

ISSN 2523-6873

Volumen 2, Número 5 — Enero — Marzo - 2018

Revista de Ingeniería Innovativa

ECORFAN®

ECORFAN-Perú

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Revista de Ingeniería Innovativa, Volumen 2, Número 6, de Abril a Junio 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD. Coeditor: SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD. ISSN 2523-6873. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2018.

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

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

Revista de Ingeniería Innovativa

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología.

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

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

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Innovativa es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

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

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

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

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

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

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

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD
Universidad Politécnica de Cataluña

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

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

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

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

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

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

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

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD

Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD

Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD

Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD

Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD

Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD

Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD

Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD

Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD

Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD

Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD

Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

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

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo *Método de informática forense para identificación de origen de fotografías digitales* por LÓPEZ-LÓPEZ, Alan Omar , MATA-MENDOZA, David, NÚÑEZ-RAMÍREZ, Diana, NAKANO-MYATAKE, Mariko y CEDILLO-HERNÁNDEZ, Manuel con adscripción en el Instituto Politécnico Nacional, como siguiente artículo está *Análisis de un banco de pruebas para microgeneración hidráulica* por MACIAS-RODAS, Carlos Artemio, LÓPEZ-DE PAZ, Pascual, LASTRES-DANQUILLECOURT, Orlando y FARRERA-VÁZQUEZ, Nein con adscripción en el Instituto de Investigación e Innoación en Energías Renovables, como siguiente artículo está *Diseño de un algoritmo para la evaluación económico-energética de captadores solares* por PACHECO-REYES, Alejandro, VALLE-HERNANDEZ, Julio, ROJAS-ÁVILA, Apolo y DELGADO-ROMERO, Victor Manuel con adscripción en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y la Universidad Nacional Autónoma de México, como siguiente artículo está *Agricultura 4.0 y el uso de vehículos no tripulados para la tecnificación del campo mexicano* por NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, FLORES-AGUERO Francisco y TALAVERA, Marianela con adscripción en la Universidad Autónoma de Querétaro.

Contenido

Artículo	Página
Método de informática forense para identificación de origen de fotografías digitales LÓPEZ-LÓPEZ, Alan Omar , MATA-MENDOZA, David, NÚÑEZ-RAMÍREZ, Diana, NAKANO-MYATAKE, Mariko y CEDILLO-HERNÁNDEZ, Manuel <i>Instituto Politécnico Nacional</i>	1-10
Análisis de un banco de pruebas para microgeneración hidráulica MACIAS-RODAS, Carlos Artemio, LÓPEZ-DE PAZ, Pascual, LASTRES- DANQUILLECOURT, Orlando y FARRERA-VÁZQUEZ, Nein <i>Instituto de Investigación e Innoación en Energías Renovables</i>	11-20
Diseño de un algoritmo para la evaluación económico-energética de captadores solares PACHECO-REYES, Alejandro, VALLE-HERNANDEZ, Julio, ROJAS-ÁVILA, Apolo y DELGADO-ROMERO, Victor Manuel <i>Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo</i> <i>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo</i> <i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>	21-28
Agricultura 4.0 y el uso de vehículos no tripulados para la tecnificación del campo mexicano NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, FLORES-AGUERO Francisco y TALAVERA, Marianela <i>Universidad Autónoma de Querétaro</i>	29-36

Método de informática forense para identificación de origen de fotografías digitales

Computer forensic method for identification of origin of digital photographs

LÓPEZ-LÓPEZ, Alan Omar †*, MATA-MENDOZA, David, NÚÑEZ-RAMÍREZ, Diana, NAKANO-MYATAKE, Mariko y CEDILLO-HERNÁNDEZ, Manuel

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Culhuacán, Sección de Estudio de Posgrado e Investigación, Av. Santa Ana no. 1000, Col. San Francisco Culhuacán, 04430, Coyoacán, CDMX, México

ID 1^{er} Autor: Alan Omar López López/ ORC ID: 0000-0001-7240-5718, CVU CONACYT ID: 948341

ID 1^{er} Coautor: David Mata Mendoza/ ORC ID: 0000-0002-6758-5037, CVU CONACYT ID: 896311

ID 2^{do} Coautor: Diana Núñez Ramírez/ ORC ID: 0000-0002-6477-9493, CVU CONACYT ID: 896269

ID 3^{er} Coautor: Mariki Nakano Myatake/ ORC ID: 0000-0003-1346-7825, CVU CONACYT ID: 16114

ID 4^{to} Coautor: Manuel Cedillo Hernández/ ORC ID: 0000-0002-9149-9841, CVU CONACYT ID: 161591

Recibido 9 de Abril, 2018; Aceptado 5 de Junio, 2018

Resumen

El continuo incremento de dispositivos móviles con cámaras integradas concede la facilidad de capturar fotografías digitales de mejor calidad en cualquier lugar y momento, esto en combinación con las mejoras en las cámaras ya sea integradas, semi-profesionales o profesionales crea un nicho de adquisición de información que puede ser utilizada para la persecución de delitos como la trata de personas, pornografía infantil, secuestros y todos aquellos que involucren indicios con fotografías digitales, ya que los metadatos que es la información descriptiva y contenida en éstos mismos archivos puede ser utilizada para identificar el tipo de cámara utilizada en la comisión de algún delito, esto en conjunto con el análisis de ruido de foto respuesta no uniforme o PRNU podemos convertir un indicio en una evidencia por lo que este trabajo presenta métodos de informática forense basado en metadatos y análisis de PRNU para identificar una cámara específica a partir de su fotografía digital, mostrando la eficiencia de los métodos en los resultados obtenidos.

Informática forense, Identificación de cámara, Metadatos

Citación: LÓPEZ-LÓPEZ, Alan Omar , MATA-MENDOZA, David, NÚÑEZ-RAMÍREZ, Diana, NAKANO-MYATAKE, Mariko y CEDILLO-HERNÁNDEZ, Manuel. Método de informática forense para identificación de origen de fotografías digitales. Revista de Ingeniería Innovativa 2018, 2-6: 1-10

Abstract

The continuous increase of mobile devices with integrated cameras provides the ability to capture digital photographs of better quality at any place and time, this in combination with the improvements in the cameras whether integrated, semi-professional or professional creates a niche of information acquisition that can be used for the prosecution of crimes such as human trafficking, child pornography, kidnappings and all those that involve clues with digital photographs, since the metadata that is the descriptive information contained in these same files can be used to identify the type of camera used in the commission of some crime, this in conjunction with the analysis of photo response non-uniform noise or PRNU we can turn a hint into evidence so this paper presents methods of forensic computing based on metadata and PRNU analysis to identify a specific camera from his digital photograph, showing the efficiency of the methods in the results obtained.

Computer forensics, Camera identification, Metadata

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alanomar.lpz@protonmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Ante el creciente uso de las TIC, México se encuentran fortaleciendo su presencia en el ciberespacio, mediante la Estrategia Nacional de Ciberseguridad (ENC), partiendo de esto, los delitos como la pornografía infantil, trata de personas, secuestros, etc. cuya difusión a través de videos y fotografías en medios digitales se vuelve crucial relacionar ésta evidencia con su origen para combatir eficazmente estos delitos que impactan negativamente en la seguridad pública el cual es uno de los objetivos estratégicos de la ENC. Recientemente, hemos tenido un incremento exponencial en dispositivos móviles con cámaras integradas, lo que permite captar imágenes en todo tipo de formatos y calidad. Los dispositivos móviles no sólo se utilizan para entretenimiento o trabajo, también son utilizados en crímenes por lo que parte fundamental del combate a estos delitos es la recabación de evidencia sólida y fiable que incrimine o exima a un acusado en la comisión de un delito, por tanto, la obtención de evidencia suficiente que sustente una acusación o defensa ante un juez es crucial, aumentando la posibilidad de crear líneas de investigación orientadas a dismantelar redes delincuenciales. En la investigación se acota la identificación del origen de fotografías, usando los metadatos de las fotografías que de cierta forma son privados y orientados a la correcta visualización de la imagen. Los metadatos de una fotografía digital proporcionan información sobre la marca y el modelo de la cámara, características de la escena capturada, ubicación del lugar donde se tomó, información sobre la imagen miniatura de la fotografía e información sobre compresión JPEG usada para generar datos comprimidos de la fotografía antes de su almacenamiento (Farid, 2016). Combinando los datos obtenidos de metadatos y de la propia fotografía, se pueden realizar un análisis forense sobre el origen de la fotografía y/o la integridad de la fotografía. Por ejemplo, el tamaño de la imagen miniatura es relativo al tamaño de la fotografía principal siendo definida la tasa de miniaturización por el fabricante, por lo tanto, la tasa depende de la marca y el modelo de la cámara (Farid, 2016). Considerando que la mayoría de las cámaras usan solo un sensor y cada fabricante decide el método de interpolación y el patrón de filtros de color que se usa en este proceso, se convierten en referencias identificar el fabricante de la cámara.

Aunque algunas partes de los metadatos pueden ser alteradas o borradas por herramientas de edición de metadatos, perdiendo pesos como una evidencia fiable del origen de la fotografía (Kingslake, 1992), cabe la posibilidad de acotar la búsqueda a un fabricante mediante el análisis de estos metadatos e identificar con precisión utilizando la huella dactilar de la cámara basada en el PNRU (Chen M., Fridrich J., Goljan M. y Lukac J., 2008), incrementando la veracidad de la evidencia. Cabe señalar que la mayoría de las herramientas existentes para extraer metadatos no proporcionan toda la información, por ejemplo, la información sobre los factores usados por del algoritmo de compresión JPEG son omitidas, ya que esa información requiere interpretación y el manejo complejo para un uso forense eficiente (Farid, 2016).

En este artículo, se muestra el desarrollo de una herramienta de extracción de metadatos de fotografías digitales que proporciona información sobre imagen miniatura y factores del algoritmo de JPEG y el método de extracción de huella dactilar de la cámara usando el PNRU para identificar el origen de una fotografía presentada. El método de extracción del PNRU está basado en el algoritmo de máxima verosimilitud (Goljan M., Fridrich J., y Filler T., 2009) aplicando al ruido multiplicativo extraído de la imagen de fotografía. El desarrollo matemático de la extracción del PNRU se proporciona brevemente en este artículo.

El resto del artículo está dividido de la siguiente forma; La sección 2 explica brevemente el funcionamiento de una cámara digital, el origen de distintos tipos de ruido, la extracción de metadatos y el desarrollo matemático el cual sustenta la correlación cámara - fotografía. En la sección 3 se presentan la aplicación de la herramienta y las pruebas de correlación realizadas a distintas cámaras de teléfonos celulares contra una muestra de fotografías digitales y en la última sección se exponen los distintos campos de aplicación de este trabajo.

Desarrollo

Funcionamiento de cámara digital

Ya sea para poder ver un objeto o capturar una escena con nuestra cámara, hacemos uso de la luminancia en nuestro entorno, es decir la luz reflejada en los objetos que percibimos con nuestros ojos o el sensor de la cámara, la cual contiene todas las frecuencias de color y nos permite apreciar nuestro entorno.

De modo similar al sistema visual humano (SVH), las cámaras digitales adquieren la escena capturando la luminancia del entorno haciéndola pasar a través del arreglo de lentes, controlando la cantidad de luz que ingresa mediante el diafragma hasta llegar a un espejo que la dirige hacia un prisma permitiendo visualizar la imagen, si nos gusta la escena presionamos el disparador, abriendo el obturador, el cual permanecerá abierto según el tiempo configurado, permitiendo pasar la luz hacia el sensor de la cámara el cual transformará los cuantos de luz en electrones e iniciará cadena de procesamiento que dará como resultado la escena digitalizada. Algunos elementos de una cámara Réflex importantes para el estudio se ilustran en la figura 1. El funcionamiento del sensor y la cadena de procesamiento se explicarán más adelante.



Figura 1 Elementos de una cámara Réflex (“Como funciona una cámara”, 2014)

Funcionamiento del sensor

El sensor está compuesto básicamente por una matriz de foto sensores (ver figura 2) y un filtro de color (CFA por sus siglas en inglés) cuyo arreglo generalmente está dado por el filtro Bayer, como se muestra en la figura 3.

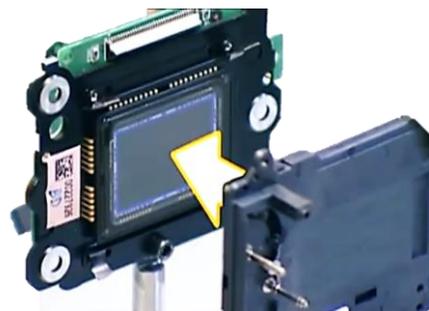


Figura 2 Sensor y obturador (“Como funciona una cámara”, 2014)

En este punto, la intensidad de luz permitida por el diafragma y durante el tiempo de exposición dado por el obturador incide primero en el filtro CFA el cual separa la luz en 3 colores (rojo, verde y azul) permitiendo que cada foto sensor capture sólo uno de ellos distribuidos aproximadamente en 50% verde, 25% rojo y 25% azul, esto debido a que el SVH percibe mejor el color verde y se puede procesar mejor para aumentar la calidad de la imagen. Este proceso se puede observar en la figura 3. Dependiendo la intensidad de luz captada se envía un nivel de carga eléctrica al microprocesador para obtener la imagen que no es otra cosa que una matriz con los valores obtenidos de los foto sensores desplegados por lo pixeles para mostrar un color muy parecido al de la escena original.

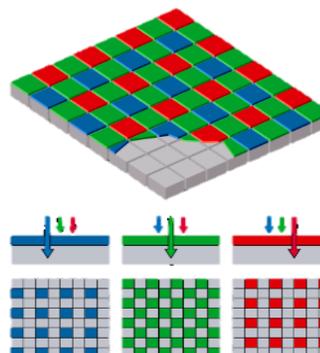


Figura 3 Matriz de filtros de color

En este punto se presentan distintos tipos de ruido, los más representativos son:

- Ruido fotónico debido a la inherente naturaleza estadística de la luz
- Ruido de lectura, debido a inexactitudes en el proceso de amplificación-lectura de la señal.

- Ruido térmico, debido al calentamiento del sensor.
- Ruido de cuantificación, debido a la digitalización de la señal.
- Ruido de foto respuesta no uniforme o PRNU.

El ruido de foto respuesta no uniforme también conocido como patrón de ruido PRNU proviene de la diferencia de sensibilidad a la intensidad de luz de los foto sensores, esto debido al proceso de fabricación el cual a pesar de ser automatizado, no es perfecto, generando un patrón de ruido único para cada sensor que imprime en cada fotografía digital que se genera.

Metadatos

A pesar de que los metadatos están difundidos en todos los archivos digitales, no hay un estándar aceptado a nivel global, sin embargo, podemos clasificarlos en 3 tipos (Smith y Tesic, 2005); Administrativos, descriptivos y de descubrimiento, técnicos y modelos, para este trabajo los tipos que adquieren relevancia por ser de cierta forma privados son:

Técnicos: Obedecen a los estándares de metadatos que describen el funcionamiento de un sistema o como deben ser interpretados sus elementos, tal es el caso del formato para imágenes.

Modelos: Indican la forma en que se relacionan los componentes de un objeto de información compuesto, por ejemplo, los parámetros de corrección de una imagen para visualizarse correctamente en distintos equipos.

En este trabajo nos enfocaremos en los metadatos contenidos en las imágenes con formato JPEG, del cual existen 2 tipos:

- JPEG/JFIF (JPEG File Interchange Format) --- común para almacenar y transmitir fotografía en WWW (World Wide Web).
- JPEG/Exif (JPEG Exchangeable Image File Format) --- común para fotografías tomadas por cámaras digitales, cuyo almacenamiento es en la memoria local (“Exchangeable image file format.”, 2004)

Los metadatos que contienen los archivos JPEG varían dependiendo del fabricante del dispositivo, sin embargo, la mayoría respeta su estructura de almacenamiento la cual está dividida en 2 regiones, la parte que contiene información sobre el dispositivo y su estado en el momento de la captura de la imagen y la parte que contiene la descripción de la imagen.

Figura 4 Extracto de datos de una fotografía de Galaxy S6 edge_1

La forma de ubicarlos en la imagen es:

- Leerla en formato hexadecimal.
- Identificar la estructura de la imagen.
- Ubicar las etiquetas descriptivas (tags).
- Obtener los valores del tag (type, count, value).

En la figura 4 se muestra parte de la estructura de una imagen leída en formato hexadecimal, donde se puede observar los datos de los campos mostrados en la tabla 1:

Bytes OX	Tag/nombre corto	Nombre del campo
FF D8	START OF IMAGE	Inicio de datos de imagen
FF En n=0/1	APPn : n=1,2	App0: metadatos de imagen (n=0) App1: metadatos de captura (n=1)
00 01	01 00	Ancho de imagen
01 01	01 01	Alto de imagen
12 01	01 12	Orientación
0F 01	01 0F	Marca
10 01	01 10	Modelo

Tabla 1 Metadatos en imagen

El campo TIFF HEADER nos indica el orden de los bytes, Little-endian o Big-endian y tipo Exif al cual aplica este trabajo, en este caso II, que se refiere a Intel, el cual utiliza Little-endian, a partir de este metadato sabremos cómo realizar la búsqueda.

La forma de extraer la información de cada campo es la siguiente:
Identificar el tag que contiene la información requerida como se muestra en la figura 5.

Posteriormente:

00 01 04 00 01 00 00 00 00 08 00 00
 Tag: 00 01 → 01 00 (Ancho de imagen)
 Type: 04 00 → 00 04 → 4 (LONG)
 Count: 01 00 00 00 → 00 00 00 01 → 1
 Value: 00 08 00 00 → 00 00 08 00 → 2048

Por lo que el ancho es de **2048** pixeles.

Desarrollo matemático

El primer paso para determinar el origen e integridad de una fotografía digital es obtener el estimador de ruido PRNU (\hat{K}) mediante el método de máxima verosimilitud comparable al ruido PRNU. Por lo cual se propone un modelo simplificado que contenga el procesamiento típico de una cámara digital, permitiendo el desarrollo de un algoritmo de baja complejidad aplicable a una variedad de cámaras.

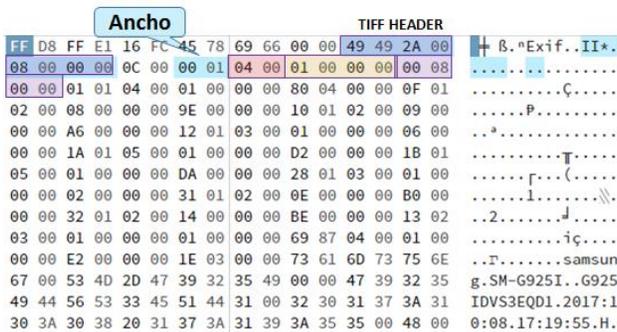


Figura 5 Extracción de información de una fotografía de Galaxy S6 edge_1

Por lo tanto se denotará de la siguiente forma:

$$I = g^{\gamma} \cdot [(1 + K)Y + \Lambda]^{\gamma} + \Theta_q \tag{1}$$

Donde I es la imagen observada, la cual fue obtenida mediante una cadena de procesamiento, es decir, desde la captura de luminancia del objeto fotografiado hasta su almacenamiento y transmisión eficiente. Éste modelo contempla la combinación de diferentes tipos de ruido representados por Λ , donde g^{γ} es la ganancia del canal de color con factor de corrección gamma $\gamma \approx 0.45$, Θ_q es el factor de ruido producido por cuantificación y compresión. Y es la intensidad de luz y K es el factor de estimación de PRNU.

Aplicando el primer término de la serie de Taylor:

$$(1 + x)^{\gamma} = 1 + \gamma x + O(x^2)$$

Y tomando en cuenta que cuando x es menor a 1 el término de error $O(x^2)$ es despreciable podemos reescribir (1) como:

$$I = (gY)^{\gamma} + (gY)^{\gamma} \gamma K + (gY)^{\gamma} \frac{Y\Lambda}{Y} + \Theta_q \tag{2}$$

Por lo cual podemos identificar que $(gY)^{\gamma}$ es la imagen sin ruido, $(gY)^{\gamma} \gamma K$ es afectación a la imagen con PRNU y la corrección gamma, $(gY)^{\gamma} \frac{Y\Lambda}{Y} + \Theta_q$ es el término de ruido, con lo cual podemos simplificar como:

$$I = I^0 + I^0 K + \Theta \tag{3}$$

Para estimar el factor de ruido PRNU se asume que se cuenta con la cámara o un conjunto de sus fotografías sin alterar de donde se obtiene la estimación del factor K , por simplicidad se busca obtener K a partir del ruido de la imagen, para lo cual se deberá suprimir los valores útiles de la imagen original obteniendo todo el ruido residual W .

Estableciendo que \hat{I}^0 es la imagen sin ruido obtenida a partir de aplicar un filtro de eliminación de ruido ideal $F(I)$, se obtendrá W restando la imagen sin ruido a la imagen original.

$$W = I - \hat{I}^0 \tag{4}$$

De donde se obtiene:

$$W = IK + I^0 - \hat{I}^0 + (I^0 - I) \cdot K + \Theta \tag{5}$$

Se puede observar dos términos introducidos por el filtro de eliminación de ruido $I^0 - \hat{I}^0$ e $(I^0 - I) \cdot K$, los cuales representan el error de estimación de la imagen sin ruido y al ser afectados por el factor \mathbf{K} podemos sumarlos a Θ , agrupando los términos de ruido en y dado que el factor \mathbf{K} es constante para todo el conjunto de imágenes podemos reescribir (5) como:

$$W_k = I_k K + \Xi_k \quad (6)$$

Aplicando el filtro de eliminación de ruido, éste no sólo elimina el ruido, sino que también modifica la señal que buscamos “ IK ” y hace que el ruido Ξ no sea estacionario su varianza sea mayor en zonas texturizadas.

Tomando en cuenta que la intensidad de la energía de PRNU en la señal IK es mucho menor que la potencia de Θ en (5), se puede decir que su valor es despreciable y entonces podemos indicar que Ξ es independiente de IK obteniendo:

$$\frac{W_k}{I_k} = K + \frac{\Xi_k}{I_k} \quad (7)$$

Ξ_k no es estacionario, se considera como ruido blanco gaussiano (WGN) con varianza σ^2 , por lo tanto $\frac{\Xi_k}{I_k}$ también se considera WGN con varianza

$$\frac{\sigma^2}{I_k^2} = \left(\frac{\sigma}{I_k}\right)^2 \quad (8)$$

Debido a que el factor PRNU no depende de la imagen pero $\frac{W_k}{I_k}$ sí, se requiere saber la probabilidad condicional de $\frac{W_k}{I_k}$ dado un factor K , para lo cual nos apoyaremos en el método de máxima verosimilitud expresándolo de la siguiente manera:

$$P\left(\frac{W}{I} | K\right) = \prod_{k=1}^N P\left(\frac{W_k}{I_k} | K\right) \quad (9)$$

Cabe aclarar que $\frac{W_k}{I_k}$, $k=1 \dots N$ son obtenidas de las imágenes adquiridas de la cámara y resultado de la aplicación del filtro de borrado, la ecuación (9) muestra una probabilidad posteriori, ya que el parámetro \mathbf{K} está dado.

Usando el método de máxima verosimilitud, se puede obtener \mathbf{K} que maximiza la probabilidad de (9).

Para resolver la probabilidad, debemos aplicar la función de probabilidad de ruido gaussiano, retomando (7) y despejando, se obtiene:

$$\frac{\Xi_k}{I_k} = \frac{W_k}{I_k} - \mathbf{K} \quad (10)$$

Como se había mencionado anteriormente, $\frac{\Xi_k}{I_k}$ se considera ruido gaussiano con varianza $\frac{\sigma^2}{I_k^2} = \left(\frac{\sigma}{I_k}\right)^2$

$$P\left(\frac{\Xi_k}{I_k}\right) \propto e^{-\left(\frac{\Xi_k}{I_k}\right)^2} \quad (11)$$

$$P\left(\frac{W_k}{I_k} | K\right) \propto e^{-\left(\frac{W_k}{I_k} - K\right)^2} \quad (12)$$

Siendo la función de densidad de probabilidad Gaussiana (o Normal):

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (13)$$

Sustituyendo $z = \frac{\Xi_k}{I_k}$, $\sigma^2 = \frac{\sigma^2}{I_k^2}$ y $\mu = 0$, debido al medio de ruido es 0.

$$P\left(\frac{\Xi_k}{I_k} | K\right) = \frac{I_k}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{\Xi_k}{I_k}\right)^2}{2 \cdot \frac{\sigma^2}{I_k^2}}} \quad (14)$$

Sustituyendo $\frac{\Xi_k}{I_k}$ por $\frac{W_k}{I_k} - \mathbf{K}$ como se indica en (10) y aplicando el logaritmo se obtiene:

$$\ln\left(P\left(\frac{W}{I} | K\right)\right) = \sum_{k=1}^N \ln\left(\frac{I_k}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{W_k}{I_k} - K\right)^2}{2 \cdot \frac{\sigma^2}{I_k^2}}}\right) \quad (15)$$

Desarrollando obtenemos:

$$L(K) = \ln\left(P\left(\frac{W}{I} | K\right)\right)$$

$$L(K) = -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \left[\ln \left(\frac{\sigma^2 \cdot 2 \cdot \pi}{I_k^2} \right) \right]^2 - \sum_{k=1}^N \frac{\left(\frac{W_k}{I_k} - K \right)^2}{\frac{2 \cdot \sigma^2}{I_k^2}} \quad (16)$$

Para la obtención del factor \hat{K} , la cual es PRNU estimada, que proporciona el máximo log-verosimilitud dado por (16), la obtenemos derivando parcialmente (16) para cada elemento y derivando respecto a K

$$\frac{\partial L(K)}{\partial K} = \sum \frac{\frac{W_k}{I_k}}{\frac{\sigma^2}{I_k^2}} - \sum \frac{K}{\frac{\sigma^2}{I_k^2}} \quad (17)$$

Para obtener la K que maximiza (16), resolvemos $\frac{\partial L(K)}{\partial K} = 0$ y reacomodamos valores:

$$\hat{K} = \frac{\sum_{i=1}^N W_k I_k}{\sum_{i=1}^N I_k^2} \quad (18)$$

Finalmente calculando (18), podemos obtener una estimación de PRNU \hat{K} , usando N imágenes tomadas por una cámara y obteniendo ruido residual W de cada imagen aplicando denoising (filtro para eliminar el ruido).

Identificación de Fuente por correlación cruzada

La forma en que se realizará la correlación cruzada para la identificación del origen de una fotografía digital es mediante el método de razón de máxima correlación el cual está dado por:

$$\max_{S_1, S_2} \rho(S_1, S_2; X, Y), \quad (19)$$

Donde

$$\rho(S_1, S_2; X, Y) = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n (X[k, l] - \bar{X})(Y[k + S_1, l + S_2] - \bar{Y})}{\|X - \bar{X}\| \|Y - \bar{Y}\|}, \quad (20)$$

$$X = I\hat{K}; Y = W \quad (21)$$

El barrido para todas las posiciones (S_1, S_2) entre el PRNU de la fotografía prueba sobre el PRNU de la cámara tomarán los valores dentro del siguiente rango: $0 \leq S_1 \leq L$ y $0 \leq S_2 \leq M$, donde L y M son la dimensión de la fotografía de prueba.

Denotando las coordenadas donde localizamos el máximo valor para la ecuación (20) con $S_{peak} = [S_1, S_2]$, por tanto, la correlación de pico máximo de energía, PCE por sus siglas en inglés, corresponde a:

$$PCE_{S_{peak}} = \frac{\rho(X \cdot Y(S_{peak}))^2}{\frac{1}{mn - |N|} \sum_{S, S \in N} X \cdot Y(S)} \quad (22)$$

$X \cdot Y(s)$ es el producto punto entre $X - \bar{X}$ y $Y - \bar{Y}$ desplazado por el vector s , N es el vecindario cuadrado de 11×11 píxeles alrededor del valor pico, ahora bien, si sabemos que la fotografía bajo investigación no ha sido modificada tomamos $S_{peak} = [0, 0]$ en la ecuación (22).

Cabe mencionar que PCE es un valor estadístico de prueba más estable que la correlación ya que es independiente del tamaño de la imagen.

Recolección de Muestras

A continuación se presentan las pruebas de correlación de PRNU realizadas con cámaras de diferentes dispositivos celulares y analizados con el programa, para la obtención de las muestras se definieron los siguientes puntos:

Para la obtención de PRNU de cada cámara de celular se capturaron 200 fotografías digitales a cielo abierto una tras otra con cada equipo.

- 2 grupos de fotografías de control de escenarios con textura suave y escenarios con textura rugosa a probar con cada cámara.

- Tamaño de la imagen de 16:9, formato JPEG y 2M píxeles (depende el tipo de celular).

La tabla 2 muestra algunos de los modelos con los cuales se realizaron pruebas de identificación mediante correlación cruzada de patrón de ruido PRNU cámara-fotografía digital, dentro de los dispositivos que se pusieron a prueba, se contaban con 2 celulares Galaxy S6 Edge y 2 celulares Galaxy S4, siendo de la misma marca y modelo ponemos realmente a prueba el proceso.

Marca	Modelo	Núm. Modelo	Tipo de sensor	Tamaño del	Tamaño de píxel (µm)	Modelo del sensor
-------	--------	-------------	----------------	------------	----------------------	-------------------

LÓPEZ-LÓPEZ, Alan Omar, MATA-MENDOZA, David, NÚÑEZ-RAMÍREZ, Diana, NAKANO-MYATAKE, Mariko y CEDILLO-HERNÁNDEZ, Manuel. Método de informática forense para identificación de origen de fotografías digitales. Revista de Ingeniería Innovativa 2018

				sensor (mm)		
Samsun g	Galaxy S6 Edge	SM-G925I	CMOS	5.95 x 3.35	1.12	IMX240 Exmor RS
Samsun	Galaxy S5	SM-G900M	CMOS	5.95 X 3.35	1.12	S5K2P2x x/ ISOCELL
Samsun	Galaxy S4	GT-I9500	CMOS	3 X 2.4	1.563	S5K6B2 YX03
LG	Q6 Plus	LG-M700H	CMOS	1/3"	1.12	No disponible
APPLE	iPhone 6 plus	A1633	CMOS	4.8 X 3.6	1.19	IMX315 Exmor RS
NIKON CORP.	NIKON Reflex	D5200	CMOS	23.5 X 15.6	No disponible	APS-C

Tabla 2 Características técnicas de dispositivos celulares,(Computer Hoy, s.f.)

Para mejorar la obtención del ruido en imágenes se debe trabajar con imágenes con luz de día y fondo terso.

Cada fabricante maneja distintos tamaños de imágenes, debiendo recortarse tanto las muestras como los grupos de control al tamaño mínimo de las muestras (1152x1152 pixeles) ya que la correlación requiere igual tamaño de matrices.

Para analizar si la eficiencia de correlación de PRNU varía dependiendo las características de la fotografía, se crearon dos grupos de control. El grupo de control 1 presentados en la figura 6, son escenarios en los que se trató de equilibrar la presencia de textura rugosa y textura lisa.



Figura 6 Grupo de control 1 - Escenarios comunes

El grupo 2 presentado en la figura 7, se creó para poner a prueba la correlación de PRNU en escenarios con textura altamente rugosa, ya que éstos podrían dificultar la obtención de patrón de ruido estimado PRNU dificultando la identificación del origen, ya que al presentar cambios bruscos de intensidad podría ocultarse los valores de ruido.



Figura 7 Grupo de control 2 - Escenarios con alta textura rugosa

Resultados y discusión

Los pasos para acotar indicios relevantes iniciarían descartando dispositivos del análisis, esto se logra utilizando la *Herramienta de informática forense* desarrollada, con lo cual obtendríamos los datos “privados” orientados a la correcta visualización de la imagen como se muestra en la figura 8.



Figura 8 Extracción de metadatos de imagen de Galaxy S6 edge_1

Si comparamos con los metadatos obtenidos de un dispositivo diferente como el de la figura 9, podemos comenzar a descartar los dispositivos que no concordarían con el objetivo buscado, en éste caso la diferencia en las matrices de cuantificación que manejan los fabricantes son distintas.

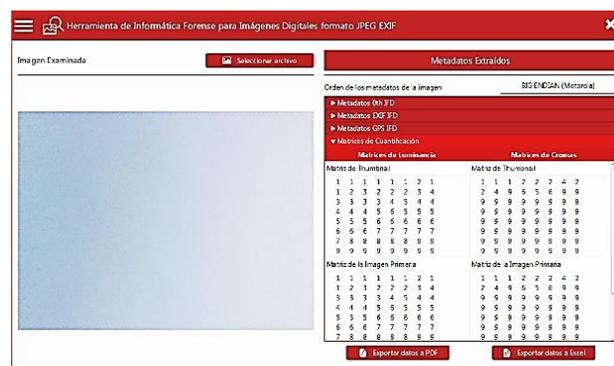


Figura 9 Extracción de metadatos de imagen de iPhone 6s Plus

A pesar del recorte realizado a las 200 imágenes para la obtención del PRNU y a las imágenes de ambos grupos de control logramos obtener valores de correlación que permiten identificar el origen de las fotografías sin importar que se comparen con cámaras de la misma marca y modelo.

La figura 10 muestra la diferencia de valores de correlación PCE del grupo de control 1. Galaxy S6 Edge (1) en azul contra muestras de 5 dispositivos diferentes, entre los cuales se encuentra otro Galaxy S6 edge (marrón).



Figura 10 Resultados de correlación de Galaxy S6 Edge (1)

En la figura 11 se presenta los resultados de la correlación de PRNU del grupo de control 2 del celular Galaxy S6 Edge (1) contra el PRNU de otros 5 celulares, a pesar de poner a prueba el proceso con imágenes con gran cantidad de textura rugosa, se consigue identificar las imágenes pertenecientes al dispositivo.

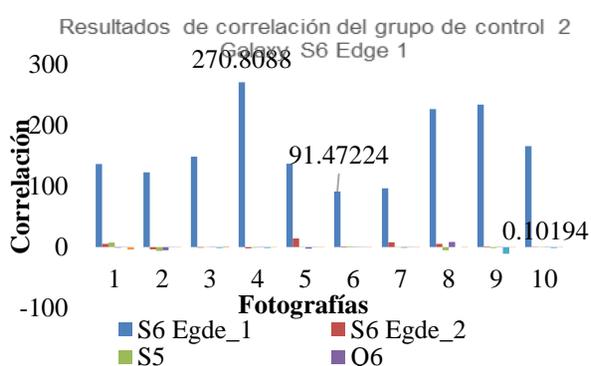


Figura 11 Resultados de correlación de Galaxy S6 Edge (1)

Las figuras 10 y 11 muestran eficiencia del algoritmo ya que detecta el dispositivo origen de la fotografía independientemente del tipo de escena que se capture y alteraciones de recorte las cuales son muy utilizadas en casos prácticos.

Conclusiones

En este artículo se presentó el método de informática forense para identificar el origen de fotografías digitales usando la herramienta de extracción de información de metadatos y el patrón de ruido de foto respuesta no uniforme (PNRU). La herramienta fue desarrollada para facilitar extracción de información que generalmente las herramientas comerciales no proporcionan.

A pesar de las modificaciones de las fotografías, se logra identificar las imágenes pertenecientes a cada cámara, ya que inclusive los resultados que indican poca correlación entre el patrón de ruido PRNU de las fotografías contra su cámara de origen están en escala de decenas, mientras que las fotografías cuyo patrón de ruido de cámara origen no se encuentra presente en la correlación, presentan valores alrededor de cero.

Como trabajo futuro, se considera calcular sistemáticamente el valor umbral que determina si una cámara es el origen de la fotografía bajo análisis con el fin de garantizar no inculpar a inocente. Para llevar a cabo esta tarea, se introducirá el teorema de Neyman-Pearson, definiendo la máxima tasa de error de falso positivo aceptable.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado durante la elaboración de este trabajo

Referencias

Chen M., Fridrich J., Goljan M. y Lukac J. (2008). Determining Image Origin and Integrity using sensor Noise, *IEEE Trans. On Information Forensics and Security*, 3(1), 205-214.

¿Cómo funciona una cámara de fotografía digital?. (17 de marzo 2014). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=t48UUwDvBv8>

Computer Hoy. (sin fecha). *Fichas técnicas*. Recuperado de <https://computerhoy.com/fichas>

Farid, H. (2016). *Photo Forensics*. Cambridge, MT: The MIT Press.

Goljan M., Fridrich J., y Filler T. (2009, Febrero). Large Scale Test of Sensor Fingerprint Camera Identification. *Proc. of SPIE Media Forensics and Security*, 7254, pp. 0I-0J.

Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif Version 2.2. (abril 2002). Recuperado de <https://www.exif.org/Efid2-2.pdf>

Smith, J. R., y Tesic, J. (2005). Metadata Practices for Consumer Photos, *IEEE Multimedia Magazine*, 12(3), 86-92.

Kingslake, R. (1992). *Optics in Photography*. Bellingham, WA: SPIE-The International Society for Optical Engineering.

Análisis de un banco de pruebas para microgeneración hidráulica

Analysis to a test bench for micro-hydro-generation

MACIAS-RODAS, Carlos Artemio†*, LÓPEZ-DE PAZ, Pascual, LASTRES-DANQUILLECOURT, Orlando y FARRERA-VÁZQUEZ, Nein

Instituto de Investigación e Innoación en Energías Renovables, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

ID 1^{er} Autor: *Carlos Artemio Macías Rodas/ ORC ID: 0000-0001-9835-893X, Researcher ID Thomson: V-1372-2018, CVU CONACYT ID: 542777*

ID 1^{er} Coautor: *Pacual López de Paz/ CVU CONACYT ID: 240828*

ID 2^{do} Coautor: *Orlando Lastres Danquillecourt/ ORC ID: 0000-0002-7420-7173, CVU CONACYT ID: 252788*

ID 3^{er} Coautor: *Nein Farrera Vázquez/, CVU CONACYT ID: 239865*

Recibido 19 de Abril, 2018; Aceptado 15 de Junio, 2018

Resumen

La microgeneración hidroeléctrica es una de las soluciones energéticas en zonas aisladas o con acceso nulo a la distribución de energía eléctrica. El objetivo del presente trabajo es presentar metodología de análisis para un banco de pruebas hidráulico con una turbina tipo Michell Banki, basándose en consideraciones de diseño propuestas por Bilal Abdullah para una central de micro generación hidráulica. Esta investigación detalla el análisis de un banco de pruebas específico que opera en condiciones de salto de 20 y 30 metros de altura de caudal respectivamente, para una turbina tipo Michell Banki de flujo transversal instalada en la base del banco de pruebas que trabaja en condiciones de caudal de 4.75 a 16.27 l/min en el cual para las consideraciones de flujo y se propone un nuevo esquema de diseño en el que se incluye la evaluación del flujo disponible y los modelos matemáticos específicos para la turbina Michel Banki en condiciones específicas de operación.

Hidráulica, Metodología, Análisis

Citación: MACIAS-RODAS, Carlos Artemio, LÓPEZ-DE PAZ, Pascual, LASTRES-DANQUILLECOURT, Orlando y FARRERA-VÁZQUEZ, Nein. Análisis de un banco de pruebas para microgeneración hidráulica. Revista de Ingeniería Innovativa 2018, 2-6: 11-20

Abstract

Hydroelectric microgeneration is one of the energy solutions in isolated areas or with zero access to the distribution of electrical energy. The objective of this paper is to present analysis methodology for a hydraulic test bench with a Michell Banki turbine, based on design considerations proposed by Bilal Abdullah for a hydroelectric generation plant. This investigation details the analysis of a specific test bench that operates in jump conditions of 20 and 30 meters of flow height respectively, for a Michell Banki turbine of transverse flow installed in the base of the test bench that works in conditions of flow from 4.75 to 16.27 l/min in which for flow considerations and a new design scheme is proposed which includes the evaluation of the available flow and the specific mathematical models for the Michel Banki turbine under specific operating conditions.

Hydraulic, Methodology, analysis

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: c.macias171088@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los aprovechamientos minihidráulicos han permitido el desarrollo de regiones aisladas en todo el mundo. Estos pequeños proyectos están diseñados para utilizar el caudal de un río o arroyo mediante la desviación del total o de parte del caudal hacia un canal y posteriormente conducirlo a una turbina por medio de una tubería.

El análisis presentado en este trabajo aporta un diagrama metodológico que, de forma puntual, detalla cada uno de los pasos a seguir para el análisis de un sistema de micro generación específico para una turbina tipo Michell Banki, en el que se especifican modelos matemáticos a utilizar para obtener curvas de comportamiento específicas que permiten conocer el estatus actual del sistema. Esta metodología, a diferencia de otras, no presenta solo el análisis de las turbinas, sino que también la variación de caudal y el tiempo disponible para la evaluación de las turbinas, potencial estimado y esperado en condiciones nominales de operación.

A continuación, se presenta el estado del arte basándose en la literatura revisada para tomar en cuenta todos los criterios de diseño y parámetros.

Estado del arte

- Design, simulation, construction and characterization of a 5kW hydraulic Pelton turbine. Sergio Agudelo, Edwin Chica, Felipe Obando, Natalia Sierra, Laura Velásquez, Walter Enríquez. En este trabajo, presentan una metodología de construcción para un microgenerador hidráulico para condiciones de operación dadas, así como el modelo de componentes mediante bases teóricoexperimental asistido por herramientas computacionales tipo CAD (Diseño Asistido por Computadora) y CFD (Análisis Computacional Fluidodinámico).

También proponen el uso de un software tipo CAM (Manufactura asistida por computadora) y procesos de fundición para la fabricación de componentes del microgenerador. Esta metodología de diseño es útil para entender los parámetros de entrada y que son necesarios para el diseño de turbinas.

Así mismo, presenta gráficos que se deben considerar en la simulación de un sistema de microgeneración que se usará como base para proponer uno propio.

- A Real-Time Regulator, Turbine and Alternator Test Bench for Ensuring Generators Under Test Contribute to Whole System Stability. Marc Langevin, Ph.D. Marc Soullière, Jean Bélanger. Este artículo proporciona un diagrama de bloques para generadores de velocidad en un laboratorio de simulación y en una central hidroeléctrica, esto permite conocer los diagramas que se pueden proponer y así, utilizar un Sistema parecido para la programación y simulación del generador que se propondrá en el trabajo de tesis. Así mismo, esto facilita estimar como reaccionaría ya conectado a una turbina y ver la variabilidad respecto al caudal, cabe mencionar también, que esta implementación permite realizar configuraciones y adecuaciones más precisas sin necesidad de alterar la instalación, ya que la evaluación es previa a la instalación. A continuación se presenta la imagen del diagrama de bloques utilizado en el artículo.
- A Micro-ORC Energy System: Preliminary Performance and Test Bench Development. Ancona M.A., Bianchi M., Branchini L., De Pascale A., Melino F., Orlandini V., Ottaviano S.m, Peretto A., pinelli M., Spina P. R., Suman A. Esta investigación permite identificar el potencial de Mercado para pequeños generadores de electricidad, es decir, la generación de energía a microescala. Esto sirve principalmente para ver el porvenir y la proyección que tiene la investigación a mediano plazo.

- Hydraulic performance of a modified constructed wetland system through a CFD-based approach. Emily Elizabeth Rengers, Jhonatan Barbosa da Silva, Paula Loureiro Paulo, Johannes Gérson Janzen. Este artículo nos permite analizar el uso de un software tipo CFD para la evaluación de sistemas hidráulicos, conocer parámetros a evaluar y los diferentes procesos que se llevan a cabo. Esta investigación también facilita la comprensión de tecnologías para distribución y saneamiento que facilita y beneficia el diseño de ingeniería.
- Hydraulic Test Bench Circuit Construction, Testing, and Analysis. Michelson Shane, Mueller Mitch, Schurman Brett. Este trabajo tiene como objetivo construir, probar y analizar un circuito para un banco de pruebas hidráulicas. Específicamente los sistemas de control de potencia es un componente importante y común e importante de la mecánica en el diseño de sistemas hidráulicos, potencias, presión, tasas de flujo, esto implica que sean estos factores, importantes al analizar cualquier Sistema hidráulico, así como permitir el uso justificado de sistemas de control y automatización. En este artículo se presenta una tabla que muestra los componentes a la entrada y salida de control, lo que se utilizará para justificar la propuesta de automatización. Es decir, asegurar que el diseño de un sistema hidráulico sea funcional, eficiente y seguro.
- Nonlinear dynamic analysis and robust controller design for Francis hydraulic turbine regulating system with a straight-tube surge tank. Ji Liang, Xiaohui Yuan, Yanbin Yuan, Zhihuan Chen, Yuanzheng Li. Este artículo presenta un modelo matemático para regular una turbina Francis con un tanque de expansión de tubería recta basado en algunas ecuaciones de estado-espacio para estudiar comportamientos dinámicos del sistema. Esto permite entonces asegurar la estabilidad y seguridad del Sistema de regulación de turbinas hidráulicas, lo que implica el rápido desarrollo y aplicación de la tecnología de energía hidroeléctrica.
- Esto permite utilizar ciertos modelos matemáticos para la evaluación de sistemas de generación mediante turbinas, que es, el objeto final de una metodología de diseño de microgeneración hidráulica, así como confirmar el diseño de un sistema de microgeneración, el esquema de tuberías y el apartado de máquinas, que se presenta en la siguiente imagen.
- A selected literature review of efficiency improvements in hydraulic turbines. Xin Liu, Yongyao Lou, Bryan W. Karney, Weizheng Wang. Este artículo hace un análisis de los diferentes estudios que se realizan en las turbinas, así como datos de eficiencia y rendimiento de la turbina, los cuales son esenciales para la selección y uso informado de las mismas. También hace hincapié en que se carece de una base de datos universal que permita conocer las características de una turbina. Esto entonces, demuestra la importancia de registrar todos los parámetros posibles que se pueden evaluar en un sistema de generación hidráulica, así como, comparar los resultados obtenidos con investigación que se está realizando en distintos lugares, comparar gráficos y si el tiempo de investigación lo permite, profundizar en análisis y simulaciones.
- A Feasibility Study of Power Generation from Sewage Using a Hollowed Pico-Hydraulic Turbine. Tomomi Uchiyama, Satoshi Honda, Tomoko Okayama, Tomohiro Degawa. Este estudio nos permite conocer la viabilidad de la generación de energía utilizando una turbina picohidráulica, con lo que entonces, podemos aplicar los modelos utilizados para evaluar nuestro sistema y similar su funcionamiento, así como explorar el comportamiento de generación y eficiencia con la variación de caudal. Así mismo, nos permite utilizar modelos para evaluar el rendimiento de nuestras turbinas y estimar datos de generación.

- Performance Testing and Evaluation of Small Hydropower Plants. H. K. Verma, Arun Kumar. Este artículo comprueba la necesidad de realizar pruebas de rendimiento y evaluación de las centrales hidroeléctricas, misma necesidad que se refleja a nivel mundial, incluso la propuesta de que en India sean un requisito previo las pruebas de rendimiento para obtener subsidios para nuevas estaciones de picogeneración en dicho país.
- Turbine Performance Characteristics. R. P. Saini. Saini hace hincapié en que las pruebas de campo de salida y eficiencia en turbinas nos permiten determinar parámetros de salida y eficiencia in situ, esto con la finalidad de mejorar las turbinas instaladas y poder caracterizar su funcionamiento.
- Diseño y Construcción de una Pico Central Hidroeléctrica utilizando una turbina Michell Banki para Generación Eléctrica en el Sector de las Carmelitas del Cantón Tena. Landa Freddy, Llaganate Eduardo. Esta investigación tiene impacto directo en el diseño, ya que se utiliza una turbina tipo Michell Banki, y el sistema propuesto para simulación y modelado utiliza una turbina del mismo tipo, con lo que, se permite profundizar en los parámetros importantes al diseñar y probar este tipo de turbinas, teniendo así un análisis detallado y profundo de los resultados. Esto también permite reforzar la propuesta de un análisis del potencial a diferentes caudales.
- Micro-Central Vernis: Energía Hidráulica Producida en Casa. José Luis Lorenzo Escuín, Vernis Motors, S.L. P. Saini. Este proyecto de instalación se usa como base de investigación al ser un sistema de generación hidroeléctrica vertical, y para comparar los datos técnicos de generación.
- Analysis of the Mini Turgo Hydro Turbine Performance for Different Working Regimes. Shpetim Lajqi, Xhemajl Fejzullahu, Naser Lajqi, Haset Hajdini. Este estudio permite justificar la altura de diseño para el caudal, así como comparar la eficiencia respecto a la altura de caída, entre otros parámetros de diseño.
- *La microgeneración hidroeléctrica se emplea como solución energética en zonas que carecen del servicio de energía eléctrica; sin embargo, poco se conoce sobre experiencias de diseño y fabricación de microgeneradores hidráulicos o bancos de pruebas hidráulicas para el aprovechamiento de un recurso hídrico específico. Por lo general, se emplean microgeneradores que han funcionado adecuadamente en un rango de valores de cabeza y caudal determinados, pero se desconoce su eficiencia de acuerdo con las condiciones de operación a las cuales está siendo sometido* (Soluciones Prácticas ORG, 2015)
- Design considerations of Micro-Hydro-Electric Power Plant, Bilal Abdullah Nassir. Este artículo es base para el empleo de una metodología de diseño, propone los pasos y variables a determinar en la simulación, así como facilitar la discusión de resultados. También se establece el hecho que el flujo puede ser variable de una fuente natural o un tanque que simule un flujo con capacidad variable.
- An experimental investigation of design parameters for pico-hydro Turgo turbines using a response Surface methodology. Kyle Gaiser, Paul Erickson, Pieter Stroeve, Jean-Pierre Delplanque. De este artículo se extrae la base que justifica las variables de evaluación, del cual se presenta un extracto a continuación. *“La idoneidad de una turbina hidroeléctrica para un sitio en particular depende del cabezal del sitio, H, y del caudal de agua Q. Las turbinas de impulso, tales como Pelton y Turgo, son adecuadas para sitios con condiciones de alta presión y bajo caudal”*.

- Simulation and implementation of micro hydro generation for small rural loads. Kanzumba Kusakana, Herman Vermaak, Galu P Y. uma. Este artículo presenta especificaciones para el diseño de sistemas de generación, donde implica directamente que la energía que necesita la carga debe evaluarse también para determinar si existen recursos suficientes del agua para sostener el desarrollo de la microplanta. Esto también, consiste en evaluar el sistema con una diferencia de caudales donde se implique el diseño durante el peor y mejor mes, respecto al recurso hídrico. En el caso del flujo controlado, se propone entonces con variaciones de caudal controlado mediante un sistema de automatización.

Este análisis que se hace respecto a los diferentes trabajos realizados se utiliza para proponer una metodología propia, ya que se tiene en mente los pasos a seguir por cada uno de los autores mencionados anteriormente.

Este trabajo está enfocado principalmente para dar a conocer el estatus actual del banco de pruebas hidráulicas situado en el Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, el cual se ha realizado con ayuda de una hoja de cálculo para estimar la base de datos que debería usarse, así como para exponer los gráficos resultado de dicho análisis. A continuación, se presenta el esquema de la metodología a desarrollar para el análisis del banco de pruebas:

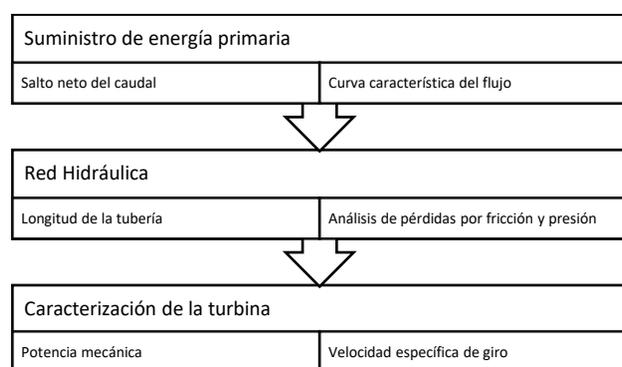


Figura 1 Esquema de Metodología

Fuente: Creación Propia

Consideraciones para el análisis del banco de pruebas

Lo primero a considerar en un banco de pruebas hidráulico es el uso y aplicación que se le dará, ya que de eso dependen los componentes, consideraciones de diseño y la magnitud del sistema hidráulico.

Un banco de pruebas puede ser instalado para probar sistemas de bombeo, sistemas de generación hidroeléctrico e incluso para determinar criterios de diseño y evaluación de redes hidráulicas (tuberías).

El banco de pruebas objeto de estudio, es un sistema que permite evaluar directamente el comportamiento de la turbina de flujo cruzado tipo Michell Banki, así como considerar como subsistema de suministro de agua una bomba tipo sumergible fotovoltaica y como subsistema de acumulación de flujo, dos depósitos con capacidad total de 5000 lts de agua.

Suministro de energía primaria

Teniendo en cuenta el uso, entonces ya se puede definir como se suministrará la energía primaria (recurso hídrico), si será aprovechado de una fuente natural, o se utilizará mediante sistemas de bombeo o canales, esto también está en función del tipo de banco de pruebas que se considere, así como el almacenamiento en caso de que se necesite mucho más recurso del que se tenga disponible.

Salto neto del caudal y curva característica del flujo

La elección de la turbina implica muchos factores, tales como la velocidad, tamaño y tipo, así como la generación, todo esto basado en el salto total de agua y las condiciones mínimas y máximas de flujo que se tendrá durante el análisis.

Esto es necesario ya que normalmente las plantas hidroeléctricas o los sistemas de generación hidráulica se instalan en ríos, donde la turbina es diseñada a partir del máximo flujo del río, canal o presa.

Salto neto de caudal

El salto neto es la distancia vertical entre la superficie del nivel de agua (que en algunos casos puede ser variante respecto a la descarga) y la entrada para las turbinas de reacción y boquilla en el caso de las turbinas de impulso.

Curva característica del flujo

Para medir o determinar el flujo de agua es necesario hacer uso de herramientas de cálculo, modelos matemáticos, mediciones y registros del comportamiento de la energía primaria, para garantizar el óptimo funcionamiento. La curva de duración de flujo nos permite conocer o dar una idea del potencial de generación.

Red Hidráulica

La red hidráulica (sistema de tuberías) es empleada para transportar el flujo del depósito o lugar de obtención hasta el área de generación eléctrica. Esta tubería puede ser instalada por dentro, fuera o debajo de la tierra, dependiendo principalmente del tipo de banco de pruebas que se pretende simular. El diámetro interno de la tubería puede determinarse a partir del flujo de agua, longitud de la tubería y el salto bruto. Si el sistema ya cuenta con un diámetro específico, entonces se considera directamente los pasos subsecuentes al análisis, que son la longitud de la tubería de diseño y las pérdidas por fricción y presión.

Longitud de la tubería

Esta longitud de la tubería no solo representa la sección correspondiente a los tramos rectos de tubería, sino a la longitud con pérdidas, es decir, la longitud total agregada por los accesorios implicados en la red hidráulica, como lo son los codos, válvulas, etcétera.

Análisis de pérdidas por fricción y presión.

Estos valores son dados por la carga dinámica en la tubería, así como la presión generada en el trayecto correspondiente al fluido. Esto incide directamente en la red hidráulica y por consecuencia, la generación.

Caracterización de la turbina

La generación hidráulica depende directamente de la caída de agua (en este tipo de sistema), la variación del flujo incide directamente en la generación y la velocidad de rotación.

Análisis del banco de pruebas de microgeneración hidráulica

Para la presentación de los resultados, todo se presenta mediante los gráficos que se muestran a continuación para cada sección.

Suministro de energía primaria

El banco de pruebas se considera una central de acumulación por bombeo, en la cual, el caudal es almacenado en dos depósitos de agua que se encuentran distribuidos a una altura de 20 y 30m respectivamente, ambos con una capacidad de 5000lts de agua, los cuales se obtienen directamente de un pozo con una profundidad aproximada de 60m. El caudal es bombeado mediante un sistema de bombeo fotovoltaico, conectado a un arreglo fotovoltaico con capacidad de 1.5mW de generación, y una bomba tipo Grundfos SQ7-la, con capacidad de bombeo de hasta $9.3m^3/h$. Con la cual, se considera la siguiente gráfica para el tiempo de llenado:

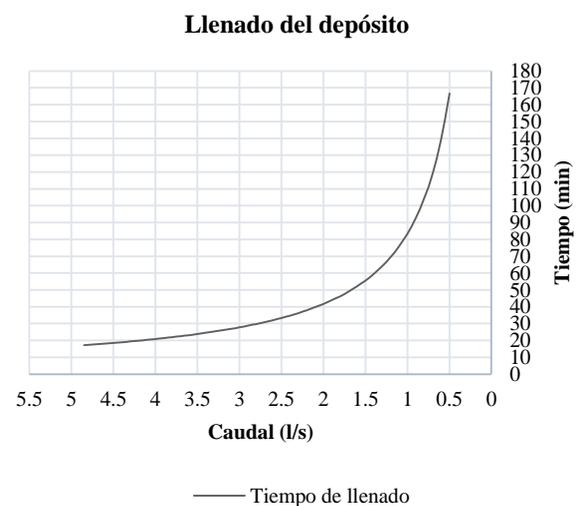


Gráfico 1 Tiempo de Llenado del Depósito

Fuente: Creación Propia

En el gráfico anterior se puede observar que si trabajamos en condiciones mínimas de bombeo, para un caudal de 0.5l/s, el llenado del sistema para las pruebas tomará un tiempo aproximado de 160 minutos, que equivale a 2 horas 40min de bombeo, limitando con esto la cantidad de pruebas que se puede realizar, ya que por consideraciones de la red hidráulica, cuyo diseño de tubería está considerada para un diámetro de 4", se presentan las siguientes consideraciones de descarga, considerando la altura del depósito en su máxima capacidad, de 1.37m.

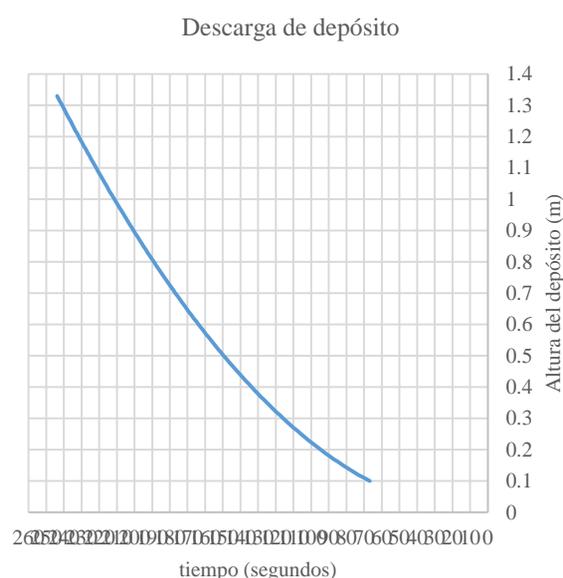


Gráfico 2 Descarga del depósito de agua
Fuente: Creación Propia

Donde podemos observar que el depósito de vacía en aproximadamente 5 minutos, lo cual es un tiempo muy reducido considerando el máximo tiempo de bombeo que es de 2 horas 40min.

En este punto, respecto al análisis del suministro de energía primaria, podemos observar que el sistema de bombeo que se presenta en ineficiente respecto al tiempo de descarga. El rango de caudal que se va a utilizar para el análisis en turbina, respecto al evaluado, es del máximo al mínimo obtenido en la descarga y simulación, que es de 16.27 a 4.75 l/m.

Red hidráulica

Para poder realizar el análisis de pérdidas por presión en la tubería, es necesario considerar que para el sistema hidráulico que estamos analizando, con una altura máxima salto de agua de 30m, se cuenta con una distribución total de 60m de tubería de diseño, ya con pérdidas por accesorios. Esto se evalúa y se considera ya en la siguiente ecuación:

$$h_f = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \left(\frac{L}{D^{4.87}}\right) \quad (1)$$

$$h_f = \text{Pérdida de carga [m. c. l]}$$

$$Q = \text{Caudal en la tubería} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$$

C

= Coeficiente de rugosidad de la tubería, PVC, 140.

L = Longitud de la tubería de diseño [m]

D = Diámetro de la tubería [m]

Lo cual, se presenta en el comportamiento modelado en el siguiente gráfico:

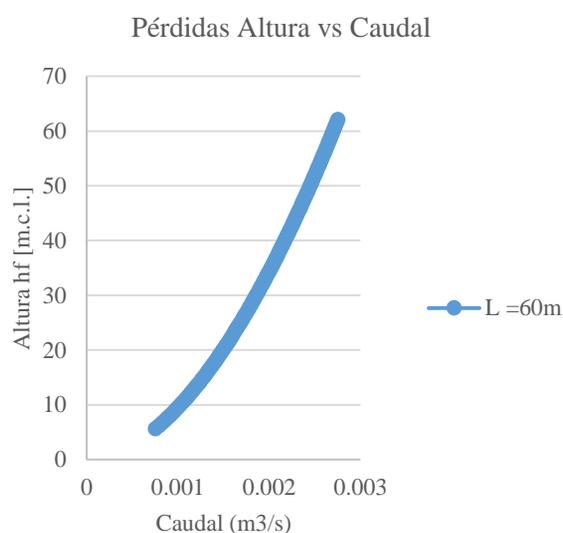


Gráfico 3 Pérdidas respecto a la longitud de diseño
Fuente: Creación Propia

En el cual podemos observar que mientras mayor caudal tengamos en el sistema, mayor será la presión ejercida en nuestro sistema, lo cual afecta considerablemente la distribución del fluido y provocando fugas por presión en los conectores del sistema.

Caracterización de la turbina

En este punto, se van a considerar valores nominales para eficiencia y rpm de la turbina, esto para caracterizar el comportamiento en condiciones nominales máximas de funcionamiento, es decir, las reales deberán estar por debajo de lo presentado en el análisis correspondiente.

Potencia mecánica de la turbina

En este apartado, que es el primero para la caracterización, se considera la variación del caudal en metros cúbicos, el mismo rango de operación de 16.27 a 4.75 l/min, el cual se modela con la siguiente ecuación:

$$P_t = \rho * g * H_n * Q * \eta_t \quad [W] \quad (2)$$

P_t
= Potencia generada en el rodete de la turbina [W]

ρ
 = Densidad del agua ($1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a 4°C , $977 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a 25°C)
 H_n = Altura neta [m]
 Q = Flujo de agua $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$
 g = Gravedad $\left[9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
 η_t
 = Eficiencia de la turbina (oscila de 90 a 80%,
 Turbina M. B. 85%)

Para la potencia mecánica, se considera entonces, como ya se menciona, una eficiencia para la turbina de 85% y una densidad general a 4°C , que será modificada posteriormente en el análisis, y se presenta la siguiente variación mostrada a continuación en el gráfico de potencia.

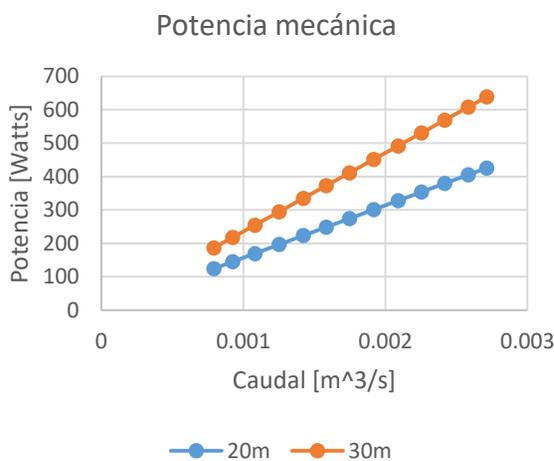


Gráfico 4 Gráfico de potencia mecánica
 Fuente: Creación Propia

Como se observa en el gráfico, la evaluación se hizo para las dos alturas correspondientes a los depósitos que están situados a 20 y 30m respectivamente presenta una potencia mecánica máxima de aproximadamente 600 y 400W para ambas alturas. Esto nos permite conocer el rango de operación del sistema y la energía que podremos extraer del rodete.

Velocidad de giro de la turbina

En este punto, el último, se considera ya el caudal variable, la potencia mecánica y la altura a la que se está evaluando, así como la velocidad de giro nominal. La ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$N_s = \frac{N * \sqrt{P_t}}{\sqrt[4]{H_n^5}} \tag{3}$$

N_s = Velocidad específica de giro [R. P. M]

N = Velocidad de giro nominal, [1736 R. P. M]

P_t = Potencia generada en el rodete de la turbina [W]

H_n = Altura neta [m]

En la cual, como podemos observar, se tiene considerado ya el caudal dentro de la potencia, que varía respecto a la altura. Para este último apartado, se presentan dos gráficos, uno con las dos alturas constantes y el caudal variable, y para el segundo gráfico, ya se representa la descarga del depósito, con el caudal variado, pero respecto a la altura de descarga distribuida a lo largo de la tubería.

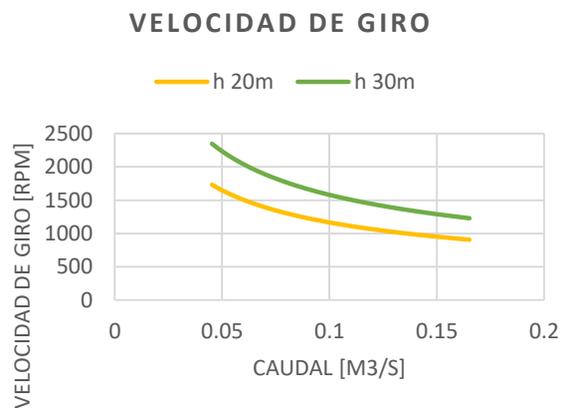


Gráfico 5 Gráfico de velocidad de giro con alturas constantes
 Fuente: Creación Propia

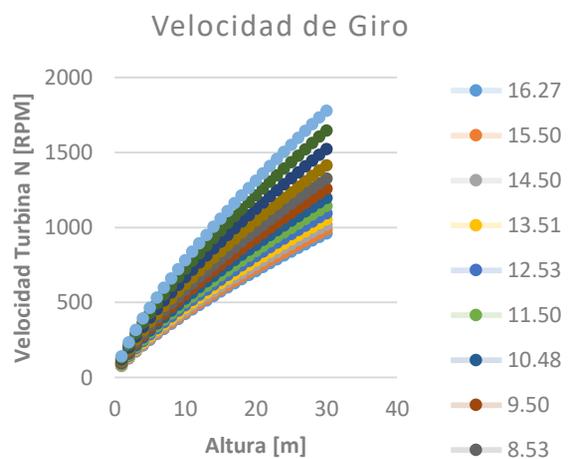


Gráfico 6 Gráfico de velocidad de giro con caudales variables para altura variable respecto a la descarga
 Fuente: Creación Propia

Agradecimiento

Agradezco el apoyo brindado por Conacyt en su convocatoria SENER-CONACYT en apoyo a programas de posgrado.

Agradezco también a mi casa de estudios por su constante apoyo y soporte académico que dan a mi investigación, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, principalmente al Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables que funge como institución mentora.

Conclusiones

Para concluir la investigación, debemos segmentarla en varios apartados o párrafos, para darle importancia a cada uno de ellos como se debe.

Por primera parte, se confirma que la propuesta metodológica utilizada permite dar soporte a nuestra investigación, logrando incluir valores que otros investigadores no muestran al diseñar, como lo son la variabilidad del flujo y pérdidas por presión y fricción en la tubería. También es importante resaltar el hecho de que la propuesta de diseño mencionada por Abdullah es de mucha utilidad para seguir pasos correctos de validación.

En consideración al suministro de energía primaria, se considera que es importante mantener el suministro de flujo constante para mantener el flujo por un tiempo mayor a 5 minutos, ya que, con este tiempo tan reducido, físicamente sería inapropiado realizar pruebas, además que el trabajo sería demasiado desgastante para los resultados obtenidos, ya que con ese flujo y ese tiempo, los valores de generación están por debajo de los nominales.

Respecto al área de pérdidas por fricción, es importante destacar que, con esa longitud de diseño, tenemos una saturación de aproximadamente 80 m.c.l., lo cual podría mejorarse si se disminuye sustancialmente la longitud de la tubería a por lo menos un 60% de su longitud actual, con esto, se disminuye las pérdidas por presión en un 50% y se obtienen mejores resultados y aprovechamiento en la transformación mecánica.

En el apartado de turbina, se válida el funcionamiento del modelo, se aproxima a los valores nominales de diseño y se estima y comprueba que con las condiciones actuales de operación es muy complicado mantener la generación y con esto lograr alcanzar valores útiles para la medición.

En conclusión, el sistema de generación microhidráulico es un banco de pruebas que puede emplearse para validar sistemas de bombeo y generación de energía, así como comprobar el funcionamiento y caracterizar las turbinas hidráulicas necesarias, que en este caso fue demostrado por la turbina tipo Michel Banki, la cual presenta un comportamiento cercano a los nominales, aunque su energía primaria de funcionamiento sea o se encuentre en condiciones bajas de suplemento.

Referencias

A Feasibility Study of Power Generation from Sewage Using a Hollowed Pico-Hydraulic Turbine. Tomomi Uchiyama, Satoshi Honda, Tomoko Okayama, Tomohiro Degawa.

A Micro-ORC Energy System: Preliminary Performance and Test Bench Development. Ancona M.A., Bianchi M., Branchini L., De Pascale A., Melino F., Orlandini V., Ottaviano S.m, Peretto A., pinelli M., Spina P. R., Suman A.

A Real-Time Regulator, Turbine and Alternator Test Bench for Ensuring Generators Under Test Contribute to Whole System Stability. Marc Langevin, Ph.D. Marc Soullière, Jean Bélanger. A selected literature review of efficiency improvements in hydraulic turbines. Xin Liu, Yongyao Lou, Bryan W. Karney, Weizheng Wang.

An experimental investigation of design parameters for pico-hydro Turgo turbines using a response Surface methodology. Kyle Gaiser, Paul Erickson, Pieter Stroeve, Jean-Pierre Delplanque.

Analysis of the Mini Turgo Hydro Turbine Performance for Different Working Regimes. Shpetim Lajqi, Xhemajl Fejzullahu, Nesar Lajqi, Hesel Hajdini.

Capellán-Pérez, I., Mediavilla, M., de Castro, C., Carpintero, Ó., & Miguel, L. J. (septiembre de 2014). Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socio-económicos: un enfoque integrado. España.

Design considerations of Micro-Hydro-Electric Power Plant, Bilal Abdullah Nassir.

Design, simulation, construction and characterization of a 5 kW hydraulic Pelton turbine. Sergio Agudelo, Edwin Chica, Felipe Obando, Natalia Sierra, Laura Velásquez, Walter Enríquez.

Diseño y Construcción de una Pico Central Hidroeléctrica utilizando una turbina Michell Banki para Generación Eléctrica en el Sector de las Carmelitas del Cantón Tena. Landa Freddy, Llaganate Eduardo.

Energía, S. d. (2014). *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*. México.

González Velasco, J. (2009). *Energías Renovables*. Barcelona, España: Reverté.

Hydraulic performance of a modified constructed wetland system through a CFD-based approach. Emily Elizabeth Rengers, Jhonatan Barbosa da Silva, Paula Loureiro Paulo, Johannes Gérson Janzen

Hydraulic Test Bench Circuit Construction, Testing, and Analysis. Michelson Shane, Mueller Mitch, Schurman Brett.

ITDG. (2009). *Organización Soluciones Prácticas ITDG*. Obtenido de www.solucionespracticas.org.pe: www.solucionespracticas.org.pe/fichastecnicas/pdf/fichatecnica25-turbinas%20pelton.pdf

LAERFTE. (2013). *Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el financiamiento de la transición energética*. México.

Micro-Central Vernis: Energía Hidráulica Producida en Casa. José Luis Lorenzo Escuín, Vernis Motors, S.L. P. Saini

Micro-Central Vernis: Energía Hidráulica Producida en Casa. José Luis Lorenzo Escuín, Vernis Motors, S.L. P. Saini

Nebojsa Nakicenovic, Arnold Grübler, Alan McDonald. (1993). Environmentally Compatible Energy Strategies. *Global Energy Perspectives*. Laxenburg, Austria: IIASA.

Nonlinear dynamic analysis and robust controller design for Francis hydraulic turbine regulating system with a straight-tube surge tank. Ji Liang, Xiaohui Yuan, Yanbin Yuan, Zhihuan Chen, Yuanzheng Li.

Performance Testing and Evaluation of Small Hydropower Plants. H. K. Verma, Arun Kumar. Roldán Vilorio, J. (2013). *Energías Renovables. Lo que hay que saber*. España: Paraninfo.

Secretaría de Energía, S. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012- 2026*. México.

Secretaría de Energía, S. (2014). *Inventario Nacional de Energías Renovables*. México.

Simulation and implementation of micro hydro generation for small rural loads. Kanzumba Kusakana, Herman Vermaak, Galu P Y. uma.

Turbine Performance Characteristics. R. P. Saini

Diseño de un algoritmo para la evaluación económico-energética de captadores solares

Design of an algorithm for the economic energy evaluation of solar collectors

PACHECO-REYES, Alejandro†*, VALLE-HERNANDEZ, Julio, ROJAS-ÁVILA, Apolo y DELGADO-ROMERO, Victor Manuel

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Escuela Superior de Apan

Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Energías Renovables

ID 1^{er} Autor: *Alejandro Pacheco Reyes*/ ORC ID: 0000-0001-5651-376X, CVU: 859926

ID 1^{er} Coautor: *Julio Valle Hernandez*/ ORC ID: 0000-0001-8957-0066, CVU: 210743

ID 2^{do} Coautor: *Apolo Rojas Ávila*/ ORC ID: 0000-0003-2934-2533, CVU: 905177

ID 3^{er} Coautor: *Victor Manuel Delgado Romero*

Recibido 13 de Abril, 2018; Aceptado 15 de Junio, 2018

Resumen

El rendimiento de los sistemas de calentamiento de agua depende directamente de las condiciones climatológicas de las regiones donde son instalados, por lo cual para poder ser evaluados correctamente se desarrolló la norma NMX-ES-004-NORMEX-2010 donde se indican los criterios y condiciones necesarias que determinan las curvas de rendimiento diurno y nocturno en un colector solar. En el presente trabajo se muestra el desarrollo de un algoritmo, programado en lenguaje C, el cual mediante las curvas de rendimiento realiza un análisis energético y económico de un sistema de calentamiento. En el análisis energético el algoritmo determina la demanda de energía mensual y anual en una vivienda, así como la energía suministrada por el sol y por el sistema de respaldo (boiler). Con los resultados del análisis se calcula el ahorro en el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ que se dejan de emitir al ambiente por el uso de un calentador solar. Así mismo, el algoritmo utiliza el cálculo de ahorro de combustible para determinar el impacto económico que se tiene anualmente durante el periodo de vida del sistema, determinando el valor actual neto a un periodo de diez años, la tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión.

Calentador solar, Curvas de rendimiento, Sistema de respaldo, Recuperación de la inversión

Abstract

The performance of solar collectors depends mainly on the regions where they are installed, due to this, in order to be tested correctly, the NMX-ES-004-NORMEX-2010 standard was developed, where the criteria and necessary conditions that determine the curves of day and night performance in a solar collector are indicated. The present work shows the development of an algorithm, programmed in C language, which by means of the yield curves performs an energetic and economic analysis of a solar collector. The present work shows the development of an algorithm, programmed in C language, which by means of the yield curves performs an energetic and economic analysis of a solar collector. In the energy analysis the algorithm determines the monthly and annual energy demand in a house, as well as the energy supplied by the sun and by the backup system (boiler). With the results of the analysis, the savings in fuel and the CO₂ emissions that are not emitted to the environment due to the use of the solar collector are calculated. Likewise, the algorithm uses the calculation of fuel savings to determine the annual economic impact during the life of the system calculated the net present value over a period of ten years, the internal rate of return and the time of recovery of the investment.

Solar collector, Performance curves, Auxiliary system, Return of investment

Citación: PACHECO-REYES, Alejandro, VALLE-HERNANDEZ, Julio, ROJAS-ÁVILA, Apolo y DELGADO-ROMERO, Victor Manuel. Diseño de un algoritmo para la evaluación económico-energética de captadores solares. Revista de Ingeniería Innovativa 2018. 2-6:21-28

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: parea@ier.unam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Desde hace ya algunos años se ha hecho notoria la problemática ambiental que afecta a todo el mundo, un ejemplo son los altos índices de contaminación debido al uso de fuentes convencionales de energía (quema de combustibles fósiles), para satisfacer la creciente demanda energética de la sociedad en sus distintos ámbitos. Debido a lo anterior se busca desarrollar sistemas, fuentes de energía o procesos alternativos que permitan satisfacer esta demanda de manera sustentable con el ambiente, ya que si no se toman medidas a corto plazo el deterioro del planeta será irreparable. Así, para evitar un rezago en el desarrollo de la sociedad se ha apostado por el uso de fuentes renovables de energía, siendo la solar la más utilizada por su potencial en casi todas las regiones del planeta. En México se tiene una de las zonas con mayor potencial solar para ser explotado, tanto para la generación de energía eléctrica, como para el calentamiento de fluidos de trabajo.

Existen sistemas que aprovechan la radiación solar incidente para el calentamiento de algún fluido, denominados colectores solares [1]. Un colector solar puede tener diferentes aplicaciones, la más conocida es el calentamiento de agua para usos sanitario. Existen diferentes tipos de calentadores los más comunes son los de placa plana (Figura 1a) y los de tubos evacuados (Figura 1b).



a)

Figura 1 Calentadores solares: a) calentador solar de placa plana, b) sistema de tubos evacuados

Fuente: <http://www.sunflower-solar.com>

Los principales componentes de un calentador solar son: el Termotanque que es un dispositivo que se encuentra aislado térmicamente, en éste se almacena el agua caliente, el Colector solar que es el elemento en cuya superficie incide la radiación solar y calienta el fluido de trabajo, la estructura metálicas que sirven para la sujeción, inclinación y colocación del sistema.

El rendimiento óptimo de los colectores solares depende de una correcta instalación y de las condiciones ambientales de la región donde son colocados, siendo el costo económico de éstos, compensado con el ahorro que trae consigo su uso. Para mostrar una perspectiva más real del aprovechamiento del recurso solar pueden emplearse softwares que realizan análisis energético-económicos de la instalación de sistemas de calentamiento de agua.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un algoritmo, que mediante las curvas de rendimiento se realiza un análisis energético y económico de un sistema de calentamiento.

Metodología

Curvas de rendimiento

Para evaluar las curvas de rendimiento de un sistema de calentamiento de agua se debe hacer mediante lo establecido en la norma NMX-ES-0014-NORMEX-2010, esta norma indica las condiciones ambientales bajo las cuales las mediciones que se registran son válidas, las mediciones son: temperatura inicial y final del agua contenida en el sistema, así como la temperatura ambiente promedio durante el día y la noche. Con estas mediciones se obtiene la curva de rendimiento diurna y nocturna, respectivamente. Un dato necesario para obtener la curva de rendimiento diurna es la irradiación solar a la inclinación que se encuentra el colector. Con los valores de las mediciones anteriores se determinan los puntos que describen las curvas de rendimiento, se grafican y se hace una regresión lineal simple.

Ecuaciones para curva diurna y nocturna:

Para la curva de rendimiento diurno se obtienen los puntos mediante las ecuaciones 1 y 2 [2].

$$X_d = \frac{T_{in} - T_{am}}{H} \quad (1)$$

$$Y_d = \frac{mC(T_F - T_{in})}{H} \quad (2)$$

Donde:

T_{in} : Temperatura inicial del sistema en el día.

T_{am} : Temperatura ambiente promedio durante el día.

H : Irradiancia.

C : Calor específico del agua.

T_F : Temperatura final del sistema.

X_d : Absisa de la curva diurna.

Y_d : Ordenada de la curva diurna.

m : Masa del sistema.

Los puntos para la curva nocturna se obtienen mediante las expresiones 3 y 4 [2].

$$X_n = T_{inn} - T_{amn} \quad (3)$$

$$Y_n = mC(T_{inn} - T_{Fd}) \quad (4)$$

Donde:

X_n : Absisa de la curva nocturna.

Y_n : Ordenada de la curva nocturna.

T_{inn} : Temperatura inicial del sistema en la noche.

T_{amn} : Temperatura ambiente promedio durante la noche.

C : Calor específico del agua.

T_{Fd} : Temperatura final.

Las tablas 1 y 2 muestran los valores tomados para determinar las curvas diurna y nocturna, respectivamente. Se considero una masa de 150 kg y un calor específico de 4.18 KJ/kg °C.

T_{am} [°C]	H [MJ/m ² día]	T_{in} [°C]	T_F [°C]	X_d	Y_d
26.75	18.25	52.5	71	1.411	0.636
24.75	18.3	49.8	56.85	3.018	0.533
27.35	22.52	42.4	74.7	0.668	0.899
26.78	23.83	30.55	64.95	0.158	0.905
26.57	17.17	55.5	73.4	1.685	0.654
25.88	17.42	53.15	71.65	1.565	0.666
25.51	21.15	52.5	76.6	1.276	0.714
26.75	21.69	27.55	59.35	0.037	0.919

Tabla 1 Datos para la curva diurna

Nota: Los datos de la tabla fueron obtenidos experimentalmente conforme lo indica la NMX-ES-004-NORMEX-201.

T_{amn}	T_{inn}	T_{Fd}	X_n	Y_n
21.17	56.85	42.4	35.68	9.0602
20.83	74.7	51.65	53.87	14.4524
22.58	76.95	55.5	54.37	13.4492
21.39	73.4	53.15	52.01	12.6968
20.51	71.65	52.5	51.14	12.0071
20.11	76.6	54.15	56.49	14.0762

Tabla 2 Datos para la curva nocturna

Nota: Los datos de la tabla fueron obtenidos experimentalmente conforme lo indica la NMX-ES-004-NORMEX-201

Desarrollo

Algoritmo computacional

Los calentadores solares certificados cuentan con una placa de especificaciones que contienen dos ecuaciones de primer grado, estas representan la ganancia y la pérdida de energía del sistema durante el día y la noche respectivamente, Se obtuvieron dichas ecuaciones experimentalmente siguiendo la metodología indicada en la norma NMX-ES-004-NORMEX-201, basado en estas dos ecuaciones se desarrolló un algoritmo computacional en lenguaje C, el cual evalúa económica y energéticamente sistemas de calentamiento de agua.

El algoritmo computacional únicamente evalúa sistemas instalados en la región de Pachuca Hidalgo ya que opera con una base de datos específica de la región (temperatura día promedio, temperatura noche promedio, irradiancia, temperatura de agua de la red para cada uno de los meses del año), este software hace uso de funciones lógicas, lo cual le permite comparar la energía requerida por el usuario (1 persona requiere 40 litros de agua a 45°C diariamente) y energía disponible en el sistema, estos valores de energía se calculan haciendo un análisis de la primera ley de la termodinámica [5], para el análisis económico se hace uso de las funciones reportadas en la literatura sobre valor presente neto, tasa interna de retorno, inflación, etc. [7]. Todo lo anterior se encuentra implícito en el código del software ya que el usuario puede ingresar la siguiente información, mostrada en la pantalla de inicio, y está se toma como datos de entrada para la evaluación del sistema.

1.- Datos de la vivienda.

- Número de personas de la vivienda.
- Cuantas personas se bañan en la noche.
- Cuantas personas se bañan en la mañana.

2.- Datos técnicos.

- Tipo de contenedor.
- Eficiencia del boiler.
- Volumen del sistema.

3.- Datos económicos.

- Costo de la inversión.
- Tasa anual de inflación.

Una vez que se ingresan correctamente todos los datos de entrada solicitados el software arroja como resultado un archivo de Excel en el cual se presentan los datos de: energía requerida por el usuario, energía suministrada por el calentador solar, energía suministrada por el sistema de respaldo, la masa de combustible ahorrada, la masa de combustible gastada, el factor solar, las emisiones de CO₂ que se dejan de emitir al ambiente, así como la tasa interna de retorno y el valor presente neto, todos estos parámetros evaluados para cada uno de los meses del año.

Modelo matemático para el algoritmo

El algoritmo opera con un modelo matemático a través de balances de energía, donde para su correcto funcionamiento analiza diversos casos, básicamente comparando la energía requerida por el usuario y la energía disponible en el sistema.

El algoritmo inicia al considerar que el sistema alcanza las condiciones para operar, es decir, cuando tiene la energía necesaria para hacerlo.

Caso 1

La ecuación (5), determina la energía que el sistema gana durante el día (Q_s), y si el usuario requiere suministro de agua caliente durante la noche (Q_{rm}), la expresión (6) determina este requerimiento de energía:

$$Q_s = -0.1453x - 0.919 \quad (5)$$

$$x = T_{ar} - T_{max}$$

$$Q_{rm} = m_p C (45^\circ C - T_{ar}) \quad (6)$$

Donde:

Q_s : Energía ganada por el sistema del sol.

T_{ar} : Temperatura del agua de la red (depende del mes del año).

T_{max} : Temperatura máxima en el día.

m_p : Masa de agua utilizada por persona (40 kg por persona).

En este punto el algoritmo compara los valores obtenidos por las ecuaciones (5) y (6), y si $Q_s \leq Q_{rn}$ se tiene el primer caso, el sistema no puede cubrir toda la demanda de energía por lo cual se debe suministrar energía mediante un sistema de respaldo. Una vez que se hizo uso de la energía, se debe calcular si existe energía sobrante en el sistema, es evidente que si se hizo uso del sistema de respaldo la energía contenida en el sistema no fue suficiente, por lo cual la energía sobrante es nula, en este caso lo que se calcula es la aportación de energía realizada por el sistema de respaldo mediante la expresión 7.

$$Q_b = Q_{rn} - Q_s \quad (7)$$

Ahora el sistema tiene una nueva temperatura, calculada con la ecuación 8, partiendo de este punto se determinan las pérdidas debido a fenómenos de transferencia de calor que se presentaran durante la noche, para ello se usa la expresión 9.

$$T_n = T_{red} + \left(\frac{Q_s - Q_{rn} + Q_b}{m_s \times C} \right) \quad (8)$$

$$Q_{loss} = .02481x_1 + .0706 \quad (9)$$

Donde:

$$x_1 = T_n - T_{no}$$

La energía disponible al día siguiente se determina con la ecuación (10), si el usuario requiere utilizar agua caliente del sistema la ecuación (11) sirve para determinar esta energía. Dado que el sistema no pudo cubrir la demanda de energía, desde el día anterior, la energía requerida para la mañana debe ser suministrada por el sistema de respaldo, la ecuación (12) determina esta energía:

$$Q_{ds} = Q_s - Q_{rn} - Q_{loss} + Q_b \quad (10)$$

$$Q_{rm} = mC(45^\circ C - T_{red}) \quad (11)$$

$$Q_b = Q_{rm} - Q_{ds} \quad (12)$$

$$T_n = T_{red} + \left(\frac{Q_s - Q_{rn} + Q_b - Q_{loss} - Q_{rm} + Q_b}{m_s \times C} \right) \quad (13)$$

Con esto termina el primer ciclo de uso de energía para el calentamiento de agua, y se determina la temperatura de inicio para el siguiente ciclo, esta temperatura se calcula con la ecuación (13).

Donde:

Q_b : Energía suministrada por el sistema de respaldo.

Q_{rn} : Energía requerida por el usuario durante la noche.

T_n : Temperatura final del sistema.

T_{red} : Temperatura del agua de la red (depende del mes del año).

m_s : Masa del sistema (150 Kg).

Q_{loss} : Energía perdida en la noche.

T_{no} : Temperatura del ambiente durante la noche.

Q_{ds} : Energía disponible al día siguiente.

Q_{rm} : Energía requerida por la mañana.

Caso 2

Donde la energía del sistema es mayor a la energía requerida $Q_s > Q_{rn}$, el calor requerido durante la noche se determina con la expresión (6), el usuario hace uso de la energía del sistema y se calcula la temperatura final de este con la ecuación (14):

$$T_n = T_{red} + \left(\frac{Q_s - Q_{rn}}{m_s \times C} \right) \quad (14)$$

De igual forma el sistema pierde energía durante la noche por fenómenos de transferencia de calor, estas pérdidas se calculan con la ecuación (9).

La energía que el sistema tiene al día siguiente se expresa con la ecuación (15):

$$Q_{ds} = Q_s - Q_{rn} - Q_{loss} \quad (15)$$

En esta parte el usuario puede requerir energía nuevamente por lo cual el sistema compara Q_{ds} y Q_{rm} y se generan dos casos más:

Caso 2a

Cuando $Q_{rm} \leq Q_{ds}$, en este caso la energía sobrante es suficiente para satisfacer la demanda de energía al día siguiente, y se determina la temperatura de inicio del nuevo ciclo con la ecuación (16):

$$T_n = T_{red} + \left(\frac{Q_s - Q_{rn} - Q_{loss} - Q_{rm}}{m_s \times C} \right) \quad (16)$$

Caso 2b

Cuando $Q_{rm} > Q_{ds}$, en este caso la energía sobrante no es suficiente por lo que el sistema de respaldo debe compensar esa falta de energía, la ecuación (17) expresa la energía del sistema de respaldo:

$$Q_b = Q_{rm} - Q_{ds} \quad (17)$$

Después de que la energía es usada, se determina la temperatura de inicio para el siguiente ciclo de calentamiento con la ecuación (18):

$$T_n = T_{red} + \left(\frac{Q_s - Q_{rn} - Q_{loss} - Q_{rm} + Q_b}{m_s \times C} \right) \quad (18)$$

Para los cálculos referentes al consumo de combustible se debe tomar en cuenta la eficiencia del sistema de respaldo (E_p), la cual se muestra en la placa de especificaciones, cabe mencionar que este valor es a condiciones específicas por lo cual se debe hacer uso de factores de corrección que nos permitan determinar la eficiencia del sistema de respaldo en la región donde se encuentra instalado (E_r). Las ecuaciones (19) y (20) determinan la corrección a través de la altura del lugar (h_l), tomando como referencia el nivel del mar.

$$E_r = \frac{E_p}{F_c} \quad (19)$$

$$F_c = 1 + (h_l \times \frac{0.04}{300}) \quad (20)$$

Con la eficiencia corregida el algoritmo determina la masa de combustible ahorrado, ecuación (21), así como el valor presente neto y la tasa interna de retorno, ecuaciones (22) y (23), respectivamente.

$$Ca = \frac{Q}{E_r P_c} \quad (21)$$

$$VPN = -I + \sum_{n=1}^{10} \frac{Cos.comb.}{(1+i)^n} \quad (22)$$

$$0 = -I + \sum_{n=1}^{10} \frac{Cos.comb.}{(1-TIR)^n} \quad (23)$$

Donde:

Ca : Masa o volumen de combustible ahorrado.

P_c : Poder calorífico de 45.7236 MJ/Kg para cilindro y 26.727 MJ/L para estacionario.

I : Inversión del sistema.

i : Inflación anual.

$Cos.comb.$: Costo del combustible anual.

TIR : Tasa interna de retorno.

E_r : Eficiencia real.

E_p : Eficiencia de la placa.

F_c : Factor de corrección.

h_l : Altura del lugar.

Resultados

Los gráficos 1 y 2 muestran las curvas diurna y nocturna, representadas por las ecuaciones (24) y (25), respectivamente. Para determinar estas curvas se realizó el procedimiento indicado en la norma NMX-ES-004-NORMEX-201.

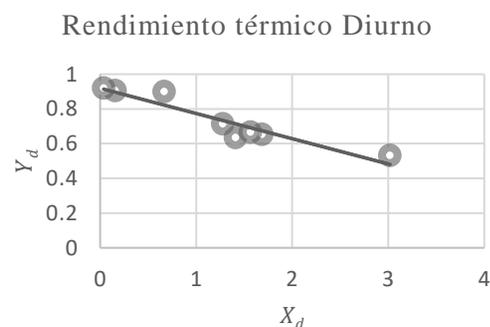


Gráfico 1 Rendimiento térmico Diurno

Nota: los puntos tomados para generar la gráfica fueron obtenidos experimentalmente conforme lo indica la NMX-ES-004-NORMEX-201.

$$Y_1 = -0.1453x + 0.919 \quad (24)$$

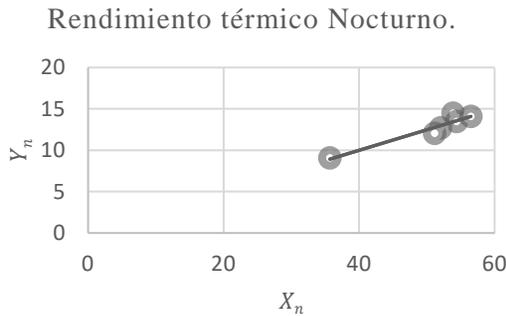


Gráfico 2 Rendimiento térmico Nocturno

Nota: los puntos tomados para generar la gráfica fueron obtenidos experimentalmente conforme lo indica la NMX-ES-004-NORMEX-201.

$$Y_2 = .02481x + .0706 \quad (25)$$

Para probar el algoritmo se evaluó un caso donde se tiene un sistema de calentamiento de agua para 4 personas; dos lo utilizan por la noche y dos por la mañana. La figura 2 muestra la pantalla del software con los datos ingresados.

Mediante los datos ingresados, el algoritmo evalúa el sistema, La figura 2 muestra una imagen de la pantalla de inicio del software una vez que se le han ingresado los datos de entrada para la evaluación. En la tabla 3 se presentan los datos arrojados por el programa para cada mes del año.

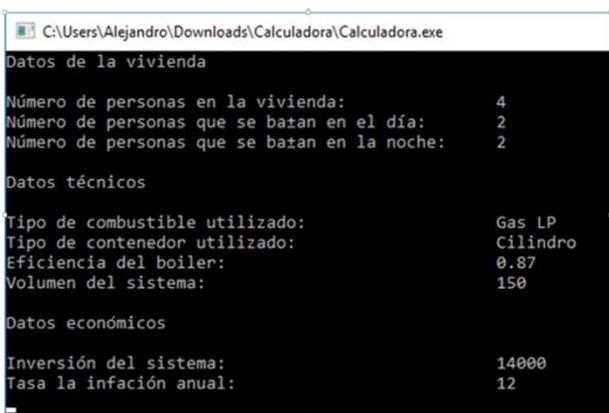


Figura 2 Datos de inicio del sistema
Fuente: Elaboración propia

ME S	QRU	QS U	QB	MA	MG	FS R	CO2
ENE	698.695	480.265	218.430	15.4465	5.057	0.6873	45.195
FEB	616.098	442.074	174.023	14.2182	4.029	0.7175	41.601
MAR	636.496	474.254	162.242	15.2532	3.7567	0.7451	44.629
ABR	577.843	443.084	134.758	14.2507	3.12	0.7667	41.696
MAY	588.811	427.872	160.939	13.7614	3.726	0.7266	40.264
JUN	587.875	380.287	207.588	12.2310	4.806	0.6468	35.786
JUL	621.984	408.734	213.249	13.1459	4.937	0.6571	38.463
AGO	626.130	426.907	199.222	13.7304	4.613	0.6818	40.117
SEP	611.952	403.677	208.274	12.9833	4.822	0.6596	37.987
OCT	651.099	432.994	218.015	13.9262	5.048	0.6651	40.746
NOV	660.105	452.908	207.196	14.5667	4.797	0.6861	42.620
DIC	692.475	453.530	238.945	14.5866	5.532	0.6549	42.679
ANU	7569.478			168.100	54.25		491.845

Tabla 3 Resultados obtenidos con los datos ingresados

Nota: Estos datos corresponden a los resultados energéticos de la evaluación partiendo de la información ingresada en la figura 2.

Donde:

QRU: Energía requerida por el usuario.

QSU: Energía suministrada por el sol.

QB: Energía suministrada por el boiler.

MA: Kg de combustible ahorrado.

MG: Kg de combustible gastado.

FSR: Factor Solar.

CO2: Dióxido de carbono sin emitir al ambiente.

La tabla 4 muestra el Valor presente neto a 10 años (VPN), la Tasa interna de retorno (TIR), y el Retorno de la inversión en meses.

VPN	TIR	Retorno
14438	29.37%	48 meses

Tabla 4 Resultados económicos

Nota: Estos datos corresponden a los resultados económicos de la evaluación partiendo de la información ingresada en la figura 2.

En el gráfico 3 se muestra la comparativa mensual entre combustible ahorrado y combustible gastado al tener instalado el calentador solar. En el gráfico se aprecia que con el calentador solar se tiene un ahorro anual de combustible del 75.6 %, lo que impacta positivamente en el ahorro de dinero y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El grafico 4 muestra el comportamiento mensual del factor solar, que refiere al porcentaje de energía que suministra el sistema de calentamiento respecto a la energía requerida por el usuario.

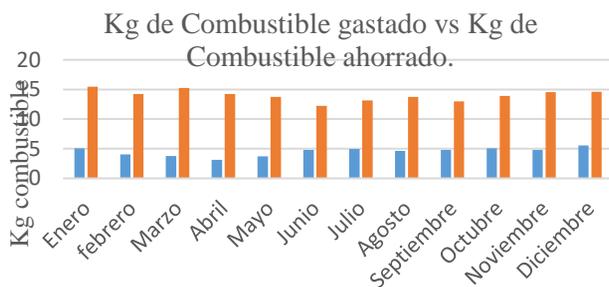


Gráfico 3 Masa de combustible ahorrada vs masa de combustible gastada. Donde la barra azul es la masa de combustible gastado y la barra roja representa la masa de combustible ahorrado

Fuente: Elaboración propia.

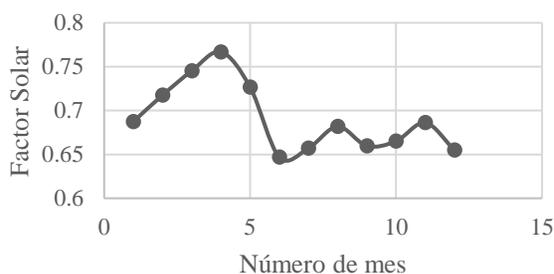


Gráfico 4 Factor solar mensual

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El contar con un software que evalúe los sistemas de calentamiento solar, de forma energética y económica, permite determinar si el uso de estos sistemas es rentable o no.

Contar con equipos certificados permite ofrecer a los usuarios sistemas de calidad.

Dado que el algoritmo, que se presenta en este trabajo, se desarrolló en base a la norma NMX-ES-004-NORMEX-201 puede contribuir a la certificación o verificación de sistemas comerciales.

El uso de sistemas de calentamiento permite a los usuarios reducir costos por el uso de combustible, además de que reduce las emisiones de dióxido de carbono al ambiente.

Referencias

NMX-ES-004-NORMEX-201

(Energía, 2017).

(Pemex, 2017).

Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos (7a.* McGraw Hill México.

Çengel, Y. A., Boles, M. A., & Buesa, I. A. (2006). *termodinámica* (Vol. 10). São Paulo: McGraw-Hill.

Van Wylen, G. J., & Sonntag, R. E. (1967). *Fundamentos de termodinámica* (No. 536.7). Limusa.

Marina, U. E. PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-027-ENER/SCFI-2016, Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas LP o gas natural. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado.

Burbano, J. C., Restrepo, Á. H., & Sabogal, Ó. J. (2006). Diseño y construcción de un calentador solar de agua operando por termosifón. *Scientia et technica*, 2(31).

Agricultura 4.0 y el uso de vehículos no tripulados para la tecnificación del campo mexicano

Agriculture 4.0 and the use of unmanned vehicles for mexican farming technification

NIVÓN-PELLÓN, Alejandra†*, FLORES-AGUERO Francisco y TALAVERA, Marianela

Universidad Autónoma de Querétaro

ID 1^{er} Autor: *Alejandra Nivón Pellón*/ ORC ID: 0000-0002-1715-4335, CVU CONACYT ID: 668097

ID 1^{er} Coautor: *Francisco Flores Aguero*/ ORC ID: 0000-0002-6708-8401, CVU CONACYT ID: 538844

ID 2^{do} Coautor: *Marianela Talavera*/ ORC ID: 0000-0002-9185-4743, CVU CONACYT ID: 580789

Recibido 6 de Abril, 2018; Aceptado 5 de Junio, 2018

Resumen

La agricultura de precisión, también conocida como la agricultura metro a metro, reduce entre el 40% y el 70% los costos empleados en insumos como abonos, fertilizantes y pesticidas. El objetivo del presente es el de analizar el potencial de los drones o vehículos no tripulados para su adopción en la agricultura mexicana, concretamente los campos de cultivo de la vid ya que pueden significar una solución tecnológica para gestionar las labores en el campo. El análisis desde un acercamiento fenomenológico a los actores que participan en las labores del viñedo en el corredor enológico queretano revela que la agricultura de precisión puede ser adoptada como práctica cultural para la gestión del cultivo de la vid y podría gestionarse por medio del análisis de imagen aéreas que permitan una adecuada toma de decisiones en el momento correcto, permitiendo que el sector vitivinícola de la agroindustria mexicana innove hacia el concepto 4.0

Dron, agricultura de precisión, vinificación

Abstract

Precision agriculture, also known as remote sensing agriculture, significantly reduces production costs, and minimize between 40% and 70% the use of fertilizers and pesticides. The aim of this works es present drones or unmanned vehicles as a technological alternative in agriculture management and a solution for field work in mexican vineyard. The analysis from a phenomenological approach to the actors involved in the work of the vineyard in Queretano, México, reveals that precision agriculture can be adopted through remote sensing and the analysis of images taken by unmanned vehicles. Wine grape is an annual crop witch requires specific care and work during each month, the activities could be managed through images analysis allowing feasible decisions at the right time. This would allow the Mexican wine sector evolve to the concept of industry 4.0.

Dron, Remote sensing, Precision agriculture, Vilification

Citación: NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, FLORES-AGUERO Francisco y TALAVERA, Marianela. Agricultura 4.0 y el uso de vehículos no tripulados para la tecnificación del campo mexicano. Revista de Ingeniería Innovativa 2018. 2-6:29-36

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alejandra.nivon@uaq.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La tecnología en el sector agrícola puede definirse como el conjunto de conocimientos técnicos que pueden resultar del estudio y/o experiencia individual o colectiva que en conjunto con la práctica desarrolla habilidades y capacidades humanas (Lara, 1993)

Se ha observado que la innovación tecnológica es fundamental para alcanzar y mantener los niveles de competitividad de los productores agropecuarios. La detección de los actores, sus actividades, recursos y capacidades de un sistema de innovación es básica para el desarrollo de paquetes tecnológicos que se adapten a cada tipo de cultivo, las circunstancias locales y características del productor.

Históricamente las innovaciones tecnológicas han ocurrido a lo largo del desarrollo de la humanidad en cada una de las civilizaciones, fue Schumpeter a inicios del siglo XX quien describe la importancia de la tecnología y del cambio tecnológico mediante las innovaciones. De estas ideas surge la teoría neoclásica que correlaciona en alto grado a los cambios tecnológicos como responsables directos de los aumentos logrados en la productividad (Solleiro, 2006).

Ahora sabemos que el cambio tecnológico tiene un papel determinante en el grado de crecimiento económico de un país. Pero también ha tenido un caro costo para los habitantes del planeta Tierra: la deforestación masiva a nivel mundial ya sea para la construcción de fabricas y viviendas o bien para la producción de cultivos determinados como palma, cacao, maíz o instalación de invernaderos ha generado perdidas de la biodiversidad animal y vegetal y aumento en gases que causan efectos nocivos para la vida en el planeta. Aunado a esto practicas de cultivo inapropiadas y uso extensivo y excesivo de herbicidas y pesticidas permiten observar un escenario que a todas luces deja ver una gestión incorrecta de los recursos naturales y la producción agroalimentaria (Herrera, 2006; Lopez, 2012).

La naturaleza ambivalente de la innovación y la evolución en su entendimiento nos permite ahora adoptarla como parte de la solución una vez que se ha detectado con claridad el problema, como por ejemplo: el desarrollo desmedido de manchas urbanas, contaminación de campos acuíferos, desgaste de tierras de cultivo. Resulta razonable entonces analizar y actuar sobre el medio ambiente natural y social, afrontar los daños ya ocurridos al medio ambiente y desigualdades con una visión integral a largo plazo con el objetivo de impactar positivamente a la humanidad actual y venidera (Lopez, 2012).

La industria 4.0 se entiende como aquella que busca tecnificar los procesos para brindar mayor control sobre ellos, permite la colección y análisis masivo de datos sobre el proceso y plantea estrategias para la mejora e innovación del mismo, la industria 4.0 hace uso del internet de las cosas, el big data, ofrece plataformas para generar cercanía con el cliente y adaptarse a la creciente y cambiante demanda (Portella, 2018; i-scoop, 2016). Por lo tanto la agroindustria 4.0 se orienta a hacer más eficientes los procesos de campo para obtener mejor materia prima con menos recursos con ayuda de tecnologías digitales y análisis de datos.

El objetivo del presente es el de presentar el uso de los vehículos no tripulados como una opción utilizada en la industria agrícola en algunos países con el fin de recolectar datos, analizarlos y compartirlos para una mejor y sustentable gestión de cultivos y reconocer las posibilidades de su aplicación en el campo mexicano para la evolución de la industria agroalimentaria nacional a una industria sustentable 4.0.

Se analiza la posibilidad del uso de drones en el entorno vitivinícola mexicano, el más antiguo de America Latina, y se revisan posibilidades para seguir los pasos de su homologo español.

Marco de Referencia

Durante la década de los 80 el gobierno japonés, preocupado por el envejecimiento de la población rural, decide implementar estrategias para la tecnificación y modernización de los sistemas agrícolas en el país, por esta razón el Ministerio de Agricultura y la empresa Yamaha deciden incorporar vehículos no tripulados dirigidos a control remoto, por sus siglas en inglés RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), para atraer a jóvenes interesados en las nuevas e innovadoras prácticas agrícolas, así se diseñó el RPAS Yamaha RMAX un helicóptero controlado remotamente (Juniper, 2015). En la actualidad más del 40% de los arrozales son monitoreados con vehículos no tripulados para maximizar producción y los beneficios de la tierra (TecnoAgro, 2017, Kho y Wich, 2016).

En Estados Unidos la empresa Yamaha negoció la introducción de vehículos no tripulados únicamente con objetivos agrícolas para lo que la Federal Aviation Administration certifica y autoriza a civiles el uso de RAPS para la gestión de las labores del campo (FEA, 2018).

Los vehículos no tripulados, RPAS o drones son buenos aliados para la gestión de cultivos en lo que hoy se conoce como agricultura de precisión (AP), ya que ayudan a que la aplicación de fertilizantes, riego y control de plagas se haga de manera localizada solo en las áreas que lo requieren y en las cantidades óptimas. La agricultura de precisión es también la conocida como la agricultura metro a metro reduciendo entre el 40% y el 75% de productos para fertilización y pesticidas (Kho y Wich, 2016).

Existen drones que pueden transportar cargas de líquidos, ideados para las tareas de fumigación y fertilización a estos se les ha adaptado una espesa para la salida del líquido en gotas pequeñas con efecto de nebulización. Estos RAPS tienen estabilidad de vuelo a una distancia de 10 m sobre el cultivo y su tecnología permite el roció de sustancias en solución a control remoto o automáticamente, únicamente en las zonas que los necesitan, lo que representa una reducción de costos substancial ya que se utiliza menos producto y es más económico que el roció por avioneta (Drone-hopper, 2018).

Para conocer el daño que se ha hecho a los ecosistemas, gestionar la solución y mejorar las prácticas de cultivo, desde hace ya varios años, se ha implementado el uso de imágenes satelitales con el fin de tener información global y tomar mejores decisiones sobre un área determinada. Las imágenes satelitales dependen de gran cantidad de factores que las hacen en ocasiones difíciles de tomar, de analizar y en ocasiones se espera hasta dos meses para tener imágenes propias para su análisis. Sin mencionar que por la claridad y definición hacen costoso y complejo el monitoreo de biodiversidad y cultivo en una zona determinada (Guerrero, 2015)

En la actualidad el uso de vehículos no tripulados también conocidos como drones en vuelos de prueba sobre Aras Nepal, Sumatra, Indonesia han reportado el potencial de las imágenes para su aplicación en la conservación y correcta gestión de los ecosistemas (Kho y Whitch, 2012).

Con el fin de evaluar la posible implementación de la tecnología de teledetección en el sector productivo del campo mexicano se describe su situación actual y se analizan las características de las ofertas y posibilidades tecnológicas para la digitalización del campo. Se expone también, desde un acercamiento fenomenológico, el análisis a los actores que participan en las actividades vitivinícolas en tres municipios del estado de Querétaro, México para entender la esencia de la experiencia del cultivo y la percepción del valor que tienen de la tecnología con la que cuentan o bien pudieran implementar. Lo anterior para evaluar el potencial de este sector para implementar un programa piloto para la toma de datos, interpretación y gestión de las actividades del viñedo.

Análisis y resultados

Características de los vehículos no tripulados y su empleo en la conservación de recursos forestales y gestión de cultivos

Los vehículos no tripulados para su uso a escala profesional suelen tener autonomía de vuelo mayor a los 15 minutos y baterías recargables e intercambiables ya que en ocasiones el acceso a las zonas geográficas a analizar no es sencillo y se debe aprovechar la jornada cuando ya se encuentra el dron in situ.

Para el uso agrícola se prefieren aquellos RAPS que tienen sistema de posicionamiento global integrado conocido como GPS, algunos también cuentan con sensores de temperatura, humedad y presión atmosférica.

Para la dirección de un RAPS son necesarios sistemas de estabilización de vuelo, los drones autónomos cuentan con un sistema de dirección a control remoto, algunos cuentan con programas que ayudan a la planeación estratégica de la ruta de vuelo y los hay también con sistemas de reconocimiento de terreno para despegue y aterrizaje automático. Se recomienda no realizar vuelos cuando la velocidad del viento es mayor a los 10 km/h (Kho y Whitch, 2012).

El peso promedio de los vehículos no tripulados para toma de imágenes agrícolas y reconocimiento de biodiversidad es mayor a los 400 gramos y hasta 650-700g. Las baterías integradas generalmente tienen un promedio de 2200 mA/h lo que permite vuelos entre 20 y 25 minutos y cubrir áreas de hasta 15 kilómetros. Las imágenes a analizar dependen de la resolución de las mismas y las características de la cámara utilizada. Se ha reportado análisis de imágenes desde los 1080x 720 píxeles estas permiten distinguir condiciones de terreno, tipos de cultivo y por supuesto construcciones o asentamientos humanos, este tipo de imágenes se pueden comparar con las encontradas en Google Earth aunque tienen una mayor resolución y debido a que son tomadas entre los 80 y 120 metros de altitud y es rara la obstrucción visual por cúmulos de nubes, las imágenes con resolución superior 4000x3000 píxeles permiten hacer conteos individuales de plantas y seres vivos con mayor definición (Guerrero, 2015; Kho y Whitch, 2012).

Con la tecnología de los RAPS, es posible también la detección de actividad humana ilícitas como el uso de tierras para cultivo en zonas restringidas o bien construcciones en zonas protegidas, la generación de mosaicos geo-referenciados a partir de las imágenes aéreas permiten la gestión en tiempo real de áreas protegidas y cultivos dependiendo claro de la resolución de las imágenes.

El uso de cámaras multiespectrales permiten la toma de imágenes que al igual que las cámaras comunes reproducen la figura de un objeto por la combinación de rayos de luz que proceden de el objeto, solo que una imagen espectral reproduce la figura del objeto en función de una longitud de onda particular emitida (Diaz et al, 2016; Alava, 2018). Por lo general una cámara multiespectral a bordo de un RPAS obtiene un conjunto de imágenes del mismo objeto o área, cada una de ellas en diferente longitud de onda. La cantidad de imágenes que se pueden reproducir depende de la cantidad de filtros colocados en la cámara generalmente para una cámara multiespectral se usan entre 2 y 20 bandas según el fin para el que sean usadas las imágenes. La cámara parrot sequoia es un ejemplo de cámara multiespectral desarrollada por la firma parrot para su implementación en drones agrícolas (Alva, 2018).

En los años setenta investigaciones científicas reportaron que la actividad fotosintética está relacionada con la cantidad de fotones absorbido por una planta, mientras mas luz del sol absorban las plantas durante su etapa de crecimiento, mayor es la actividad fotosintética, por tanto mayor biomasa vegetal es producida pues los productos de la fotosíntesis son azúcares y almidones. Inversamente mientras menos luz del sol sea absorbida menor será la actividad fotosintética y menos rendimiento es observado en un cultivo (Berrio et al, 2015) . Lo anterior llevó a la creación del índice normal de crecimiento vegetal o NDVI, por sus siglas en inglés Normalized Difference Vegetation Index, la NASA tiene décadas de estudio de las condiciones de crecimiento de vegetación de todo el mundo por lo que este índice se ha perfeccionado para establecer crecimientos normales de cultivos (Weier y Herring 2000)

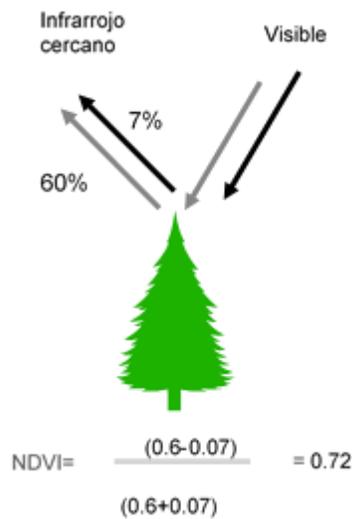


Figura 1 Cálculo del índice NDVI. Adaptado de Weier y Herring 2000
Elaboración propia

Los cálculos de NDVI (ecuación 1) arrojan números que van de -1 a +1. Valores entre 0.8 y 0.9 indican la más alta densidad de hojas verdes en un cultivo. En la mayoría de los climas la vegetación y masa foliar de un cultivo está determinada por la cantidad de agua disponible, por lo que la densidad relativa de vegetación es un buen indicador de sequía, otras posibles causas de índices bajos de NDVI son: bajas temperaturas que retrasan el la época de crecimiento o la acortan y las nubes (Weier y Herring 2000; Berrio et al, 2015).

La digitalización de las labores del campo atrae a jóvenes y nuevos talentos en todo el mundo

Siguiendo el ejemplo puesto por el gobierno japonés comentado en el presente, varios países han adoptado la tecnología de los RAPS para tecnificar el campo y atraer talento joven que se especialice en la gestión de cultivo haciendo uso de las imágenes aéreas, la agricultura mundial está ya en manos de los nacidos entre 1980 y 1995, grupo de personas que viven a travez de la red (*web*) en la llamada pos modernidad, personas multipantallas y multidispositivos (Gutierrez,2016) que también muestran interés por el medio ambiente, tienen compromiso social y del entorno en donde habitan, así mismo exigen y están dispuestos a dar un toque humano al ofrecer productos y servicios, son personas móviles, multitareas de conducta no lineal e imprescindible, a este grupo se le conoce según algunos autores como millennials (Deloitte, 2018; Gutierrez,2016).

En la actualidad en América Latina alrededor del 30% de la población se encuentra en este rango de edad. Según la empresa Deloitte (2018) para 2025 este sector representará el 75% de la fuerza laboral. De acuerdo con el estudios de Telefonica Global Millennial Survey en 2014 en America Latina el 78% del grupo poblacional millennials tiene un teléfono inteligente, 70% una computadora portátil y 37% una tablet, lo anterior es el fundamento para prospectar el comportamiento de la sociedad en un futuro venidero, lo que permite a las empresas agroalimentarias desarrollos de funciones y aplicaciones para teléfonos inteligentes y tabletas que sirvan para potenciar la experiencia de compra (Deloitte, 2018; Gutierrez, 2016).

El impacto tecnológico en el campo mexicano

El uso de tecnología en el sector agrícola ha sido históricamente una herramienta que media entre la labor humana y la naturaleza. Según Herrera (2006), su función básica en teoría es contribuir sustancialmente a transformar la naturaleza para beneficio de la gente que vive del campo. En occidente es un proceso lineal que supone la sustitución de las técnicas tradicionales por innovaciones comúnmente tecnológicas (Cáceres, 2015).

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS}) \quad (1)$$

NIR: infrarrojo cercano

VIS: Luz visible

El impacto tecnológico sobre el sector agropecuario es controversial, pues ha incrementado la producción y rendimiento en el sector agropecuario global (Pingali, 2012) aumentando la productividad de la mano de obra con recursos ahora tan conocidos como lo es un tractor, lo que propicia que el propio trabajo sea menos rutinario y más confortable. Sin embargo la revolución agrícola genera especulación al abordar temáticas de sobre explotación de suelos e implementación de técnicas de cultivo que afectan al medio ambiente. Algunos destacan su potencial productivo y su capacidad para producir comida para una población cada vez más numerosa (Borlaug, 2000 en Herrera, 2006) y otros señalan sus impactos negativos en el campo ambiental y socioeconómico (Patel, 2012).

El territorio mexicano cuenta con climas variados y prácticas culturales que permiten una gran cantidad de productos a diferentes escalas y calidades, de la misma manera existen diferencias que separan y distinguen a los productores tales como las condiciones sociales como nivel educativo, extensión de áreas para cultivo, recursos económicos y situación geográfica tal como accesibilidad y transporte.

Es imperativo que la introducción de nuevas tecnologías ayuden al crecimiento cultural, económico y social de las partes rurales del país sin alterar el entorno natural ni contribuir a una mayor iniquidad social.

Propuesta sectorial para la digitalización telemétrica del campo mexicano

La elección de un sector con características socioculturales, geográficas y escala de cultivo para su tecnificación y digitalización requiere de estrategia y prospectiva. La posible implementación de programas piloto podrá permitir su escalamiento hacia diferentes sectores agrícolas en los años venideros.

En México las empresas dedicadas a la producción de vino se encuentran en su mayoría ligadas a la producción de uva para vinificación en áreas específicas definidas por condiciones climáticas determinadas. Lo que se adecua al Modelo de Impacto Urbano Industrial que describe la eficacia y buen funcionamiento de economías agrícolas próximas a los centros industriales de transformación (Herrera, 2006). Esto permite la disminución de costos por transporte, promueven economías locales, mejora de infraestructura urbana y crecimiento de las capacidades tecnológicas regionales. Lo anterior describe al corredor enológico que se encuentra en el estado de Querétaro compuesto por casas vitivinícolas capacidades de proceso y extensión de viñedo diferente (El Economista, 2017).

Se observa que los actores involucrados en las actividades vitícolas son hombres y mujeres entre los 18 y los 47 años, más del 70% cuenta con teléfonos inteligentes propios, sobre todo los más jóvenes.

La mayoría de los trabajadores en los viñedos tienen experiencia previa en trabajo de campo y además de atender al viñedo algunos (32%) cultivan pequeñas parcelas propias para auto consumo.

Las actividades del viñedo en todas las casas vinícolas son supervisadas por algún integrante de la empresa que tiene una carrera profesional: Ingeniero Agrónomo, Ingeniero Químico, o Enólogo, se encontró también que las empresas abren las puertas a practicantes técnicos y universitarios. Las actividades de supervisión del viñedo están vinculadas a análisis químicos de las bayas antes de la vendimia y también si es requerido análisis de suelo, control de plagas y podas anuales.

Se observa que las casas vitivinícolas del estado de Querétaro cuentan con responsables de actividades para ventas, logística, transporte y organización de eventos para atraer al turismo.

Por otro lado, las entrevistas no estructuradas revelan que es un sector agrícola que tiene las posibilidades económicas para la implementación y adopción de tecnología de teledetección y el interés por la digitalización de sus actividades.



Figura 2 Aplicación y uso de vehículos no tripulados en la Agricultura 4.0.

Fuente: elaboración propia

Actualmente la industria vitivinícola en México se considera también como un sector además de productivo de interés turístico con derramas económicas importantes (más del 30.3% del total de total del ingreso turístico en el estado de Querétaro) y un crecimiento anual estimado del 12%. Lo anterior genera apoyos gubernamentales y atractivos para inversionistas amantes de este sector (El Economista, 2018).

Conclusión

El viñedo mexicano vinculado con la industria de transformación y producción de vino, es una cadena agroalimentaria propicia para la cual generar paquetes tecnológicos que permitan la transformación del sector y su modernización para la generación de productos enológicos de calidad, empleos sustentables y aporte a las economías regionales y nacional.

La literatura revela que el sector agrícola que hasta el momento era un área de oportunidad laboral en países como España y Argentina que a pocos jóvenes universitarios interesaba, ahora llama a jóvenes profesionistas a especializarse en diagnóstico de campo a través de la toma de imágenes y sus análisis, con ellos se ha logrado disminuir costos de producción y tomar decisiones asertivas con respecto a los cultivos con el fin de ofrecer al mundo productos de cada vez mejor calidad (Valeiro, 2004). Se ha mejorado el rendimiento de campos de olivos y viñedos permitiendo a la agroindustria sectorial fortalecerse y ser más competitiva (Expansión, 2018).

La revisión literaria y la visita a sitios *WEB* de asesorías agroindustriales base tecnológica permiten hacer una recopilación de la utilidad de los RPAS en los sistemas agroindustriales permitiendo tecnificar las actividades del campo mundial (Fig. 2) implementando tecnologías para el manejo, monitoreo y control de cultivos específicos en sus distintas etapas con el objetivo de hacer mejoras a la producción y disminuir costos.

Se observa claramente que la agroindustria 4.0 en México y países América Latina es posible con ayuda de capital privado y gubernamental en conjunto con instituciones de educación superior y de investigación lo que muy probablemente logre además de atraer a jóvenes interesados en la industria agroalimentaria, mejorar nuevos procesos de producción, mejoras al medio ambiente, sensores conectados al internet de las cosas, tecnología de monitoreo y análisis de imágenes multiespectrales que brinden la mayor cantidad de información y permitan la gestión de cultivos de manera precisa (Berrio et al, 2015; Stanley, 2014; Kho y Which, 2012).

Uno de los sectores más prometedores en este sentido es el sector vitivinícola, que siguiendo el ejemplo de su homólogo español y argentino es un buen candidato para adopción de la tecnología: RAPS, análisis de imágenes, sensores de humedad y otras para su gestión, particularmente por las características del cultivo y su ciclo anual; los costos de producción; el tipo de inversión; el interés en la producción de vinos de cada vez mejor calidad que nazcan en el campo y las prácticas culturales como los tratamientos antifúngicos y el estrés hídrico (Arnó et al, 2009).

La implementación de un programa piloto que adapte un paquete a la medida para el sector vitivinícola puede permitir evaluar en un ambiente real el uso de tecnologías de teledetección para la toma de datos su interpretación lo que permitirá a jóvenes viticultores y enólogos tomar decisiones asertivas en el momento oportuno para el lugar preciso.

Se percibe también que los actores involucrados en el sector vitivinícola consideran factible y deseable la introducción de la tecnología de teledetección por medio de RPAS, se observa que cuentan con preparación técnica para evaluar el beneficio potencial que la interpretación de las imágenes y los datos recopilados pueden traer a sus cultivos.

Los RPAS son una tecnología que avanza rápidamente, no sería extraño que se desarrollen drones para agricultura más especializados de manera que en unos años resulten imprescindibles.

Referencias

- Agroculturers 2017. Drones para agricultura, beneficios y casos reales. Recuperado de <http://agroculturers.com/drones-para-agricultura-beneficios-y-casos-reales/> en marzo 2107.
- Alava Ingenieros. 2015 Artículo técnico ¿Qué diferencia una imagen multiespectral de una hiperespectral?. Recuperado de www.alavaingenieros.com en marzo de 2018. Berrío M. Viviana A., Mosquera T. Jemay, Alzate V. Diego F. 2015. Use of drones for multispectral image analysis in precision agriculture. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA. ISSN 1692-7125. Volumen 13, No. 1, p.28-40, año 2015 Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad de Pamplona

- Borlaug, N.E. (2000). Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry. *Plant Physiology*, vol. 124(2),487-490
- Cáceres, D. 2015. Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante. *Mundo Agrario*, 16. Recuperado de <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/MAv16n31a08> en marzo 2015.
- Deloitte, 2018. Encuesta Millennials 2018. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/about-deloitte/articles/encuesta-millennial-2018.html> el 20 de septiembre de 2017.
- Díaz, M de J. et al. 2016. Atlas ilustrado de Fotografía digital práctica. Ed. Susaeta. Madrid, España.
- El Economista. Estrella V. 2018. Producción de vino, ancla turística en Qro. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/estados/Produccion-de-vino-ancla-turistica-en-Qro-20180223-0004.html> en abril 2018.
- Expansión, 2018. Drones para abonar viñedos a la carta. <http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2018/06/20/5b1fe8cce5fdea0d4d8b45c8.html> Recuperado en junio 2018
- FEA, 2018. Federal Aviation Administration. Certificates. Recuperado de: https://www.faa.gov/licenses_certificates/ en junio 2018.
- Guerrero, 2015. Sistema de visión para agricultura de precisión: Identificación en tiempo real de líneas de cultivo y malas hierbas en campos de maíz. Memoria para optar al grado de doctor. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de informática.
- Gutierrez A., Xavier P., 2016. Snapchat y política. México
- Herrera, 2006 Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Una aproximación teórica. *Revista Gaceta Laboral* Vol. 12, No. 1 Universidad Autónoma del Estado de México.
- i -scoop. 2016. Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0. Recuperado de <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/> en marzo 2018
- Juniper, A. 2015. The complete guide to drones. Ed. Ilex. United Kingdom.
- Koh, L. P. y Which S. 2012. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science* Vol.5 (2):121-132, 2012.
- Lara, 1998. "Actores y procesos en la innovación tecnológica". Tecnología. Conceptos, problemas y perspectivas. Siglo Veintiuno Editores. UNAM. México.
- Leach, M., J. Rockström, P. Raskin, I. Scoones, A. C. Stirling, A. Smith, J. Thompson, E. Millstone, A. Ely, E. Arond, C. Folke, and P. Olsson. 2012. Transforming innovation for sustainability. *Ecology and Society* no.17 pp. 11-17
- Lopez M., 2012. Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable: Origen precisiones conceptuales y metodología operativa. Ed Trillas. México
- Patel. 2012. The long green revolution. *Journal of Peasant Studies*, vol. 40.
- Pingali, P.L. 2012. Green Revolution: impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 109.
- Portella, V. 2016. Industria 4.0, una revolución que se retrasa en México. *Forbes* mayo de 2018. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-una-revolucion-que-se-retrasa-en-mexico/>. en julio 2018
- Sollero, Del Valle, Sanchez 1993. La innovación tecnológica en la agricultura mexicana. Modernización de la empresa agropecuaria *Revista del Banco de México*.
- Telefonica, 2014. Telefónica Global Millennial Survey: Global Results. Recuperado de <http://s1.pulso.cl/wp-content/uploads/2014/10/2019231.pdf> el 20 de septiembre de 2017
- TecnoAgro. 2017. Revista Avances Tecnológicos y agrícolas. Recuperado de: https://tecnoagro.com.mx/remository/1/view,containers/sort_order,0/ en julio 2018.
- Weier J. y Herring D. 2000. Measuring Vegetation NDVI y EVI. NASA Earth observatory. Recuperado de <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation> en febrero de 2018.
- Valero, C. 2004. Situación actual de la agricultura de precisión en España.. "Vida Rural" (n. 192); pp. 17-20. ISSN 1133-89

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

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

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

International Identification of Science – Techonology an Innovation.

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

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

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

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

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

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

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

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

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

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

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

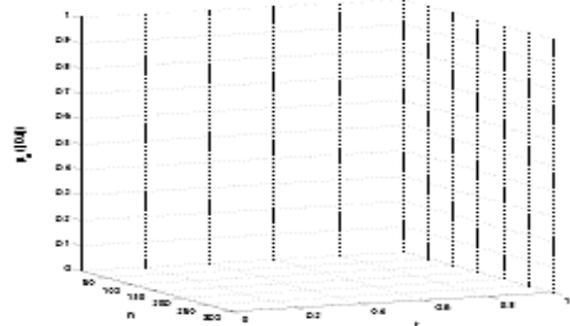


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

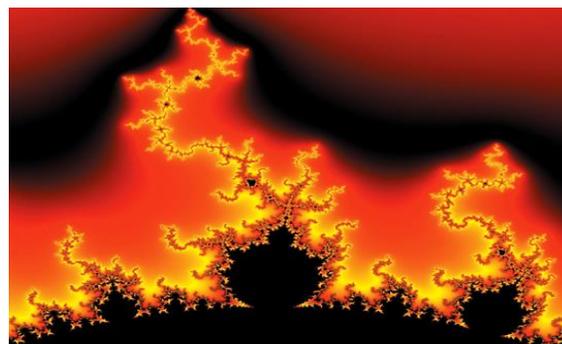


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Sistemas Experimentales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.

-Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.

-Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.

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

-Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.

-El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.

-No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.

-Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

Responsabilidades del Consejo Editorial

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

Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

Responsabilidades de los Autores

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

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

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

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

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

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

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

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales:

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

Política Editorial y Administración

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

ECORFAN®

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Editores Asociados

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Publicidad y Patrocinio

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

Licencias del Sitio

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

Oficinas de Gestión

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

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

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

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas 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.

YongHe district, ZhongXin, Street 69. Taipei-Taiwan.

Revista de Ingeniería Innovativa

“Método de informática forense para identificación de origen de fotografías digitales”

LÓPEZ-LÓPEZ, Alan Omar, MATA-MENDOZA, David, NÚÑEZ-RAMÍREZ, Diana, NAKANO-MYATAKE, Mariko y CEDILLO-HERNÁNDEZ, Manuel

Instituto Politécnico Nacional

“Análisis de un banco de pruebas para microgeneración hidráulica”

MACIAS-RODAS, Carlos Artemio, LÓPEZ-DE PAZ, Pascual, LASTRES-DANQUILLECOURT, Orlando y FARRERA-VÁZQUEZ, Nein

Instituto de Investigación e Innoación en Energías Renovables

“Diseño de un algoritmo para la evaluación económico-energética de captadores solares”

PACHECO-REYES, Alejandro, VALLE-HERNANDEZ, Julio, ROJAS-ÁVILA, Apolo y DELGADO-ROMERO, Victor Manuel

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Universidad Nacional Autónoma de México

“Agricultura 4.0 y el uso de vehículos no tripulados para la tecnificación del campo mexicano”

NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, FLORES-AGUERO Francisco y TALAVERA, Marianela

Universidad Autónoma de Querétaro

