

ISSN 2531-2960

Volumen 2, Número 5 — Enero — Marzo — 2018

# Revista del Desarrollo Tecnológico

ECORFAN®

## **ECORFAN-Spain**

### **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**

MIRANDA-GARCIA, Marta. 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 del Desarrollo Tecnológico**, Volumen 2, Número 5, de Enero a Marzo - 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morazarzal -Madrid. WEB: [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD. ISSN-2531-2960. 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 Centro Español de Ciencia y Tecnología

# **Revista del Desarrollo Tecnológico**

## **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 Desarrollo tecnológico, Tecnología Digital, Impacto tecnológico, Enseñanza con ayuda de ordenador, Fiabilidad de los ordenadores, Heurística, Informática, Instrucciones aritméticas de máquina, Inteligencia artificial, Lenguajes algorítmicos, Lenguajes de programación

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 del Desarrollo Tecnológico es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, 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 Desarrollo tecnológico, Tecnología Digital, Impacto tecnológico, Enseñanza con ayuda de ordenador, Fiabilidad de los ordenadores, Heurística, Informática, Instrucciones aritméticas de máquina, Inteligencia artificial, Lenguajes algorítmicos, Lenguajes de programación 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 Ciencias Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

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

PALAFIX - 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 del Desarrollo Tecnológico 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 Spain 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 homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

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

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Desarrollo tecnológico, Tecnología Digital, Impacto tecnológico, Enseñanza con ayuda de ordenador, Fiabilidad de los ordenadores, Heurística, Informática, Instrucciones aritméticas de máquina, Inteligencia artificial, Lenguajes algorítmicos, Lenguajes de programación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Análisis del efecto del ángulo de inclinación de un secador solar en el proceso de secado de fresa*, por TERRES-PEÑA, Hilario, LIZARDI-RAMOS, Arturo, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo y VACA-MIER, Mabel, con adscripción en la Universidad Autónoma Metropolitana, como Segundo artículo presentamos, *Estudio y dimensionamiento de huerto solar para Comunidades marginadas del Estado de Tabasco*, por PEREZ-DURAN, Marco Antonio, ZARATE, Marco Antonio, GARCÍA-FELIX, Luis Miguel y PÉREZ-UC, Daniel Alejandro, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Centla, como tercer capítulo presentamos, *Modelado matemático de una planta de soldar eléctrica sustentable como estrategia didáctica*, por ALCANTARA-ROSALES, Rodolfo, RENDÓN-ROSAS, Juan Carlos, MORENO-REYES, Hugo y CASTEÑADA-BRAVO, Juan Alfonso, con adscripción en el Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec & Tecnológico Nacional de México, como cuarto artículo presentamos *Herramienta Computacional para el Diseño de Filtros de RF de Circuito Impreso*, por REYES AYALA, Mario, ANDRADE GONZÁLEZ, Edgar Alejandro, TIRADO MÉNDEZ, Alfredo, TERRES PEÑA, Hilario, con adscripción en la Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Politécnico Nacional.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Análisis del efecto del ángulo de inclinación de un secador solar en el proceso de secado de fresa</b> TERRES-PEÑA, Hilario, LIZARDI-RAMOS, Arturo, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo y VACA-MIER, Mabel <i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>	1-6
<b>Estudio y dimensionamiento de huerto solar para Comunidades marginadas del Estado de Tabasco</b> PEREZ-DURAN, Marco Antonio, ZARATE, Marco Antonio, GARCÍA-FELIX, Luis Miguel y PÉREZ-UC, Daniel Alejandro <i>Instituto Tecnológico Superior de Centla</i>	7-12
<b>Modelado matemático de una planta de soldar eléctrica sustentable como estrategia didáctica</b> ALCANTARA-ROSALES, Rodolfo, RENDÓN-ROSAS, Juan Carlos, MORENO-REYES, Hugo y CASTEÑADA-BRAVO, Juan Alfonso <i>Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec</i> <i>Tecnológico Nacional de México</i>	13-18
<b>Herramienta Computacional para el Diseño de Filtros de RF de Circuito Impreso</b> REYES AYALA, Mario, ANDRADE GONZÁLEZ, Edgar Alejandro, TIRADO MÉNDEZ, Alfredo y TERRES PEÑA, Hilario <i>Universidad Autónoma Metropolitana</i> <i>Instituto Politécnico Nacional</i>	19-26

## Análisis del efecto del ángulo de inclinación de un secador solar en el proceso de secado de fresa

### Inclination angle effect analysis of a solar dryer in the process of strawberry drying

TERRES-PEÑA, Hilario†\*, LIZARDI-RAMOS, Arturo, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo y VACA-MIER, Mabel

*Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Hilario, Terres-Peña* / ORC ID: 0000-0001-7996-5734, Researcher ID Thomson: G-6072-2018, CVU CONACYT ID: 98093

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Arturo, Lizardi-Ramos* / ORC ID: 7801325509

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Raymundo, López-Callejas* / ORC ID: 0000-0001-9415-3435, CVU CONACYT ID: 213601

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Mabel, Vaca-Mier* / ORC ID: 0000-0002-1341-7863, Researcher ID Thomson: H-2084-2018, CVU CONACYT ID:12369

Recibido Enero 27, 2018; Aceptado Marzo 30, 2018

#### Resumen

Se muestran tanto los resultados como el análisis de los efectos que se generan mediante la modificación en la inclinación de un secador solar evaluado bajo condiciones de radiación incidente controladas en laboratorio. El secador solar considerado está elaborado en lámina galvanizada con acabado superficial de pintura mate. A lo largo de la cámara de secado se encuentran cinco charolas con depósitos de fresa. Las pruebas se realizaron utilizando un simulador solar compuesto por un arreglo de cuatro lámparas infrarrojas con emisión de radiación equivalente a 850 W y que permiten realizar una comparativa experimental para los ángulos de inclinación considerados. Las pruebas experimentales fueron para ángulos de inclinación del secador de 5°, 10° y 15°. Se colocaron en las charolas de manera distribuida, rodajas de fresa con un peso total por charola entre 10-15 gramos. Se ponderaron los decrementos de la masa en cada charola en intervalos de 10 minutos para una duración de 6 horas de prueba. Los resultados logrados muestran reducciones de humedad superiores a 80%. Se identifica que la zona de mayor secado ocurre cerca de la entrada del secador y que el resultado más alto ocurre para una inclinación de 10° del secador solar.

#### Secador, Solar, Inclinación

#### Abstract

Both results and the analysis of the effects generated by the modification in the inclination of a solar dryer evaluated under incident radiation conditions controlled in the laboratory are shown. The solar dryer considered is made of galvanized sheet with matte paint surface finish. Five trays with strawberry deposits are found along the drying chamber. The tests carried out were carried out using a solar simulator composed of an array of four infrared lamps with radiation emission equivalent to 850 W and which allow an experimental comparison for the considered inclination angles. The experimental tests were for inclination angles of the dryer of 5°, 10° and 15°. Strawberry slices with a total weight per tray of 10-15 grams were placed on the trays in a distributed manner. The decrements of the mass in each tray were weighted in intervals of 10 minutes for a duration of 6 hours of test. The results achieved show humidity reductions greater than 80%. It is identified that the area of greatest drying occurs near the dryer inlet and that the highest result occurs for a 10° inclination of the solar dryer.

#### Dryer, Solar, Inclination

**Citación:** TERRES-PEÑA, Hilario, LIZARDI-RAMOS, Arturo, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo y VACA-MIER, Mabel. Análisis del efecto del ángulo de inclinación de un secador solar en el proceso de secado de fresa. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-5: 1-6.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (tph@correo.azc.uam.mx)

## 1. Introducción

En la actualidad existe una amplia variedad de prototipos de secadores solares, los cuales, al paso del tiempo, se han venido modificando con la finalidad de mejorar el proceso secado de productos de diferentes características. Sin embargo, son pocos los trabajos que exponen de manera explícita las variables que permiten identificar el funcionamiento de los secadores, tal como su geometría, materiales, ubicación y posición de funcionamiento entre otras.

En la diversidad de los trabajos encontrados en la literatura especializada se destacan los siguientes. Los autores Quintana y Olgúin (2017) presentaron un método para el diseño y evaluación de un secador solar en el proceso de secado de madera. Sus resultados se orientaron a la determinación de la eficiencia y tamaño apropiado del secador solar.

En otro trabajo los autores Galaviz et al. (2017) diseñaron, construyeron y patentaron un deshidratador solar, el cual se utiliza en el proceso de deshidratación de frutas, verduras y legumbres con productores de Tlaxcala y Puebla. Lograron uniformizar la temperatura de control para los productos en 48.74 % respecto a un deshidratador convencional.

Los autores Rodríguez et al. (2016), construyeron un prototipo de deshidratador solar para el proceso de deshidratado en alimentos. Su dispositivo emplea tanto la energía solar fototérmica, así como la energía fotovoltaica para actuadores e instrumentación. Sus resultados muestran los tiempos de deshidratado de diferentes alimentos y el estudio de propiedades organolépticas de los mismos.

En un trabajo aplicado al estudio de secadores solares, Terres et al. (2017) mostraron los resultados de la evaluación del proceso de secado de limón mediante el uso de la simulación numérica y los datos de las curvas de secado generadas en un secador solar. Los resultados logrados son importantes para definir parámetros de diseño en secadores solares, por que permiten evaluar el comportamiento de flujo y distribución de temperatura del aire en el interior de los mismos.

Ibarra et al. (2016), mostraron los resultados logrados por un sistema de adquisición adecuado a un deshidratador de alimentos solar. Su objetivo estaba orientado a el diseño del sistema de adquisición de datos en un dispositivo al cual se adaptan sensores, y que se comunican a una computadora. Lograron obtener datos de los factores principales que influyen en el funcionamiento del deshidratador solar.

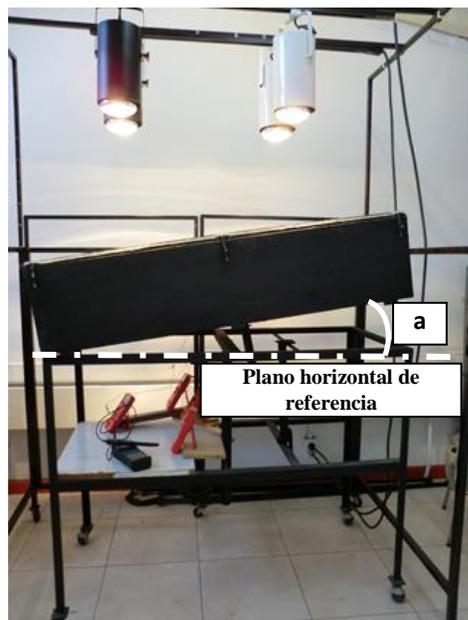
Reséndiz et al. (2016) diseñaron e implementaron un deshidratador solar aplicado a la disminución de humedad de variedades de chile. Su trabajo es una contribución para el estudio del deshidratado del chile considerando los efectos adversos como pérdidas en las producciones de este vegetal y las condiciones negativas de ergonomía hacia los trabajadores que realizan dicha actividad.

Otros trabajos relevantes asociados al diseño, construcción y evaluación de secadores solares han sido presentados por los autores Saleh y Badra (2009), Gbaha et al. (2007), Sarsavadia (2007), Bentayeb et al. (2008), Shanmugam y Natarajan (2006), Afriyie et al. (2011), Maiti et al. (2011) y Romero et al. (2014).

En el presente trabajo se muestran los resultados y evaluación del proceso de secado de fresa cuando su cámara se somete a diferentes ángulos de inclinación respecto del plano horizontal de referencia. Los resultados logrados expresados por el comportamiento de flujo y distribución de temperatura del aire son importantes para definir parámetros de diseño en secadores solares.

## 2. Implementación experimental en el secador solar

El secador considerado fue fabricado en lámina galvanizada y tiene en su parte superior un arreglo de dos vidrios separados entre sí a través de los cuales pasa la radiación solar hacia su interior. Dentro, se encuentra la zona de secado donde se ubican cinco charolas que contienen la fresa. El secador solar se muestra en la figura 1, indicándose el ángulo de inclinación del secador (a). En la figura 2, se muestra la distribución de las charolas en su interior.



**Figura 1** Secador solar  
Fuente: *Elaboración Propia*

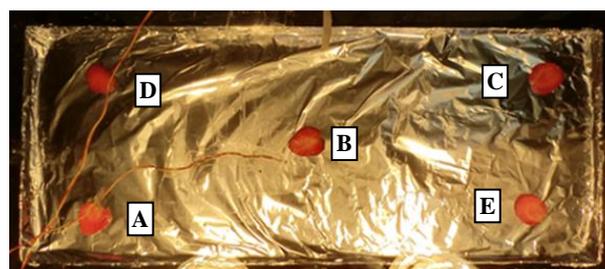


**Figura 2** Distribución de las charolas en el interior del secador solar  
Fuente: *Elaboración Propia*

En la experimentación se consideró la colocación de 5 charolas, distribuidas a lo largo del secador, en las que fueron depositadas rodajas de fresa con un peso total por charola entre 5-10 gramos. El secador solar cuenta con un mecanismo que permite variar el ángulo que forma la cámara de secado respecto a la horizontal. Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de simulación solar de la UAM Azcapotzalco.

El simulador cuenta con un bastidor que permite ajustar la posición de un arreglo de cuatro lámparas infrarrojas cuya emisión de radiación es equivalente a 850 W, y que simulan el comportamiento de la radiación solar, pero bajo condiciones controladas, figura 2.

Los ángulos en los que se posicionó el secador fueron  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  y  $15^\circ$ ; en cada una de las charolas se colocaron cinco rodajas de fresa, las cuales debían tener un espesor entre 3 y 4 mm, con un diámetro aproximado de 2 cm. En la figura 3 se muestra la distribución de las fresas en la charola.

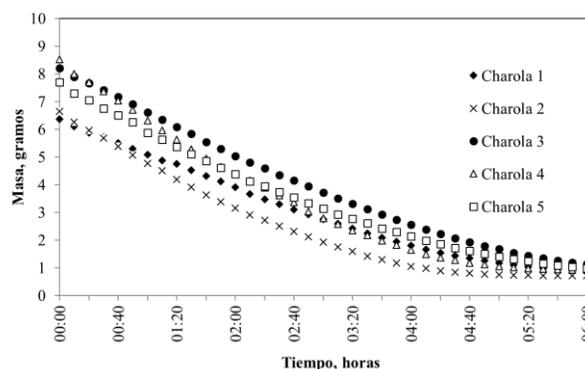


**Figura 3** Distribución de la fresa en las charolas  
Fuente: *Elaboración Propia*

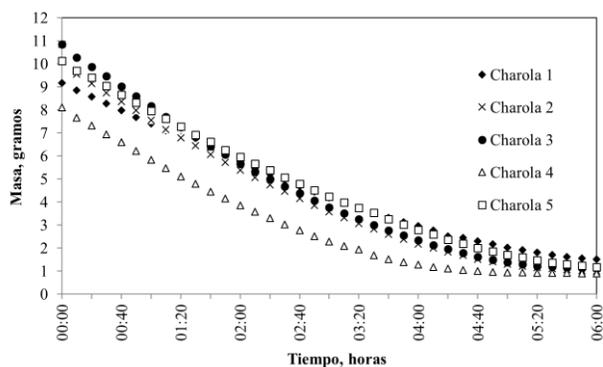
Durante el desarrollo de las pruebas se registraron los valores de la masa cada 10 minutos para valoración de cada charola. Esto se realizó, utilizando una báscula digital con resolución de 0.01 grs. En las pruebas experimentales que se realizaron se consideró como parámetro de duración 6 horas de prueba en todos los casos.

### 3. Resultados experimentales y numéricos

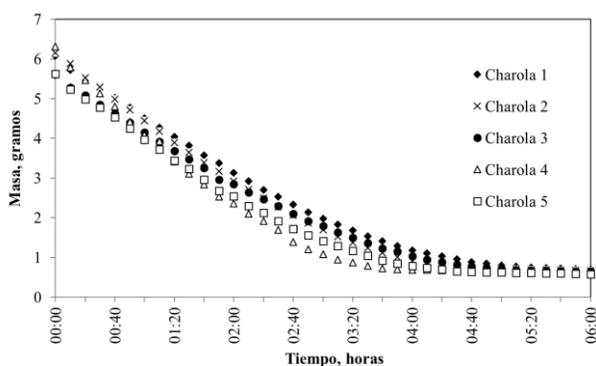
Los resultados de la disminución de masa durante las pruebas experimentales se muestran en los gráficos 1, 2 y 3, que corresponde a inclinaciones del secador de  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  y  $15^\circ$  respectivamente.



**Gráfico 1** Disminución de masa para inclinación de  $5^\circ$   
Fuente: *Elaboración Propia*



**Gráfico 2** Disminución de masa para inclinación de 10°  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 3** Disminución de masa para inclinación de 15°  
Fuente: Elaboración Propia

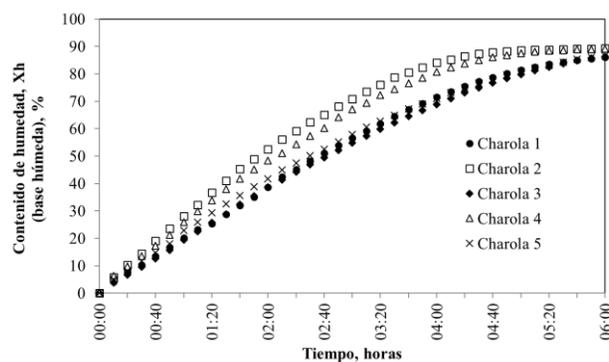
El contenido de humedad en las muestras de fresa puede ser calculado mediante la humedad en base húmeda, utilizando la siguiente expresión (Gbaha et al. (2007)):

$$h_w = \left[ 1 - \frac{W_d}{W_t} \right] \times 100 \quad (1)$$

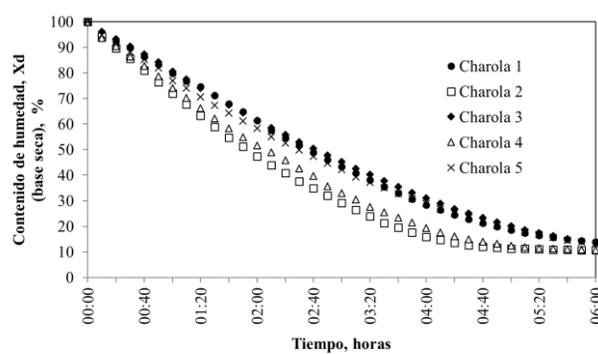
Donde,  $W_d$  es la masa del producto húmedo,  $W_t$  es la masa del producto inicial. Así mismo, el contenido de humedad en base seca se determina por (Gbaha et al. (2007)):

$$h_w = \left[ \frac{W_{material\ seco}}{W_{total}} \right] \times 100 \quad (2)$$

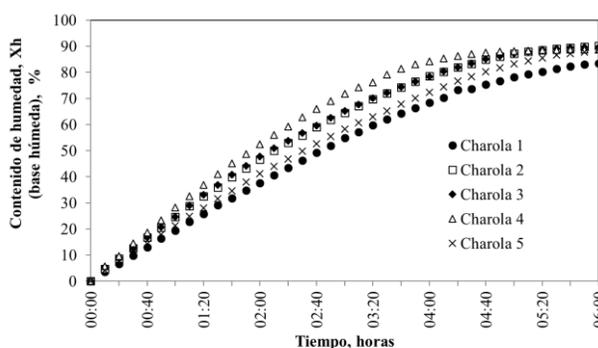
Los contenidos de humedad de la fresa por zonas en el interior del secador solar, se muestra en los gráficos 4 a 9.



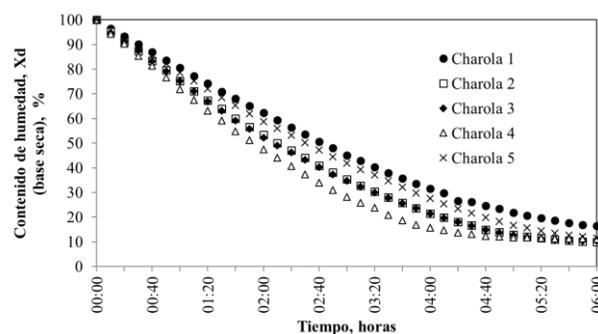
**Gráfico 4** Contenido de humedad base húmeda para 5°  
Fuente: Elaboración Propia



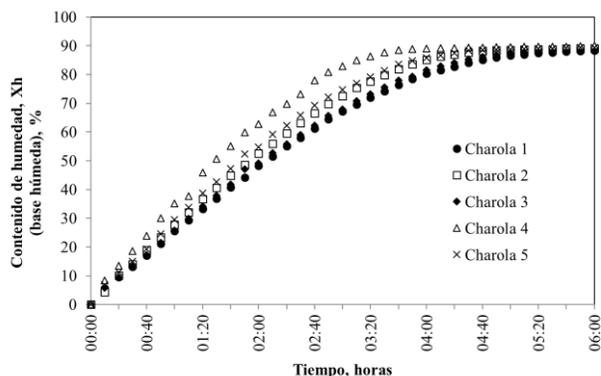
**Gráfico 5** Contenido de humedad base seca para 5°  
Fuente: Elaboración Propia



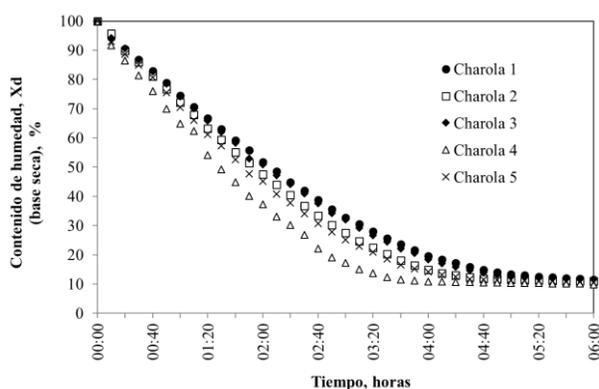
**Gráfico 6** Contenido de humedad base húmeda para 10°  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 7** Contenido de humedad base seca para 10°  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 8** Contenido de humedad base húmeda para 15°  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 9** Contenido de humedad base seca para 15°  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Discusión

A partir de los resultados mostrados en los gráficos 4 a 9 se establece que para disminuir el tiempo del proceso de secado de fresa en las condiciones de prueba establecidas es necesario que el dispositivo tenga una inclinación de 15°, dado que la condición de secado asintótico se presenta después de 5 horas en las inclinaciones de 5° y 10°.

Específicamente, en el caso de la inclinación de 15°, las charolas que pierden mayor masa son la 4, 5, y 2 (en este orden). Esta situación ocurre debido a la formación de vorticidades en el interior de la cámara, las cuales se originan por efecto de la temperatura del aire fluyendo en el interior y lo largo de la misma. Este fenómeno físico se estudio y fue presentado por los autores Terres et al. (2017). Para los casos de las inclinaciones de 5° y 10°, una vez transcurrido las 6 horas de prueba, no se percibe que los valores obtenidos para la reducción de masa muestren que ésta ya es insignificante, tal cual y como se puede visualizar para el caso de la inclinación de 15° para este mismo tiempo.

Dado que se tiene un mecanismo físico de transferencia de calor por convección natural en un recinto en el interior del secador, la velocidad del aire caliente que fluye en el interior de la cámara se ve sujeto a la fuerza inercial propia de la flotación condicionada por el ángulo de inclinación.

De acuerdo con los resultados, se establece que las inclinaciones de 5° y 10° no permitirían que el aire caliente fluya con las condiciones necesarias para retirar los excedentes de agua de la fresa. En otros trabajos, se han reportado tiempos de 10 a 16 horas para procesar el secado de productos tales como cebolla, jengibre y repollo (Anum et al. 2017) considerando volúmenes de productos ciertamente mucho mayores a los considerados en este trabajo, sin embargo, los parámetros y características del diseño de sus dispositivos no contemplan los efectos que producen tales configuraciones.

Los resultados logrados en este trabajo posibilitan la viabilidad de realizar un escalamiento en cantidades de producto a secar, lo que válidamente propiciaría la evaluación del secado con los resultados presentados como mejoras para los diseños ya existentes y reportados en la literatura especializada.

#### 5. Conclusiones

En este trabajo se presentó la evaluación del proceso de secado de fresa considerando su reducción de masa en el interior de la cámara de secado.

Los resultados logrados permiten establecer la forma en que ocurre el proceso de secado cuando se asocian los valores logrados con la inclinación que presenta la cámara del secador respecto a la horizontal.

Los resultados logrados permiten ser utilizados para establecer las variantes que se contemplarán para futuros trabajos donde se considera la variación del ángulo de inclinación del secador y la ubicación de las charolas.

#### Referencias

Afriyie, J.K., Rajakaruna H., Nazha M.A.A., Forson F.K., (2011). Simulation and optimization of the ventilation in a chimneydependent solar crop dryer, Solar Energy Vol. 85, No. 7, 1560-1573.

TERRES-PEÑA, Hilario, LIZARDI-RAMOS, Arturo, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo y VACA-MIER, Mabel. Análisis del efecto del ángulo de inclinación de un secador solar en el proceso de secado de fresa. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018.

Bentayeb, F., Bekkioui, N., Zeghmati, B., (2008). Modelling and simulation of a wood solar dryer in a Moroccan climate, *Renewable Energy*, Vol. 33, No. 3, 501-506.

Experimental investigation of forced convection and desiccant integrated solar dryer, *Renewable Energy*, Vol. 31, No. 8, 1239-1251.

Galaviz, R., J., Cervantes, H., B., Martínez, C., R., Cortés, A., O., (2017). Deshidratador solar de cama plana con materiales refractarios, *Revista de Energías Renovables, ECORFAN*, Vol. 1 No. 1, 32-39.

Gbaha, P., Andoh, H., Saraka, K., Koua, K., Toure, S., (2007). Experimental investigation of a solar dryer with natural convective heat flow, *Renewable Energy*, Vol. 32, No. 11, 1817-1829.  
Ibarra, E., Castañeda, P., Alvarado, G., (2016). Sistema de adquisición de datos para un deshidratador de alimentos solar en la Universidad tecnológica de Ciudad Juárez, *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, ECORFAN*, Vol. 3 No. 6, 41-50.

Maiti, S., Patel P., Vyas K., Eswaran K., Ghosh P., (2011). Performance evaluation of a small scale indirect solar dryer with static reflectors during non-summer months in the Saurashtra region of western India, *Solar Energy* 85, No. 11, 2686-2696.

Quintanar, J., (2017). Metodología para el diseño y evaluación de un secador solar tipo invernadero utilizado en el secado de madera, *Revista de Aplicación Científica y Técnica, ECORFAN*, Vol. 3 No. 9, 18-23.

Reséndiz, R., (2016). Implementación de un deshidratador solar para la eficiente producción de chile, *Revista de Sistemas Experimentales, ECORFAN*, Vol.3 No.9, 62-72.

Rodríguez, M., López, M., Cano, J., Ambriz, F., (2016). Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable, *Revista de Prototipos Tecnológicos, ECORFAN*, Vol. 2, No.4, 22-29.

Rodríguez, M., López, M., Cano, J., Ambriz, F., (2016). Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable, *Revista de Prototipos Tecnológicos, ECORFAN*, Vol. 2, No.4, 22-29.

Romero V., Cerezo E., Garcia M.I., Sanchez M., (2014). Simulation and validation of vanilla drying process in an indirect solar dryer

Saleh, A., Badran, I., (2009). Modeling and experimental studies on a domestic solar dryer, *Renewable Energy*, Vol. 34, 2239-2245.

Sarsavadia, P., (2007). Development of a solar-assisted dryer and evaluation of energy requirement for the drying of onion, *Renewable Energy*, Vol. 32, No. 15, 2529-2547.

Shanmugam, V., Natarajan, E., (2006).

Terres, P., H, Lizardi, R., López, C., R., Vaca, M., M., (2017). Evaluación de un secador solar durante el proceso del secado de limón por simulación numérica y sus curvas de secado, *Revista de Prototipos Tecnológicos, ECORFAN*, Vol. 3, No.9, 34-41.

## Estudio y dimensionamiento de huerto solar para Comunidades marginadas del Estado de Tabasco

### Study and sizing of solar vegetable garden for marginalized communities of the Etate of Tabasco

PEREZ-DURAN, Marco Antonio<sup>†\*</sup>, ZARATE, Marco Antonio, GARCÍA-FELIX, Luis Miguel y PÉREZ-UC, Daniel Alejandro

*Instituto Tecnológico Superior de Centla, Cuerpo Académico en Formación Tecnologías y energías Alternativas*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Marco Antonio, Perez-Duran / ORC ID: 0000-0002-8267-1443, CVU CONACYT ID: 497892

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Marco, Antonio-Zarate / ORC ID: 0000-0002-3977-5394, CVU CONACYT ID: 549508

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Luis Miguel, García-Felix / ORC ID: 0000-0002-7883-3681, CVU CONACYT ID: 666737

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Daniel Alejandro, Pérez-UC / ORC ID: 0000-0002-0781-8628, CVU CONACYT ID: 866011

Recibido Enero 20, 2018; Aceptado Marzo 30, 2018

#### Resumen

Existen en México y particularmente en el estado de Tabasco, comunidades con un alto índice de marginación, este es el caso de la comunidad Ejido el Faisán, en el que no se cuenta con servicios básicos como electrificación, drenaje, agua potable, alcantarillado, entre otros. El desarrollo del ser humano está íntimamente vinculado con el consumo de energía eléctrica, que permiten la producción y consumo de productos y servicios, tales como, alimentos, comunicación, educación, entre otros. Por lo que este trabajo se presenta como una alternativa para electrificar esta comunidad marginada del Municipio de Centla, desarrollando la memoria de cálculo para cubrir la potencia requerida de una vivienda de la localidad, a través de un Sistema Solar Fotovoltaico, fue necesario calcular las cargas involucradas, energía consumida, el número de paneles requeridos, ángulo de inclinación, así como el número de baterías y controlador de carga que deberán ser utilizados para generar la energía eléctrica, de forma eficiente y sustentable para una vivienda rural.

**Comunidades de alta marginación, Huertos solares, Energía solar fotovoltaica, Cálculos de capacidad de paneles, Bancos de baterías**

#### Abstract

There are in Mexico and particularly in the state of Tabasco, communities with a high rate of marginalization, this is the case of the Ejido el Faisan community, which does not have basic services such as electrification, drainage, potable water, sewerage, others. The development of the human being is intimately linked with the consumption of electrical energy, which allows the production and consumption of products and services, such as food, communication, education, among others. So this work is presented as an alternative to electrify this marginalized community of the Municipality of Centla, developing the calculation memory to cover the required power of a house in the town, through a Solar Photovoltaic System, it was necessary to calculate the charges involved, energy consumed, the number of panels required, angle of inclination, as well as the number of batteries and charge controller that should be used to generate electric power, efficiently and sustainably for a rural dwelling.

**Communities of high marginalization, solar orchards, photovoltaic solar energy, Panel capacity calculations, Battery banks**

**Citación:** PEREZ-DURAN, Marco Antonio, ZARATE, Marco Antonio, GARCÍA-FELIX, Luis Miguel y PÉREZ-UC, Daniel Alejandro. Estudio y dimensionamiento de huerto solar para Comunidades marginadas del Estado de Tabasco. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-5: 7-12.

<sup>†</sup> Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (marcoduran66@gmail.com)

## Introducción

La energía eléctrica es uno de los principales motores del desarrollo económico y de la transformación social, dado que se encuentra presente en todas las facetas de la actividad económica tanto de producción, como de consumo. Por lo que es un elemento fundamental de la estructura de costes de nuestro sistema productivo, con un fuerte impacto social y medioambiental, es un factor básico para la economía.

El presente estudio, tiene como objetivo analizar la viabilidad de atender una fracción de la demanda de energía eléctrica en zonas marginadas no interconectadas, basados en energía renovable y alternativa, para este caso específico con energía solar fotovoltaica (ESF), por lo que se describirán y calcularán los componentes para la creación de un huerto solar, que consiste en instalaciones de paneles fotovoltaicos en una comunidad marginada, aprovechando la radiación solar que existe en el estado de Tabasco para generar electricidad.

La electricidad que se genera en estos paneles es en corriente continua, convirtiéndose posteriormente en corriente alterna, para ser finalmente almacenada o consumida por los habitantes de comunidades marginadas que no tienen acceso a la energía eléctrica suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Se tomara como base los requerimientos de la comunidad marginada llamada "El Faisán", que se ubica en el Municipio de Centla Tabasco.

¿Es posible la determinación de requerimientos mínimos, para la proveer una nueva fuente de energía alternativa renovable y sustentable a comunidades de mediana y alta marginación en el estado de Tabasco?

## Objetivos

- Diseñar un huerto solar a partir de la aplicación y uso de paneles fotovoltaicos para comunidades de mediana y alta marginación en el país que permita dotar de energía eléctrica a las mismas.
- Plantear la tecnología solar fotovoltaica que se adecue a cubrir las necesidades básicas (modular) en materia de electricidad, para una casa habitación rural marginada.

## Metodología

Comunidades de mediana y alta marginación en el país: En el contexto expuesto por el Fondo de Población de las Naciones Unidas (CONAPO, Junio 2010) , es posible identificar una enorme cantidad de localidades marginadas en el estado de Tabasco, en las que es posible desarrollar una transferencia tecnológica para proveer de energía eléctrica sustentable, que permita incorporálas a la era tecnológica, e incrementar su calidad de vida.

El Faisán se localiza en el Municipio Centla del Estado de Tabasco México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud 92.565278 y latitud 18.547500 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2015).

- La localidad se encuentra a una mediana altura de 10 metros sobre el nivel del mar.
- La población total de El Faisán es de 171 personas, de cuales 88 son masculinos y 83 femeninas.
- Los ciudadanos se dividen en 100 menores de edad y 71 adultos, de cuales 6 tienen más de 60 años.
- Derecho a atención médica por el seguro social, tienen 65 habitantes de El Faisán.
- En El Faisán hay un total de 33 hogares.
- De estas 33 viviendas, 7 tienen piso de tierra y unos 12 consisten de una sola habitación.
- 25 de todas las viviendas tienen instalaciones sanitarias, 0 son conectadas al servicio público, 16 tienen acceso a la luz eléctrica.
- La estructura económica permite a 0 viviendas tener una computadora, a 8 tener una lavadora y 23 tienen una televisión.

Por lo que en resumen el acceder a la energía eléctrica les permitiría incrementar el nivel de vida. De acuerdo a tabla 1, la distribución de energía eléctrica actualmente en el ejido el Faisán es la siguiente:

Total Casas	Casas con E. Eléctrica	Casas sin E. Eléctrica
33	17	16

**Tabla 1** Casas sin energía eléctrica

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que México goza de una situación privilegiada en cuanto a irradiación solar, con un promedio anual de 5.3 kWh/m<sup>2</sup> (National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2012) por día, es viable utilizarla para proveer de energía eléctrica fotovoltaica a las viviendas de comunidades marginadas. Para los cálculos se considera el siguiente caso:

### Diseño de la fuente de energía fotovoltaica

#### a) Datos de referencia de la vivienda:

Dimensiones 11.20 x 8.40 m<sup>2</sup>

- 2 recámaras:
  - 2 lámparas.
  - 2 contactos.
- Sala:
  - 2 lámparas.
  - 2 Contactos.
- Cocina:
  - 1 Lámpara.
- Parte Exterior:
  - 2 lámparas con sensor.
- Altar:
  - 1 contacto.
  - 1 Lámpara.

#### b) Descripción de las cargas

- 6 puntos de luz = 15W.
- 2 puntos de luz con sensor = 40W.
- 1 televisión = 60W.
- 1 ventilador = 80W.
- 1 teléfono inalámbrico (antena)= 5W.
- 1 radio = 10W.
- 1 Refrigerador = 100W.

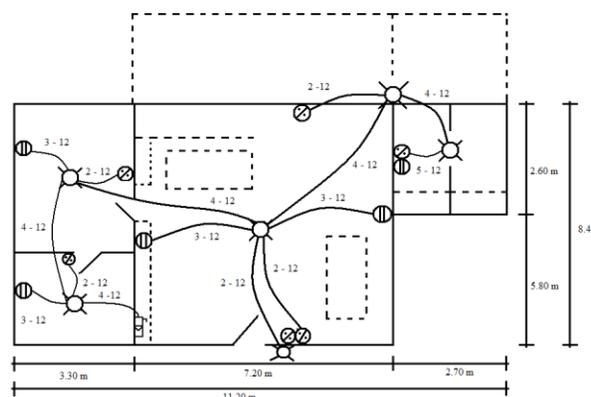
Utilizando la ecuación 1 y los datos de carga del inciso b) se obtiene la tabla 2.

Cantidad	Equipo	Potencia (W) C	Subpotencia (W) D= AXC	Hrs. E	Energía (W/h)
6	P. luz	15W	90W	5	450
2	P. luz sensor	39W	78W	5	390
1	Tele.	60W	60W	4	240
1	Vent.	80W	80W	4	320
1	Celular	5W	5W	2	10
1	Radio	10W	10W	2	30
1	Refri.	100W	100W	4	400
Total = W		W	Total = Wh/d		1840 Wh

**Tabla 2** Cargas utilizadas en la vivienda

Fuente: Elaboración Propia

Los contactos y luminarias se distribuirán de acuerdo al siguiente plano eléctrico, ver figura 1.



**Figura 1** Plano eléctrico

Fuente: Diseño Propio

#### c) Energía Consumida

Esta se calcula utilizando la ecuación 1, y los datos de carga del inciso b) (Prado, 2008).

$$E_c = (P_1 t_1) + (P_2 t_2) + (P_3 t_3) + (P_n t_n) + \dots Wh \quad (1)$$

P = Potencia de cada una de las cargas (W).

t = Tiempo de uso de cada una de las cargas (hrs.).

### Resultados

#### Cálculo del Arreglo Solar

Para calcular el número de paneles (módulos) solares que serán necesarios para cubrir la demanda de energía en la casa habitación, es necesario utilizar la ecuación 2 (Andrade Rodríguez, 2015).

$$M = \frac{E_c F_s}{I_M V_M H_p N_{Bat} N_{Inv}} \quad (2)$$

M = Número de módulos solares.

E<sub>c</sub> = Energía consumida diariamente por las cargas (Wh/día).

F<sub>s</sub> = Factor de sobre dimensionamiento del Sistema (Se sobre dimensiona 10% a 20%, F<sub>s</sub> = 1.1 a 1.2).

I<sub>m</sub> = Corriente del módulo solar (máxima insolación 1Kw/m<sup>2</sup>).

V<sub>m</sub> = Voltaje promedio de operación del módulo solar (No confundirlo con el voltaje de baterías).

H<sub>p</sub> = Radiación de la localidad en el mes de menor insolación expresada en horas máximas de insolación.

$N_{Inv.}$  = Eficiencia del inversor CD/CA en caso de que el equipo opere en: C.A. valores típicos 0.8 a 0.9. C.D. valor es de 1.

$N_{Bat}$  = Eficiencia de carga de la batería 0.87 a 0.9 “0.81”.

Al sustituir los valores en la ecuación 2, se obtiene el número de paneles o módulos que se necesitan para cubrir la demanda.

$$M = \frac{(1790Whr/dia)(1.2)}{(6.93Amp)(28.9V)(4.84)(0.81)(0.9)}$$

$$M = 3.039 \approx 3 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, se utilizarán 3 paneles de 325W, con una tensión de 36.3 V y una corriente de 7.77Amp.

### Cálculo del ángulo de inclinación y del ángulo de orientación

Para determinar el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, algunos proveedores recomiendan que se utilice el valor de la latitud del lugar donde se encuentra localizada la comunidad del Faisán, Centla Tabasco al cual se le suma 5°.

$$\angle_{INC} = \angle_{LAT} + 5^\circ \quad (3)$$

$$\angle_{INC} = 17,789 + 5^\circ$$

$$\angle_{INC} = 22.789^\circ$$

Por lo tanto, el ángulo de inclinación en el que se deben de colocar los paneles solares orientados hacia el sur es de 22.789°.

### Cálculo del banco de baterías

Un aspecto importante en la utilización de energía solar fotovoltaica es, la independencia del sistema, la cual parte de la idea que, en caso de días nublados o con lluvia, permita la continuidad del proceso (independencia), para lo cual es necesario utilizar la ecuación 4, para calcular el banco de baterías.

$$C_B = \frac{A_u E_c}{V_B F_U F_1 N_{Inv}} \quad (4)$$

$C_B$  = Capacidad del banco de baterías.

$E_c$  = Energía consumida diariamente.

$A_u$  = Autonomía deseada en el banco de baterías (días) varía entre 4 días con buena insolación y hasta 6 días para lugares nublados.

$V_B$  = Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

$F_U$  = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema evitando que las baterías se descarguen totalmente.  $F_u = 0.5$  baterías de placa delgada.  $F_u = 0.8$  baterías de placa gruesa.

$F_i$  = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga. Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa tipo tabular.

Sustituyendo los valores en la ecuación 4, para cubrir 5 días de independencia, se ocupa una capacidad del banco de:

$$C_B = \frac{(5días)(1790Whr)}{(12V)(0.8)(1.35)(0.9)}$$

$$C_B = 767.31 \text{ Amp} - hr$$

### Cálculo del número de baterías

La ecuación 5 nos permite calcular el número de baterías (Pericas, 2014) a utilizar por el sistema fotovoltaico.

$$N_B = \frac{C_R}{C_B} \quad (5)$$

$N_B$  = Número de baterías que se necesitan.

$C_R$  = Capacidad de energía requerida para funcionar en días nublados (Ah).

$C_B$  = Capacidad de la batería (Ah).

$$N_B = \frac{C_R}{C_B}$$

$$N_B = \frac{767.318Ah}{144Ah}$$

$$N_B = 5,32 \text{ bat.} \approx 6 \text{ baterías}$$

### Cálculo del controlador de carga

El inversor será el equipo encargado de convertir la corriente continua de la batería, a corriente alterna, para ser consumida dentro del hogar.

$$I_{max} = I_{SC} N_P \quad (6)$$

$$I_{max} = (7.77A)(3\text{paneles})$$

$$I_{max} = 23.31 \text{ Amp}$$

## Especificación del inversor

Aplicando la ecuación número 7, se calcula la potencia del inversor requerido.

$$INV = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 \quad (7)$$

INV = Potencia del Inversor (W)

W = Potencia de cada una de las cargas (W)

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación 7 se obtiene:

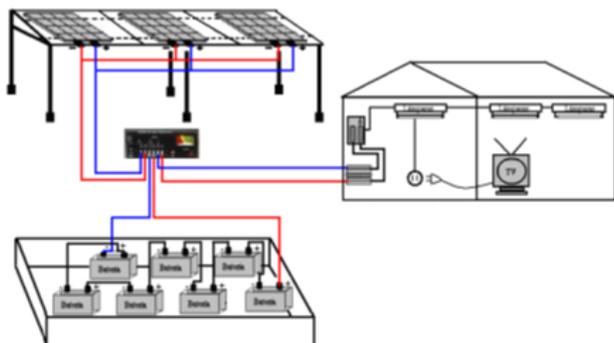
$$INV = (15W * 6) + (39W * 2) + 60W + 80W + 5W + 10W + 100W$$

$$INV = 423W$$

Con respecto al valor calculado se concluye que el tipo de inversor conveniente es:

Un Inversor de 3000 W, Onda Senoidal Modificada, 12VCD - 120VAC.

A continuación en la figura 2, se esquematiza el diagrama físico del proyecto.



**Figura 2** Diagrama físico del proyecto

Fuente: Diseño Propio

## Agradecimientos

Expresamos un especial agradecimiento a los pobladores de la Comunidad Ejido el Faisán, en el Municipio de Centla, Tabasco, por las facilidades brindadas para el levantamiento, de los requerimientos de este estudio.

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Centla, por el apoyo y liderazgo mostrado en temas relacionados a la aplicación tecnológica con enfoque sustentable, que posibilitan estos estudios.

## Conclusiones

Existen dos cálculos para completar el sistema que son: el de los conductores de la instalación y el de las dimensiones de los soportes para los paneles fotovoltaicos. Sin embargo no serán abordados en este trabajo ya que no es el propósito del mismo.

El trabajo realizado consiste en solucionar el problema del suministro de energía eléctrica en la comunidad de Ejido el Faisán, está considerada dentro de un nivel de marginación Alto, y se encuentra localizada en el municipio de Centla Estado de Tabasco, la cual no cuenta con este fluido en pleno siglo XXI, sinónimo de desarrollo para el hombre. Con la presente aplicación de este trabajo se podrán lograr los siguientes beneficios:

- Dar a conocer las características principales y los beneficios que nos ofrece las energías renovables a través de paneles fotovoltaicos.
- Aplicar la energía fotovoltaica para solucionar la necesidad de electrificación en comunidades rurales con alto grado de marginación como lo es El Faisán.
- Como puede observarse en los resultados de este trabajo, es posible cubrir los requerimientos mínimos de electrificación de comunidades rurales, a través de energía solar fotovoltaica. Que es una energía alternativa sustentable, para la cual se han calculado la demanda y los componentes básicos necesarios para su aplicación, como son:
  - El número de paneles necesario para cubrir la demanda estimada.
  - El ángulo de inclinación y orientación para colocar los paneles fotovoltaicos.
  - El cálculo del banco de baterías, así como su número.
  - Cálculo del controlador de carga.

Con esta información es posible realizar los cálculos financieros, que permitan estimar los montos económicos, para la aplicación modular de cada casa en esta comunidad rural, que permitan el acceso a la energía eléctrica de manera sustentable, e independiente.

## Referencias

Andrade Rodríguez, J. (2015). *Propuesta de Suministro de Energía Eléctrica por medio de un Sistema Solar Fotovoltaico para una Casa Habitación*. México: Escuela superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IPN). Recuperado el Octubre de 2017

CONAPO. (Junio 2010). *Indice de Marginacion 2010*. Mexico, D.F: Fondo de Población de las Naciones Unidas. Recuperado el Octubre de 2017

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (30 de Octubre de 2015). (Dirección General de Geografía y Medio Ambiente) Recuperado el Diciembre de 2017, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogosclaves.aspx>

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2012). Estados Unidos de Norteamérica. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://eosweb.larc.nasa.gov>

Pericas, R. (2014). *Energías Renovables, Energía Solar Fotovoltaica*. España: Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado el Octubre de 2017

Prado. (2008). *Diseño de un Sistema Eléctrico Fotovoltaico para una Comunidad Aislada*. Costa Rica: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica. Recuperado el Octubre de 2017

## Modelado matemático de una planta de soldar eléctrica sustentable como estrategia didáctica

### Mathematical modeling of a sustainable electric welding plant as a teaching strategy

ALCANTARA-ROSALES, Rodolfo<sup>1†\*</sup>, RENDÓN-ROSAS, Juan Carlos<sup>2</sup>, MORENO-REYES, Hugo<sup>3</sup> y CASTEÑADA-BRAVO, Juan Alfonso<sup>3</sup>

*Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec*- División de Ingeniería Química<sup>1</sup>, División de Ingeniería en Sistemas Computacionales<sup>2</sup>

<sup>3</sup>*Tecnológico Nacional de México en el Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Rodolfo, Alcantara-Rosales* / ORC ID: 0000-0002-8011-2998, CVU CONACYT ID: 465389

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Juan Carlos, Rendón-Rosas* / ORC ID: 0000-0001-8305-3957

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Hugo, Moreno-Reyes* / ORC ID: 0000-0002-7284-9754, CVU CONACYT ID: 444484

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Juan Alfonso, Casteñada Bravo* / ORC ID: 0000-0001-8123-7330, CVU CONACYT ID: 444541

Recibido Enero 20, 2018; Aceptado Marzo 30, 2018

#### Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo utilizar como estrategia didáctica orientada a promover aprendizajes experienciales significativos y profundos a la modelación matemática aplicada a una planta de soldar sustentable con el apoyo de herramientas del cálculo diferencial, metodología numérica y software de simulación SCADA. La metodología utilizada para la intervención didáctica se fundamentó en el Modelo de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas de Moreno, Oñate y Alcántara (2016) basado en el ciclo de aprendizaje experiencial de David Kolb (1984) y en los niveles del Modelo de Van Hiele (1957). Para su desarrollo se consideró la participación de alumnos de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec, creándose un proyecto integrador que permitiera realizar actividades académicas interdisciplinarias orientadas al logro de las competencias profesionales de los estudiantes. Los resultados mostraron que este tipo de intervenciones didácticas plantean un reto, ya que al partir de una experiencia concreta, engancha y motiva al estudiante para el aprendizaje de las herramientas matemáticas necesarias para modelar matemáticamente una situación o problema, los estudiantes opinaron que esta manera de aprender es más atractiva que si iniciarán en el salón de clase.

#### Modelación Matemática, Competencias Profesionales, Investigación Educativa

#### Abstract

The present paper aims at the mathematical modeling of a sustainable welding plant with the support of differential calculus tools, numerical methodology and SCADA simulation software. For its development it is considered the participation of engineering students of Chemical and Computer Systems, creating an integrating project that allows fulfilling the interdisciplinary academic activities and improving the professional competences of the students. Likewise, in this research, didactic strategies can be implemented that promote the teaching and learning process centered on the student under a constructivist model. Thus, the future graduates students of the engineering careers from Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec, will have a competitive professional level that will allow them to meet the technological needs of the different productive and social sectors of our country, as well as being able to access the labor field of any country of the world.

#### Mathematical Modeling, Professional Competences, Didactic Strategies

**Citación:** ALCANTARA-ROSALES, Rodolfo, RENDÓN-ROSAS, Juan Carlos, MORENO-REYES, Hugo y CASTEÑADA-BRAVO, Juan Alfonso. Modelado matemático de una planta de soldar eléctrica sustentable como estrategia didáctica. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-5: 13-18.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (roaltep@gmail.com)

## Introducción

Este trabajo plantea a la Modelación Matemática como una estrategia didáctica viable para la formación de ingenieros que propicie la apropiación de contenidos y mejora de las competencias de aprendizaje en el alumno y de enseñanza para el docente. El planteamiento responde así a las necesidades del docente por entender y comprender los cambios y adecuaciones a su labor cotidiana en el aula con la idea de buscar mejores niveles de relación entre los requerimientos de un contexto complejo y cambiante, la complejidad de los saberes que implican la disciplina que enseña y despertar el interés de sus alumnos hacia los contenidos abordados en el aula.

Se asume un nuevo rol del docente que resignifica su práctica como sujeto potencialmente creador de condiciones didácticas para la construcción del conocimiento basado en la solución de problemas de un contexto real de ingeniería aplicada, siendo un facilitador del mismo más que un poseedor repetidor de saberes imperecederos o ejecutor de un currículo previamente establecido, comprendiendo su función de guía y potenciador de aprendizajes.

El alumno, en esta tesitura, pondrá en práctica las competencias desarrolladas en matemáticas para abstraer la realidad y poder modelar un sistema físico, químico o de ingeniería aplicada, donde pueda explicar la relación entre las variables involucradas y este en posibilidades de mejorar, predecir u optimizar aspectos relacionados al sistema modelado.

El presente trabajo, se divide en los siguientes apartados: Marco teórico, metodología, resultados y conclusiones.

### 1. Marco teórico

Desde la perspectiva de la investigación en la educación matemática se pretenden construir explicaciones teóricas y coherentes que permitan entender el fenómeno educativo y que ayuden a resolver problemáticas objeto de estudio.

Puede señalarse, de acuerdo con Waldegg (1998), que las matemáticas constituyen un área de conocimiento cuyo resultado es precisamente un gran campo teórico que da origen a una actividad científica, que de manera particular en el contexto escolar se presenta en dos perspectivas intrínsecamente vinculadas entre sí: la matemática vinculada a la actividad de enseñar y la matemática asociada a la tarea de aprender. En este sentido, siguiendo a Waldegg (1998) y Miguez (2012), la matemática presenta aspectos diferentes con relación a los actores y a sus propósitos.

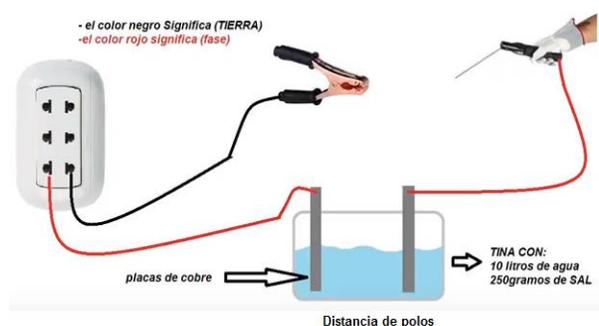
Con respecto al primero, considerando a la matemática como objeto de enseñanza, la intención de las acciones del docente deberían apuntar hacia promover aprendizajes significativos y duraderos en sus estudiantes, eligiendo para ello las estrategias, medios y actividades de aprendizaje adecuadas. En el segundo caso, cuando la matemática es el objeto de aprendizaje del estudiante, el propósito es la construcción de conocimiento con sentido y significado propio que le permitan, en un momento dado, utilizarlo de manera concreta en la solución de situaciones que le demande su formación y vida profesional.

De acuerdo con lo anterior, la formalización de un problema en términos matemáticos es casi siempre el estadio más difícil de la modelación matemática, ya que poseer un buen bagaje matemático no siempre se traduce en tener éxito en la labor de modelización (Schukajlow, 2011). De tal manera que proponer modelos para la enseñanza y aprendizaje de la modelación matemática en las carreras de ingeniería contribuye a un mejor desarrollo de la competencia matemática.

Con el apoyo de los ambientes virtuales, se crean las condiciones para que el individuo se apropie de nuevos conocimientos, de nuevas experiencias, de nuevos elementos que le generen procesos de análisis, reflexión y apropiación (Moreira, 2015). Llámense virtuales en el sentido que no se llevan a cabo en un lugar predeterminado y que el elemento distancia (no presencialidad física) está presente. Así mismo, el uso de softwares de simulación como los SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Según Rodríguez (2015), el SCADA permite la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interfaz gráfica que comunica al usuario con el sistema. Para el problema que se va a analizar se parte de una reacción química electrolítica. De acuerdo a Melgar (2016), “la electrólisis consiste en la descomposición de una sustancia iónica (electrolito) en elementos más simples, utilizando un conjunto llamado celda electrolítica. Se trata de un proceso químico no espontáneo donde se utiliza energía eléctrica para que suceda una reacción llamada reacción electroquímica”.

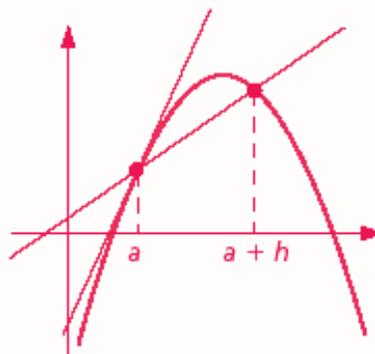
Por medio de la electrólisis se puede construir una planta de soldar básica, en donde celda electrolítica consta de dos elementos importantes: el electrolito y el par de electrodos. Cuando se aplica un voltaje externo entre el par de electrodos, los iones libres del electrolito, con carga opuesta, son atraídos al ánodo y cátodo provocando estados de oxidación y reducción, respectivamente, cerrando el circuito con el porta electrodo al empezar a soldar, tal como lo muestra la figura 1.



**Figura 1** Esquema de planta para soldar con salmuera  
Fuente: Elaboración Propia

Los conceptos matemáticos utilizados para analizar el problema de la planta soldadora son: la derivada y la interpolación lineal. Larson (2018), define a la derivada como el límite para determinar la pendiente de una recta tangente a una función determinada, siendo el valor de esta pendiente la razón de cambio entre la variable dependiente con respecto a la variable independiente, tal como se muestra en la figura 2.

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



**Figura 2** Descripción analítica y gráfica de la derivada  
Fuente: Imágenes Google

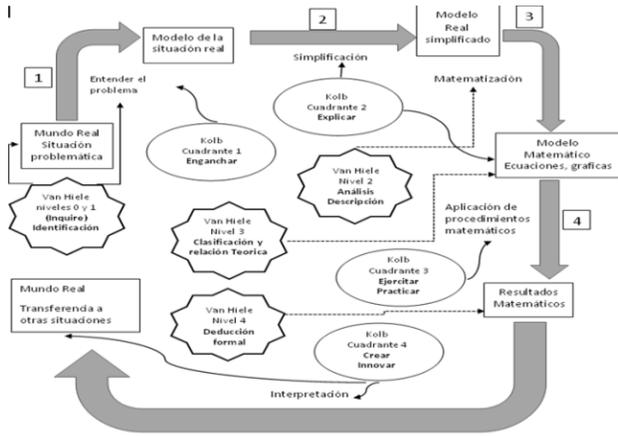
La forma de interpolación utilizada es el *polinomio de interpolación de Lagrange*, Chapra, (2017), que es simplemente una reformulación del polinomio de Newton que evita el cálculo de las diferencias divididas, y se representa de manera concisa como:

$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x) f(x_i) \quad (1)$$

donde

$$L_i(X) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (2)$$

El modelo didáctico para el aprendizaje de las matemáticas (Moreno, Oñate y Alcántara, 2016) que se utilizó se basa en los cuadrantes cerebrales y la forma como se aprende experiencialmente de David Kolb (1984) así como en los niveles del Modelo de Van Hiele (1957), que se relaciona con los estilos de aprendizaje de los estudiantes. En la figura 3 se muestra la forma en que se aplica este modelo para el análisis y la solución de problemas en matemáticas.



**Figura 3** Modelo de aprendizaje de las matemáticas  
Fuente: Moreno, Oñate y Alcántara (2016)

## 2. Metodología

Se desarrolló un prototipo de equipo para soldar, aplicando ingeniería inversa, es decir, construyéndolo para obtener datos experimentales de los parámetros de estudio (corriente y distancia), los cuales se utilizaron para generar funciones utilizando reglas de métodos numéricos de interpolación de Lagrange en conjunto con software SCADA (Lab View) que relacionan a las variables de interés.

Posteriormente, con la función de desempeño del sistema, se aplicó el cálculo diferencial que permitió obtener la relación entre incrementos en la distancia entre los polos y el incremento de la corriente de salida considerando la geometría del prototipo. De acuerdo al Modelo de Moreno, Oñate y Alcántara (2016), las etapas fueron las siguientes:

**Mundo real.** Se requiere una soldadora que funcione por electrólisis a base de agua y sal, que sea alimentada por una fuente eléctrica casera de 127 volts. Para ajustar la corriente que requiere el electrodo, se hace variar la distancia entre las placas de cobre utilizadas en la electrólisis.

**Modelo de la situación real.** Este procedimiento obliga a conocer la razón de cambio del valor de la corriente con respecto a la distancia de las placas. Además es importante establecer en forma gráfica el comportamiento de la variación de la distancia como una función polinómica.

**Modelo real simplificado.** En esta etapa, se procede a realizar las mediciones eléctricas con un amperímetro de gancho, figura 4, variando la distancia entre las placas, obteniéndose las lecturas que se muestran en la figura 5.

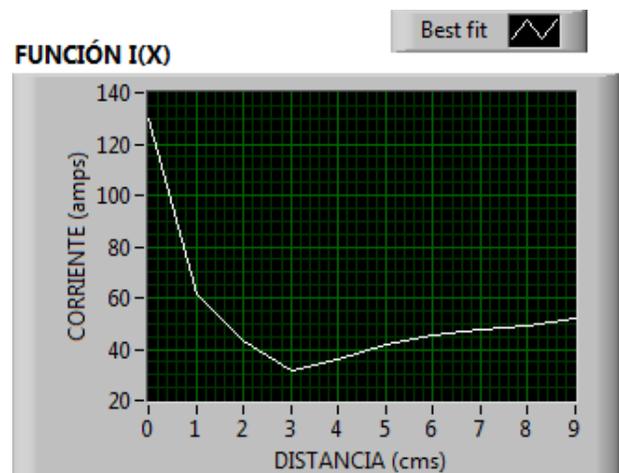


**Figura 4** Mediciones de la corriente consumida por el electrodo  
Fuente: Elaboración Propia

DISTANCIA (cms)	CORRIENTE (amps)
x0	Y0
6	130
x1	Y1
11	57
x2	Y2
13	52
x3	Y3
16	23
x4	Y4
20	42
x5	Y5
22	40
x6	Y6
24	45
x7	Y7
26	47
x8	Y8
28	50
x9	Y9
30	52

**Figura 5** Lecturas capturadas en el programa de Lab View  
Fuente: Elaboración Propia

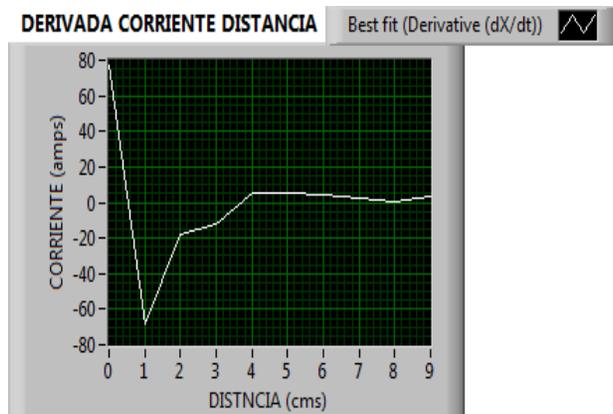
Gráficas del modelo matemático. Con el uso de las fórmulas (1) y (2), el programa realiza la interpolación y grafica la función obtenida, como se muestra en la figura 6.



**Figura 6** Gráfica de la función obtenida por interpolación  
Fuente: Elaboración Propia

## Resultados matemáticos

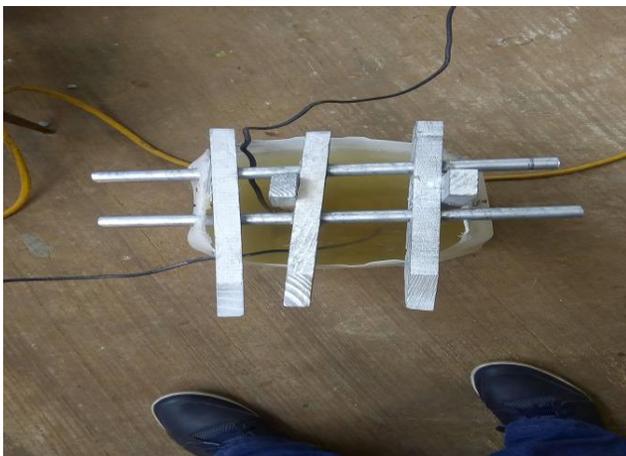
Con la función obtenida, el programa obtiene la derivada y la grafica para conocer el comportamiento de la razón de cambio entre la corriente y la distancia de las placas de cobre, tal como se muestra en la figura 7.



**Figura 7** Gráfica que muestra la derivada de la función  
Fuente: *Elaboración Propia*

## Mundo real

De la gráfica 7, se observa que a partir de la distancia 4, la razón de cambio es más pequeña, indicando que la corriente se estabiliza, siendo la óptima para poder soldar. En la figura 8, se muestra la soldadura obtenida con esa distancia. En la figura 9 se muestra la planta de soldar hecha para realizar este experimento. En la figura 10 la soldadura aplicada.



**Figura 9** Planta de soldar de salmuera  
Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 10** Soldadura Aplicada  
Fuente: *Elaboración Propia*

## 3. Resultados

A partir de esta experiencia realizada en la asignatura de Cálculo Diferencial, se puede mencionar que el alumno logró una apropiación y construcción de conocimientos más significativa cuando realizó las actividades donde aplicó sus competencias en la solución de problemas de ingeniería, por lo que los experimentos o elaboración de prototipos son una opción didáctica que el docente puede emplear a lo largo del curso.

También esta actividad, planteada como un reto a los estudiantes, promovió el “enganche” y motivación para que construyeran su propio aprendizaje al manipular e investigar sobre temas complementarios, como fue la interpolación de Lagrange, tema que se imparte en semestres posteriores, así como programar en un lenguaje que aplicará en la asignatura de instrumentación y control. Además la realización de las actividades en equipo contribuyó a la promoción de competencias genéricas y disciplinares.

Al finalizar la actividad, se realizó un grupo focal con los estudiantes para conocer de su propia voz qué aspectos les parecieron idóneos y cuáles no, con el propósito de rediseñar la intervención didáctica. Cabe mencionar que señalaron que el tiempo es un factor importante para el desarrollo de la actividad, así como la definición del trabajo en equipo es un punto clave que debe revisarse.

## Agradecimientos

Al Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec a través de las Divisiones de Ingeniería Química y de Sistemas computacionales por su apoyo a la realización de este tipo de actividades de Investigación Educativa y desarrollo tecnológico, así como al Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica por la aportación de su experiencia en el desarrollo de metodologías didácticas para la mejora de la educación tecnológica.

## Conclusiones

En el presente trabajo, se comprueba de que uno de los problemas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas se origina por la descontextualización en que se encuentra, debido a la falta de una metodología didáctica que permita establecer el círculo realidad-abstracción-realidad para analizar y entender la relación de las variables involucradas en un sistema a través del uso adecuado de la modelación matemática apoyada en herramientas digitales.

Sin embargo, el diseño de actividades de aprendizaje que tengan como punto de partida la realidad, tiene mayor sentido y significado para los estudiantes, motivándolos a ser proactivos y protagonistas de su propio aprendizaje con la guía del profesor.

## Referencias

Chapra, S. (2017). *Métodos numéricos para ingenieros*. México: Mc Graw Hill.

Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall

Larson, R. (2018). *Calculo Diferencial*. México: Cengage.

Melgar, O. (2016). Uso de electrólisis con salmuera. *Prisma tecnológico*, (7), pp 16-19.

Miguez, A. (2012). El Aula, los alumnos y el profesor de matemáticas. *Revista Enseñanza de la matemática*, vol. 11, no. 1, 3-9.

Moreira, C. y Delgadillo, B. (2015). La virtualidad en los procesos educativos: reflexiones teóricas sobre su implementación. *Tecnología en Marcha*. Vol. 28, N° 1, Enero-Marzo. Pág 121-129.

Moreno, H., Oñate, P. y Alcántara, R. (2016). La Modelación Matemática como estrategia didáctica para propiciar el aprendizaje, en Reyes, S. y Luna, B. *Modelación Matemática: ingeniería, biología y ciencias sociales*. Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Pérez, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Costa Rica: Dialnet.

Schukajlow, S., Leiss, D. and Pekrun, R. (2011). Teaching methods for modelling problems and students' task-specific enjoyment, value, interest and self-efficacy expectations. *Educational Studies in Mathematics*, February 2012, Volume 79, Issue 2, pp. 215-237. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10649-011-9341-2>.

Van Hiele, P. M. (1957). El problema de la comprensión, en conexión con la comprensión de los escolares en el aprendizaje de la geometría. Tesis de Doctorado en Matemáticas de la Universidad Real de Utrecht, Holanda. Traducción al español por Gutiérrez, A. y otros (1990).

Waldegg, G. (1998). La educación matemática ¿una disciplina científica? Colección Pedagógica Universitaria. número 29, 13-44, México: CINVESTAV

## Herramienta Computacional para el Diseño de Filtros de RF de Circuito Impreso

### Microstrip RF filter design software

REYES AYALA, Mario<sup>1</sup> †\*, ANDRADE GONZÁLEZ, Edgar Alejandro<sup>1</sup>, TIRADO MÉNDEZ, Alfredo<sup>2</sup>, TERRES PEÑA, Hilario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciencias Básicas e Ingeniería

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, SEPI Zacatenco, Ingeniería Eléctrica

ID 1<sup>er</sup> Autor: Autor: Mario, Reyes-Ayala / Researcher ID Thomson: O-6206-2018

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Edgar Alejandro, Andrade-Gonzalez

ID 2<sup>do</sup> Coautor: José Alfredo, Tirado-Méndez

ID 3<sup>er</sup> Autor: Hilario, Terres-Peña / ORC ID: 0000-0001-7996-5734, Researcher ID Thomson: G-6072-2018, CVU CONACYT ID: 98093

Recibido Enero 30, 2018; Aceptado Marzo 30, 2018

#### Resumen

El diseño de filtros de microondas implica el uso de herramientas de cómputo cuyo costo puede ser del orden de los \$20,000 USD; con funciones que van desde: la selección de un tipo de respuesta, el modelado tridimensional y su solución. En este trabajo se presenta una herramienta de cómputo para obtener las dimensiones de los filtros a implementarse en un circuito impreso, cuyo costo es muy bajo. La respuesta del filtro es: Butterworth, Bessel o Chebyshev; usando redes LC,  $\pi$  o T. Además, los filtros mencionados se diseñan para respuestas pasa-bajos, pasa-altos, pasa-banda o rechaza-banda. El programa calcula estas redes entregando las dimensiones de las líneas de microcinta. La información generada, se emplea en herramientas CAD-CAM para la implementación. Los límites en el diseño son: (a). Bandas UHF, L y C; (b). Orden siete como máximo; (c). Los circuitos impresos tienen dos caras; y, (d). Sólo puede hacerse un diseño a la vez. Los filtros se simularon en HFSS, el cual es un programa profesional para analizar estructuras electromagnéticas. La medición de los filtros se realizó con un analizador de redes. La desviación entre simulación y medición es cercana al 5%. La herramienta computacional se realizó con Visual Studio de Microsoft y continúa mejorándose.

**Filtro de microondas, Circuito impreso, Visual Studio**

#### Abstract

The design of the microwave filters requires the usage of expensive software, typically around \$20,000 USD; their features include: response of the filter, 3D modelling and, its solution. In this work, a software is presented, which was designed in order to obtain the patch dimensions of a low-cost PCB filter. The response of the filter can be: Butterworth, Bessel or Chebyshev; using LC networks,  $\pi$  or T. Besides, the mentioned filters are designed for low-pass, high-pass, band-pass or band-stop responses. The software calculates these networks giving the dimensions of the PCB strips. The obtained information is used in CAD-CAM tools in the implementation. The restrictions of the designed filters are: (a). UHF, L and C, bands; (b). The filter order should be seven or lower; (c). The printed circuit boards are two sided; and, (d). Only one design is supported at the same time. The filters were simulated in HFSS, which is a professional software for the high frequency simulation for three-dimensional structures. The experimental and simulation results are very similar, with a 5% deviation approximately. The presented software in this paper was developed in Microsoft Visual Studio and, it is still in progress.

**Microwave filter, Printed Circuit Board, Visual Studio**

**Citación:** REYES AYALA, Mario, ANDRADE GONZÁLEZ, Edgar Alejandro, TIRADO MÉNDEZ, Alfredo, TERRES PEÑA, Hilario. Herramienta Computacional para el Diseño de Filtros de RF de Circuito Impreso. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-5: 19-26.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (mra@correo.azc.uam.mx)

## Introducción

La arquitectura del equipo terminal de los sistemas de comunicaciones implica la implementación de filtros de diversas tecnologías de fabricación, dependiendo principalmente de la frecuencia de operación, del factor de calidad, del nivel de potencia, del ancho de banda y de la distorsión lineal, tanto dentro como fuera del intervalo de interés. En particular, en los receptores de los sistemas de radiocomunicaciones se requieren filtros, cuya frecuencia de operación es del orden de las microondas. En este caso, la utilización de circuitos impresos para la implementación de filtros de bajo nivel de potencia y cuya respuesta está en función del orden del filtro. Las ventajas más importantes que se obtienen empleando la técnica descrita son: la respuesta del filtro puede elegirse de acuerdo a las necesidades, el costo es bajo, se pueden realizar filtros de orden considerable, la forma del filtro permite su fácil incorporación al equipo.

En este artículo se presenta una herramienta computacional que calcula las dimensiones de un filtro de microondas a implementarse por medio de un circuito impreso, el cual incluye información de diseño de este tipo de filtros. Dicha herramienta reduce considerablemente el tiempo de construcción del filtro y permite predecir las dimensiones del mismo en caso de incorporación a un receptor. Además, es importante enfatizar las opciones de diseño que existen en la actualidad, donde la mayoría de los programas de cómputo disponibles son de un costo muy elevado y que no siempre contienen la información necesaria para el desarrollo de los filtros.

El artículo está dividido en las siguientes secciones: Respuesta de los filtros más importantes en radiocomunicación, Diseño de filtros microondas utilizando líneas de transmisión de circuito impreso, Algoritmo de la herramienta computacional, Resultados y Conclusiones.

## Respuesta de los filtros de microondas más importantes en radiocomunicación

Entre la gran variedad de tipos de respuesta de filtros de microondas y que además, son de importancia en los transmisores y receptores de radiocomunicaciones, se destacan: los filtros Butterworth y Chebyshev; cuyas respuestas son antagónicas.

Los filtros Butterworth tienen la respuesta más plana posible dentro del intervalo de interés; pero favorecen la interferencia de canal adyacente. Por el contrario, los filtros Chebyshev tienen un rizo dentro del intervalo de interés (generando distorsión lineal), tienen una mayor atenuación fuera del intervalo de interés, característica que les permite reducir el ancho de las bandas guarda en un esquema con multicanalización en la frecuencia, ya sea en banda base o en el medio de transmisión.

El procedimiento que se explica corresponde primeramente para filtros pasa-bajas, pero como se verá más adelante, el valor numérico y el signo de la reactancia de los componentes, se pueden transformar para lograr filtros pasa-altas, pasa-banda o rechaza-banda. La respuesta de los filtros Butterworth está determinada por la ecuación (1).

$$P_{LR} = 1 + k^2 \left( \frac{\omega}{\omega_c} \right)^{2N} \quad (1)$$

Donde:  $P_{LR}$  es la razón de pérdida de potencia;  $\omega$  es la frecuencia angular, rad/s;  $\omega_c$  es la frecuencia angular de corte, rad/s;  $(\omega/\omega_c)$  es la frecuencia angular normalizada;  $N$  es el orden del filtro; y  $(1+k^2)$  es la razón de pérdida de potencia en la frecuencia de corte. En la figura 1 se ilustra la respuesta normalizada de un filtro Butterworth en términos de las pérdidas por inserción, ver la ecuación (2).

$$[IL] = 10 \log_{10}(P_{LR}) \quad (2)$$

Donde:  $[IL]$  son las pérdidas por inserción, dB.

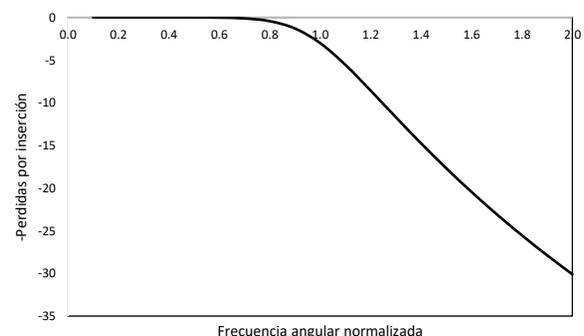


Figura 1 Respuesta normalizada de un filtro Butterworth

De acuerdo al orden del filtro la implementación requerirá de un conjunto de componentes reactivos (inductores y condensadores), para formar una red pasiva de acuerdo a una de dos topologías posibles: red  $\pi$  o red T.

En las figuras 2 y 3 se presentan este tipo de redes para filtros de orden tres. Cabe destacar que ambas redes son equivalentes.

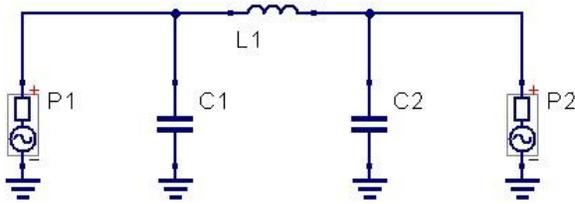


Figura 2 Red tipo π para orden 3

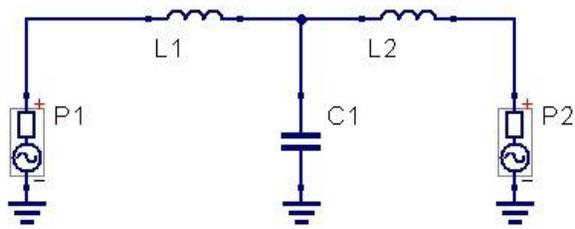


Figura 3 Red tipo T para orden 3

**Diseño de los filtros de microondas utilizando líneas de transmisión de circuito impreso**

El diseño de los filtros consiste en emplear la respuesta del filtro en cuestión a una frecuencia de corte específica y encontrar los coeficientes de los componentes reactivos en función al orden del filtro. Mientras más alto sea el orden del filtro la respuesta se acercará más al comportamiento de un filtro ideal. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que el número de componentes reactivos se incrementa de acuerdo al orden del filtro y que además, la precisión en el valor de los componentes reactivos debe ser más preciso. La Tabla 1 contiene los coeficientes de los componentes reactivos en cualquiera de las topologías seleccionada, donde los coeficientes  $g_i$  corresponden con los valores de los componentes de la red, desde  $C_1$  hasta  $R_L$ .

t	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11
1	2.0000	1.0000									
2	1.4142	1.4142	1.0000								
3	1.0000	2.0000	1.0000	1.0000							
4	0.7654	1.8478	1.8478	0.7654	1.0000						
5	0.6180	1.6180	2.0000	1.6180	0.6180	1.0000					
6	0.5176	1.4142	1.9318	1.9318	1.4142	0.5176	1.0000				
7	0.4450	1.2470	1.8019	2.0000	1.8019	1.2470	0.4450	1.0000			
8	0.3902	1.1111	1.6629	1.9615	1.9615	1.6629	1.1111	0.3902	1.0000		
9	0.3473	1.0000	1.5321	1.8794	2.0000	1.8794	1.5321	1.0000	0.3473	1.0000	
11	0.3129	0.9080	1.4142	1.7820	1.9754	1.9754	1.7820	1.4142	0.9080	0.3129	1.0000

Tabla 1 Coeficientes de la respuesta tipo Butterworth

Por ejemplo, un filtro tipo  $\pi$  de orden tres, se tendrían los siguientes componentes:  $C_1 = 1F$ ,  $L_1 = 2H$ ,  $C_2 = 1F$  y  $R_L = 1\Omega$ .

Un aspecto importante es que a medida que se eleva el orden del filtro, el valor real de cada componente deberá ser más cercano al que le corresponde en la Tabla 1, haciendo muy difícil la implementación de filtros de alto orden.

Para una aplicación flexible de los filtros descritos, los valores numéricos de los componentes se pueden alterar para presentar una frecuencia de corte diferente, para lo cual se emplean las transformaciones mostradas en las ecuaciones (3) y (4).

$$L \Rightarrow \frac{L}{\omega_c} \tag{3}$$

$$C \Rightarrow \frac{C}{\omega_c} \tag{4}$$

De forma similar, es posible cambiar el tipo de respuesta del filtro, ver la figura 4 y las ecuaciones (5) y (6).

$$\Delta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \tag{5}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_2 \omega_1} \tag{6}$$

Donde  $\omega_1$  y  $\omega_2$  son las frecuencias angulares de corte para filtros con respuestas pasa-banda o rechaza-banda.

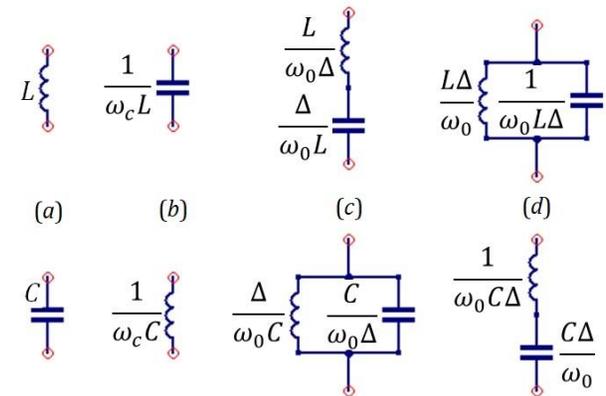


Figura 4 Transformación de los valores numéricos de los componentes reactivos para una frecuencia de corte determinada, en los tipos de respuesta: (a) Pasa-bajas, (b) rechaza-banda, (c) Pasa-banda y, (d) Rechaza-Banda

Otro problema para filtros de microondas incluso de orden bajo o moderado, es que la tolerancia de los componentes comerciales no favorece la construcción del filtro, de tal forma que resulta conveniente emplear líneas de transmisión.

En este caso, la herramienta más empleada es la transformación de Richard, de tal forma que un inductor puede sustituirse por una línea de transmisión de  $\lambda/8$  de longitud y cuya impedancia característica sea del mismo valor que la inductancia original. La figura 5 ilustra las transformaciones de Richard para inductores y condensadores.

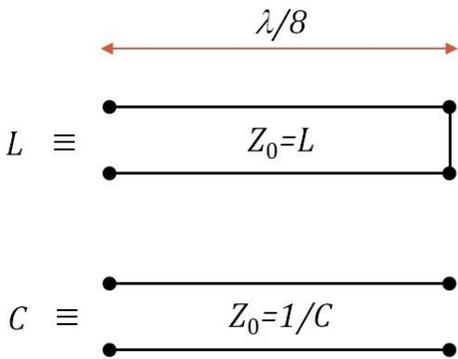


Figura 5 Transformaciones de Richard para inductores y condensadores, respectivamente

La figura 6 muestra la aplicación de la transformación de Richard a cada uno de los componentes reactivos de un filtro de orden 3 tipo T, cuyos valores originales son:  $L_1 = 3.35H$ ,  $C_1 = 1.405F$ ,  $L_2 = 3.35H$  y  $R_L = 1\Omega$ .

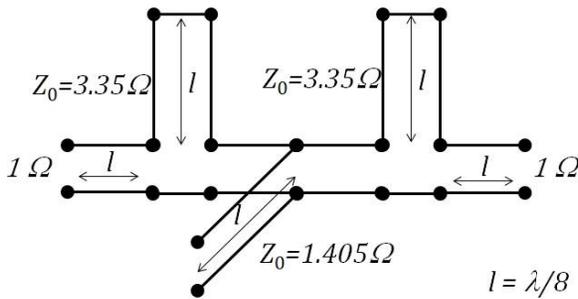


Figura 6 Transformaciones de Richard en una red tipo T de orden 3

La forma del filtro de la figura 6 involucra la implementación de segmentos de línea de transmisión tanto en corto circuito, como en circuito abierto. Normalmente, se prefiere aplicar las identidades de Kuroda para modificar la red de tal forma que sólo contendrá líneas de transmisión en circuito abierto. La identidad de Kuroda más útil en el proceso de evitar líneas de transmisión en corto circuito, es la que se observa en la figura 7, en la cual deberán cumplirse las ecuaciones (7) a (9).

$$n^2 = 1 + \frac{Z_2}{Z_1} \tag{7}$$

$$Z_a = \frac{Z_1}{n^2} \tag{8}$$

$$Z_b = \frac{Z_2}{n^2} = 1 \tag{9}$$

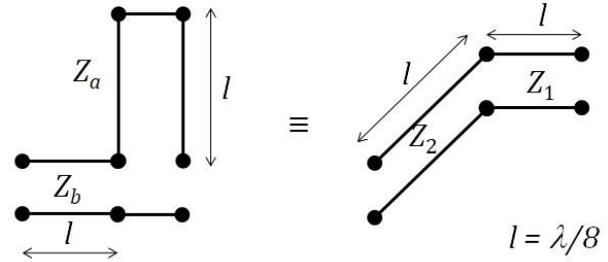


Figura 7 Identidad de Kuroda aplicada para eliminar las líneas de transmisión en corto circuito

El resultado de aplicar la identidad de Kuroda a la red mostrada en la figura 6, produce la figura 8, donde ya no aparecen las líneas de transmisión en corto circuito.

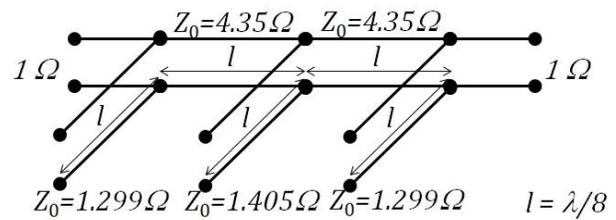


Figura 8 Aplicación de la identidad de Kuroda a la red original

Para tener cualquier impedancia de carga, las impedancias de todas las líneas de transmisión del filtro deberán ajustarse proporcionalmente, de tal manera, que la red tiene la forma que se muestra en la figura 9.

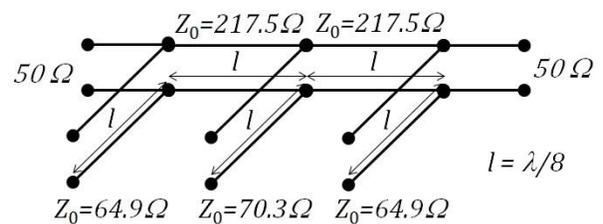


Figura 9 Ajuste de la impedancia de la red para una impedancia de carga determinada

La implementación del filtro a base de líneas de transmisión con circuito impreso, se basa en el modelo que se muestra en la figura 10. En donde: w es el ancho de la pista en la placa superior, mm; t es el espesor de las placas de cobre, mm; h es la separación de las placas de cobre, mm; y,  $\epsilon_r$  es la constante dieléctrica del sustrato.

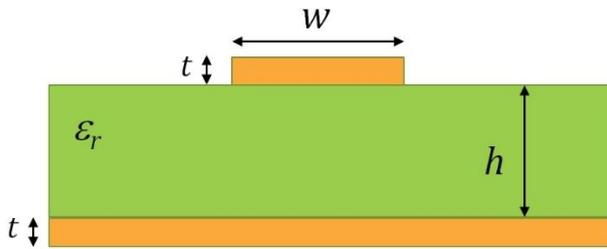


Figura 10 Perfil de una pista de circuito impreso

La capa intermedia, conocida como sustrato está construida de un material dieléctrico y, las capas inferior y superior usualmente son placas de cobre.

El principio de funcionamiento de la línea de transmisión de circuito impreso consiste en la generación de un campo eléctrico entre las placas de cobre, cuya magnitud depende de la geometría del modelo y de la constante dieléctrica del sustrato. Las dimensiones de las líneas de transmisión de circuito impreso, se calculan por medio de las ecuaciones muy conocidas y que están incluidas en las referencias de este artículo. La forma final del filtro de microondas construido con líneas de transmisión de circuito impreso, se presentará en la sección denominada Resultados.

**Algoritmo de la herramienta computacional**

El algoritmo empleado para el cálculo de los componentes y dimensiones del filtro de circuito impreso, se presenta a manera de diagrama de flujo en la figura 11.

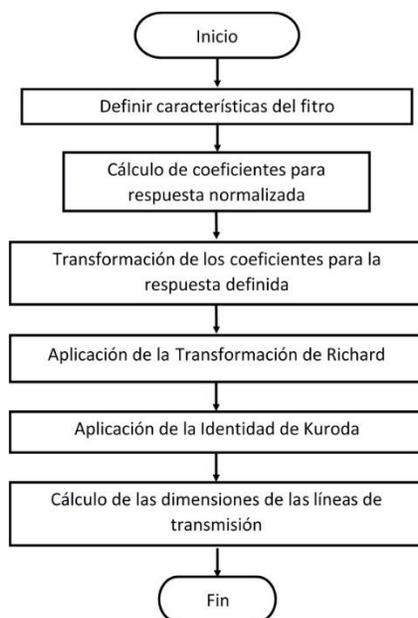


Figura 11 Diagrama de flujo de la herramienta computacional

La herramienta computacional se implementó en el lenguaje Visual Basic del programa Visual Studio 2017 de la empresa Microsoft, el cual está diseñado para invocar rutinas por medio de eventos y realiza los cálculos mediante los valores actuales en las variables definidas en el primer paso del diagrama de Flujo.

**Resultados**

La pantalla principal de la herramienta computacional se muestra en la figura 12, en donde puede observarse que primeramente se realiza el cálculo de coeficientes para los componentes reactivos, con la idea de contar con la posibilidad de implementar el circuito con componentes discretos. En la parte inferior, se muestran las impedancias y dimensiones de los segmentos de líneas de transmisión de circuito impreso, para su implementación con parámetros distribuidos, cumpliendo así los objetivos de este trabajo.

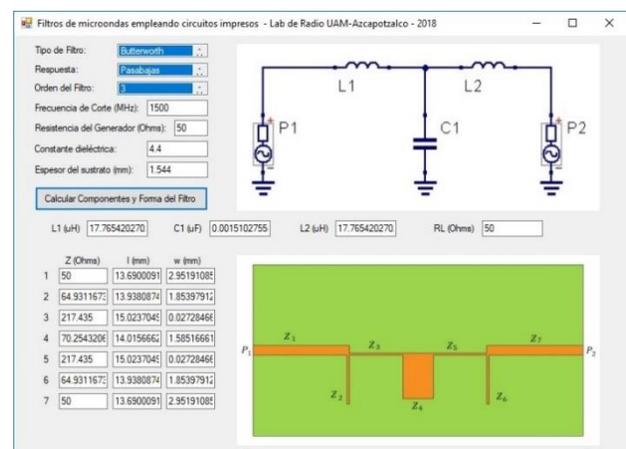


Figura 12 Ventana de trabajo de la herramienta computacional

La definición de las características del filtro se realiza por medio de listas y cajas de texto; posteriormente, realiza los cálculos y transformaciones al oprimir el botón de comando, para desplegar los resultados en la parte inferior de la ventana. Utilizando el modelo desarrollado con la herramienta que se presenta, se simuló la respuesta en la frecuencia del filtro de circuito impreso, ver figura 13.

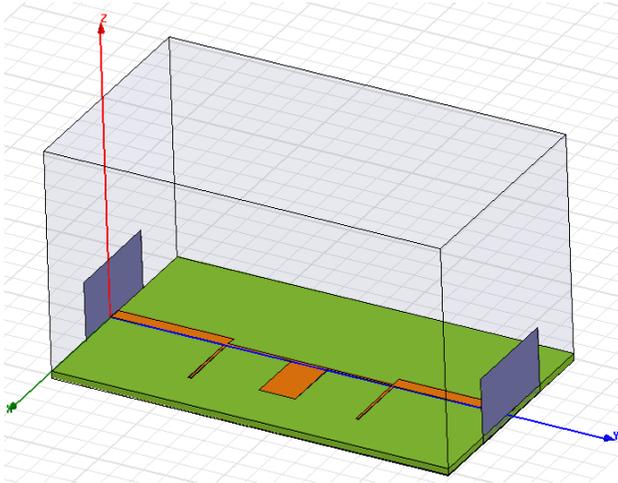


Figura 13 Modelo introducido al HFSS para simular la respuesta del filtro

El programa de simulación que se empleó fue el HFSS (High Frequency Structure Simulator), obteniéndose la respuesta en la frecuencia mediante el parámetro  $S_{21}$ , el que observa en la figura 14.

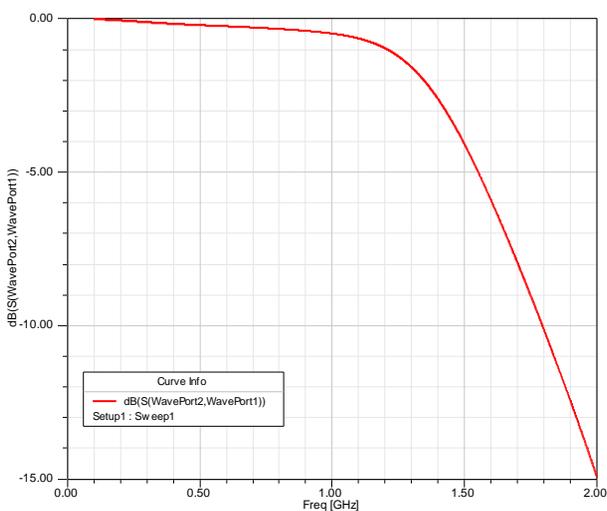


Figura 14 Parámetro  $S_{21}$  del filtro de microondas de circuito impreso

Para comprobar el funcionamiento del filtro se construyó además un prototipo, el cual se evaluó con un analizador de redes Fielfox de la marca Agilent Technologies. La figura 15 muestra el circuito impreso construido para el filtro, el cual se conecta al analizador de redes con conectores SMA.

Para la implementación del circuito se emplea FR-4 como sustrato y se removió el cobre por medio de cloruro férrico.

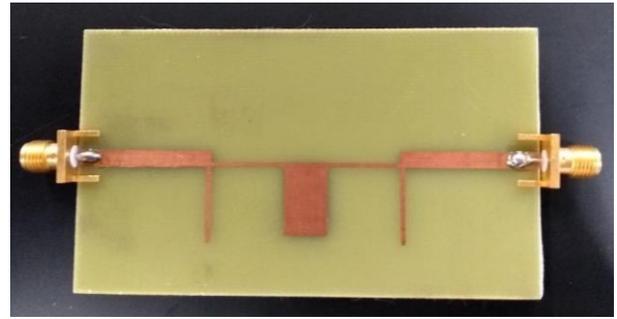


Figura 15 Parámetro  $S_{21}$  del filtro de microondas de circuito impreso

Las conexiones realizadas para la obtención de la respuesta en la frecuencia del filtro, se ilustran en la figura 16.



Figura 16 Parámetro  $S_{21}$  del filtro de microondas de circuito impreso

Finalmente, la respuesta en la frecuencia del filtro, se presenta en la figura 17, donde se observa que la frecuencia de corte es muy cercana a 1.5 GHz

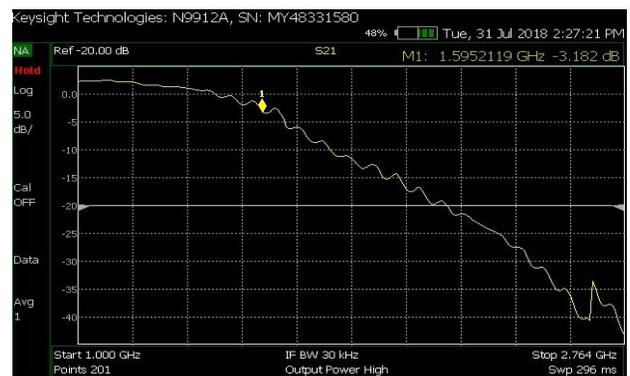


Figura 17 Parámetro  $S_{21}$  del filtro de microondas de circuito impreso

REYES AYALA, Mario, ANDRADE GONZÁLEZ, Edgar Alejandro, TIRADO MÉNDEZ, Alfredo, TERRES PEÑA, Hilario. Herramienta Computacional para el Diseño de Filtros de RF de Circuito Impreso. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018.

La respuesta teórica del filtro se presenta en la figura 1, donde se aprecia la similitud con la figura 14 (obtenida por simulación) y con la figura 17 (medida experimentalmente). Cabe destacar, que la versión que se presenta del paquete computacional desarrollado no genera el archivo en código G.

### Conclusiones

En este artículo se presentó una herramienta de cómputo para facilitar el proceso enseñanza aprendizaje de los filtros de microondas que emplean líneas de transmisión de circuito impreso. Este programa entrega las dimensiones finales de los segmentos de línea de transmisión para su incorporación en una estructura de parche en la placa superior de un circuito impreso de doble cara.

Entre las principales ventajas de la herramienta, se destaca la flexibilidad de seleccionar el tipo de filtro, el orden del filtro, el tipo de respuesta, la o las frecuencias de corte, la impedancia de carga, la constante dieléctrica del sustrato del circuito impreso y, el espesor del sustrato.

Para ejemplificar el diseño del filtro, el modelado, la simulación, la construcción y la evaluación del mismo; se utilizó un filtro pasabajos tipo Butterworth de orden 3, con una frecuencia de corte de 1500 MHz, una resistencia de carga de 50  $\Omega$ ; y, construido con un circuito impreso de doble cara con 1.544 mm de sustrato y una constante dieléctrica de 4.4.

El circuito impreso se elaboró con el método convencional de impresión por calor y removiendo el cobre con solventes. Sin embargo, para un filtro de orden mayor, podría ser necesario emplear una técnica de fabricación de mejor precisión, por ejemplo: utilizando una herramienta de maquinado de control numérico.

La herramienta computacional presentada sigue en desarrollo para utilizar otras topologías de filtros de circuito impreso y también una forma más completa de interacción con el usuario, para favorecer almacenar los modelos generados. De esta forma se espera contar con un programa más completo que permita la docencia de los circuitos de microondas evadiendo la adquisición de algunos de los programas comerciales disponibles a precios muy elevados.

### Referencias

- Bahl, I. J. y Trivedi, D. K. (1977). A Designer's Guide to Microstrip Line. *Microwaves*, 1 (5), 174-182.
- Balanis, C. A. (2005). *Antenna Theory* (Tercera edición). EUA: John Wiley and Sons.
- Barret, R. M. (1984). Microwave Printed Circuits – An Historical Perspective. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 32 (9), 961-969.
- Bhattacharyya, A. K. (). *High-Frequency Electromagnetic Techniques*. EUA: John Wiley and Sons.
- Butterworth, S. (1930). On the Theory of Filter Amplifiers. *Wireless Engineering*, 7 (1) 536-541.
- Cohn, S. B. (1958). Parallel-Coupled Transmission-Line Resonator Filters. *IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 6 (4), 223-231.
- Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I. y Ittipiboon, A. (2001). *Microstrip Antenna Design Handbook*. EUA: Artech House.
- Grieg, D. D. y Englemann, H. F. (1952). Microstrip – A New Transmission Technique for the Kilomegacycle Range. *Proceedings of the IRE*, 40 (12), 1644-1650.
- Hussain A. (2005). *Advanced RF Engineering for Wireless Systems and Networks*. EUA: John Wiley and Sons.
- Jian-Ming, J. (2010). *Theory and Computation of Electromagnetic Fields*. EUA: John Wiley and Sons.
- Jones, E. M. T. y Bolljahn, J. T. (1956). Coupled-Strip-Transmission Line Filters and Directional Couplers. *IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 4 (4), 78-81.
- Ludwig, R. y Bretchko, P. (2000). *RF Circuit Design Theory and Applications*. EUA: Prentice-Hall.
- Pozar, D. M. (2005). *Microwave Engineering* (Tercera edición). EUA: John Wiley and Sons.

Richard, P. I. (1948). Resistor-Transmission Line Circuits. Proceedings of the IEEE, 36 (2), 217-220.

Sagawa, M., Makimoto, M. y Yamashita, S. (1985). A Design Method of Bandpass Filters Using Dielectric-Filled Coaxial Resonators. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 33 (2), 152-157.

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

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

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

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

International Identification of Science - Technology and Innovation

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

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

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

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

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

---

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

---

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

---

---

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

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

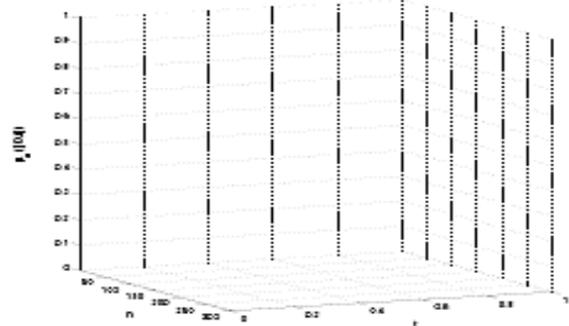
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

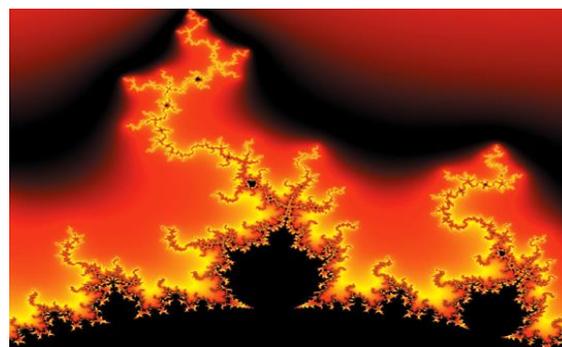
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

## Metodología a desarrollar

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

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

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

## Conclusiones

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

## Referencias

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

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

## Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista del Desarrollo Tecnológico 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 del Desarrollo Tecnológico 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 Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Spain para su Revista del Desarrollo Tecnológico, 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**

MIRANDA-GARCIA, Marta. 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 1 - 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 del Desarrollo Tecnológico

“Análisis del efecto del ángulo de inclinación de un secador solar en el proceso de secado de fresa”

**TERRES-PEÑA, Hilario, LIZARDI-RAMOS, Arturo, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo y VACA-MIER, Mabel**

*Universidad Autónoma Metropolitana*

“Estudio y Dimensionamiento de Huerto Solar para Comunidades Marginadas del Estado de Tabasco”

**PEREZ-DURAN, Marco Antonio, ZARATE, Marco Antonio, GARCÍA-FELIX, Luis Miguel y PÉREZ-UC, Daniel Alejandro**

*Instituto Tecnológico Superior de Centla*

“Modelado matemático de una planta de soldar eléctrica sustentable como estrategia didáctica”

**ALCANTARA-ROSALES, Rodolfo, RENDÓN-ROSAS, Juan Carlos, MORENO-REYES, Hugo y CASTEÑADA-BRAVO, Juan Alfonso**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec  
Tecnológico Nacional de México*

“Herramienta Computacional para el Diseño de Filtros de RF de Circuito Impreso”

**REYES AYALA, Mario, ANDRADE GONZÁLEZ, Edgar Alejandro, TIRADO MÉNDEZ, Alfredo, TERRES PEÑA, Hilario**

*Universidad Autónoma Metropolitana  
Instituto Politécnico Nacional*

