a tomar decisiones”. (WEO, 2017). Su análisis generalmente incluye tres escenarios y cada uno de ellos dividido en dos períodos, uno de mediano y otro de largo plazo.

Los escenarios son: el escenario de políticas actuales el cual analiza cómo se vería el futuro si no hubiese cambios en las políticas gubernamentales y medidas que se han adoptado hasta el año en estudio; el escenario de nuevas políticas es el que analiza cómo se vería el futuro al incorporar los compromisos y políticas que ya han sido anunciados por los países en todas las regiones del mundo en materia de seguridad energética, cambio climático, contaminación local y otros retos energéticos.

Sin que hasta ese momento hayan divulgado las medidas específicas para implementar dichos compromisos, y el escenario de desarrollo sostenible es el que analiza cómo evolucionaría el desarrollo en condiciones de una vigorosa aplicación de los acuerdos logrados en las Cumbres de la ONU (como la de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, 2015”) para reducir el impacto de los gases de efecto invernadero (GEI), acceso universal a la energía entre otros objetivos y metas ODS. Por supuesto existen otros análisis como el de la British Petroleum o el de Mobil Oil que proporcionan también sus perspectivas acerca del futuro energético.

No obstante, tal y como lo define la WEO, sus conclusiones “no son pronósticos sino interpretación de las tendencias que las políticas energéticas de los países integrantes o no integrantes de la OCDE, adoptan para enfrentar sus necesidades en el tema”. Para la AIE, los factores determinantes para el crecimiento de la demanda de energía son las políticas energéticas, las cuáles difieren entre los diferentes escenarios, y la tasa de incremento/decremento de la actividad económica y de movimiento poblacional de las regiones. Por otro lado, los precios de la energía y los costos de las tecnologías clave evolucionan de manera diferente en los diferentes escenarios, dependiendo de los niveles de implementación y el balance de la oferta/demanda.

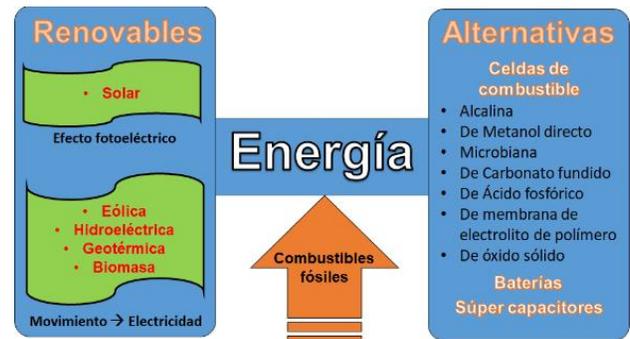
La WEO establece como fuentes de energía primaria, es decir, aquellas que se encuentran de forma espontánea en la naturaleza y que están disponibles en forma directa o indirecta que no sufren ninguna modificación química o física para su uso energético, al carbón mineral, petróleo, gas natural, nuclear, hidroeléctrica, biomasa y residuos (en su uso tradicional y moderno) y otras renovables (eólica, geotérmica, solar y oceánica). Y como fuentes de energía secundaria, es decir, aquellas derivadas de las primarias o conjunto de productos energéticos que han sufrido un proceso de transformación química o física, que los hace más aptos para su utilización final, a los combustibles obtenidos del petróleo (gasolina, diésel, etc), la electricidad, el coque, gases de procesos industriales como el de altos hornos, el carbón vegetal. (definiciones de energía primaria y secundaria de CEPAL, 2003)

El informe WEO-2017 indica que en el período comprendido entre 2015 y 2040 la demanda de energía se incrementará aproximadamente 28% respecto 2015 y que esto ocurrirá debido al crecimiento de la población y actividad económica de los países que no son miembros de la OECD, la demanda de energía primaria proveniente del bloque de carbón, petróleo y gas natural continuará predominando, aunque la de gas natural entrará en una tendencia de meseta estable, y la de carbón y petróleo, aunque en incremento, su tendencia tendrá una ligera desaceleración.

La demanda de energía secundaria continuará en un ritmo similar al de la primaria del bloque de energía fósil. Por su parte, las del bloque de energía renovable y alternativa, continuarán incrementándose. Lo cierto es que los costos de las tecnologías de bajo carbono – como son la eólica, solar, baterías- continuarán cayendo en el período de la previsión lo que impactará en la tendencia de la inversión en ese rubro.

Ante el hecho de que la demanda de energía eléctrica necesaria para todos los procesos en México y en el mundo continúa y continuará incrementándose hace relevante el enfoque de los esfuerzos orientados a mantener un equilibrio con el medio ambiente por la explotación masiva de los recursos no renovables, lo que hace necesario el desarrollo de estudios de investigación que motiven el uso de fuentes de energía alternativas.

Adicional a este hecho se tiene que actualmente se gastan miles de millones de dólares en el tratamiento de aguas residuales cada año, involucrando en esto el consumo de una cantidad sustancial de energía. Derivado de los anteriores hechos, la comunidad científica se ha centrado en el estudio de fuentes de energías renovables y alternativas (Kamaraj y col., 2017) Dichas fuentes pueden clasificarse por sus mecanismos de generación de energía como lo muestra la figura 5, que divide a las fuentes como fósiles, renovables y alternativas.

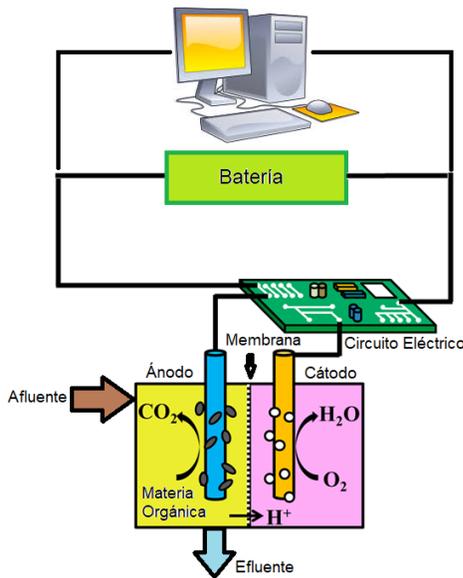


**Figura 5** Clasificación de los tipos de energía  
Fuente: Adaptado de Kamaraj y col., 2017

### Celdas de combustible microbianas

Las celdas de combustible microbianas (CCM) o como son normalmente conocidas en el ambiente científico, “Microbial fuel cells” (MFC’s por sus siglas en inglés), son sistemas bio-electroquímicos que tienen dos funciones: la conversión de energía bioquímica a energía eléctrica y el saneamiento de soluciones al degradar mediante microorganismos los sustratos contenidos en dichas soluciones. La configuración básica de una MFC consiste de una cámara anódica donde reside el ánodo y contiene la solución con sustrato a degradar u oxidar, una cámara catódica donde reside el cátodo y contiene la solución que será reducida, una membrana de intercambio de protones (también denominada PEM por sus siglas en inglés) que conecta ambas cámaras y un circuito eléctrico externo entre ambos electrodos, lo cual es un arreglo típico de una celda electrolítica de tipo galvánico, como es observado en la figura 6, aunque con una diferencia importante respecto a aquella, y son los microorganismos que desarrollan el proceso electroquímico desde materia orgánica, en la cámara anódica.

Los nichos para las MFC’S: utilizándola directamente para generar energía eléctrica, se encuentra entre un digestor anaerobio y un proceso de tratamiento de aguas residuales, con salida a una máquina de combustión interna, en la parte final de un proceso de tratamiento de agua residual y un digestor anaerobio. Las celdas tienen sin lugar a dudas potencial en términos de recuperar energía durante el tratamiento de aguas residuales. Puede generar energía de forma aislada y en el tratamiento directo de aguas residuales. Pueden post-tratar efluentes de digestores anaerobios aun a temperatura ambiente.



**Figura 6** Construcción básica de una MFC  
Fuente: Adaptada de J-D P y col., 2015

Sengodon & Hays, en 2012 analizaron la conceptualización de celda, revisaron los elementos que la forman y los mecanismos de transferencia de electrones, los diseños de celdas, los materiales de electrodos, los microorganismos y los sustratos empleados (presenta una lista desde la perspectiva de los mejores resultados en función de la densidad de corriente,  $\text{mA}/\text{cm}^2$ ). Determinaron que los retos relacionados con su funcionamiento son la baja potencia, la interacción microbio-electrodo, el escalamiento entre otros factores y aplicaciones. Concluyeron que se puede incrementar la densidad de potencia mejorando los diseños y haciendo uso de materiales efectivos.

También observaron diferentes arquitecturas de MFC, dentro de las cuales destacan la de cámara doble, cámara simple, apilada y de flujo ascendente. Las celdas de cámara simple tienen un solo compartimento donde se aloja el ánodo dejando el cátodo expuesto al aire. Su construcción es sencilla y de bajo costo, y generan energía de una manera eficiente. El mayor inconveniente es que sin membrana de intercambio de protones, el oxígeno se difunde del ánodo al cátodo. Mientras más cerca se encuentre el ánodo y el cátodo la resistencia interna del arreglo disminuye, lo que permite que la densidad de potencia aumente. En las celdas de cámara doble el ánodo y el cátodo están en compartimentos separados por una membrana de intercambio de protones.

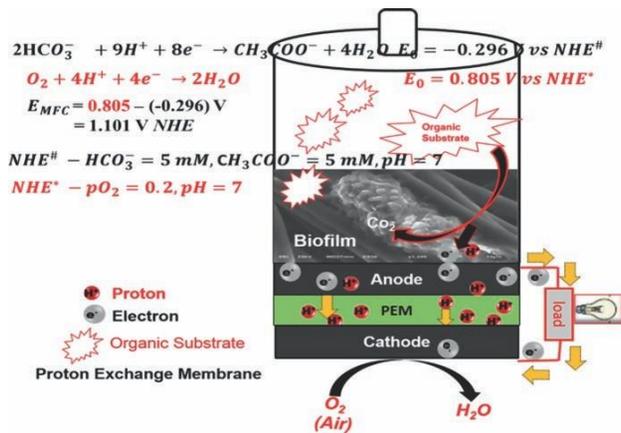
Es la más usada en investigación básica. La generación de energía en comparación de la arquitectura de cámara simple es menor debido a su diseño complejo y alta resistencia interna. Hay modificaciones a esta arquitectura, donde se colocan multiánodos (una cámara por ánodo). En las celdas de flujo ascendente el ánodo se encuentra ubicado en el fondo y el cátodo en la parte superior de un contenedor en forma cilíndrica. Este diseño no tiene separación física y no hay problemas asociados a la transferencia de protones. La alimentación del sustrato se realiza desde abajo y pasa del ánodo al cátodo de forma ascendente.

La barrera de difusión entre los electrodos genera un gradiente necesario para la operación de la celda. Las celdas apiladas como su nombre lo sugieren, son celdas simples conectadas en arreglos serie o paralelo para mejorar la corriente de salida (este último arreglo genera más energía si se opera al mismo flujo volumétrico debido al alto valor de la tasa de reacción electroquímica. Como ventaja estas celdas apiladas ofrecen una mayor superficie de membrana de intercambio de protones que permite una máxima generación de potencia.

Dentro de la celda se llevan a cabo dos procesos químicos: en el ánodo se desarrolla la oxidación de un sustrato orgánico biodegradable y en el cátodo una reacción de reducción con el oxígeno de la cámara como observado en la figura xx, en otras palabras, en la cámara anódica se lleva a cabo el proceso de degradación de materia orgánica debido a la presencia de bacterias anaerobias electroactivas, dicho proceso tiene como resultado o salida la producción de bióxido de carbono además de electrones y protones.

Los electrones producidos son llevados del ánodo al cátodo a través de un circuito externo; y los protones mediante la PEM, esto para mantener la electroneutralidad. Por esa característica de funcionamiento, se dice que una MFC convencional es mitad biológica, ya que las bacterias sólo se encuentran en el ánodo. Estos microorganismos utilizan cuatro maneras posibles para transferir los electrones al ánodo, ya sea mediante intermediarios metabólicos, o mediadores redox, o nanocables conductivos, o citocromos periplásmicos ligados a la membrana.

El proceso previamente descrito así como las reacciones típicas de oxidación y reducción son mostrados en la figura 7.



**Figura 7** Representación esquemática de una MFC de cámara simple donde NHE es el electrodo normal de hidrógeno por sus siglas en inglés. Fuente: Kamaraj y col. 2017

**Sustratos y microorganismos**

Dadas sus características de operación, las MFC’s pueden emplear como sustrato un amplio rango de materiales orgánicos complejos solubles o afluentes/efluentes de biomasa renovable, y con ello ofrecer el doble beneficio de obtener energía eléctrica con la remediación simultánea del agua de deshecho o residual que contenga el sustrato que servirá de combustible a las cepas microbianas. Esta capacidad es lo que hace al proceso completo como sustentable. (Kamaraj, 2017).

Estas aplicaciones dependen esencialmente del metabolismo microbiano sobre el cual el conocimiento aún es limitado, requiriéndose una mejor comprensión de la compleja ecología microbiana. Es importante estudiar otras fuentes de microorganismos y sustratos con variada composición química. Las celdas de combustible han adquirido importancia ya que varios autores han estado experimentando con las aguas residuales como donadores de electrones y esto apoya a la solución de dos grandes problemas: la crisis energética y la demanda de agua limpia, lo que hace destacar la importancia de incrementar la investigación e invertir en su desarrollo.

Las MFC’s parecen ser más apropiadas para degradar aguas residuales de mediana y baja resistencia debido a la existencia de una alta fracción de partículas y sustratos fermentativos que pueden ser consumidas por microorganismos electroquímicos activos (Li y col., 2016). Las aguas residuales sin diluir generan mayores voltajes en comparación a las soluciones diluidas, por lo que dicha generación depende de la concentración del agua residual utilizada. También se observa que la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es directamente proporcional al voltaje generado, es decir, el voltaje generado depende del DQO presente en el agua residual.

Los estudios han sugerido que los sulfatos, la turbidez y la electroconductividad también afectan la generación de voltaje. La salida de electricidad en modo continuo fue más alta que en modo batch (Abbassi y col., 2016) Entonces los sustratos de mezcla de fuentes de carbón, nitrógeno y ácidos orgánicos muestran un mejor desempeño en términos de potencia de salida (Prashant y col., 2016) El agua residual doméstica o municipal tiene baja toxicidad y los lodos que se producen en el tratamiento del agua contiene una gran cantidad de materia orgánica. El costo para el tratamiento de este lodo eleva el costo del tratamiento del agua.

Las otras fuentes de aguas residuales son las de agricultura y las industriales dentro de las cuáles se encuentran la de procesamiento de alimentos y colorantes (Li y col., 2016. En la tabla 4 se muestra una comparación de la cantidad de energía que diariamente consume un proceso aerobio con respecto lo que libera un proceso anaerobio y que demuestra la ventaja de implementar la celda de combustible microbiana.

Etapas de proceso	Energía, 10 <sup>6</sup> kJ/d	
	Aerobio	Anaerobio
Aireación <sup>a,b</sup>	-	-1.9
Producción de metano <sup>c,d</sup>	12.5	-
Incremento de T=30°C	-4.2	-
Energía neta:	8.3	-1.9

a. Oxígeno requerido = 0.8 kg/kgDQO removido  
 b. Eficiencia de aeración = 1.52 kg O<sub>2</sub>/kwh 3600 kJ=1kwh  
 c. Producción de metano = 0.35 m<sup>3</sup>/ kgDQO removido  
 d. Contenido de energía del metano = 35486 kJ/m<sup>3</sup> (0°C y 1 atm)

**Tabla 4** Comparación de un balance de energía entre los procesos aerobios y anaerobios Fuente: Metcalf y Eddy, 2009 como citado por Márquez, 2011

## Electrodos

Los voltajes óptimos dependen de la separación entre ánodo y cátodo, ya que en este caso la resistencia interna es mínima (Young-Ling y col., 2015). En los cátodos se busca acelerar la reacción de reducción en su superficie. El mecanismo de metabolismo dependerá del tipo de éste: abióticos y biocátodos. Los primeros consistentes en platino y en catalizadores que no lo contiene (óxidos de metales de transición, metales de compuestos macro cíclicos, carbón nanoestructurado y polímeros electro conductivos). Los biocátodos pueden ser aeróbicos y anaeróbicos dependiendo de la condición de la cámara (Li y col., 2016). Para asegurar la operación eficiente de la MFC se deben mantener la condición anaerobia en el ánodo y en el cátodo un flujo constante y suficiente de oxígeno.

Estas condiciones aseguran que los protones que atraviesen la PEM se combinen con los electrones procedentes del circuito externo (Young-Ling y col., 2015) Se ha encontrado que el número de cátodos empleado en una MFC afecta la producción de potencia, de tal manera que una celda con doble cátodo es mejor que una de cátodo único. La potencia se mejora adecuadamente utilizando reactores con configuraciones donde la superficie del cátodo sea mayor, que los reactores donde los electrodos tengan un espaciamiento cercano (Kyoung-Yeol y col., 2015).

El incremento de la superficie del ánodo en contacto con el sustrato facilita la adherencia de la bacteria y la transferencia de electrones al ánodo, y por ende, una mejor generación de potencia (Hernández-Fernández y col., 2015) Se han logrado densidades de corriente de hasta 60-85 Am<sup>-2</sup> con electrodos de fieltro de carbono poroso en medios altamente conductores, aunque el área tridimensional de estos últimos materiales generalmente se descuida. La tasa electrocinética de la reacción de reducción de oxígeno es el factor crítico para mejorar el desempeño de las celdas de combustible microbiana en todas las configuraciones de cátodo (cátodo al aire o sumergido o biocátodo).

En la evolución de las densidades de potencia en las celdas de combustible microbiana con diferentes condiciones destacan como resultados: 1550 Wm<sup>-3</sup> (reactor de 2.5 ml) y como cátodo un conjunto de electrodos de tela con un búfer de bicarbonato pH de 9; 449±35 Wm<sup>-2</sup> en cátodo proyectado (AEM) y 286±30 Wm<sup>-2</sup> en cátodo proyectado (CEM) y como cátodo de montaje de electrodo de membrana con membrana de intercambio de iones de revestimiento de grafito y como catalizador tetrametoxifenilporfirina de cobalto. Se ha observado que la densidad de corriente también se ha mejorado al aumentar el área de superficie del cátodo. Las densidades de corrientes con mejores resultados obtenidas por biocátodos son de 3.58 Am<sup>-2</sup> y densidad de potencia de 1.36Wm<sup>-2</sup> en una MFC de doble cámara, tipo batch, fuente de inóculo enriquecida y O<sub>2</sub> como aceptor de electrones.

## Factores y parámetros de desempeño

Dentro de los retos planteados para las MFC's destacan la baja potencia (14mA, 300Wm<sup>-3</sup>), la interacción microbio-electrodo (se hace necesario desarrollar materiales catalíticos con un desempeño superior para evitar bioincrustación, corrosión y otros mecanismos de degradación de los electrodos) y escalamiento (bajo servicio de mantenimiento, minimizar riesgos mientras se maximiza la generación de energía). Los microorganismos son un factor clave de desempeño.

Un consorcio de microorganismos crea más resistencia a las alteraciones del proceso, variaciones en el consumo de sustrato y mayor potencia de salida. Es difícil hacer una comparación entre la potencia generada al utilizar un consorcio de cepas ante un determinado sustrato en lugar de un cultivo puro. Aunque para estudiar la relación de los mecanismos de generación de electricidad y las estrategias para optimizar los parámetros de los procesos es mejor optar por los cultivos puros. Como las bacterias *Clostridium butyricum* y *Pseudomonas aeruginosa* producen sus propios mediadores reducen la adición de químicos artificiales mediadores a la MFC para el transporte del electrón de la bacteria al electrodo.

La comunicación directa de exoelectrógenos como especies de *Geobacter* que son capaz de oxidar compuestos orgánicos y su eficiencia en la transferencia de electrones a electrodos a través de filamentos altamente conductivos se consideraron notables en la investigación de MFC. (Sengodon & Hays, 2012)

Un factor de desempeño para una MFC es el tipo de sustrato. Sengodon y Hays (2012) enfatizaron que el desarrollo de celdas de combustible microbianas es una forma de generar energía alternativa por lo que es una tecnología sustentable. La salida de energía depende de la transferencia de protones de ánodo a cátodo es importante que los materiales de los electrodos sean eficientes para lograr dicho fin. Los sustratos no sólo proveen energía para que las células crezcan sino que también contribuyen a la densidad de energía y a la eficiencia coulombica de la célula. Destacan por sus resultados el fumarato de sodio ( $2.05 \text{ mAcm}^{-2}$ ,  $25 \text{ mM}$ ), almidón ( $1.3 \text{ mAcm}^{-2}$ ,  $10 \text{ gL}^{-1}$ ) y las aguas residuales domésticas ( $0.06 \text{ mAcm}^{-2}$ ,  $600 \text{ mgL}^{-1}$ ). El agua residual doméstica tiene diferente composición de acuerdo a sus fuentes, lo que influye en la densidad de potencia y la eficiencia coulombica

Los materiales y el diseño del reactor juegan un rol importante en la generación de electricidad. Las características que deben tener los ánodos son: gran área de superficie para una mejor fijación de las bacterias, alta conductividad eléctrica para la transferencia de la carga y una buena capacidad de recolección de corriente, inertes químicamente, no tóxico a los microorganismos, de uso rudo para una larga operación y además económico. En términos de razón de reacción, la reacción en el cátodo es un factor limitante en el desarrollo de las MFC, por lo que se ha experimentado con diferentes materiales de electrodos para mejorar su desempeño. Se necesita que la membrana de intercambio de protones sea de bajo costo.

En cuanto a las condiciones ambientales se tiene que la temperatura es el factor de mayor impacto en el crecimiento de los microorganismos. Otro de los factores que tienen efectos en la potencia salida es la conductividad y pH del anolito.

Un bajo pH facilita la transferencia de protones al cátodo y minimiza el gradiente de concentración de protones a través de la membrana; y un pH alto inhibe el crecimiento de metanógenos que indirectamente mejoran el desempeño de la celda.

En el escalamiento está implicado el desempeño de las celdas y éste último en términos de corriente, densidad de energía, la razón de oxidación de combustible, la razón de carga y la eficiencia coulombica. La densidad de corriente es afectada por la alta resistencia interna, activación y pérdidas de transferencia de masa donde la oxidación del combustible está relacionada por la actividad catalítica anódica, difusión de combustible, la difusión y consumo de los protones y electrones (Sengodon & Hays, 2012) El desempeño de un sistema bioelectroquímico microbiano (BES, por sus siglas en inglés) está regido por factores como: la fisiología microbiana, el potencial redox, la naturaleza del sustrato, el material del electrodo y las propiedades de la superficie, la química del electrolito, así como las condiciones de operación impuestas.

Los factores que afectan la densidad de corriente en las celdas de combustible microbiana son el tipo y la concentración de bacterias sobre el ánodo. Debe buscarse que estas bacterias puedan transferir los electrones al ánodo sin ayuda de mediadores redox. El desempeño de un ánodo de BES depende decisivamente del material del electrodo y la estructura utilizada. Cambiando un arreglo de electrodos planares a uno tridimensional con microestructuras optimizadas se tiene un aparente incremento de densidad de corriente. Con seis capas de una hoja simple de cartón corrugado se ha obtenido hasta  $390 \text{ Am}^{-2}$  debido a la macroestructura de este material.

Una representación de datos precisa y una selección cuidadosa de los indicadores de rendimiento son fundamentales para avanzar en este aspecto. Por otra parte la selección de las ecuaciones y límites de aplicabilidad son cruciales para la estimación correcta de un área de superficie electroquímicamente activa. Una biopelícula electroquímicamente activa con condiciones óptimas es también un aspecto central hacia la industrialización de los bioelectrodos microbianos (Sharma y col, 2014).

La potencia generada se mejora usando adecuados microorganismos, diseño de celdas, materiales de electrodo y optimización de parámetros de procesos (Choudbury y col., 2017) Otros factores de desempeño son la potencia, la densidad de potencia (superficial y volumétrica), eficiencia coulombica, rendimiento del combustible, eficiencia energética y relación de eficiencias (Salas, 2012).

Al respecto de esto último, Zheng Ge y col. (2014) hicieron una revisión de los trabajos que usaron agua residual como combustible, emitidos entre 2003 y 2013, en relación con los parámetros de desempeño, encontrando que de los 840 trabajos a los que tuvieron acceso al texto completo, solo 194 reportaban una operación continua de estado estable, y de ellos, solo 128 reportaban suficiente información con base en el parámetro “Recuperación de Energía Normalizada” (REN o NER por sus siglas en inglés). NER es expresado en base volumétrica [ec. 1] o en base consumo de Demanda Química de Oxígeno (DQO o COD por sus siglas en inglés) [ec. 2].

$$REN = \frac{\text{(potencia por tiempo,t)}}{\text{(volumen tratado dentro tiempo t)}} = \frac{\text{(potencia)}}{\text{(tasa de flujo)}} \dots \quad (1)$$

$$REN = \frac{\text{(potencia por tiempo,t)}}{\text{(DQO removido dentro tiempo t)}} = \frac{\text{(potencia)}}{\text{(tasa de flujo por } \Delta DQO)} \dots \quad (2)$$

$$\text{Densidad de potencia} = \frac{\text{potencia}}{\text{volumen líquido anódico}} \quad (3)$$

La densidad de potencia [ec. 3] fue uno de los primeros parámetros que sirvió de indicador, sin embargo éste tiene el inconveniente que al aumentar el volumen disminuye la densidad de potencia. Comparado con el REN volumétrico, se pudo obtener más de 2 kWh/m<sup>3</sup> con volúmenes que variaban entre 30mL y 20 L, y en el caso del REN de DQO removido, el valor más alto de 1.95 kWh·kg<sup>-1</sup>DQO removido se obtuvo de una MFC de 230 mL y correspondió al 51% de la energía disponible para convertir el DQO en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. No obstante lo anterior, entre esos datos existían fuertes discrepancias entre un trabajo y otro, que habían sido corridos en aparentes condiciones similares.

Otros parámetros de desempeño son la Eficiencia Coulombica (EC o CE por sus siglas en inglés) que representa la conversión de materia orgánica en carga eléctrica [ec. 4]

$$EC = \frac{M \int_0^{t_b} Idt}{Fbv_{An}\Delta COD} \quad (4)$$

La comparación entre REN y EC no siempre tenía correspondencia, hallando trabajos con alto EC y bajo REN basado en remoción de DQO. Los autores concluyeron que el parámetro que es más más concordante con la operación de las MFC's, es sin lugar dudas, el REN, ya sea que fuese evaluado en base volumétrica o en masa de DQO removido.

### Criterios de escalabilidad

Para aplicaciones prácticas, las MFC's tienen que ser escaladas de manera tal que permita tratar un volumen considerable de agua residual. Para ello se deben tener en cuenta al menos dos consideraciones: ampliar las dimensiones del reactor o conectar múltiples reactores (Zheng & Zhen, 2016) Sin embargo los estudios revelan que al aumentar las dimensiones de la celda, la densidad de potencia disminuye debido a la resistencia eléctrica volumétrica y al volumen del reactor inactivo (Zhihja y col., 2016) Por lo que la modularización, es decir, la conexión en serie o en paralelo de varias celdas individuales, en combinación con las conexiones hidráulicas y eléctricas parece ser una buena opción en el escalamiento (Zheng & Zhen, 2016).

Aelterman, y col. (2006) construyeron una celda de doble cámara cuyos electrodos de ánodo y cátodo estaban contruidos de gránulos de grafito y barra de grafito, respectivamente. El ánodo fue inoculado con una mezcla de lodos aerobios y anaerobios. El pH de los efluentes de la celda disminuyeron de 7 a 5.5, al suministrar un sustrato de 7.5 de pH, incrementándose la energía de 10 a 42 W/m<sup>3</sup>. Esto sugiere la importancia del pH como parámetro de funcionamiento de la celda. Los microorganismos removieron del agua residual doméstica entre 0.55 a 2.99 kg de DQO por m<sup>3</sup> del reactor por día, en las aguas residuales artificiales el nivel de remoción alcanzó hasta 8.9 kg de DQO por m<sup>3</sup>.

Cheng y Logan (2011) trabajaron con un diseño de MFC de cámara única y cátodo al aire con cuatro diferentes volúmenes (28 mL, 250 mL, 1 L y 1.6 L), variando el área de superficie en el cátodo. Los materiales utilizados en el ánodo fueron fibras de grafito con núcleo de titanio en forma de cepillo, su tamaño variaba en relación al reactor. Los cátodos usaban platino como catalizador. Este estudio determinó que a bajas concentraciones del sustrato, el ánodo puede recibir afectación en el potencial, pero el cátodo no. El aumento de la potencia se debió al desempeño del cátodo causado por el incremento de la superficie de área del mismo y a un mayor tiempo de aclimatación, siempre y cuando se mantenga alta conductividad en la solución. Se demostró que duplicar el tamaño del cátodo resultó en un incremento del 62% de potencia de salida y sólo de un 12% si esta modificación se realiza en el ánodo, utilizando aguas residuales.

Dentro de las implicaciones para el escalamiento de las MFC se consideran reducir los costos de los cátodos debido al área de superficie necesaria para la obtención de una potencia adecuada en aplicaciones prácticas (Heming y col., 2015)

Baikun Li y col, (2011) diseñaron y operaron una novedosa MFC a escala piloto de configuración de carbón activado granular múltiple de ánodos y cátodos múltiples, en un solo contenedor de 16 litros. Se acoplaron 4 reactores a flujo continuo y se conectaron a la línea del efluente filtrado primario de agua residual municipal como materia prima. Los sistemas fueron monitoreados para la eliminación de DQO y la generación de energía en un rango de cargas de DQO y tiempos de retención hidráulica.

La única ventaja que se obtuvo es que aumentó ligeramente la generación de potencia. El DQO alcanzó el 80% de remoción. Se alcanzó una densidad de potencia volumétrica de 300 mW/m<sup>3</sup>. También se desarrolló y probó como catalizador el dióxido de manganeso logrando resultados similares a los obtenidos por el uso hasta la fecha, es decir, de platino. Fue el primer trabajo que utilizó aguas residuales municipales a escala piloto ya que las investigaciones anteriores a esa fecha (2011) eran a escala laboratorio (hasta 250 mL). Los cuatro reactores de 16 litros cada uno se convirtieron en 12 circuitos de ánodo-cátodo.

La celda fue constituida por múltiples ánodos y cátodos consistentes en barras de grafito insertados en una cama de carbón activado granulado (ánodo) y múltiples discos de tela de carbón (cátodo). En el arranque las camas del carbón activado granulado fueron iniciados primero con acetato de sodio como materia prima del reactor, y entonces usando una mezcla del efluente primario suplementado con acetato de sodio. Finalmente los reactores fueron operados usando únicamente el efluente primario como materia prima. Los resultados obtenidos de este proyecto pueden ser usados para tratar aguas residuales de baja resistencia cumpliendo con los requerimientos del efluente de tratamientos secundarios.

Las cantidades de electricidad generales fueron inferiores a las máximas obtenidas a escala laboratorio. Propone desarrollar otros catalizadores de bajo costo y alternativos y otras configuraciones de reactores. Una celda de combustible microbiana anaerobia usa menos energía para tratar aguas residuales que las tecnologías de aireación. La investigación duró aproximadamente un año. La figura 8 muestra la configuración de dos reactores utilizados en este trabajo.



**Figura 8** Diseño final

Fuente: Tomada de Baikun Li y col., 2011

López-Hincapié, 2014 utilizó agua residual sintética de alta carga orgánica. Se hicieron 2 experimentos a la par durante 50 días. Los dos con características iguales, pero el blanco no tenía acetato de sodio. (281mV vs 188mV [blanco]) (1.306 kΩ, vs 14.344 kΩ [blanco]).

En el segundo experimento, se omitió el buffer, se disminuyó la distancia entre electrodos se puso una solución de hidrogel en la membrana resultando que la densidad de potencia no aumentó y demostró peor desempeño. Al final se le agregó un inóculo y se incrementó considerablemente la densidad de corriente, la densidad de potencia y la eficiencia coulombica. Los parámetros que se midieron fueron pH, oxígeno disuelto, potencial de óxido reducción, temperatura, conductividad, sólidos disueltos, DQO, voltaje de celda. Se calculó también la eficiencia de la remoción de DQO, relación alimento-microorganismo, carga orgánica volumétrica, corriente, resistencia interna, eficiencia coulombica

### Conclusiones

La comunidad internacional en 2015 se comprometió a cumplir los 16 objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Este evento tiene especial relevancia en el marco de un panorama energético a 2050 donde el bloque de los combustibles fósiles seguirá cubriendo la demanda de energía mundial con un ligero desaceleramiento en su consumo, a pesar de que las tecnologías de bajo carbono o renovables (viento, solar y biomasa) también tendrán un crecimiento impulsado por el descenso en el costo. Esta prospectiva orienta a prever que los gases de efecto invernadero continuarán emitiéndose y el cambio climático seguirá su curso, lo que significa que al menos se mantendrá el estado de variaciones en el ciclo del agua con resultados disímiles –sequías e inundaciones- en una u otra parte del planeta, lo que confirmaría las expectativas de déficit o crisis hídricas, ya sea naturales o económicas. México es ya un país que enfrenta un nivel fuerte de estrés hídrico en sus regiones centro, noroeste y noreste lo que significa aproximadamente 4/6 del territorio nacional.

Las tecnologías renovables están compuestas principalmente por la eólica, solar y biomasa. De esta última se desprende la tecnología alternativa de las celdas de combustible microbianas. Aun cuando se conocen desde hace aproximadamente 100 años, no es sino recientemente que ha tenido un fuerte interés por la comunidad científica. No obstante aún no se ha cruzado completamente la barrera de la escalabilidad, especialmente aquellas que usan como combustible el agua residual municipal.

El principal reto de esta tecnología está relacionado con el bajo desempeño energético que aún se obtiene de los experimentos realizados. Se requiere una mayor investigación en términos de microorganismos, mejores materiales, mejora del diseño y de la arquitectura que influyan en su positivamente en su escalabilidad de procesamiento y obtención de energía. Sin embargo el autor considera, que también será necesario hacer un cambio de enfoque y considerar la energía que pudiera obtenerse, más bien como una energía de respaldo, más que una de alta producción, dado que además se obtiene el servicio de saneamiento. Es decir, el agua es de deshecho y dentro de los compromisos está en tratarla para hacerla inocua a los ecosistemas, sin embargo, las tecnologías de tratamiento aerobio demandan energía lo que significa contaminación atmosférica. Si se desarrolla esta tecnología hasta convertirla operativa y comercialmente asequible, la propia energía que se obtiene podrá mantener la instalación, con posibilidades de aportar a la red eléctrica nacional.

### Referencias

A. Gonzalez del Campo, J. Lobato, P. Cañizares, M.A. Rodrigo, F.J. Fernandez Morales, «Short-term effects of temperature and COD in a microbial fuel cell,» *Applied Energy*, n° 101, pp. 213-216, 2013.

Baikun Li, Karl Scheible, Michael Curtis, «Electricity Generation from Anaerobic Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cells,» New York State Energy Research and Development Authority, New York, 2011.

CEPAL (2003) “Sostenibilidad energética en América Latina y el Caribe: el aporte de las fuentes renovables”

Clifford Chance, “Tackling Water Scarcity”. (2011)

CONAGUA (2014) “Estadística del Agua en México”, México.

CONAGUA (2017) “Estadística del Agua en México”, México.

CONAGUA “Estadísticas del agua en México” (2011) | Capítulo 8 Agua en el mundo

NAVA-DIGUERO, Pedro & CASTILLO-JUÁREZ, Marcela. Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad: Agua, energía y contaminación. *Revista de Ingeniería Innovativa*. 2018.

F. J. Hernández-Fernández, A. Pérez de los Ríos, M.J.Salar-García, V. M. Ortiz-Martínez, L. J. Lozano-Blanco, C. Godínez, F. Tomás-Alonso, J. Quesada-Medina, «Recent progress and perspectives in microbial fuel cells for bioenergy generation and wastewater treatment,» vol. Fuel Processing Technology, n° 138, 2015.

Falkenmark & Lindh (1976), citado en in UNEP/WMO. ““Climate Change 2001: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability». UNEP.

FAO-Aquastat (2012) “Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural”  
www.fao.org/nr/water/aquastat/data/

Freshwater: lifeblood of the planet. peopleandplanet.net (2002))

Heming Wang, Jae-Do Park, Zhiyong Jason Ren, «Practical Energy Harvesting for Microbial Fuel Cells: A Review,» Environmental Science & Technology, pp. 3267-3277, 2015.

Kamaraj Sathish kumar, Vignesh Venkatasamy, Felipe Caballero-Briones, «Sustainable Power Production from Plant-Mediated Microbial Fuel Cells,» de Sustainable Agriculture towards Food Security, Springer, 2017, pp. 85-103.

Kyoung-Yeol Kim, Wulin Yang, Bruce E. Logan, «Impact of electrode configurations on retention time and domestic wastewater treatment efficiency using microbial fuel cells,» vol. Water Research, n° 80, 2015.

Larsen, Samuel T. L. (2009) “Lack of Freshwater Throughout the World”. Evergreen State College.

Li He, Peng Du, Yizhong Chen, Hongwei. Lu, Xi Cheng, Bei Chang, Zheng Wang, «Advances in microbial fuel cells for wastewater treatment,» 2016.

Márquez-Vázquez Mariejorie, Martínez-González Sergio “Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA’s o UASB). Antología (2011)

Mohita Sharma, Suman Bajracharya, Sylvia Gildemyn, Sunil A. Patil, Yolanda Alvarez-Gallego, Deepak Pant, Korneel Rabaey, Xochitl Dominguez-Benetton, «A critical revisit of the key parameters used to describe microbial electrochemical systems» Journal of the Internacional Society of Electroquímica, vol. 140, pp. 191-208, 2014.

Molden, D. (2007) “Water for food, Water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture”. Earthscan/IWMI ONU. Informe Brundtland, 1987

Organización Mundial de la Salud (2017) “Agua, saneamiento y salud (ASS)”.  
http://www.who.int/water\_sanitation\_health/mdg1/es/

Padma Sengodan, Dirk. B. Hays, «Microbial Fuel Cells,» The National Petroleum Council, Texas, 2012.

Payel Choudhury, Uma Shankar Prasad Uday, Nibedita Mahata, Onkar Nath Tiwari, Rup Narayan Ray, Tarun Kanti Bandyopadhyay, Biswanath Bhunia, «Performance improvement of microbial fuel cells for waste water treatment along with value addition: A review on past achievements and recent perspectives,» Elsevier, vol. Renewable and Sustainable Energy Reviews, n° 79, pp. 372-389, 2017.

Prashant Pandey, Vikas N. Shinde, Rajendra L. Deopurkar, Sharad P. Kale, Sunil A. Patil, Deepak Pante, «Recent advances in the use of different substrates in microbial fuel cells toward wastewater treatment and simultaneous energy recovery,» vol. Applied Energy, n° 2016, 2016.

Saavedra Salas, Igor Marcos, Diseño de una Celda de Combustible Microbiológica con uso de bacterias oxidantes de azufre y hierro, Santiago de Chile, 2012.

Shaoan Cheng, Bruce E. Logan, «Increasing power generation for scaling up single-chamber air cathode microbial fuel cells,» Science Direct, vol. Bioresource Technology, n° 102, pp. 4468-4473, 2011.

Shijia Wu, Hui Li, Xuechen Zhou, Peng Liang, Xiaoyuan Zhang, Yong Jiang, Xia Huang, «A novel pilot-scale stacked microbial fuel cell for efficient electricity generation and wastewater treatment» vol. Water Research, n° 98, 2016.

Umara Abbasi, Wang Jin, Arshid Pervez, Zulfiqar Ahmad Bhatti, Madiha Tariq, Shahida Shaheen, Akhtar Iqbal, Qaisar Mahmood, «Anaerobic microbial fuel cell treating combined industrial wastewater: Correlation of electricity generation with pollutants,» vol. Bioresource Technology, n° 200, 2016.

United Nations Development Programme (2006). Human Development Report 2006: Beyond Scarcity—Power, Poverty and the Global Water Crisis. Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan

Villanueva Moreno, Carlos (2013) “Situación actual y prospectiva mundial de la energía y su relación con la ingeniería y la innovación” México.

<http://www.ai.org.mx/sites/default/files/05.situacion-actual-y-prospectiva-mundial-de-la-energia-y-su-relacion-con-la-ingenieria-y-la-innovacion.pdf>

World Wildlife Fund (2013) “Water Scarcity|Threats” <http://worldwildlife.org/threats/water-scarcity>

World Energy Outlook (2017) [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf)

Yoong-Ling Oon, Soon-An Ong, Li-Ngee Ho, Yee-Shian Wong, Yoong-Sin Oon, Harvinder Kaur Lehl, Wei-Eng Thung, «Hybrid system up-flow constructed wetland integrated with microbial fuel cell for simultaneous wastewater treatment and electricity generation,» vol. Bioresource Technology, n° 186, 2015.

Zheng Ge, Jian Li, Li Xiao, Yiran Tong and Zhen He. Recovery of electrical energy in microbial fuel cells. Environmental Science Technology Letter, 2014, 1, 137-141 [dx.doi.org/10.1021/ez4000324](https://doi.org/10.1021/ez4000324)

Zheng Ge, Zhen He, «Long-term performance of a 200 liter modularized microbial fuel cell system treating municipal wastewater: treatment, energy, and cost.,» vol. 2, n° 2, 2016.

## Uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola

### Use of thematic maps to promote agricultural marketing

HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila†\*, DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí y DEL CARMEN-MORALES, Heidi

*Universidad Politécnica de Francisco I. Madero  
Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Zaila, Hernández-Tapia / ORC ID: 0000-0003-2564-3451, Researcher ID Thomson: G-6592-2018, CVU CONACYT ID: 622127

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Yucels Anaí, Del Carmen-Morales / ORC ID: 0000-0003-2738-4780, Researcher ID Thomson: I-6613-2018, CVU CONACYT ID: 905179

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Heidi, Del Carmen-Morales / ORC ID: 0000-0002-9686-1838, Researcher ID Thomson: O6682-2018, CVU CONACYT ID: 926525

Recibido 16 de Febrero, 2018; Aceptado 31 de Marzo, 2018

#### Resumen

La actividad agrícola se destaca por la producción de maíz, naranja, caña de azúcar, café, limón y frijol, convirtiéndose en una de las principales fuentes de ingresos, para las familias de la Huasteca Hidalguense conformada por los municipios de: Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltocán, San Felipe Orizatlán, Xochiatipan y Yahualica., sin embargo, hoy en día no se explota al máximo estos productos y sus derivados, esto debido a que los agricultores en su mayoría indígenas no cuentan con el capital necesario para realizar buenas prácticas de comercialización. De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, actualmente las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) son una pieza clave de acuerdo con la Meta Nacional "Un México Prospero". La metodología que se utilizó para el desarrollo del proyecto fue RUP (Proceso Racional Unificado). Por lo tanto, tomando en cuenta la problemática, el propósito de este trabajo de investigación aplicada es el desarrollo del diseño de un prototipo mediante el uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola de la región Huasteca. Como resultado se realizó un prototipo donde los usuarios a través de un sitio web podrán consultar la producción de cada municipio a través de mapas temáticos.

**TIC, Mapas Temáticos, Comercialización, Agricultura**

#### Abstract

The agricultural activity is notable for the production of corn, orange, sugar cane, coffee, lemon and bean, becoming one of the main sources of income for the families of the Huasteca Hidalguense formed by the municipalities of: Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltocán, San Felipe Orizatlán, Xochiatipan and Yahualica. However, today these products and their derivatives are not exploited to the maximum, due to the fact that most indigenous farmers do not have the necessary capital to carry out good marketing practices. According to the National Development Plan 2013-2018, Micro, Small and Medium Enterprises (MIPYMES) are currently a key piece in accordance with the National Goal "Un México Prospero". The methodology used for the development of the project was RUP (Unified Rational Process). Therefore, taking into account the problematic, the purpose of this applied research work is the development of the design of a prototype through the use of thematic maps to promote the agricultural marketing of the Huasteca region. As a result a prototype was made where users through a website will be able to consult the production of each municipality through thematic maps.

**ICT, Thematic maps, Marketing, Agriculture**

**Citación:** HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí y DEL CARMEN-MORALES, Heidi. Uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018. 2-6: 35-40.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: zhernandez@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

La finalidad de este trabajo es realizar mapas temáticos que permitan representar datos estadísticos de la producción de los 6 principales cultivos de la Huasteca Hidalguense, con la finalidad de impulsar la comercialización agrícola, logrando con ello mejorar el desarrollo económico de la región. Para ello es necesario consultar algunos datos estadísticos que proporcionan las bases de datos de SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación), SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) y SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta).

El artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se presentan los fundamentos teóricos. La sección 3 describe la metodología. Sección 4 muestra el desarrollo, sección 5 los resultados obtenidos representados en los mapas temáticos; y finalmente en la Sección 6 conclusiones.

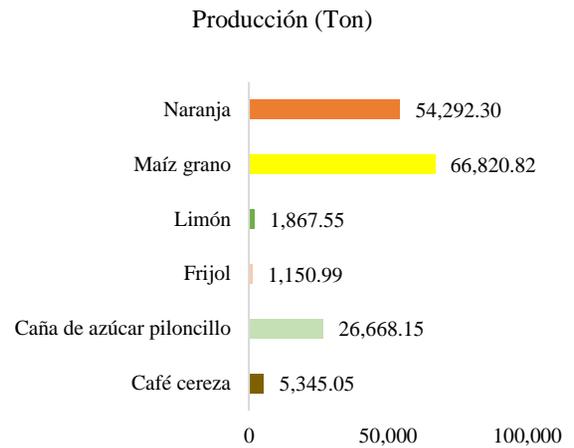
**Fundamentos Teóricos**

Para poder iniciar con el desarrollo de esta investigación, es necesario contar con los datos estadísticos de los cultivos principales de la Huasteca Hidalguense, de acuerdo al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON-NG) se cultiva: café, caña, frijol, limón, maíz, naranja, cacahuete, litchi, mandarina y jaca.

A continuación se muestran los datos estadísticos que representaran los 6 principales cultivos considerando la producción. Para poder obtener la cantidad de la producción total de la Huasteca Hidalguense por cultivo, se realizó la suma de lo que produce cada municipio.

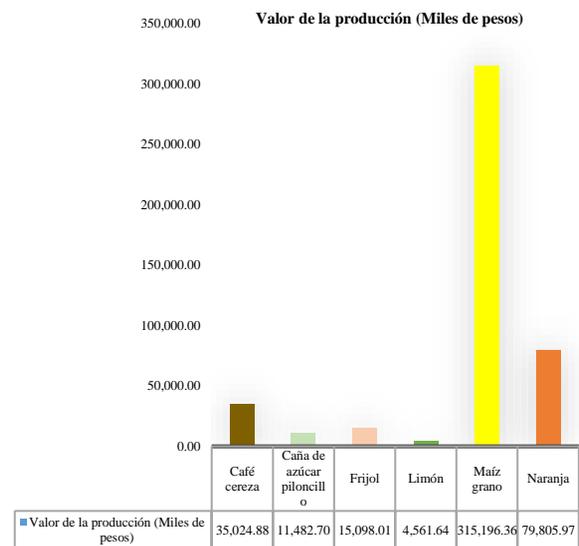
Producto	Producción (Ton)	Valor de la producción (Miles de pesos)
Maíz grano	66,820.82	315,196.36
Naranja	54,292.30	79,805.97
Caña de azúcar piloncillo	26,668.15	11,482.70
Café cereza	5,345.05	35,024.88
Limón	1,867.55	4,561.64
Frijol	1,150.99	15,098.01

**Tabla 1** Seis principales cultivos de la Huasteca Hidalguense según la producción (Ton)  
Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SIACON-NG)



**Grafico 1** Seis principales cultivos de la Huasteca Hidalguense según la producción (Ton)  
Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SIACON-NG)

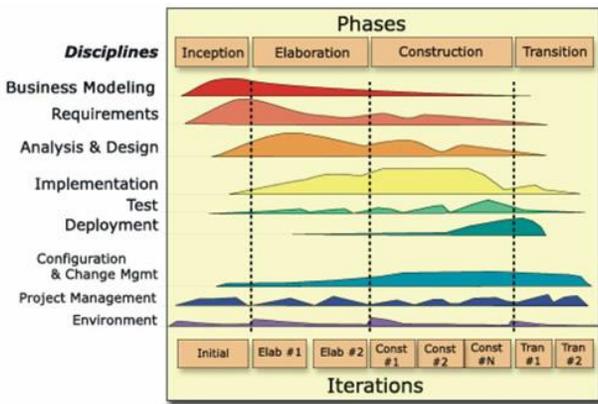
Para poder obtener el valor de la producción total (Miles de pesos) de la Huasteca Hidalguense por cultivo, se realizó la suma del valor que definido por cada municipio.



**Grafico 2** Valor de la producción (Miles de pesos) de los seis principales cultivos de la Huasteca Hidalguense  
Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SIACON-NG)

**Metodología a desarrollar**

La metodología que se utilizó para el desarrollo del proyecto uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola en la región de la Huasteca Hidalguense es RUP (Rational Unified Process–Proceso Racional Unificado), debido a que tiene un enfoque disciplinado que muestra una mayor estabilidad, dominio, seguridad y organización en el tratamiento de un proyecto, en ella se describen las siguientes etapas:



**Figura 1** Fases de la Metodología RUP  
Fuente: (Pressman, 2008)

**a. Etapa de Inicio:**

Esta etapa consta de diversas subactividades que permiten realizar el estudio adecuado del proyecto: Se analizó la recopilación de la información para la determinación del mercado al que va dirigido el estudio y el impacto que traerá consigo al término de la investigación; se creó un cronograma de actividades en la cual se plasmó cada una de las actividades a realizar junto con el tiempo destinado para cada una de ellas y se realizó un estudio de factibilidad del proyecto en el que se describen los requerimientos de la investigación así como la viabilidad.

La Huasteca Hidalguense se caracteriza por contar con suelos de fertilidad moderada tendientes a la acidez, de textura fina con una profundidad alrededor de los 50 cm y una precipitación pluvial que varía entre 1,500 y 2,000 mm anuales, parámetros que lo sitúan como zona de Alto Potencial Productivo en una gama de especies vegetales, entre las que destacan el maíz y el frijol de temporal.

Se realizó una investigación extensa sobre el uso de mapas temáticos y se observó que no existe la información exacta como la que esta propuesta de prototipo derivada de esta investigación pretende proporcionar, además se determinó que el mercado meta son las empresas que pretenden adquirir productos de la región Huasteca Hidalguense. Se realizaron los siguientes análisis de factibilidad:

**Factibilidad Técnica:**

Para poder llevar a cabo el proyecto es necesario contar con los siguientes requerimientos para la investigación y puesta en marcha del proyecto.

Hardware	Software
Equipo de cómputo (minino RAM 4 Gb)	Sistema operativo Windows 7 o superior
Impresora	Microsoft office
Memoria USB	Balsamiq Mockups
Mouse	Mapa digital de México para escritorio
Teclado	
Conexión a internet	

Nota: En esta tabla se muestra los requerimientos tanto de Hardware como de Software para la realización del proyecto. Teniendo en cuenta que se tiene el equipo y software necesario para el desarrollo del proyecto, se determina que el proyecto es factible técnicamente.

**Tabla 2** Requerimientos del estudio de factibilidad técnica

**Factibilidad Económica:**

El desarrollo del presente proyecto no generará costo alguno ya que es un proyecto de investigación entre redes de cuerpos académicos.

**Factibilidad Legal:**

El proyecto “uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola en la región de la Huasteca Hidalguense”, es una investigación aplicada, con el uso de software libre, todo lo que se utilice de otras fuentes será citado, por lo que no se infringirá ninguna ley, y se determina que es factible en el aspecto legal

**Factibilidad Operacional:**

Esta investigación es un prototipo para el desarrollo de un sitio web sobre “uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola en la región de la Huasteca Hidalguense”.

Por lo que en otra etapa de investigación se desarrollará una interfaz amigable, estándares de diseño y se proporcionará un manual de usuario para el buen uso de la aplicación, por lo que se determina que el proyecto es factible operacionalmente.

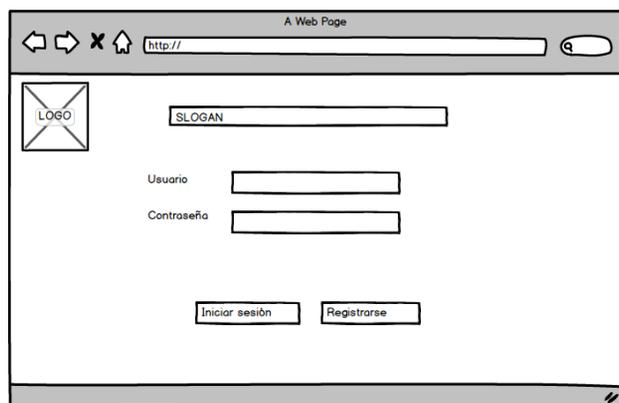
## Desarrollo

### Elaboración:

- Identificar los requerimientos de búsqueda para el consumidor de un producto.
- Análisis y diseño de la base de datos e interfaz del sistema.

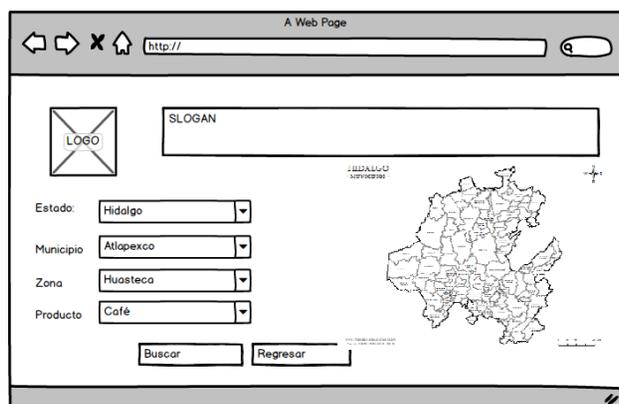
### Construcción:

- Se realizó el diseño del prototipo utilizando la herramienta Balsamiq Mockups
- Generación de Mapas temáticos mediante la herramienta de Mapa digital de México para escritorio.



**Figura 2** Acceso a la búsqueda de mapas temáticos para la comercialización

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3** Búsqueda de productores mediante el uso de mapas temáticos para la comercialización

Fuente: Elaboración propia

### Transición:

- Evaluación, etapa exploratoria del prototipo.

## Resultados

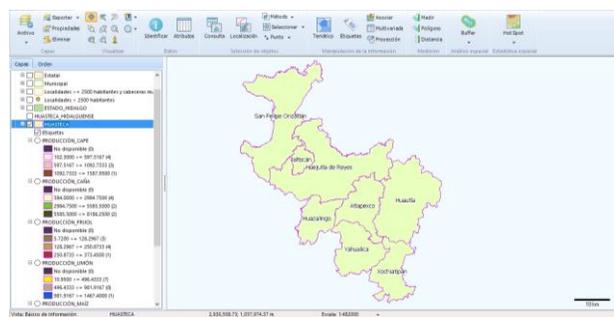
Se generaron mapas temáticos que representan la producción de los principales 6 cultivos que se producen en la Huasteca Hidalguense, los cuales son: Maíz, naranja, caña de azúcar, café, limón y frijol. Para comenzar Mapa Digital de México para escritorio, muestra la información por capas, por ello es necesario primero obtener la capa del estado de Hidalgo.



**Figura 4** Extracción de la capa de Hidalgo y Huasteca Hidalguense

Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio

Una vez que ya se tiene la capa del estado de Hidalgo, se puede extraer la zona de la Huasteca Hidalguense la cual se componen de 8 municipios: San Felipe Orizatlan, Jaltocán, Huejutla de Reyes, Huazalingo, Atlapexco, Huautla, Yahualica y Xochiatipan.

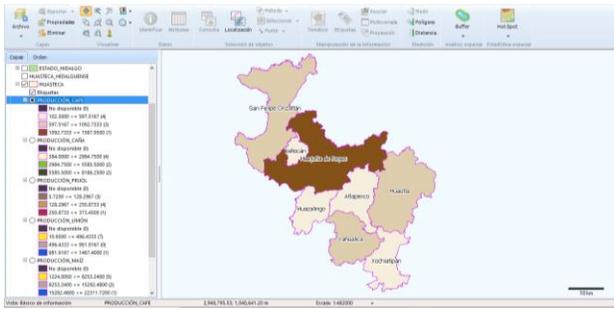


**Figura 5** Extracción de la capa de La Huasteca Hidalguense

Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio

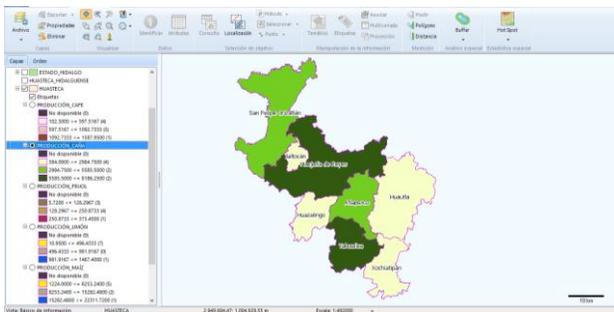
Cuando ya se logró obtener la capa que representa la Huasteca Hidalguense, se realizan los mapas temáticos que representan la producción de cada uno de los cultivos.

A continuación se muestra el mapa que representa la producción de café.



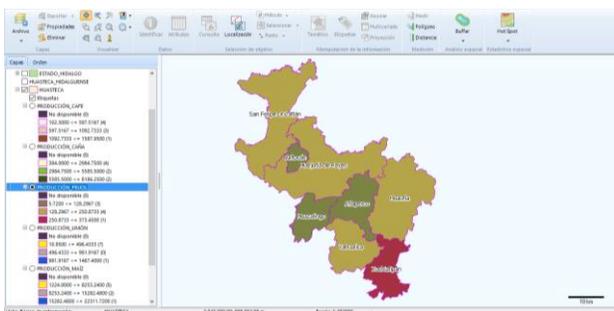
**Figura 6** Producción de café  
*Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio*

Mapa que permite visualizar la producción de caña, en cada uno de los municipios que conforman la Huasteca Hidalguense.



**Figura 7** Producción de caña  
*Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio*

El frijol es el cultivo que ocupa el sexto lugar de producción en la Huasteca Hidalguense, sin embargo es importante poder conocer la productividad del mismo, ya que es uno de los principales alimentos que consume la población.



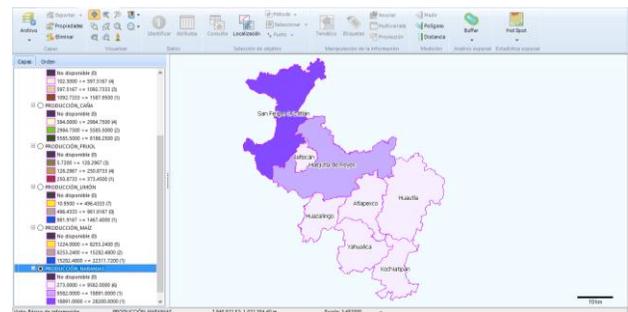
**Figura 8** Producción de frijol  
*Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio*

El siguiente mapa representa la producción del limón.



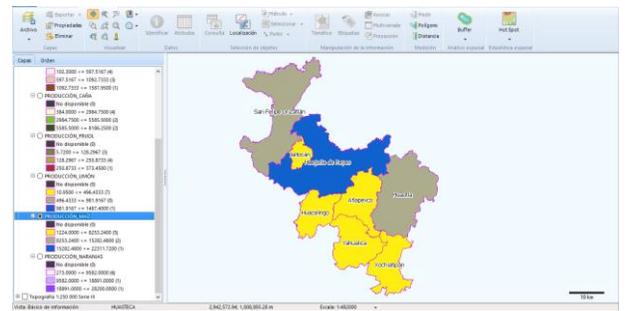
**Figura 9** Producción de limón.  
*Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio*

Ocupando el segundo lugar se encuentra el cultivo de naranja



**Figura 10** Producción de naranja.  
*Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio*

Por último se muestra la producción del principal cultivo de la Huasteca Hidalguense, este ocupa el primer lugar.



**Figura 11** Producción de maíz.  
*Fuente: Elaboración propia, Utilizando Mapa Digital de México para escritorio*

**Conclusiones**

Con la elaboración de los mapas temáticos se puede resumir lo siguiente:

- De los 8 municipios que conforman la Huasteca Hidalguense, el municipio que más produce café es Huejutla de Reyes.
- La mejor producción de caña se obtiene de los municipios de Huejutla de Reyes y Yahualica.

HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaf y DEL CARMEN-MORALES, Heidi. Uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola. Revista de Ingeniería Innovativa. 2018.

- Aunque la producción de frijol es baja ya que ocupa el sexto lugar, el municipio que más produce es Xochiatipan.
- Huazalingo es el municipio que tiene más producción de limón.
- El municipio que más producción de maíz tiene es Huejutla de Reyes.
- San Felipe Orizatlan es el municipio con mayor producción de naranja, ocupando el segundo lugar se encuentra Huejutla de Reyes.

Con lo anterior se logró representar de forma gráfica la producción de los 6 principales cultivos de la Huasteca Hidalguense, con ello se puede determinar de forma visual que el municipio de Huejutla de Reyes, es el más productivo ya que ocupa el primer lugar en 3 de los 6 cultivos (café, caña y maíz), con ello se podrán tomar decisiones para establecer y generar buenas prácticas de comercialización.

### Referencias

Ángeles, N.Y., (2017). Creación de mapas temáticos en el área pecuaria, utilizando una metodología MMT (Tesis sin publicar). ITSOEH, Hidalgo.

Guzmán Z., López B., Alamilla R. & Hernández M. (2013).

Guzmán Z., López B., Alamilla R. & Hernández M. (2013). Creación de mapas temáticos agrícolas del estado de Hidalgo (Tesis magistral sin publicar). UPFIM, Hidalgo.

INEGI (2017). Mapa Digital de México para escritorio Versión 6.3.0, [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)  
INEGI. (14 de 11 de 2013). Obtenido de INEGI: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/default.aspx?\\_file=/geo/contenidos/Mapa Digital/doc/md\\_esc.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/default.aspx?_file=/geo/contenidos/Mapa Digital/doc/md_esc.pdf)

Lozada, S. C. (2016). Metodología para la creación de mapas temáticos (MMT) (Tesis sin publicar). ITSOEH, Hidalgo.

Matos, Guillermo, Chalmeta, Ricardo, & Coltell, Oscar. (2006). Metodología para la Extracción del Conocimiento Empresarial a partir de los Datos. *Información tecnológica*, 17(2), 81-88. Recuperado en 09 de febrero de 2016, de 63 Miguel S., Caprile L., Jorquera-Vidal I. (2008) Análisis de co-términos y de redes sociales para la generación de mapas temáticos.

Mora Segura, M. L. (14 de 11 de 2013). Introducción a los Mapas Temáticos.

Programa nacional de estadística y geografía 2013-2018.

[https://www.snieg.mx/contenidos/espanol/inegi\\_coord/resultados/PNEG2013\\_2018\\_Informe\\_evaluacion\\_2015.pdf](https://www.snieg.mx/contenidos/espanol/inegi_coord/resultados/PNEG2013_2018_Informe_evaluacion_2015.pdf)

Proyecto de información básica con categoría del marco geostatístico nacional 2010 y topografía 1:250000 serie III, <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/>

Rivera T. (2017) Generación de mapas temáticos, Indicadores asociados al área de biotecnología y alimentos del Estado de Hidalgo. (Trabajo con el apoyo del Fondo Mixto CONACYT- Gobierno del Estado de Hidalgo). UPFIM, Hidalgo.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). <https://www.gob.mx/siap>  
SIACON – NG obtenido de: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>

**[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 – Techonology an 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 Innovativa. 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**

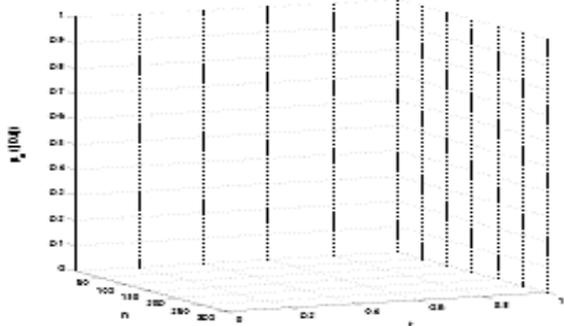
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

**Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables**

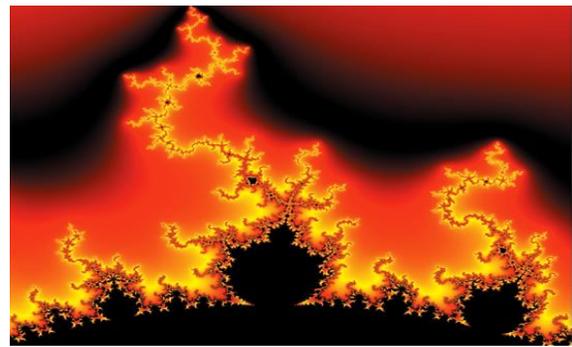
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[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 Titulo 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.

## **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 Sistemas Experimentales 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 Sistemas Experimentales 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 Bolivia 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-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Innovativa, 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 que 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**

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org)  
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **ECORFAN®**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Editor Ejecutivo**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

**Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

**Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan ),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

**Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

# Revista de Ingeniería Innovativa

“Tablero Básico Inteligente para el Ahorro de Energía en Iluminación”

**ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo, CONDE-SALINAS, David, HERNÁNDEZ-MOSQUEDA, Carlos y PÉREZ-RAMÍREZ, Maximino**

*Universidad Tecnológica de Querétaro*

*Universidad Tecnológica de Salamanca*

“Propuesta de sistema pasivo automatizado para el acondicionamiento del aire en casa habitación”

**HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor Hugo, OLVERA-GARCÍA, Omar, RINCÓN-MALTOS, Gerardo y SANDOVAL-CURMINA, Víctor**

*Universidad Nacional Autónoma de México*

*Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila*

*Instituto Tecnológico de Mérida*

“Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad: Agua, energía y contaminación”

**NAVA-DIGUERO, Pedro & CASTILLO-JUÁREZ, Marcela**

*Universidad Tecnológica de Altamira*

“Uso de mapas temáticos para impulsar la comercialización agrícola”

**HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí y DEL CARMEN-MORALES, Heidi**

*Universidad Politécnica de Francisco I. Madero*

*Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense*

