

ISSN 2523-6873

Volumen 3, Número 9 — Enero — Marzo — 2019

Revista de Ingeniería Innovativa



ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

MIRANDA-TORRADO, Fernando. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Ingeniería Innovativa, Volumen 3, Número 9, de Enero a Marzo 2019, 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. Editor en Jefe: MIRANDA-TORRADO, Fernando. PhD. ISSN-2523-6873. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo 2019.

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

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

Revista de Ingeniería 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

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

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

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

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

Comité Arbitral

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

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

GONZALEZ - MARRON, David. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

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

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

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

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

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

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

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

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

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

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero*, por RAFAEL-PEREZ, Eva, MORALES-HERNANDEZ, Maricela, REYES-MORALES, Idalia Sarai y NAVARRETE-INFANTE, Néstor Manuel, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Oaxaca, como segundo artículo presentamos, *Visualización de un flujo de convección mediante un arreglo tipo Schlieren*, por MORALES-LARRAGA, Alan, GÓMEZ-VIEYRA, Armando, REAL-RAMÍREZ, César Augusto y MIRANDA-TELLO, José Raúl, con adscripción en la Universidad Autónoma Metropolitana, como tercer artículo presentamos, *Diseño y monitoreo en tiempo real de un biodigestor, aplicado a las condiciones ambientales de Hermosillo*, por MONTIJO-VALENZUELA, Eliel Eduardo, RAMÍREZ-TORRES, Flor, RIVERA-LANDAVERDE, Rodolfo Ulises y RAMÍREZ-CORONEL, Fernando Joaquín, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Hermosillo, como último artículo presentamos, *Estacionamiento Inteligente*, por RODRÍGUEZ-MIRANDA, Gregorio, SANTOS-OSORIO, Rene, ORDAZ-BANDA, Carmen Sarahí y LOPEZ-RIVERA, José Armando, con adscripción en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río.

Contenido

Artículo	Página
Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero RAFAEL-PEREZ, Eva, MORALES-HERNANDEZ, Maricela, REYES-MORALES, Idalia Sarai y NAVARRETE-INFANTE, Néstor Manuel <i>Instituto Tecnológico de Oaxaca</i>	1-11
Visualización de un flujo de convección mediante un arreglo tipo Schlieren MORALES-LARRAGA, Alan, GÓMEZ-VIEYRA, Armando, REAL-RAMÍREZ, César Augusto y MIRANDA-TELLO, José Raúl <i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>	12-18
Diseño y monitoreo en tiempo real de un biodigestor, aplicado a las condiciones ambientales de Hermosillo MONTIJO-VALENZUELA, Eliel Eduardo, RAMÍREZ-TORRES, Flor, RIVERA-LANDAVÉRDE, Rodolfo Ulises y RAMÍREZ-CORONEL, Fernando Joaquín <i>Instituto Tecnológico de Hermosillo</i>	19-33
Estacionamiento Inteligente RODRÍGUEZ-MIRANDA, Gregorio, SANTOS-OSORIO, Rene, ORDAZ-BANDA, Carmen Sarahí y LOPEZ-RIVERA, José Armando <i>Universidad Tecnológica de San Juan del Río</i>	34-39

Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero

Expert System for the rotation of crops in a greenhouse

RAFAEL-PEREZ, Eva†*, MORALES-HERNANDEZ, Maricela, REYES-MORALES, Idalia Sarai y NAVARRETE-INFANTE, Néstor Manuel

Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Sistemas y Computación. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030

ID 1^{er} Autor: *Eva, Rafael-Perez* / ORC ID: 0000-0003-2793-1254, CVU CONACYT ID: 905268

ID 1^{er} Coautor: *Maricela, Morales-Hernandez* / ORC ID: 0000-0002-3521-2041, CVU CONACYT ID: 731036

ID 2^{do} Coautor: *Idalia Sarai, Reyes-Morales* / ORC ID: 0000-0003-3485-6985, CVU CONACYT ID: 999080

ID 3^{er} Coautor: *Néstor Manuel, Navarrete-Infante* / ORC ID: 0000-0002-0170-5622, CVU CONACYT ID: 337188

DOI: 10.35429/JOIE.2019.9.3.1.11

Recibido Enero 27, 2019; Aceptado Marzo 30, 2019

Resumen

La producción de cultivos bajo invernadero es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola. La rotación de cultivos es una práctica agrícola para aumentar la productividad de la tierra y optimizar el uso de recursos alternando diferentes tipos de cultivos en el mismo suelo. El proyecto denominado "Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero" fue desarrollado con el objetivo de tomar la decisión del tipo de cultivo idóneo a sembrar en el invernadero "San Sebastián", ya que el riesgo de pérdida de producción se reduce considerablemente, de manera que ayude al productor a saber cuál es el cultivo idóneo a sembrar según la experiencia de un experto en la rama; mediante el uso de sensores se obtiene el registro de las temperaturas de ambiente y humedad en tiempo real; el software fue desarrollado utilizando el modelo de Prototipos.

Sistema experto, Rotación de cultivos, Invernadero

Abstract

The production of greenhouse crops is one of the most modern techniques currently used in agricultural production. Crop rotation is an agricultural practice to increase the productivity of the land and optimize the use of resources by alternating different types of crops in the same soil. The project called "Expert System for the rotation of crops in a greenhouse" was developed with the aim of making the decision of the type of suitable crop to be planted in the "San Sebastian" greenhouse. Since the risk of production loss is considerably reduced, so that it helps the producer to know which is the suitable crop to sow according to the experience of an agricultural expert; using physical sensors, the registration of ambient and humidity temperatures is obtained in real time; the software was developed by the prototype model.

Expert system, Rotation of crops, Greenhouse

Citación: RAFAEL-PEREZ, Eva, MORALES-HERNANDEZ, Maricela, REYES-MORALES, Idalia Sarai y NAVARRETE-INFANTE, Néstor Manuel. Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero. Revista de Ingeniería Innovativa. 2019. 3-9: 1-11

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han transformado las condiciones y la manera de vida de la población rural, actividad que sigue siendo decisiva para la evolución de la humanidad, la forma de producción en la agricultura ha cambiado; los sistemas productivos han incrementado la productividad y la competitividad, mediante la automatización en los procesos de producción en los invernaderos de manera inteligente.

El proyecto Sistema experto para la rotación de cultivos en un invernadero fue desarrollado con el objetivo de apoyar al productor en la toma de decisión del tipo de cultivo idóneo a sembrar en el invernadero “San Sebastián”, ubicado en la comunidad de San Sebastián Atoyaquillo en la región Mixteca del estado de Oaxaca, México.

Actualmente la agricultura considera diversos métodos de producción, eficientes y de alto rendimiento, una de ella es la agricultura protegida, que se define como un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control del medio climático, alterando sus condiciones: suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica (Castellanos-Ramos, 2004).

La producción de cultivos bajo invernadero es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola. Un invernadero provee un ambiente apropiado, tanto en el suelo como en el aire para el cultivo de especies vegetales.

La rotación de cultivos es una práctica agrícola para aumentar la productividad de la tierra y optimizar el uso de recursos alternando diferentes tipos de cultivos en el mismo suelo, su utilización contribuye a reducir la “fatiga” de los suelos; es decir, la disminución del rendimiento del cultivo debido a factores fitopatológicos, nutricionales, de malos manejos o alelopáticos; por lo que no sólo resuelve problemas de insectos y plagas, sino también es una solución económicamente viable. (Seminis, 2016).

El principio básico de las rotaciones es que los cultivos se suceden en función de las características entre el cultivo precedente y el siguiente, esperando algunos años a volver a plantar un determinado cultivo en la misma parcela, a la hora de diseñar una rotación, se deben combinar cultivos de características diferentes, siempre teniendo en cuenta el efecto que cada cultivo produce sobre la fertilización y la estructura del suelo.

Para la rotación de cultivos existen varias técnicas y se pueden simplificar o hacer más complejos según nuestras necesidades y experiencia, para este proyecto se basó en la técnica de rotación de 4 grupos 8 familias, iniciando con la familia de las Solanáceas, después la familia de las Leguminosas, posteriormente la familia Compuestas y finalmente la familia de las Umbelíferas.

Otro aspecto fundamental de la rotación de cultivos es la determinación de las reglas de rotación, ya que es importante tener en cuenta la familia de las plantas para saber qué tipo de suelo es requerido por cada planta, como para sus asociaciones con otras plantas beneficiosas para su crecimiento, ya que las necesidades nutricionales de las plantas varían principalmente según su familia.

Hoy en día la Inteligencia Artificial es la rama de la computación con mayor crecimiento en los últimos años, una de sus áreas son los Sistemas Expertos (SE), según (Velázquez & Coca 2004) plantean que son un tipo de programa de aplicación informática que adopta decisiones o resuelve problemas de un determinado campo, como la agricultura, finanzas medicina entre otros, utilizando los conocimientos y reglas analíticas y definidas por los expertos en ese campo; se apoya de la base de conocimiento que proporciona hechos, objetivo y reglas del tema y del motor de inferencia que proporciona la capacidad de razonamiento que permite al sistema experto extraer conclusiones. El uso de los sensores, en la actualidad ha revolucionado la manera en que los agricultores hacen uso de ellos, debido a que un invernadero es de suma importancia conocer el estado de las variables climatológicas que se presenten como la temperatura y humedad para tener los datos precisos de las variables que monitorean que favorece a los productores, tanto económica como productivamente.

En el estado de Oaxaca existe un crecimiento ascendente en la producción de cultivos bajo invernaderos, en la región mixteca la agricultura es la actividad básica generalmente de autoconsumo, los principales productos que se obtienen son maíz, frijol, trigo, ajo, tomate y cebolla; y que en muchas zonas de la región ya cuentan con la agricultura protegida en la producción de cultivos.

El invernadero San Sebastián es una empresa 100% mexicana, que está orientada a la producción y comercialización de cultivos bajo invernadero, para otorgarles a las familias oaxaqueñas un producto sano y de calidad.

El Sistema experto para la rotación de cultivos en un invernadero comprende varios módulos como son: cultivo, siembra cosecha, rotación, riego, bitácora, ver bitácora e historial, temperatura y humedad.

El presente trabajo se compone de los siguientes apartados: Metodología, planteamiento del problema, tipos de usuarios, desarrollo, resultados, conclusiones y referencias.

Metodología

Para la creación de software existen diferentes metodologías de desarrollo de software a seguir; para el proyecto denominado sistema experto para la rotación de cultivos en un invernadero, se utilizó la metodología basada en prototipos que tiene como objetivo principal la participación directa del cliente en la construcción del software requerido, ayuda a los participantes a mejorar la comprensión de lo que hay que elaborar cuando los requerimientos no están claros, la clave del modelo está en definir desde el principio las reglas del juego; es decir, todos los participantes deben estar de acuerdo en que el prototipo sirva como el mecanismo para identificar y definir los requerimientos del software, (Pressman, 2010, p. 37).

Sus fases son: comunicación, plan rápido, modelado diseño rápido, construcción del prototipo, despliegue, entrega y retroalimentación, ver figura 1, para este proyecto se realizaron tres prototipos, que fueron desarrollados y evaluados por parte del usuario final.

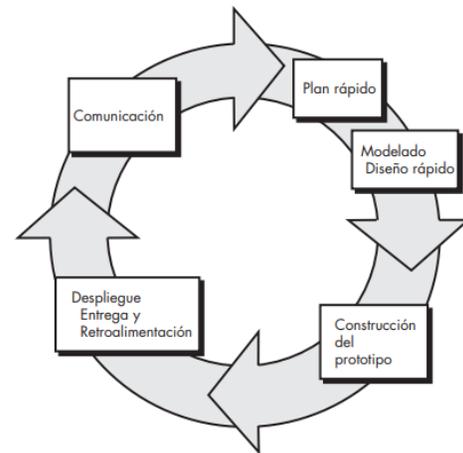


Figura 1 Modelo en prototipos

Fuente. (Pressman, 2010, p. 37)

Planteamiento del problema

La producción de cultivos bajo invernadero es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola, uno de los principales problemas de cualquier invernadero es que son de monocultivo, es decir, solo siembran un tipo de cultivo, en el caso del invernadero “San Sebastián” casi siempre se ha sembrado jitomate, lo cual resulta a veces perjudicial para tanto para el mismo invernadero como para el productor; en los sistemas de monocultivo, con el paso del tiempo se observa un incremento de insectos, plagas y enfermedades específicas del cultivo, asimismo, la cantidad de nutrientes disminuye, porque las plantas ocupan siempre la misma zona de raíces y en la temporada siguiente las raíces no se desarrollan bien según (SAGARPA, 2018), existe la “fatiga” de los suelos; es decir, la disminución del rendimiento del cultivo debido a factores fitopatológicos, y como consecuencia se presenta la pérdida del cultivo lo que genera pérdidas económicas para el productor.

Tipos de usuario

Para este sistema se identificaron 3 tipos de usuarios con diferentes roles y privilegios para el acceso al sistema. El usuario Administrador del sistema, tiene el acceso total a cada uno de los módulos, es el encargado de agregar datos al sistema de usuarios, nuevos cultivos y nuevos riegos.

El usuario administrador del invernadero agrega los datos relacionado al invernadero de siembras, cosechas, bitácora de procesos y solo visualiza la información de los riegos, cultivos, historial de siembras y cosechas, rotación de cultivos, bitácora de procesos; y el usuario invitado solo puede ver información de los riegos, cultivos, historial de siembras y cosechas, rotación de cultivos, bitácora de procesos.

Desarrollo

Para el desarrollo del proyecto, se realizaron tres prototipos que le permitieron la adecuación de los requisitos del usuario en el sistema, por lo tanto, en cada uno de prototipos se realizaron las fases de comunicación, plan rápido, modelado diseño rápido, construcción del prototipo, despliegue, entrega y retroalimentación del sistema que a continuación se describen:

En la fase de Comunicación, se realizaron las diferentes entrevistas con el productor del invernadero para conocer cuáles son las necesidades reales y los problemas presentados para generar los requerimientos del sistema, por ejemplo: actividades y procesos manuales, cantidad de camas, altura, longitud y la distancia entre una cama y otra, sistema de riego, preparación manual de abono, fertilización, periodos de siembra, de cosecha, corte, condiciones climatológicas en cuanto a humedad y temperatura,, tipo de cultivos que conoce, cantidad de cosecha que obtuvo de ellas para definir los objetivos generales del software, identificar los requerimientos y detectar las áreas en las que es imprescindible una mayor definición.

Para la definición de requerimientos se utilizó la técnica de casos de uso, para especificar el comportamiento del sistema. Un caso de uso narra una historia estilizada sobre cómo interactúa un usuario final (que tiene cierto número de roles posibles) con el sistema en circunstancias específicas, ilustra el software o sistema desde el punto de vista del usuario final (Pressman, 2010, p.113). A continuación, se muestra un ejemplo de caso de uso del usuario administrador del sistema, ver figura 2.

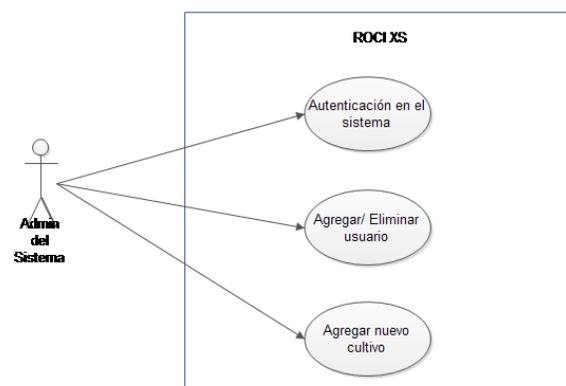


Figura 2 Caso de uso de administrador del sistema

Fuente: *Elaboración Propia*

En la fase del Plan rápido se generó un plan de prototipos donde especifica los módulos, las actividades a realizar en cada uno de ellos, y la manera en que interactúan los usuarios con el sistema a través de las interfaces ver tabla 1.

Primer Prototipo:
- Autenticación en el sistema
- Usuarios
- Módulo de siembra
- Módulo de cosecha
- Ver historial de siembras y cosechas
- Ver cultivos
- Dar de alta, visualizar, mostrar, editar
Segundo Prototipo:
- Agregar riego para cultivos
- Insertar descripción del proceso (Bitácora)
- Ver bitácora
- Ver Riego
- Módulo de rotación
- Ingresar mes
- Ver cultivo siguiente
- Seleccionar cultivo siguiente
- Analiza la secuencia de rotación
- Reglas de rotación
- Analiza temperaturas
- Interacción de usuarios con las interfaces: Ingresa cultivo actual, Ingresa cultivo anterior1, Ingresa cultivo anterior2
Tercer prototipo:
- Módulo de humedad
- Módulo de temperatura
- Arduino/sensores
- Lectura de temperatura y humedad
- Temperaturas mínimas y máximas
- Obtener humedades mínimas y máximas
- Agregar o actualizar temperaturas y humedades en la base de datos
- Ver temperatura actual
- Ver humedad actual

Tabla 1 Plan de prototipos

Fuente: *Elaboración Propia*

La fase de Modelado diseño rápido, es fundamental ya que se crean los diferentes modelos que sirve de base para el correcto funcionamiento del sistema, se diseñaron los diagramas de secuencia, la base de datos y las interfaces correspondientes a cada uno de los prototipos, a manera de ejemplo se muestra un diagrama de secuencia que modela la secuencia y la interacción del usuario con el sistema, la interfaz y la base de datos, ver figura 3.

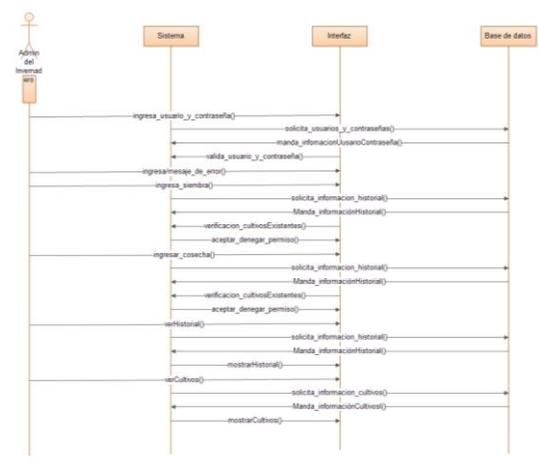


Figura 3 Diagrama de secuencia Administrador
Fuente: Elaboración Propia

La figura 4, muestra el modelo de base de datos, es importante mencionar que para la creación de la base de datos se utilizó el sistema gestor de base de datos MySQL

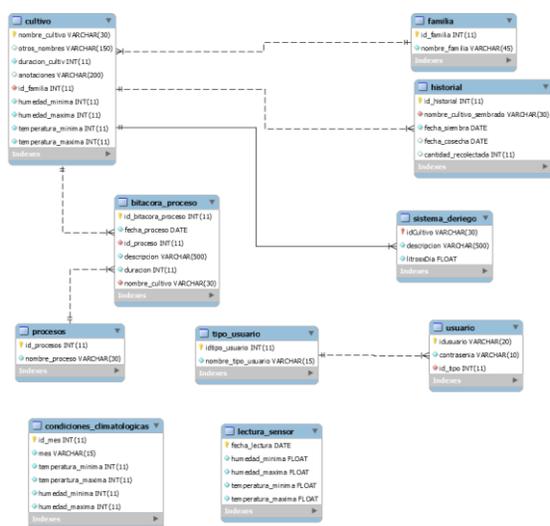


Figura 4 Modelo de base de datos relacional Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestran las interfaces de pantallas con diseño simples, ver figura 5 y 6.

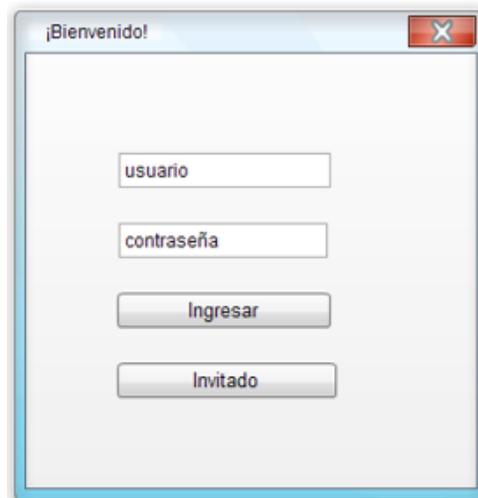


Figura 5 Acceso al sistema
Fuente: Elaboración Propia

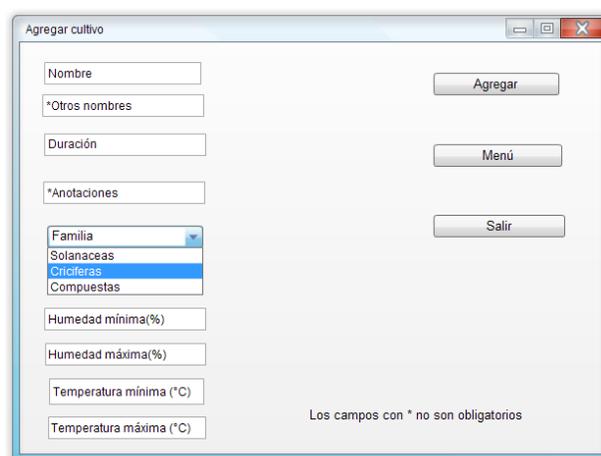


Figura 6 Agregar cultivos
Fuente: Elaboración Propia

El diseño rápido lleva a la construcción de un prototipo. Éste se entrega y es evaluado por los participantes, que dan retroalimentación para mejorar los requerimientos; para este proyecto se utilizó el lenguaje de programación en Java, utilizando la librería de Eclipse IDE for Java Developers, que es una plataforma de desarrollo de código abierto basada en Java; y que se realizó en forma paralela con el diseño, es importante decir que los resultados de la construcción de cada uno de los prototipos está en función de las iteraciones.

La iteración ocurre a medida de que el prototipo es afinado para satisfacer las necesidades de distintos participantes, y al mismo tiempo le permite al usuario entender mejor lo que se necesita hacer.

En la última fase que es Despliegue, entrega y retroalimentación del sistema, se aplicaron diferentes tipos de pruebas, por ejemplo las pruebas de integración, donde se comprobó que los módulos y elementos que interactúan en el sistema funcionen de manera correcta; pruebas de contenido donde se verificó que los botones usados para enlazar a más contenidos fueran los correctos e intuitivos para el usuario; y finalmente los prototipos fueron evaluados por los diferentes usuarios y se realizaron las modificaciones correspondientes así como la retroalimentación necesaria del sistema solicitado por el productor.

Rotación de cultivos

El Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero fue desarrollado con el objetivo de tomar la decisión del tipo de cultivo idóneo a sembrar en el invernadero “San Sebastián”, ya que el riesgo de pérdida de producción se reduce considerablemente, de manera que ayude al productor a saber cuál es el cultivo idóneo a sembrar según la experiencia de un experto.

Este proyecto se basó en la técnica de rotación de 4 grupos 8 familias y su ciclo de rotación inicia con el primer cultivo de las solanáceas, una familia exigente ya que requiere gran cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno(N), para ello, si no se dispone de buen suelo rico en materia orgánica, conviene añadirsele, abonando antes de la siembra; una vez hemos finalizado con las solanáceas, se sugiere plantar leguminosas o crucíferas. Las dos familias son consideradas como mejoradoras. Esto se debe principalmente a sus características en relación al suelo.

Las leguminosas, mantienen una simbiosis en el suelo con microorganismos del género *Rhizobium*, que son fijadores del Nitrógeno atmosférico y lo incorporan al suelo. Por su parte, las crucíferas, son plantas que mejoran la estructura del suelo por su raíz pivotante y, además, reincorporan el azufre (S) al suelo. El siguiente a sembrar son los de los cultivos “mejoradores”, se plantan cultivos de exigencia media, como pueden ser las compuestas, las quenopodiáceas o las cucurbitáceas.

Finalmente, encontramos las umbelíferas y las liliáceas, ambos cultivos poco exigentes a nivel nutricional y que dejan el suelo preparado para abonar nuevamente y volver a empezar el ciclo de rotación. (Pellicer, 2015), ver figura 7.



Figura 7 Rotación de cultivos, 4 grupos 8 familias
Fuente: (Pellicer, 2015) Recuperado de <https://blog.mundoikos.com/familias-de-cultivos-y-rotaciones/>

Para la rotación de cultivos de este sistema experto se han tomado 8 familias de cultivos que serán divididas en cuatro grupos, tal como se ve en la tabla 2, llamaremos al grupo sombreado con el color verde como el grupo “A”, el sombreado por el color azul como el grupo “B”, el amarillo como grupo “C” y el gris como el grupo “D”.

Solanácea	Leguminosa
	Crucífera
Umbelífera	Compuestas
	Quenopodiácea
Liliácea	Cucurbitácea

Tabla 2 Clasificación de familias

La rotación se hará de la siguiente manera:

Familia A → Familia B → Familia C → Familia D → Familia A...

Actual	Anterior	Siguiente
Solanácea	Leguminosa	Crucífera
Solanácea	Crucífera	Leguminosa
Solanácea		Crucífera

Tabla 3 Cultivo siguiente del grupo A

Determinar el cultivo siguiente después de un cultivo del grupo A, va a requerir del nombre de la familia del cultivo actual, así como el nombre de la familia del cultivo ya sea de la familia de las umbelíferas o liliáceas anterior, quedando de la siguiente manera.

Actual	Anterior	Anterior2	Siguiente
Leguminosa	Compuesta	Quenopodiácea	Cucurbitácea
Leguminosa	Quenopodiácea	Cucurbitácea	Compuesta
Leguminosa	Cucurbitácea	Compuesta	Quenopodiácea
Crucífera	Compuesta	Quenopodiácea	Cucurbitácea
Crucífera	Quenopodiácea	Cucurbitácea	Compuesta
Crucífera	Cucurbitácea	Compuesta	Quenopodiácea
Leguminosa			compuesta
Leguminosa	Compuesta		Cucurbitácea
Leguminosa	Quenopodiácea		Cucurbitácea
Leguminosa	Cucurbitácea		Compuesta
Crucífera			compuesta
Crucífera	Compuesta		Cucurbitácea
Crucífera	Quenopodiácea		Cucurbitácea
Crucífera	Cucurbitácea		Compuesta

Tabla 4 Cultivo siguiente del grupo B

Para determinar el cultivo siguiente después de un cultivo que pertenece al grupo B, se requiere del cultivo actual, y los dos anteriores cultivos pertenecientes al grupo C, esto para evitar sembrar la misma familia en un lapso de tiempo mayor.

Actual	Anterior	Siguiente
Compuesta	Umbelífera	Liliácea
Compuesta	Liliácea	Umbelífera
Quenopodiácea	Umbelífera	Liliácea
Quenopodiácea	Liliácea	Umbelífera
Cucurbitácea	Umbelífera	Liliácea
Cucurbitácea	Liliácea	Umbelífera
Compuesta		Umbelífera
Quenopodiácea		Umbelífera
Cucurbitácea		Umbelífera

Tabla 5 Cultivo siguiente del grupo C

Para determinar el cultivo siguiente después de un cultivo que pertenece al grupo C, se requiere del cultivo actual, y el anterior cultivo pertenecientes al grupo D, esto para evitar sembrar la misma familia en un lapso de tiempo mayor.

Anterior	Siguiente
Liliácea	Solanácea
Umbelífera	Solanácea

Tabla 6 Cultivo siguiente del grupo D

En el caso de los cultivos del grupo D, solo se requiere del cultivo actual para determinarnos el cultivo siguiente.

Por último, una última regla es que, si no se encuentra un cultivo actual y por consiguiente tampoco se encuentra un cultivo anterior, la regla nos dirá que el cultivo que se seleccionara será alguno de la familia de las solanáceas

Resultados

Para este sistema se implementaron diferentes módulos que fueron retroalimentados y evaluados para satisfacer las necesidades de los usuarios. A continuación se describen los módulos:

- Acceso al sistema; se otorgaron los permisos de acceso a la información de acuerdo a los tipos de usuario, para ingresar al sistema cada usuario cuenta con un nombre de usuario y una contraseña. Ver Figura 8.

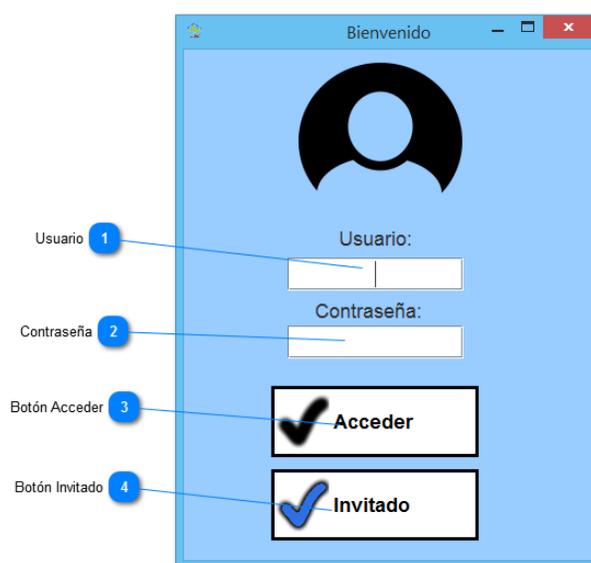


Figura 8 Pantalla de Acceso al sistema experto

Fuente: Elaboración Propia

- **Navegación en el Sistema.**

Al iniciar la sesión de forma correcta, muestra la pantalla principal del sistema que se compone del título, menú de opciones, e interfaz del usuario, como ejemplo se observa la pantalla principal del usuario administración del invernadero en la figura 9.



Figura 9 Pantalla Principal del sistema

Fuente: Elaboración Propia

En el módulo de cultivos, se agregan nuevos cultivos a la base de datos, de existir en el sistema mandará un mensaje con la leyenda de “Este cultivo ya existe en la base de datos”, es necesario rellenar los datos obligatorios, de lo contrario no se podrá ejecutar la acción, en el caso de las temperaturas y humedades solo se puede agregar números, ver figura 10.

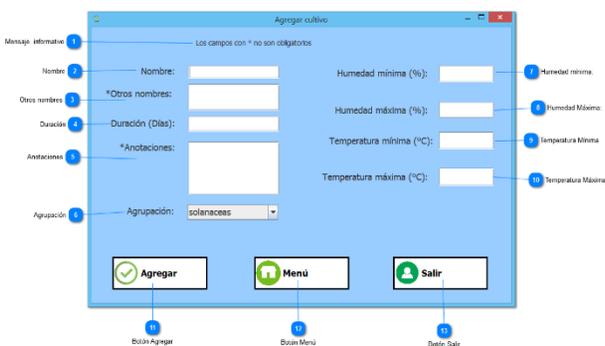


Figura 10 Agregar nuevo cultivo

Fuente: Elaboración Propia

La figura 11, contiene todos los cultivos existentes en la base de datos y al dar clic sobre alguno de ellos se muestra en los campos de la parte inferior la información del cultivo seleccionado, en caso de que los campos que no son obligatorios no contengan información se despliega la leyenda “Sin registro”.

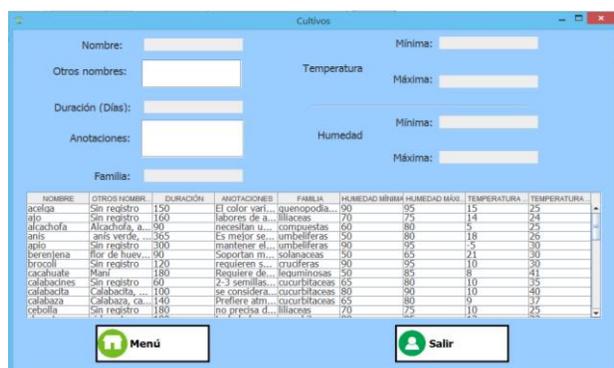


Figura 11 Agregar nuevo cultivo

Fuente: Elaboración Propia

Módulo de registrar siembra; para poder registrar una nueva siembra, es importante, tener la fecha de la última cosecha ya registrada para que el nombre de la siembra sea aceptado como valido este debe pertenecer al campo nombre que se muestra en la ventana de cultivos. Ver figura 12.



Figura 12 Registrar nueva siembra

Fuente: Elaboración Propia

Módulo de cosecha. Para registrar una nueva cosecha y se cuente con una siembra que aún no registra la cosecha, los campos nombre y cosecha serán rellenados automáticamente con la información de la última siembra dejando los campos cosecha y cantidad recolectadas editables para que el usuario pueda ingresar la información correspondiente, la fecha de cosecha debe ser posterior a la fecha de la siembra de lo contrario no se podrá guardar la cosecha, como se muestra en la figura 13.



Figura 13 Agregar nueva cosecha

Fuente: Elaboración Propia

Módulo de rotación de cultivos, este módulo es fundamental para el adecuado funcionamiento del sistema experto, existen campos que son rellenados automáticamente.

Este campo se rellena automáticamente con la información que se encuentra registrada en el sistema con la familia a la que pertenece la última siembra o cosecha registrada, el usuario debe escoger un mes para que con base en ello el sistema tome la decisión de cuál será el cultivo, la siguiente información será referente a la decisión del sistema de cuál es el cultivo siguiente, una vez que el sistema analizó las familias de los últimos cultivos, determina a que familia debe pertenecer el siguiente cultivo y se muestra en este campo, finalmente una vez determinada la familia a la que pertenece el siguiente cultivo y el sistema determina el o los cultivos

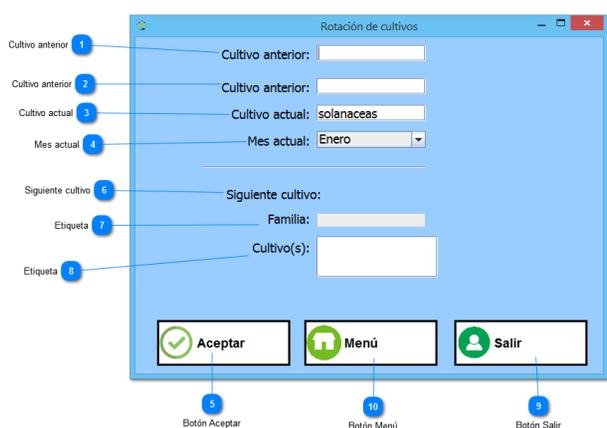


Figura 14 Rotación de cultivos
Fuente: Elaboración Propia

Módulo de historial, este módulo contiene el historial del cultivo, muestra todas las siembras y cosechas registradas, los campos id, cultivo, fecha siembra, fecha cosecha se rellenan de manera automático, algún campo, se muestra la información en la parte inferior de la pantalla, en caso de que la cosecha aún no se registre envía un mensaje “Sin registro”. Ver figura 15.

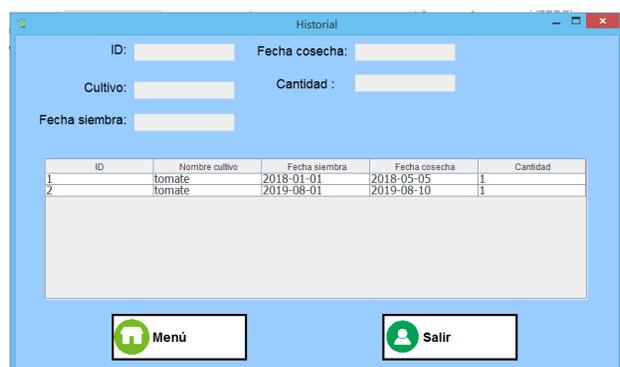


Figura 15 Historial del cultivo
Fuente: Elaboración Propia

Módulo de riego, este módulo permite mostrar los riegos ya almacenados en la base de datos. El Tiempo de Riego Diario (T.R.D.) está calculado por la siguiente ecuación:

$$T.R.D = \frac{D.B.C.}{n.g.x\ qg}$$

Donde:
D.B.C. =Demanda Bruta del Cultivo
n.g. = Número de goteros (2)
qg =Caudal del gotero (2.3Iih) (Comisión Nacional de Riego, 2000), ver figura 16.

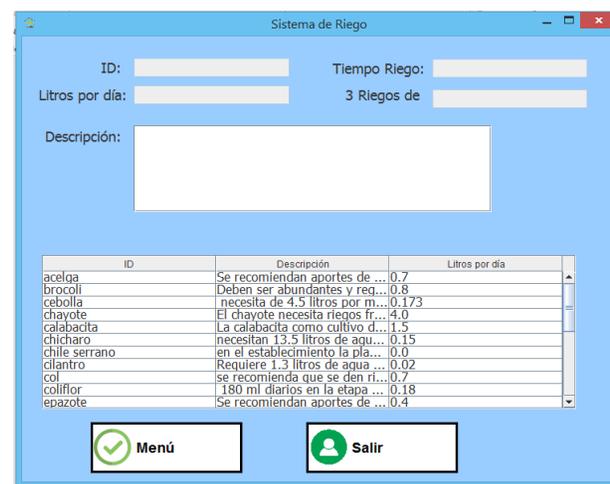


Figura 16 Módulo de riego
Fuente: Elaboración Propia

De esta manera se dividen en tres, para hacer un riego por la mañana, uno por la tarde y otro por la noche. La figura 17 muestra el módulo de bitácoras, en donde el usuario puede insertar una nueva bitácora, el campo cultivo se rellena automáticamente y el campo proceso se elige un tipo de procesos, los cuales son: fertilización, riego, Preparación de abono, siembra, cosecha, corte.

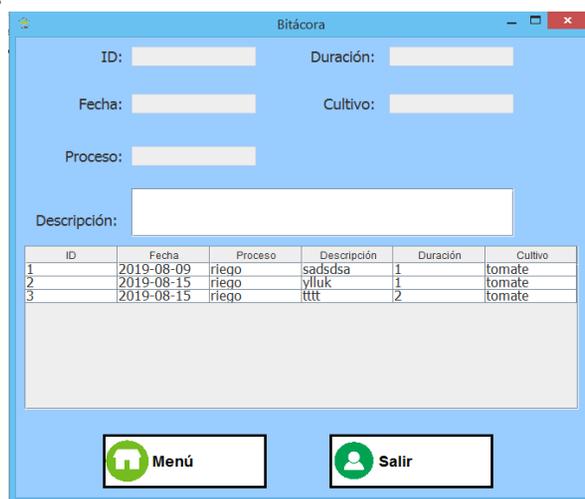


Figura 17 Módulo de bitácora
Fuente: Elaboración Propia

Módulo de humedad y temperatura. Como se muestra en la figura 18, contiene los campos de humedad donde el termómetro cambiará dependiendo del porcentaje de humedad que se está detectando, así como el porcentaje de humedad actual, en el campo temperatura, este cambiará dependiendo de los grados centígrados de temperatura que se está detectando y los grados de temperatura actual que tiene el invernadero.



Figura 18 Variables de temperatura y humedad
Fuente: *Elaboración Propia*

Conclusiones

El proyecto de rotación de cultivos para un invernadero apoyado en un sistema experto fue desarrollado con el objetivo de tomar la decisión del tipo de cultivo idóneo en el invernadero “San Sebastián”, que trae los siguientes beneficios: Con la toma de decisión del tipo de cultivo a sembrar en el invernadero el riesgo de pérdida de producción se reduciría considerablemente.

Al desarrollar un sistema experto capaz de tomar la decisión de la rotación de cultivo, ayuda al productor a saber cuál es el cultivo idóneo a sembrar según la experiencia de un experto en la rama; en pro del propio cultivo como del productor, pues al productor se le asegura de esta manera que su cosecha obtendrá la mejor producción según la experiencia y conocimiento del experto y, por otro lado, el cultivo también será beneficiado ya que reduce la incidencia de plagas y enfermedades, al interrumpir sus ciclos de vida; ayuda a disminuir los riesgos económicos, en caso de que llegue a presentarse alguna eventualidad que afecte alguno de los cultivos, finalmente permite balancear la producción de residuos, ya que se pueden alternar cultivos que producen escasos residuos con otros que generan gran cantidad de ellos (CIMMYT-SAGARPA, 2019)

Referencias

Bastida - tapia A, J.A Ramírez - Arias 2008 Los invernaderos en México Universidad Autónoma de Chapingo Chapingo, México. 123 pág.

Castellanos, J. 2007. Perspectivas de la agricultura protegida en México. *In*: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México. Disponible en: http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4_perspectivas1.pdf

Collado, J. A. (s.f.). La Universidad Virtual. Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de Concepto de Sistema de Información en la organización: http://dpacomputacionunpa.files.wordpress.com/2011/10/1_conceptos_de_si_en_organizaciones.pdf.

Gabino Alberto Martínez-Gutiérrez*, René Díaz-Pichardo, Griselda Juárez-Luis, Yolanda D. Ortiz-Hernández, Juana Y. López-Cruz. Caracterización de las unidades de producción de tomate en invernaderos de Oaxaca Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca, Hornos 1003, C.P. 71230, Santa Cruz Xoxocotlán. Oaxaca. México

Gary W. Hansen, J. V. (2014). Diseño y Administración de Bases de Datos. Mexico: Prentice Hall.

Juárez López Porfirio, Bugarín Montoya Rubén, Castro Brindis Rogelio, Sánchez Monteón Ana Luisa, Cruz Crespo Elia, Juárez Rosete Cecilia Rocío, Alejo Santiago Gelacio, Balois Morales Rosendo. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida.

Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo

Laudon, K., & Laudon, J. (2004). Sistemas de información gerencial (Octava ed.). México: Pearson

Moreno Reséndez, Alejandro; Aguilar Durón, Juanita; Luévano González, Armando Características de la agricultura protegida y su entorno en México Revista Mexicana de Agronegocios, núm. 29, julio-diciembre, 2011, pp. 763-774

Sociedad Mexicana de Administración
Agropecuaria A.C. Torreón, México

Nevado, M. (2010). Introducción a Las Bases de
Datos Relacionales. España: Visión Libros

Visualización de un flujo de convección mediante un arreglo tipo Schlieren

Viewing a convection flow using the Schlieren technique

MORALES-LARRAGA, Alan†, GÓMEZ-VIEYRA, Armando*, REAL-RAMÍREZ, César Augusto y MIRANDA-TELLO, José Raúl

Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

ID 1^{er} Autor: Alan, Morales-Larraga / ORC ID: 0000-0002-3394-2905, CVU CONACYT ID: 839629

ID 1^{er} Coautor: Armando, Gómez-Vieyra / ORC ID: 0000-0003-0290-1518, CVU CONACYT ID: 170266

ID 2^{do} Coautor: César Augusto, Real-Ramírez / ORC ID: 0000-0003-0376-3575, CVU CONACYT ID: 43153

ID 3^{er} Coautor: José Raúl, Miranda-Tello / ORC ID: 0000-0002-5888-5732, CVU CONACYT ID: 101411

DOI: 10.35429/JOIE.2019.9.3.12.18

Recibido 19 de Febrero, 2019; Aceptado 31 de Marzo, 2019

Resumen

En este trabajo se utiliza un sistema Schlieren con el propósito de visualizar un flujo de convección, causado por la superficie de enfriamiento de una celda Peltier. Los elementos del montaje experimental son una fuente de luz blanca LED (450nm-650nm) que consume 300nW de potencia eléctrica medida, un relevador reflectivo óptico tipo Z, una navaja, un sistema de adquisición de imágenes basado en una cámara Edmund EO02018C con sensor CMOS-RGB y componentes optomecánicos. Se diseñó un programa para el análisis del vídeo de referencia y del vídeo del flujo de convección. Como primer paso se realizó la integración numérica y el desenvolvimiento de fase para obtener los gradientes de temperatura del fenómeno bajo estudio y su evolución temporal. Después, se analizó cada capa de detección, procesando los datos que entregan mayor información de este fenómeno. Es importante notar que la capa roja de la cámara presenta un mejor contraste en la visualización del fenómeno, sin embargo, se ve más afectada por la difracción de luz indeseable. Por consiguiente, la capa verde de la cámara, resulta óptima para analizar el fenómeno, con este estudio se corrobora que la técnica de Schlieren resulta idónea para observar fenómenos donde el gradiente de temperatura es pequeño y donde se tienen flujos de convección.

Flujo de convección, difracción, visualización

Abstract

In this work a Schlieren system is proposed. It is used to visualizing a convection flow, caused by the cooling surface a Peltier cell. The experimental assembly elements are a white LED light source (450 nm – 650 nm) that consumes 300 nW of measured electrical power, a Z-type optical reflective relay, a knife, an image acquisition system based on an Edmund EO02018C camera with CMOS RGB sensor and optomechanical components. A program for the analysis of the reference and the convection flow video was designed. As a first step, numerical integration and the phase unwrapping were carried out to obtain the temperature gradients of the phenomenon under study and its temporal evolution. Then, each detection layer was analyzed, processing the data that provide more information on this phenomenon. It is important to note that the red layer of the camera has a better contrast in the visualization of the phenomenon, however, it is more affected by undesirable light diffraction. Therefore, the green layer of the camera is optimal for analyzing the phenomenon, this study confirms that that the Schlieren technique is ideal for observing phenomena where the temperature gradient is small and there are convection flows.

Convection flow, diffraction, visualization

Citación: MORALES-LARRAGA, Alan, GÓMEZ-VIEYRA, Armando, REAL-RAMÍREZ, César Augusto y MIRANDA-TELLO, José Raúl. Visualización de un flujo de convección mediante un arreglo tipo Schlieren. Revista de Ingeniería Innovativa. 2019. 3-9: 12-18

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: agvtex@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

Introducción

Un serio problema en la actualidad es el calentamiento excesivo de dispositivos semiconductores y el cómo lograr un efectivo sistema de enfriamiento para asegurar su correcto funcionamiento. Para el análisis, evaluación y visualización de los flujos de calor en los dispositivos, es posible usar sensores puntuales, sin embargo, al emplear técnicas ópticas se tiene la ventaja de poder visualizar en forma continua y en un campo completo estos flujos alrededor de los dispositivos.

Entre estas técnicas, destaca la técnica de Schlieren, que es ampliamente utilizada en el campo de la investigación y la ingeniería, aplicándose principalmente en la visualización de campos de velocidad de flujo de fluidos (Martínez-González, Moreno-Hernández, & Guerrero-Viramontes, 2013), medición de la temperatura, en los procesos de combustión de flamas (Aguilar Fernández, Gómez Vieyra, Miranda Tello, & Álvarez Herrera, 2014; Alvarez-Herrera, Moreno-Hernández, & Barrientos-García, 2008; Gómez-Vieyra, Alvarez-Herrera, Vergara-Vázquez, & Pérez-Sanchez, 2017), la compresión del aire alrededor de los proyectiles (Settles & Hargather, 2017) en aeronáutica, entre otras muchas aplicaciones.

Del mismo modo, ha sido demostrado su potencial en la medición y evaluación de flujos de convección (Alvarez-Herrera, Moreno-Hernández, Barrientos-García, & Guerrero-Viramontes, 2009; Alvarez-Herrera, Murillo-Ramírez, Pérez-Reyes, & Moreno-Hernández, 2015). La técnica de Schlieren se basa en los cambios del índice de refracción de medios translúcidos (como el aire) sensibles a la variable a medir, como lo es, en este caso, el de la temperatura.

Estas alteraciones en el índice de refracción del medio debido al cambio de temperatura, provocan una alteración local en la dirección de los rayos de luz (Figura 1), lo que conlleva a poder visualizar el fenómeno de convección e indirectamente a medir cambios de la temperatura. La técnica fue formalmente propuesta por Robert Hooke en el siglo XVII y reinventada por Foucault y Toepler en el siglo XIX (G. S. Settles, 2001).

Esta técnica se sustenta en la ley de Gladstone - Dale:

$$n - 1 = k\rho \quad (1)$$

Esta ecuación relaciona la densidad ρ del fluido y el índice de refracción n del medio, donde k es la constante del fluido (Panigrahi & Krishnamurthy, 2012). En este trabajo se emplea un arreglo de Schlieren para visualizar en campo completo, de manera temporal, el comportamiento del flujo de convección de aire provocado por la superficie de enfriamiento de una celda tipo Peltier. Todo esto con el objetivo estudiar la naturaleza del flujo de convección en los procesos de enfriamiento de dispositivos semiconductores.

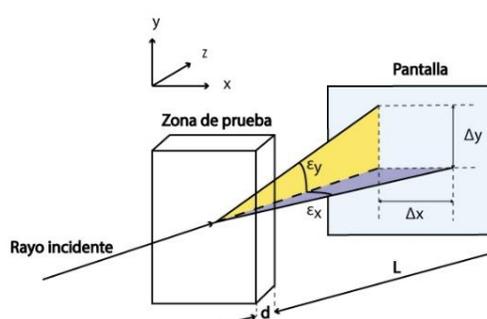


Figura 1 Haz de luz que pasa a través de un medio no homogéneo

Fuente: Elaboración Propia

Arreglo experimental

La Figura 2 muestra el esquema del arreglo Schlieren armado para este trabajo de investigación. El cual está formado por un sistema de iluminación: compuesto por un LED D blanco de 10 mm con un espectro de emisión entre 450nm y 650nm (Figura 3), una lente biconvexa L_1 de distancia focal $f_1 = 19$ mm con diámetro de 1 in y un diafragma de apertura A utilizado para eliminar componentes indeseables del haz de luz; un relevador óptico que consta de dos espejos esféricos E_1 y E_2 en una configuración tipo Z, los espejos tienen un diámetro de 75 mm y una distancia focal $f_{E_1 y E_2} = 500$ mm con película reflejante de aluminio, entre los espejos se encuentra el área de la muestra, en este caso la celda Peltier. En el foco del segundo espejo, se coloca de manera vertical una navaja N , la cual realiza el procesamiento óptico para obtener el gradiente espacial en x , el cual es explicado por la Teoría de la Óptica de Fourier.

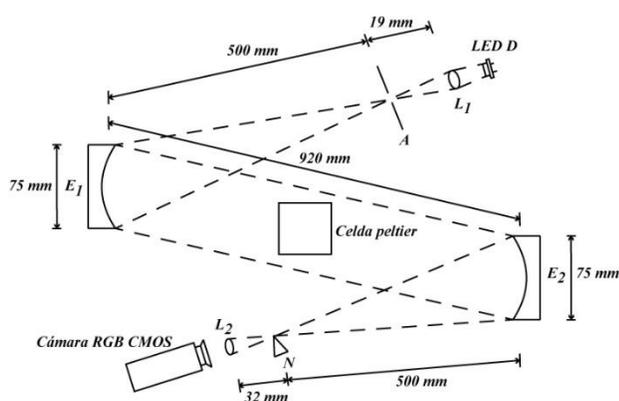


Figura 2 Diagrama del arreglo experimental utilizado
Fuente: Elaboración Propia

El subsistema de adquisición de imágenes está conformado por una lente L_2 de distancia focal $f_2 = 50$ mm, la cual se encarga de enfocar la imagen proveniente de la navaja en la cámara RGB CMOS marca Edmund EO2018C, que captura fotogramas a 1600×1200 pixeles en formato AVI y tiene un sensor de $1/1.8''$. La cámara se comunica a una computadora personal mediante un puerto USB 3.0.

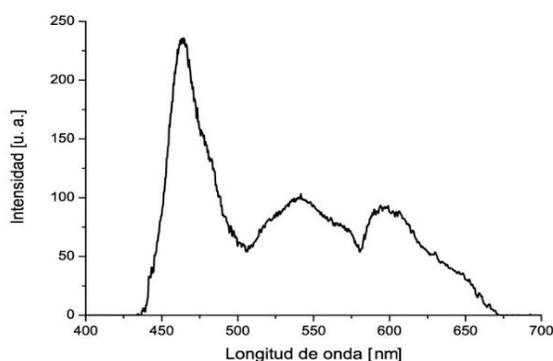


Figura 3 Espectro de emisión del LED D blanco de 10 mm medido a través de un espectrómetro Spectra – 1
Fuente: Elaboración Propia

El proceso de alineación para encontrar el ajuste adecuado del sistema es muy importante, se debe hallar la posición óptima de la fuente de luz, de la navaja y del subsistema de adquisición de imágenes, para obtener la mejor visualización del fenómeno de convección en los videos.

Procesamiento de datos

Se procesaron los videos con un algoritmo que realiza el desenvolvimiento de fase de los mapas de gradiente de temperatura.

El filo de la navaja en el arreglo experimental se colocó verticalmente, esto provoca que solo se afecten los rayos de luz perpendiculares a él, además de que los gradientes de densidad que se desplazan hacia la derecha se visualicen como áreas claras, mientras que los gradientes que se desplazan hacia la izquierda se visualicen como áreas oscuras. Esta condición nos va a dar la dirección de integración en torno del eje x .

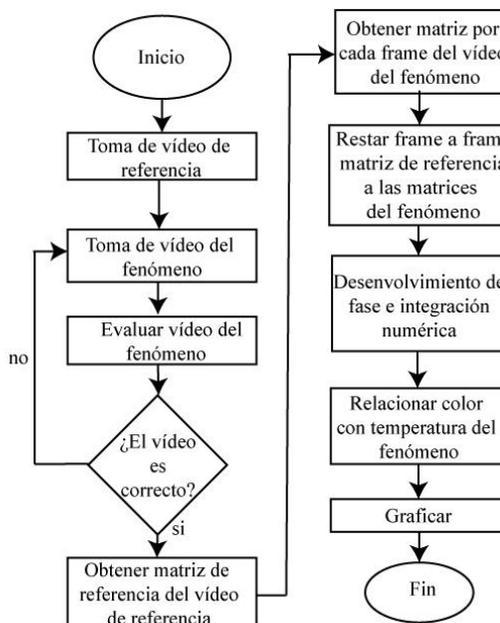


Figura 4 Diagrama de flujo del procesamiento de datos
Fuente: Elaboración Propia

La programación del método de integración fue desarrollada por el Dr. Cornelio Álvarez Herrera en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) y la Universidad Autónoma de Chihuahua (Cisneros Martínez, 2015). En primera instancia, el programa realiza el desenvolvimiento de fase mediante una integración directa de los datos capturados experimentalmente utilizando la sumatoria de los diferenciales en la dirección del eje x , después se resta la matriz creada del video del fenómeno a la matriz de referencia de cada uno de los frames deseados y se calcula una matriz promedio, por último, se realiza una representación gráfica del mapa de colores de la matriz promedio. Para este trabajo, el programa fue modificado para normalizar el mapa de colores con la temperatura ambiente, para mostrar la escala de temperatura y realizar el recorte adecuado del área de interés del fenómeno de convección y obtener la representación gráfica de cada uno de los frames del fenómeno y finalmente observar su evolución temporal.

Para relacionar el mapa de colores con la temperatura en las imágenes obtenidas, se obtuvo la curva de la calibración del sistema. Para obtener esta, se dejó trabajar el sistema unos minutos para que se estabilizara. Se tomaron mediciones puntuales a través del espacio con un termopar, primero de manera horizontal a través de la superficie de la celda Peltier y después de manera vertical sobre el centro de la celda Peltier. Se tuvo en cuenta la posición relativa en el vídeo y en el espacio de la muestra.

Los datos obtenidos se ajustaron a una ecuación lineal que relaciona el valor del color de cada pixel con la temperatura correspondiente. Esta ecuación de ajuste fue introducida al software computacional.

$$T = 16.49x + 8.19 \quad (2)$$

Donde T representa la temperatura en grados Celsius asociada al pixel y x representa el valor del color en la posición del pixel. También se realizó la correspondiente conversión de pixeles a centímetros para ajustar los ejes cartesianos de las imágenes obtenidas. Al adquirir los datos experimentales la temperatura ambiente fue de 21.4 °C, medidos por un termómetro fijo.

Análisis de resultados

Se obtuvieron diversos vídeos del fenómeno de difracción de luz, en los cuales es posible observar el flujo de convección de aire alrededor de la celda Peltier. En la Figura 5 se muestran tres capturas continuas del fenómeno en estudio. Al examinar esta imagen es posible apreciar que el flujo de convección no es muy visible, ya que al tratarse de un fenómeno que evoluciona en el tiempo, es preciso observar de manera completa el vídeo que captura. Las imágenes presentan poca nitidez y también es posible observar que en el flujo de convección existe un gradiente de temperatura muy pequeño o que este gradiente de temperatura se concentra en un área de la imagen muy pequeña.

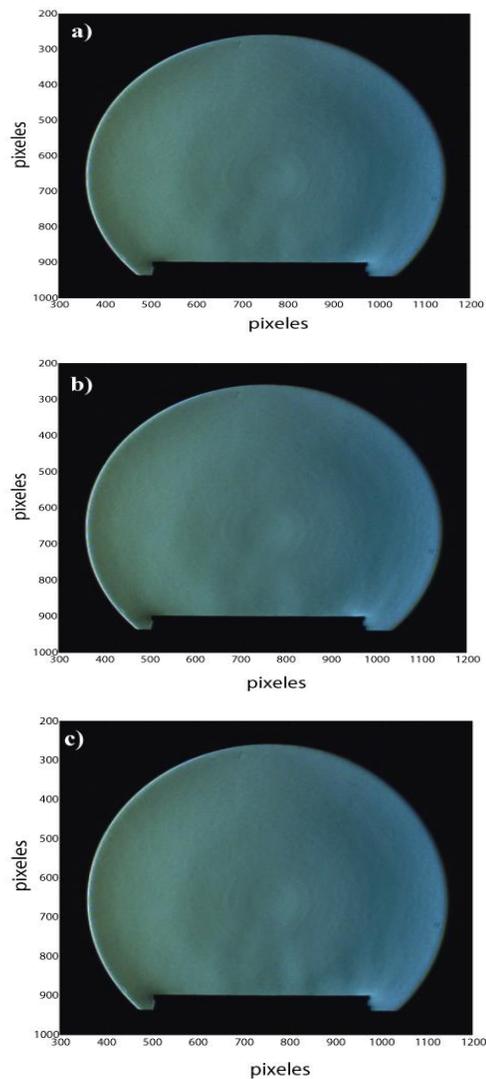


Figura 5 Imágenes obtenidas del vídeo del fenómeno de refracción de luz debida a cambios locales del índice de refracción por el cambio dinámico de temperatura a los tiempos a) 21.0 s, b) 21.7 s y c) 22.4 s

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos al procesar los vídeos del fenómeno muestran que de las tres capas de captura del fenómeno (RGB), la capa verde es la que presenta menor sensibilidad a la difracción de la luz indeseable y, por lo tanto, contiene mayor información del fenómeno (Figura 6). Por tal razón, se trabajó sobre la capa verde para realizar la integración numérica de los vídeos.

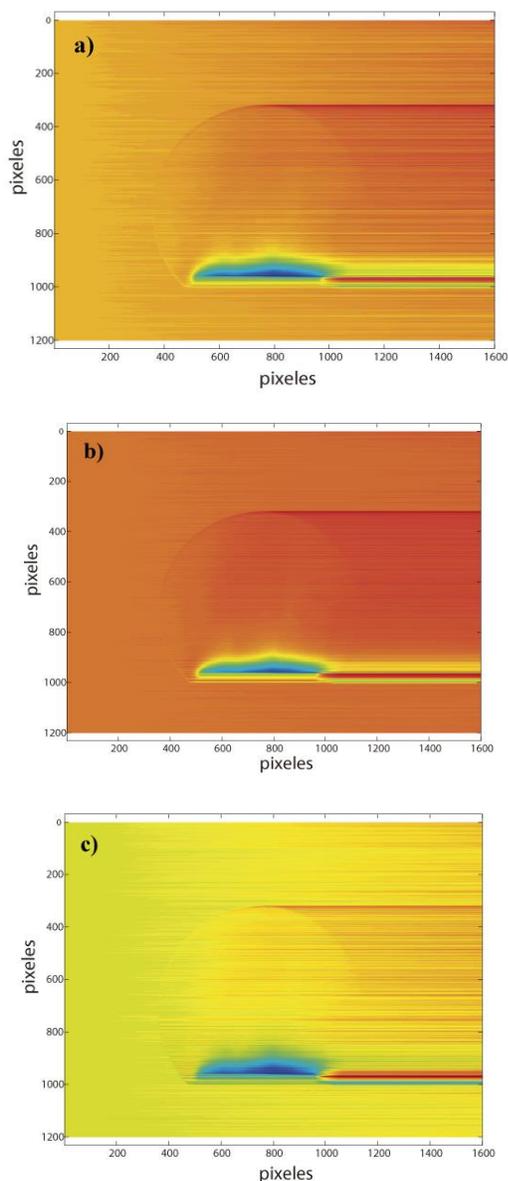


Figura 6 Imagen de las capas a) roja, b) verde y c) azul de los datos experimentales procesados

Fuente: *Elaboración Propia*

Fuente: *Elaboración Propia*

En la Figura 7 se muestra la imagen ya recortada y procesada con su respectiva barra de temperatura. Al analizar esta imagen podemos ver que, en su mayoría, el fenómeno se concentra alrededor de un centímetro por encima de la celda de Peltier y que la celda al enfriarse de manera homogénea, el flujo de convección es también homogéneo sobre la celda. En esta imagen se puede notar que el gradiente de temperatura se concentra en un área pequeña de la figura.

Al observar multiples imágenes (ver Figura 8) es posible analizar la evolución temporal del fenómeno de flujo de convección, así como obtener la información necesaria para lograr realizar simulaciones numéricas que nos permitan estudiar los flujos de convección causados por otro tipo de estructuras de enfriamiento.

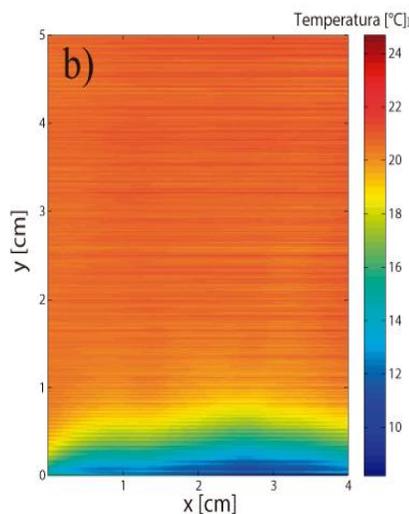
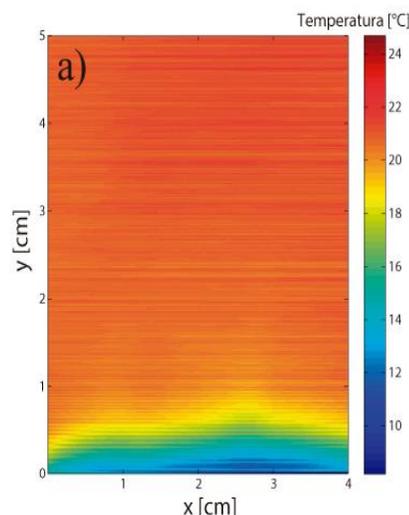
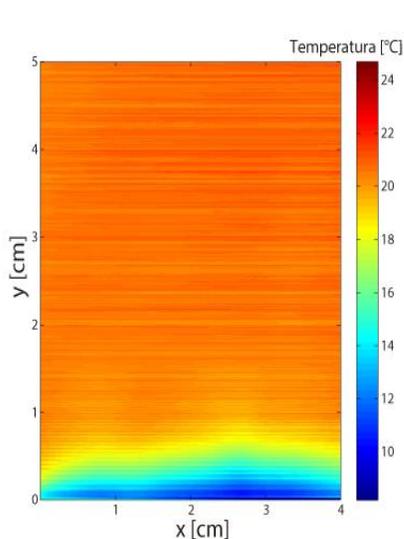


Figura 7 Imagen de la capa verde procesada donde se muestra la barra de temperatura y su respectiva escala

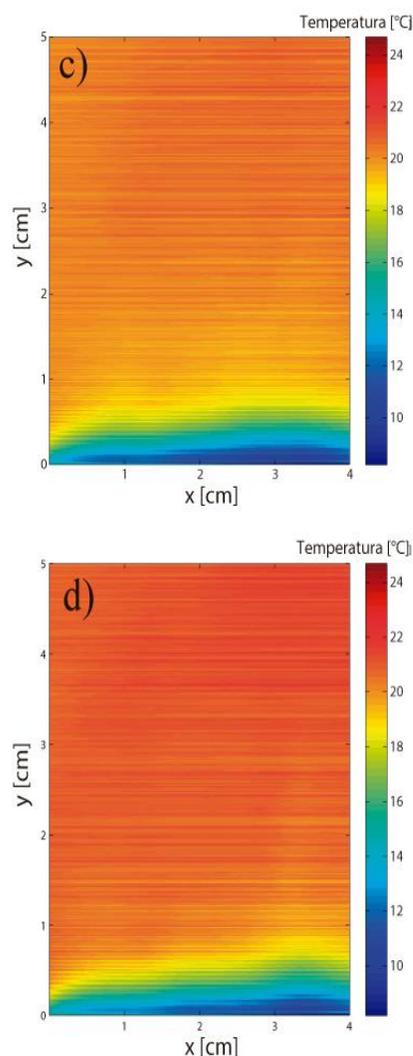


Figura 8 Evolución temporal del fenómeno. a) 7.5 s, b) 10.5 s, c) 21 s y d) 29 s

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

El sistema óptico de Schlieren comprobó que es sensible a detectar alteraciones en el medio por pequeñas que estas sean y sin importar la región en que estas sucedan. Se pudo visualizar por medio del sistema óptico, el flujo de convección causado por la superficie de enfriamiento de la celda Peltier, el cual es un fenómeno en el que el gradiente de temperatura tiene cambios en una región muy pequeña. La técnica de visualización de Schlieren puede medirla adecuadamente. Por lo tanto, se comprobó que la técnica propuesta es una excelente herramienta para poder visualizar el flujo de convección con gradientes de temperatura bajos. Se puede recomendar otra aplicación de esta técnica que normalmente se asocia con la visualización de fenómenos con altas temperaturas, como turbinas, flamas y en balística (Settles & Hargather, 2017).

Referencias

Aguilar Fernández, E., Gómez Vieyra, A., Miranda Tello, J. R., & Álvarez Herrera, C. (2014). Instrumentación de un Sistema Schlieren Unidimensional para la Adquisición de los Mapas de Gradiente de Temperatura (pp. 1–7). Puerto Vallarta, Jalisco: SOMI.

Alvarez-Herrera, C., Moreno-Hernández, D., & Barrientos-García, B. (2008). Temperature measurement of an axisymmetric flame by using a Schlieren system. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, *10*(10), 104014. <https://doi.org/10.1088/1464-4258/10/10/104014>

Alvarez-Herrera, C., Moreno-Hernández, D., Barrientos-García, B., & Guerrero-Viramontes, J. A. (2009). Temperature measurement of air convection using a Schlieren system. *Optics & Laser Technology*, *41*(3), 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2008.07.004>

Alvarez-Herrera, C., Murillo-Ramírez, J. G., Pérez-Reyes, I., & Moreno-Hernández, D. (2015). Proper orthogonal decomposition applied to laminar thermal convection in a vertical two plate channel. *Journal of Optics*, *17*(6), 65602. <https://doi.org/10.1088/2040-8978/17/6/065602>

Cisneros Martínez, J. A. (2015). *Medición de la temperatura mediante un sistema Schlieren monocromático para analizar procesos de combustión*. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F.

Gómez-Vieyra, A., Alvarez-Herrera, C., Vergara-Vázquez, K. B., & Pérez-Sánchez, G. G. (2017). Medición y análisis del proceso de combustión en un sistema Schlieren en la región visible e infrarrojo cercano. *Revista de Sistemas Experimentales*, *4*(11), 13–21.

Martínez-González, A., Moreno-Hernández, D., & Guerrero-Viramontes, J. A. (2013). Measurement of temperature and velocity fields in a convective fluid flow in air using Schlieren images. *Applied Optics*. <https://doi.org/10.1364/ao.52.005562>

Panigrahi, P. K., & Krishnamurthy, M. (2012). *Schlieren and Shadowgraph Methods in Heat and Mass Transfer. SpringerBriefs in Thermal Engineering and Applied Science* (1a ed.). Springer-Verlag New York.

Settles G. S. (2001). *Schlieren and Shadowgraph Techniques Visualizing Phenomena in Transparent Media*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-56680-6>

Settles, G. S., & Hargather, M. J. (2017). A review of recent developments in Schlieren and shadowgraph techniques. *Measurement Science and Technology*, 28(4), 25. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/aa5748>

Diseño y monitoreo en tiempo real de un biodigestor, aplicado a las condiciones ambientales de Hermosillo

Design and monitoring in real time of a biodigester, applied to the environmental conditions of Hermosillo

MONTIJO-VALENZUELA, Eliel Eduardo†*, RAMÍREZ-TORRES, Flor, RIVERA-LANDAVERDE, Rodolfo Ulises y RAMÍREZ-CORONEL, Fernando Joaquín

Instituto Tecnológico de Hermosillo / Tecnológico Nacional de México, Departamento de Metal Mecánica

ID 1^{er} Autor: *Eliel Eduardo, Montijo-Valenzuela* / ORC ID: 0000-0001-8538-0767, CVU CONACYT ID: 803185

ID 1^{er} Coautor: *Flor, Ramírez Torres* / ORC ID: 0000-0003-0391-9357

ID 2^{do} Coautor: *Rodolfo Ulises, Rivera-Landaverde* / ORC ID: 0000-0001-9230-2441, CVU CONACYT ID: 634328

ID 3^{er} Coautor: *Fernando Joaquín, Ramírez-Coronel* / ORC ID: 0000-0003-0535-0504, CVU CONACYT ID: 709298

DOI: 10.35429/JOIE.2019.9.3.19.33

Recibido 13 de Febrero, 2019; Aceptado 31 de Marzo, 2019

Resumen

El objetivo general de esta investigación es sensar y monitorear las variables principales que afectan los procesos de biodigestión; temperatura (T), potencial de hidrogeno (pH), humedad, volumen y presión dentro del bioreactor, y correlacionarlas con la producción de biogás, mediante un sistema de monitoreo en tiempo real. Para el desarrollo del diseño del sistema se recopiló información de las variables y factores que afectan el proceso de biodigestión. Posteriormente se seleccionaron los instrumentos y elementos integrales del sistema de monitoreo y sensado, que incluyen un sensor LM35 para medición de temperatura, un electrodo de medición de tipo analógico industrial para medición de pH, un FC-28 para la medición de la humedad, un sensor electroquímico MQ2 para medición de producción de metano, un sensor ultrasónico HC-SR04 para medición de nivel (relacionado al volumen del biodigestor) y un sensor piezoeléctrico MPX2202DP case 344C-01 para medición de presión. Los valores captados por los sensores, serán visualizados en tiempo real en una aplicación de Visual Studio y guardados automáticamente en una base de datos. La integración del sistema fue probada experimentalmente en un lapso de 12 días en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, en donde se obtuvieron mediciones para comparación con otros autores.

Monitoreo de variables en tiempo real, Biodigestor, Condiciones ambientales de Hermosillo

Abstract

The general objective of this research is to sense and monitor the main variables that affect biodigestion processes; temperature, hydrogen potential (pH), humidity, volume and pressure within the bioreactor, and correlate them with the production of biogas, through a real-time monitoring system. For the development of the system design, information was collected on the variables and factors that affect the biodigestion process. Subsequently, the instruments and integral elements of the monitoring and sensing system were selected, all these electronic devices for commercial use and mentioned below. An LM35 sensor for temperature measurement, an industrial analog type measuring electrode for pH measurement, an FC-28 for moisture measurement, an MQ2 electrochemical sensor for measurement of methane production, an HC-SR04 ultrasonic sensor for level measurement (related to the volume of the biodigester) and a piezoelectric sensor MPX2202DP case 344C-01 for pressure measurement. The values captured by the sensors will be displayed in real time in a Visual Studio application, and will be automatically saved in a database. The integration of the system was experimentally tested in a span of 12 days in the city of Hermosillo, Sonora, Mexico, where measurements were obtained for comparison with other authors.

Monitoring of variables in real time, Biodigester, Environmental conditions of Hermosillo

Citación: MONTIJO-VALENZUELA, Eliel Eduardo, RAMÍREZ-TORRES, Flor, RIVERA-LANDAVERDE, Rodolfo Ulises y RAMÍREZ-CORONEL, Fernando Joaquín. Diseño y monitoreo en tiempo real de un biodigestor, aplicado a las condiciones ambientales de Hermosillo. Revista de Ingeniería Innovativa. 2019. 3-9:19-33

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: elielmontijo@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

Introducción

Actualmente los hidrocarburos son la principal base energética de la sociedad, con ellos se mueven desde pequeños automóviles hasta las grandes industrias, sin embargo, no son energías renovables, ya que una vez agotados, no se pueden recuperar. Ante esta problemática, muchos científicos a nivel mundial están estudiando otro tipo de energías para poder seguir “moviendo al mundo”, entre ellas destaca la energía nuclear, pero hay otro tipo de energías conocidas como “inagotables”, ya que estarán disponibles mientras el planeta Tierra exista con las características actuales, algunas de ellas son la energía proveniente del Sol, la energía geotérmica, la energía eólica y la energía oceánica, y en formas más recientes, la utilización de material orgánico para la producción de biogás a través de un proceso bioquímico de fermentación dentro de depósitos cerrados carentes de oxígeno, llamados biodigestores.

Este tipo de energía con ayuda de la tecnología necesaria puede convertirse en calor, electricidad o energía mecánica. Con sistemas de generación de biogás, se aprovechan fuentes de energía existentes, como los desechos de las granjas piscícolas, bovinas o avícolas, valorizando sus potencialidades desde un punto de vista económico, social y ambiental.

El estado de Sonora se caracteriza por ser una zona con productividad agrícola y ganadera, para 2014, las actividades primarias (agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza), representaron un 7.3% del Producto Interno Bruto (PIB) total del estado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018), lo que lo hace una entidad potencial en el aprovechamiento de la energía de la biomasa, obtenida de productos y residuos animales y vegetales; como la energía contenida en los cultivos, residuos agrícolas y estiércoles.

En (López Gálvez, 2015), se establece que dentro del inventario de residuos producidos en Sonora, susceptibles de generar biogás como fuente energética, son producidas 883,714.97 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) anuales.

Sin embargo, señala que aunque está disponible, no toda la materia esta alcance para el uso deseado, siendo un total de 738,371.71 TEP las que pueden ser aprovechadas, principalmente en las zonas centro y sur del estado, comprendidos los municipios de Cajeme, Hermosillo, Etchojoa, Benito Juárez, Bácum, Huatabampo y Guaymas, comprendiendo el 93% del potencial energético accesible al año, equivalente a 8,221,291.93 MWh/año, cifra que podría representar hasta el 74% del total de las ventas en Sonora en un año.

Sujeto a esta justificación, la biomasa generada en el estado puede ser aprovechada en forma de biogás; “una mezcla conformada principalmente por CH₄ (50%-70%) y CO₂ (25%-40%), que se genera por el proceso biológico de biodigestión anaerobia, que consta de una serie de reacciones bioquímicas en la que residuos orgánicos son degradados o consumidos por un conjunto de microorganismos” (Red Mexicana de Bioenergía, 2016), mediante tecnologías de biodigestión, principal motivación para desarrollar este tema de investigación, ya que se cuenta con materia prima generada por las actividades primarias en el estado, susceptible de producción de biogás, que actualmente no está siendo aprovechada, por lo que se podrían fabricar granjas autosustentables, sobre todo, aquellas que se encuentran en zonas en donde la electricidad es difícil de trasladar. Otro tema de importancia es la gestión de los residuos, ya que, al no ser aprovechados, la gestión que se les da es poco eficiente, incluso son almacenados al aire libre en fosas.

Como resultado de esta investigación se pretende obtener un diseño de un biodigestor automatizado que sense y cree un historial del proceso de biodigestión, todo esto de forma remota, en cuyo caso, puede estar siendo analizado y/u operado desde un centro de mandos. El diseño del sistema de biodigestión se realizará en la ciudad de Hermosillo Sonora, con coordenadas 29° 5' 44" N, 110° 57' 3" W. El principal aporte de esta investigación es el monitoreo en tiempo real de las variables del proceso de biodigestión, mediante la automatización del proceso, implementando sensores y actuadores de bajo costo, y los principales beneficiados son los agricultores y ganaderos de la región del Estado de Sonora.

Para el cálculo de volumen total del biodigestor, se tomó como referencia a (Campos, 2011). Para efectos experimentales, se especifica que el total de materia orgánica es de 10 litros, la cantidad de agua es de 1 litro y la retención para el experimento es de 12 días, dando como resultado un reactor con un volumen de 20 litros, utilizando material plástico para las paredes. Contará con un agitador en forma de hélice, que tendrá la función de revolver la biomasa introducida al reactor para que se homogenice la mezcla, este será accionado por un motor.

En la parte superior tendrá conectado un tubo con un medidor mecánico (analógico) de flujo de gas, el cual contabilizará el biogás producido durante el proceso, además, dentro del tubo se colocará el sensor MQ2, el cual detectará el porcentaje de metano producido en ppm (partes por millón) y un sensor MPX2202DP case 344C-01 para medir la presión.

Se colocará un sensor en la parte interna del recipiente, que nos indicará el nivel al que se encuentra el reactor. Internamente y de forma directa con la biomasa, se colocarán un sensor de temperatura LM35, un sensor de humedad FC-28 y un sensor de pH.

Todo el proceso será monitoreado en tiempo real, en donde se mostrarán las variables de pH, temperatura, nivel, total de gas producido, humedad y presión. Todos los sensores estarán conectados a la placa de Arduino®. Los valores que se detecten en los sensores, además de poder ser visualizados en tiempo real, se guardarán de forma automática en una base de datos, para llevar un registro histórico de las variables mencionadas.

Desarrollo metodológico

Clasificación y selección de variables y factores para el diseño del biodigestor

Los procesos de biodigestión anaeróbica, dependen de las condiciones y variables del medio donde se reproducen las bacterias metanogénicas. Según (Rivas Solano, Faith Vargas & Guillén Watson, 2010), (Varnero Moreno, 2011) y (Gutiérrez García et al., 2012).

Los principales factores que afectan la producción de biogás son el tipo de sustrato (materia prima), temperatura de operación del sustrato, el tiempo de retención, los niveles de acidez y alcalinidad (pH), la relación carbono-nitrógeno del sustrato, el agregado de inoculantes, el grado de mezclado, el contenido de sólidos totales y la presencia de inhibidores. Para este diseño se considerarán las variables de temperatura, pH, nivel de biomasa y la humedad del proceso, y como factores se determinarán el tipo de sustrato empleado para el diseño del biodigestor, el tiempo de retención, la relación de carbono nitrógeno del sustrato y el grado de mezclado.

Temperatura de operación del biodigestor

El 48% del estado de Sonora, presenta clima seco y semiseco localizado en la Sierra Madre Occidental, el 46.5% presenta clima muy seco, localizado en las Llanuras Costera del Golfo y Sonorense, 4% es templado subhúmedo se encuentra hacia el este del estado y el restante 1.5% presenta clima cálido subhúmedo localizado hacia el sureste (INEGI, 2017). Bajo la clasificación climática de Köppen, Hermosillo presenta un clima desértico caliente (BWh), según el Servicio Meteorológico Nacional, (2017). Las temperaturas de Hermosillo son extremosas, se alcanzan temperaturas que pueden ser inferiores a los 5°C en invierno y superiores a los 38°C en verano (ver tabla 1).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
T _{mínima}	4.8	8.4	9.4	11.5	14.2	21.4
T _{máxima}	22.9	29.7	29.9	31.3	33.9	38.9
T _{media}	13.9	19	19.6	21.4	24	30.2
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T _{mínima}	23.5	22.2	19.9	16.5	10.8	7.5
T _{máxima}	38.1	36	34.9	35.4	29	23.7
T _{media}	30.8	29.1	27.4	26	19.9	15.6
Promedio	Promedio		Promedio			
T _{mínima} = 14.2	T _{máxima} = 32		T _{media} = 23.1			

Tabla 1 Temperaturas (en °C) mínimas, máximas y media registradas en Hermosillo

Fuente: (Servicio Meteorológico Nacional, 2017)

Para la localidad de Hermosillo Sonora, se pueden clasificar entonces dos rangos de temperatura en la que pueden trabajar los microorganismos según (Lagrange, 1979); en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, los microorganismos trabajaran en el rango psicrófilo debido a que la temperatura promedio es menor a los 25°C.

En los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, los microorganismos trabajaran en el rango mesófilo (entre 25 y 45°C), según datos de tabla 1. Para la producción psicrófila, para meses de invierno, los rangos de monitoreo de temperatura en el biodigestor serán los siguientes; temperatura mínima de 4 a 10°C, temperatura óptima de 15 a 18°C, temperatura máxima de 20 a 25°C, ver tabla 2.

Para la producción *mesophila*, en los meses de verano, los rangos de monitoreo de temperatura en el biodigestor serán los siguientes; temperatura mínima de 15 a 20°C, temperatura óptima de 25 a 35°C, temperatura máxima de 35 a 45°C, ver tabla 2.

pH de operación del biodigestor

El pH es una medida de la actividad del ion hidrogeno, referente para indicar los niveles de acides y alcalinidad de una sustancia, compuesto, proceso, etc., es por ello que juega un papel de relevante importancia en el proceso de biodigestión. Para los rangos de pH en el proceso de biodigestión, se tomará como referencia un pH de 6.5 a 7.5 como óptimo para las bacterias metanogénicas, por debajo de los 6.5 en la escala de pH, las bacterias metanogénicas acetoclastas disminuyen su actividad, y por debajo de un pH de 5.5 detienen su actividad (Sebastian Nogués, Abián Vicén, Reseau & García-Galindo, 2010), por debajo de un pH de 4.5 la actividad microbiana total detiene el proceso (Lema & Méndez, 1997).

Fermentación	T mínima (°C)	T óptima (°C)	T máxima (°C)	Tiempo de fermentación (días)
Psicrófila	4-10	15-18	20-25	Sobre 100
Mesófila	15-20	25-35	35-45	30-60
Termófila	25-45	50-60	75-80	10-15

Tabla 2 Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica, adaptado de (Lagrange, 1979)

Tiempo de retención

El proceso de fermentación del biogás requiere de valores óptimos de materia sólida, este factor dependerá exclusivamente de los rangos de operación de temperatura a los que esté sometido el proceso.

Para el diseño del biodigestor automatizado, se utilizarán dos rangos para el tiempo de fermentación, debido a las extremas temperaturas registradas en Hermosillo. Por lo tanto, para meses de invierno, se estimará un tiempo de fermentación superior a 100 días, y para meses de verano, el rango de operación del proceso de fermentación, estará de 30 a 60 días (Lagrange, 1979). Sin embargo, se tomarán en consideración los porcentajes de metano emitidos durante los rangos de fermentación, esto quiere decir, que si la curva critica de producción decrece antes del tiempo estimado, se alimentará al reactor con nueva materia orgánica.

Tipo de sustrato seleccionado; naturaleza y composición bioquímica

Los residuos empleados para los procesos de fermentación metanogénica, independientemente cual sea su origen, juegan un papel importante en la cantidad y calidad de la producción de biogás. Se pueden utilizar diversas materias primas, en las que destacan las de origen vegetal y animal derivadas de actividades agrícolas y ganaderas. Se debe de considerar que las características bioquímicas de los residuos seleccionados para el proceso de producción de biogás, permiten en todo momento un óptimo desarrollo y actividad en los microbios presentes, sobre todo por las concentraciones de carbono y nitrógeno, aunque también requiere de agentes como sales minerales, que comúnmente se encuentran en materia orgánica de origen vegetal y animal.

Para efectos de experimentación, en el diseño del biodigestor, se utiliza como materia prima residuos de origen vegetal, específicamente hortalizas del grupo C, que contienen más del 10% de hidratos de carbono. La selección de la hortaliza será la papa blanca, debido a que presenta una concentración química de 30% C, 0.34% N, 0.16% de P₂O₅, 0.58% de K₂O y 0.64% de CaO (ver tabla 3). Esta condición la hace una materia prima con gran potencial en la producción de biogás, ya que la relación de consumo de carbono por parte de las bacterias es 30 veces más que la del nitrógeno (Varnero & Arellano, 1990).

Gas metano	MQ2	Es un sensor del tipo electroquímico sensible al metano, elaborado a partir de un material sensible (óxido de estaño), que funciona como material semiconductor. El voltaje de funcionamiento es de 5 V.	
pH	Sonda de pH Arduino®	El sensor de pH cuenta con un electrodo de medidor de tipo analógico industrial que entrega medidas en tiempo real, está diseñado para ser empleado con Arduino®. Tiene una membrana sensible de vidrio de muy baja impedancia, lo que permite la entrega de medidas de forma rápida, además presenta una excelente estabilidad térmica y buena repetitividad. La operación de este sensor es de un voltaje de entrada de 5 ± 0.2 Vac y una corriente de 5-10 mA. Los rangos de concentración de detección de 0 - 14.	
Humedad	FC-28	Se basa en un divisor de voltaje regulado por un potenciómetro. Su voltaje de operación es de 3.3 a 5.0 V y tiene un comparador LM393 y puede ser controlado con cualquier microcontrolador.	
Nivel	HC-SR04	Funciona por medio de ondas ultrasónicas, y es capaz de detectar objetos o líquidos en rangos de 2 a 450 cm. Su funcionamiento es sencillo, envía pulsos de arranque y mide la anchura de pulsos de retorno.	
Presión	MPX2202DP case 344C-01	Son del tipo piezoresistivos elaborados con material de silicio. Su funcionamiento proporciona una señal muy precisa de salida de voltaje.	

Tabla 5 Selección de los instrumentos de medición para el sistema

A nivel industrial, el metano es utilizado como materia prima en la elaboración de múltiples productos sintéticos, pero su principal aplicación a nivel mundial en los últimos años, ha sido como fuente energética alternativa a pequeña escala, generado a partir de residuos orgánicos agrícolas.

El biogás producido por métodos de fermentación, está compuesto por un 55 a 70% de metano, 30 a 45% de dióxido de carbono y 3% de otros gases, con un poder calorífico de 5500 Kcal/m³ (Melendi, 2015) Para el diseño del biodigestor se utilizó un sensor de metano, el cual envía a un ordenador las partes por millón producidas de este gas en el proceso de biodigestión.

Muestra y caracterización de la investigación

Para el diseño de esta investigación se utilizó el método deductivo, mediante la recopilación de información principalmente de libros, artículos de divulgación científica, manuales y tesis de grado, con el objeto de tener bases científicas y analíticas sobre la generación de biogás por medio de biodigestión anaerobia. El método deductivo, fue complementado con el método inductivo, cuyo objeto será comprobar las hipótesis respecto al desarrollo y simulación del sistema de generación de biogás automatizado, basándonos en los criterios y variables obtenidos en el método deductivo.

Para las conclusiones finales, se utilizará el método sintético, aplicado a esta investigación con la finalidad de reagrupar cada una de las variables recopiladas y los factores que intervienen en ellas para la producción de biogás, de este modo se realizará un análisis generalizado, que permitirá la discusión de resultados con bases científicas. La investigación será de carácter descriptivo, ya que se darán a conocer las variables que afectan el proceso de biodigestión y los factores que alteran dicho proceso, y está orientada a la comprobación, debido a que se verificara con los objetivos planteados en la investigación. Se utilizaron como muestra 10 litros de papa blanca (*Solanum tuberosum*) molida, una especie de planta herbácea del genero *Solanum* originaria de Sudamérica, para el experimento realizado. Los experimentos se realizaron en Hermosillo Sonora.

Instrumentos de medición

En los procesos y sistemas industriales con cadena de retroalimentación, es de imperante relevancia realizar un control de lazo cerrado, que ayudan a corregir de una forma rápida todos los errores presentes o condiciones que estén fuera de parámetros. Estas cadenas de retroalimentación, necesitan para su funcionamiento, elementos que capten las diversas magnitudes que se pretenden “monitorear”, por medio de sensores y circuitos de interfaz. En Balcells & Romeral, (1997), se define a los sensores como “un dispositivo capaz de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica codificada, ya sea en forma analógica o digital”, de este modo, los sistemas de sensado son entonces elementos de captación, diseñados para tomar información de magnitudes del entorno y transformarlas en otro tipo de magnitud, la cual seamos capaces de medir y manipular.

Resultados

En este apartado, se muestran los resultados obtenidos en las fases de simulación y experimentación, que incluyen; 3.1) el diseño y ensamblaje de los componentes integrales del biodigestor en software especializado (Solidworks), 3.2) simulación de los componentes electrónicos (sensores) y de control en software Proteus 8.0, 3.3) calibración e integración de los componentes electrónicos con pruebas de laboratorio, 3.4) pruebas de interfaz y registro de variables sensadas con software Visual Studio, y 3.5) experimentación y pruebas de campo en la ciudad de Hermosillo.

Diseño y ensamblaje del sistema en software

El diseño mecánico integra una serie de componentes, que incluyen un biorreactor, un agitador, una armadura, un eje y un motor. El biorreactor es de forma cilíndrica y de material plástico, tiene una altura de 0.75 m y un diámetro de 0.50 m. En la parte superior tiene un tubo alimentador con un diámetro de .15 m y una inclinación de 45° respecto a la horizontal, con la finalidad de que el material suministrado al interior del biorreactor, se deslice de una forma eficiente aprovechando los efectos de la gravedad terrestre.

Este mismo orificio, servirá como el escape de los gases producidos por los efectos de la biodigestión en la materia orgánica. En la parte central de la cara superior, el biorreactor tiene un orificio de radio 0.05 m, por el cual concéntricamente se insertará un eje cuya función es sostener las hélices de agitación para mover la materia dentro del biorreactor. Por la parte inferior el biorreactor presenta un orificio de 0.15 m, por donde será liberada la biomasa una vez que se cumpla todo su proceso de producción. El diseño del biorreactor se muestra en la figura 1.

El agitador está diseñado en doble propela (dos hélices conectadas al eje). El tipo de agitador es de turbina para movimientos de flujo radial (ver figura 2). La armadura (ver figura 3) está elaborada de acero y cumple la función de mantener de forma concéntrica el biorreactor, evitando su deformación por un incremento súbito de la presión dentro del recipiente. El eje de agitación (ver figura 4) está diseñado con dos secciones para acople soldado de hélices.

El material del eje es de acero y presenta una longitud de 1.83 m, con dos diferenciales de diámetro, 0.08 m y 0.12 m a lo largo de la sección longitudinal. El motor (ver figura 5) seleccionado para la agitación es eléctrico con una potencia de 0.5 caballos de fuerza. La función del motor es mover al eje para propiciar el movimiento radial por medio de las hélices. El ensamblaje de los componentes mecánicos del biodigestor se puede observar en la figura 6.

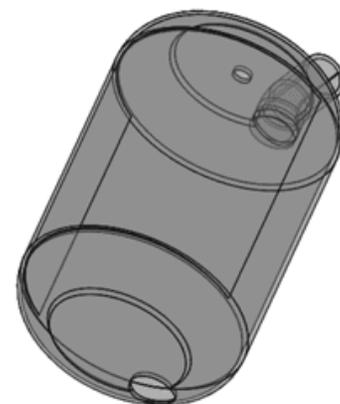


Figura 1 Diseño del biorreactor, vista isométrica

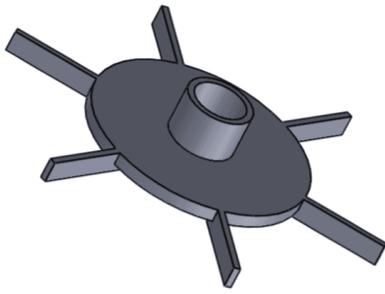


Figura 2 Diseño del agitador



Figura 3 Diseño de la armadura.

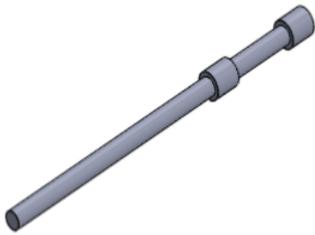


Figura 4 Diseño del eje

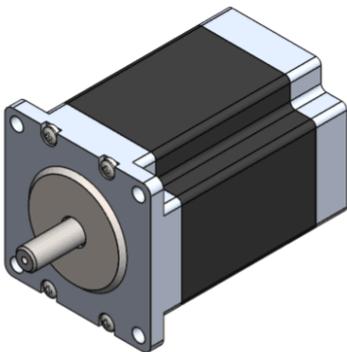


Figura 5 Diseño del motor

Diseño y simulación electrónica

El diseño y simulación electrónica se realizó con tres sensores distintos; el sensor de temperatura LM35, el sensor de nivel HC-SR04 y el sensor de pH.

Para la simulación se descargó la librería de Arduino® compatible con Proteus 8.0, esto facilita las conexiones y la simplicidad del diseño de los circuitos. Para el sensado virtual de la temperatura (figura 7) se utilizaron los siguientes componentes: un indicador LED de color rojo y un indicador LED de color verde. La función del LED rojo es indicar que la temperatura pasó el límite superior indicado en la programación del Arduino® (virtualmente), por otro lado, la función del LED verde es indicar cuando la temperatura pasó el límite inferior. Se integra el componente de sensado de temperatura LM35 y una terminal virtual que interpreta los valores numéricos al incrementar o reducir el valor del sensor LM35 desde el circuito de simulación.

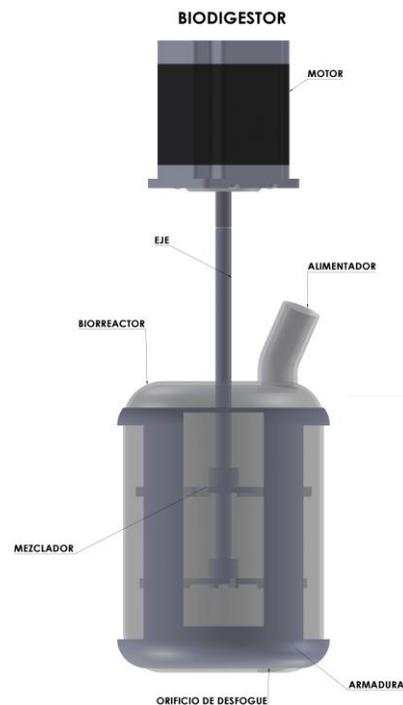


Figura 6 Ensamble mecánico del biodigestor

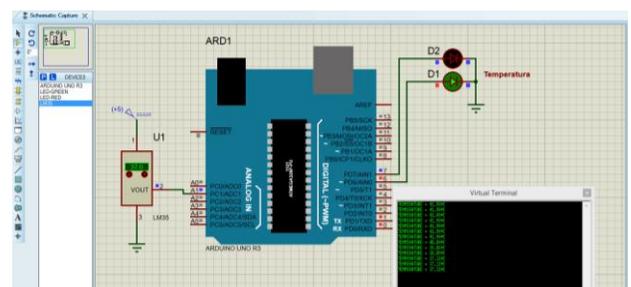


Figura 7 Sensado de temperatura con LM35 desde simulador Proteus 8.0

Para el sensado virtual del nivel con el sensor HC-SR04, se descargó la librería del sensor ultrasónico, el cual se conectó directamente al simulador de Arduino® y una pantalla LCD (ver figura 8).

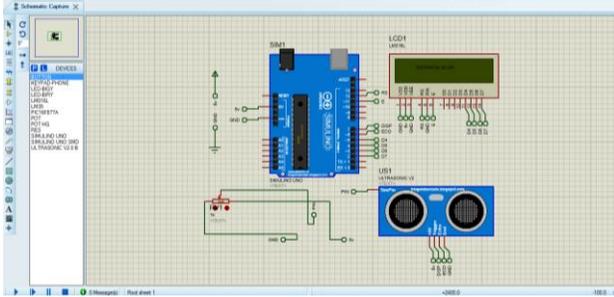


Figura 8 Sensado de nivel con HC-SR04 desde simulador Proteus 8.0

Para el sensado virtual del pH (ver figura 9), se utilizaron los siguientes componentes virtuales; un botón, un LED indicador amarillo y cinco resistencias de 1000 k Ω . La terminal virtual indica los valores de pH al aumentar o disminuir la resistencia con el potenciómetro.

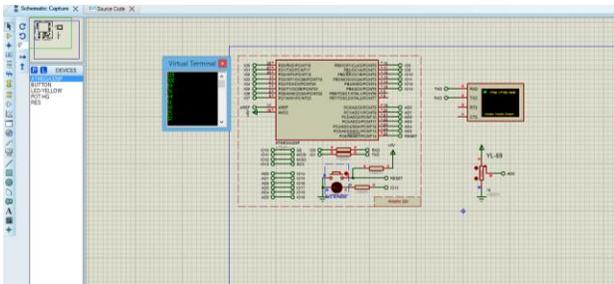


Figura 9 Sensado de pH desde simulador Proteus 8.0

Calibración e integración de los componentes electrónicos con pruebas de laboratorio

Para realizar la conexión de los sensores primeramente se analizaron sus hoja de especificaciones, posteriormente se calibraron de la siguiente manera. Para el sensor de temperatura LM35, se prepararon dos experimentos. En el primer experimento se utilizó agua fría y se midió con termómetro de mercurio, inmediatamente se corroboró la medición con sensor LM35. Posteriormente en el experimento 2 se calentó el agua y se procedió a medir la temperatura con termómetro de mercurio y con sensor LM35. Para ambos casos las mediciones de ambos instrumentos fueron iguales.

Para el sensor de nivel HC-SR04, se utilizó como instrumento de comparación un flexómetro, que sirvió como base en la calibración. Se realizaron cinco medidas distintas con el flexómetro, a las siguientes alturas: 5, 30, 45, 120 y 150 cm, posteriormente se realizaron las medidas con el sensor ultrasónico de nivel, obteniendo las siguientes mediciones: 5.10, 30.22, 45, 120.10 y 150.20 cm, teniendo una precisión con un error mínimo. Para el sensor de pH se utilizó como referencia un phmetro digital de la marca TPM LT serie YK21ph y tres sustancias con pH conocido para la calibración de este mismo sensor digital, los valores de pH de las sustancias fueron 3, 7 y 9.

El phmetro digital y las sustancias de calibración, fueron proporcionados por el laboratorio de química del Instituto Tecnológico de Hermosillo. La sonda de pH implementada para el proyecto, fue probada en las tres sustancias, arrojando los valores de 2.9 a 3 para la sustancia 1, 7.1 la sustancia 2 y 8.9 a 9 la sustancia 3. Para la calibración del sensor de humedad se utilizó el siguiente procedimiento: se tomó como valor de 100% el valor de voltaje arrojado por el sensor sumergido totalmente en algodón saturado con agua, y 0% el voltaje arrojado por el sensor sumergido totalmente en polvo desecado. Para la calibración del sensor de presión, se conectó una fuente neumática (compresor) con un valor conocido de presión, arrojado por un indicador de la marca FESTO (figura 10), esta calibración se realizó en el laboratorio de ingeniería mecatrónica del Instituto Tecnológico de Hermosillo.



Figura 10 Calibración de sensor de presión mediante una fuente neumática (compresor) con valor conocido de presión mediante indicador marca FESTO

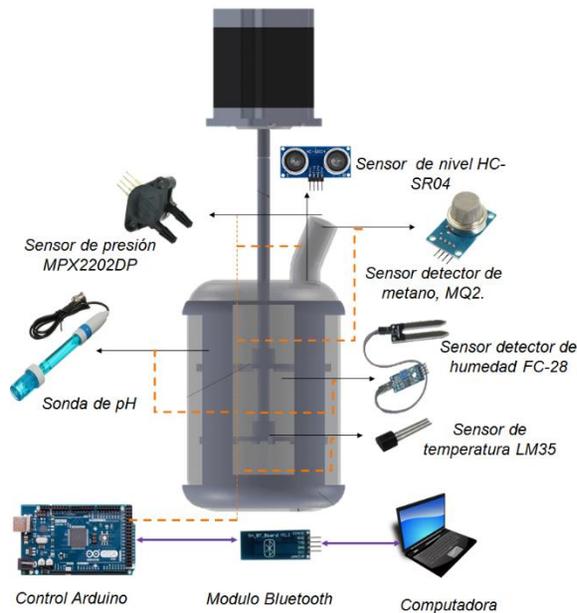


Figura 17 Distribución de los componentes en el diseño final

Pruebas de interfaz y registro de variables sensadas con software Visual Studio

La lectura de los sensores se procesa desde la placa de Arduino®, por medio de salidas digitales, y se visualiza en una interfaz desde la computadora por medio del software Visual Studio de Microsoft (figura 18). En la figura 19, se muestra la primera prueba del sistema de sentido.

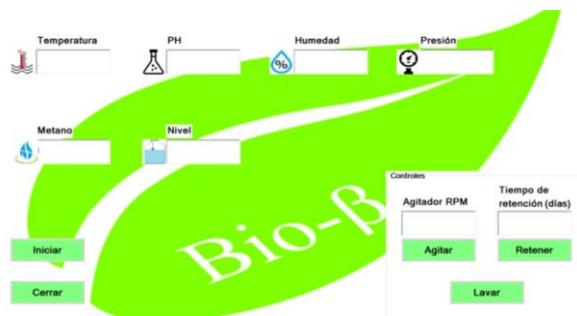


Figura 18 Interfaz de lectura de sensores y control de actuadores con software Visual Studio

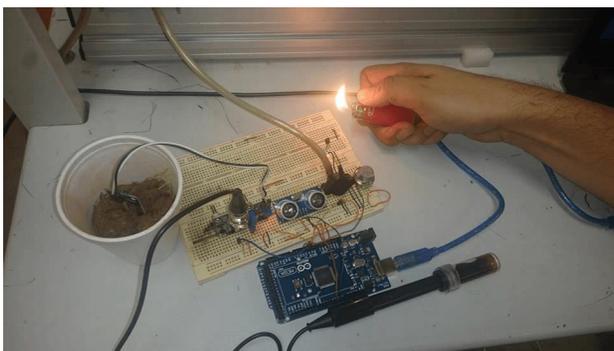


Figura 19 Prueba 1 del sistema de sentido.

Dentro del lodo se clavó el sensor de humedad. En la misma prueba se acercó flama directa al sensor de temperatura y se le adicionó al sensor de pH una mezcla con acidez de 3.4. La presión suministrada al sensor MPX2202DP case 344C-01 según el indicador, fue de 210 kPa. La distancia del sensor de nivel, estuvo referenciada al techo del laboratorio de mecatrónica. Los resultados de la lectura se pueden observar en la figura 20, en donde se muestra un 97% de humedad, una temperatura de 70 °C, un nivel de 285 cm, presión de 215 kPa, detección de gas a 0 ppm, y un pH de 3.39, todos los valores correspondientes con las variables de entrada.

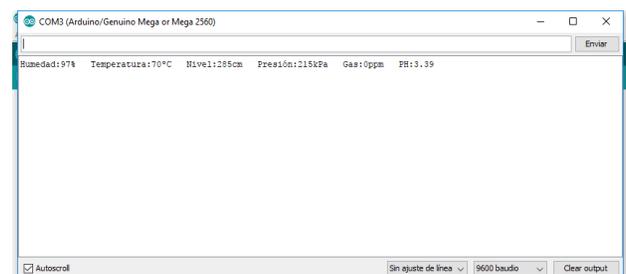


Figura 20 Resultados de lectura de prueba 1

En la prueba 2 (figura 21) cambiaron las siguientes condiciones respecto a la prueba 1. Se retiró la flama del sensor LM35 y se suministró gas directamente al sensor MQ2 por medio de un encendedor.

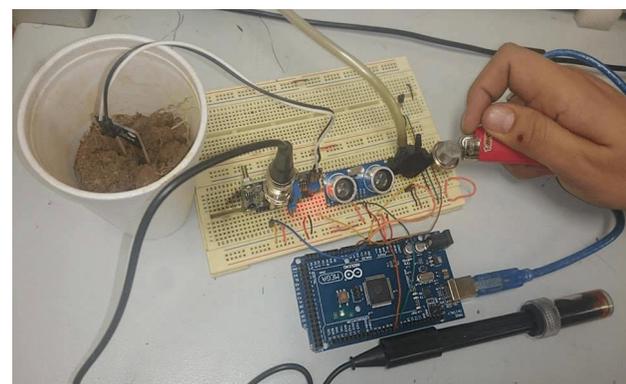


Figura 21 Prueba 2 del sistema de sentido

Los resultados de la lectura se pueden observar en la figura 22, en donde se muestra un 97% de humedad, una temperatura de 26 °C (correspondiente a la del ambiente de la sala de trabajo), un nivel de 285 cm, presión de 215 kPa, detección de gas a 668 ppm, y un pH de 3.39.



Figura 22 Resultados de lectura de prueba 2.

Experimentación y pruebas de campo en la ciudad de Hermosillo

En la figura 23 se muestran los valores de lectura de los sensores desde la interfaz de Visual Studio, en el proceso inicial de biodigestión en campo (día 1), teniendo los siguientes valores: temperatura equivalente a 25°C, el pH de la patata triturada es de 6.3, la humedad de la mezcla es de 85% y la presión inicial es de 0 kPa y la producción inicial de gas es también de 0 ppm, la altura del volumen (espacio vacío entre el sensor y la mezcla) dentro del recipiente, corresponde a la medición del nivel, con una medida del 28 cm. El agitador puede ser accionado a 160 rpm y el tiempo de retención de la mezcla es de 24 días, pudiendo ser liberada de forma manual presionando el botón “lavar”. El botón “cerrar” sirve como un paro de emergencias ante cualquier inconveniente o como una forma de detener el proceso. El tiempo de retención puede ser cambiado a cualquier valor entero (días). Las revoluciones del agitador también pueden cambiarse manualmente a un valor entre 1 y 160.



Figura 23 Resultados iniciales del proceso de biodigestión en campo

En la figura 24 se muestran los valores de lectura de los sensores desde la interfaz de Visual Studio, con una duración de 12 días del proceso de biodigestión.

Los resultados fueron los siguientes: temperatura 34 °C, el pH disminuyó a 6.5, también hubo un decremento en la humedad, marcando 57%, la presión pasó de 0 a 2 kPa, con una lectura de 976 ppm y el nivel tuvo un decremento de 7 cm respecto a las condiciones iniciales.



Figura 24 Resultados del proceso de biodigestión en campo a los 12 días

En la figura 25 se muestra un registro con una serie de lecturas de los sensores desde la aplicación de Arduino®.

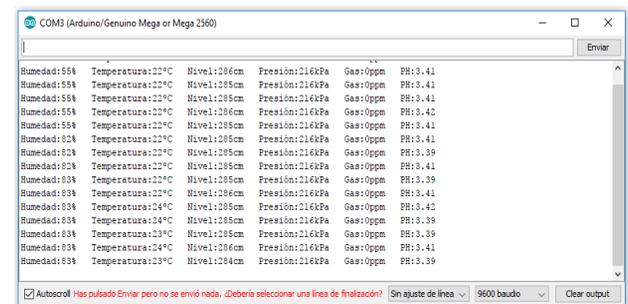


Figura 25 Registro de lecturas de sensores en tiempo real

Análisis de resultados

Con base al experimento realizado en campo, se observó del día 1 al 12 una disminución del pH de la mezcla, de un 6.3 inicial, muy similar al pH promedio establecido por Wageningen University and Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, (2017), de 6.1, a un 4.1 al día 12, correspondiente a la etapa 2 del proceso de biodigestión, denominada acidogénica, en donde se forman los ácidos, y también la etapa metanogénica en donde se forman los gases, principalmente metano (Campos, Elías & Floats, 2012).

En el experimento se monitorearon los principales factores físico químicos que afectan la producción del biogás, independientemente de la materia prima seleccionada, siendo estos; la temperatura, la carga volumétrica, el tiempo de retención y los niveles de acidez y alcalinidad según (Rivas Solano, Faith Vargas & Guillén Watson, 2010), (Varnero Moreno, 2011) y (Gutiérrez García et al., 2012), además de examinar estos factores en tiempo real, ante la susceptibilidad de los microorganismos a los diferentes cambios ambientales (Rivas Solano, Faith Vargas & Guillén Watson, 2010). Se observó también que el proceso de producción de biogás por medio de biodigestión anaerobia, aplicado a la ciudad de Hermosillo, puede ser de dos tipos; en verano (mayo a octubre), cuando la temperatura es mayor a los 25 °C, la producción es del tipo mesophilica, y en invierno (noviembre a abril), cuando la temperatura es menor a 25 °C, la producción es del tipo psychophilica (Rivas Solano, Faith Vargas & Guillén Watson, 2010).

Se observó que el incremento de la temperatura en los días de prueba tiene efectos positivos en la producción de gas, ya que los picos más altos medidos en ppm registrados en los 12 días de producción, coincidían con temperaturas de entre 30 y 40 °C de las 12:00 a 15:30 horas, y los indicadores más bajos se daban por la noche, entre las 23:00 y 8:00 horas cuando la temperatura disminuía, este efecto también fue registrado por (Bidlingmaier, 2006), (Osorio, Ciro & González, 2007). y (Rivas Solano, Faith Vargas & Guillén Watson, 2010), que establece una relación directa entre el aumento de la temperatura, el crecimiento de los microorganismos y la producción de biogás.

Se observó que la fase de hidrólisis, perteneciente a la etapa 1 del proceso se efectuó en un medio con un pH dentro de los márgenes en la escala, siendo de 6.0 a 6.2 para las bacterias acidogénicas y de 6.5 a 7.5 en las bacterias metanogénicas (Sebastian Nogués, Abián Vicén, Reseau & García-Galindo, 2010). Sin embargo, el último nivel de pH registrado en el día 12, equivalente a 6.3, es un rango límite, ya que para que el proceso anaerobio se desarrolle adecuadamente en el reactor, el pH óptimo debe de ser alrededor de 7.0, presentando problemáticas significativas, si el pH es inferior a 6.0 o superior a 8.3 (Acosta & Obaya, 2005).

En cuanto a la humedad, los valores iniciales fueron de entre 80-90%, registrando un total de 85%. Sin embargo, para el día 12 de producción, los índices de humedad bajaron hasta un 57%.

Conclusiones y recomendaciones

El gran potencial que presenta el Estado de Sonora en cuanto a la producción de energía por medio de biomasa, es un factor clave para empezar a implementar tecnologías de generación de energías renovables, de bajo costo, con alto desempeño y sobre todo que sean viables, tanto para productores locales, como para ganaderos y poblados aislados de la red eléctrica.

La ventaja principal, dejando de lado la disposición de materia prima que presenta el estado de Sonora para producir energías renovables a través de la biomasa, son las altas temperaturas registradas durante todo el año, por lo cual, independientemente de la estación en la que estemos, la producción de biogás puede ser rentable. Otra ventaja competitiva es que se puede obtener tecnología nacional y del extranjero (principalmente de Estados Unidos) de forma rápida y económica, con capital humano capacitado para la instalación y mantenimiento de las plantas productoras.

Un inconveniente que presenta la biomasa en el estado, es que compite con la energía solar, siendo esta última una fuente de energía con gran potencial de explotación y mercado la región. Al utilizar tecnologías de monitoreo y sensado de los procesos de generación de energías renovables como el biogás, podemos correlacionar los picos de producción con las condiciones óptimas de biodigestión, así, bajo estos criterios, se pueden establecer los parámetros ideales de temperatura, pH, humedad y nivel, para una producción eficiente de biogás en las condiciones de Hermosillo Sonora.

A nivel tecnológico, para futuras investigaciones, se puede diseñar e implementar una aplicación móvil que sirva como interfaz entre el usuario y lo que realmente está pasando en el proceso, de esta forma, el usuario podrá tomar acciones inmediatas desde un lugar remoto.

Se pueden implementar medidas de control en situaciones muy extremas, por ejemplo, si los parámetros de pH se elevan demasiado, se puede accionar una válvula que haga fluir dentro del reactor una sustancia ácida hasta que se regularice el pH, o si disminuye demasiado, verter una sustancia básica.

Para futuros objetivos de investigación, los autores pretenden implementar el sistema en la región de Hermosillo Sonora y monitorear el proceso durante todo el año, con la finalidad de conocer los meses con mayor producción y poder realizar un balance de costos beneficios en la implementación de tecnología para la generación de energía por medio de biomasa.

Referencias

- Acosta, L. & Obaya, M. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre Los Derivados De La Caña De Azúcar, 39 (1), pp. 35-48.
- Balcells, J., & Romeral, J. (1997). Autómatas programables, (pp. 113, 114). Barcelona: Marcombo.
- Bidlingmaier, W. (2006). Conference Probes Anaerobic Digestion. BioCycle Journal of Composting and Organics Recycling. Fifth ORBIT, 47(9) , pp. 42-49.
- Campos, B. (2011). Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(2).
- Campos, E., Elías, X. & Floats, X. (2012). Procesos biológicos, Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Carrillo, L. (2003). Microbiología agrícola, (1st ed.). Salta: unas.
- Esguerra, M. (1989). Experiencias prácticas con biodigestores de bajo costo para la generación de energía y el tratamiento de aguas residuales en países en desarrollo. Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. (1st ed., pp. 171-178). Seminario FAO-CNRE: Tecnologías de producción de biogás, España.
- Gutiérrez García, G., Moncada Fernández, I., Meza Montenegro, M., Félix Fuentes, A., Balderas Cortes, J., & Moroyoqui, G. (2012). Biogás: una alternativa ecológica para producción de energí. Ide@S CONCYTEG, 7(85), 881-894.
- Hopp, V. (1994). Fundamentos de tecnología química para formación profesional. (1st ed., p. 67). Barcelona: Reverté.
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Sonora 2016, 1st ed. Hermosillo.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/OtrTemEcon/PIBEntFed2017.pdf>, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>. [Consulta: 02- Sep-2018].
- Lagrange, B. (1979). Biomethane. Principes, techniques, utilisation (2nd ed., p. 249). Aix-en-Provence: Edisud.
- Lema, J., & Méndez, R. (1997). Tratamientos biológicos anaerobios, capitulo en: Contaminación e ingeniería ambiental, volumen III, Contaminación de las aguas (1st. ed.). Oviedo: F.I.C.Y.T.
- López Gálvez, U. (2015). Inventario de recursos energéticos de biomasa biodegradable en Sonora (1st ed.). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Magaña, L., Torres, E., Martínez, M., Sandoval C., & Hernández, R. (2011). "Tratamiento anaerobio de desechos lácticos y estiércol de cabra.", Bdigital, vol. 11, no. 1, pp. 93-98.
- Melendi, D. (2015). "Metano". [En línea]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Metano.htm>. [Consulta: 20- Dic- 2017].
- Osorio, J., Ciro, H., & González, H. (2007). Evaluación de un sistema de biodigestión en serie para clima frío. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 60 (2).

Red Mexicana de Bioenergía, A.C., "Biogás | Red Mexicana de Bioenergía", Rembio.org.mx, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://rembio.org.mx/areas-tematicas/biogas/>. [Consulta: 10- Dic- 2018].

Rivas Solano, O., Faith Vargas, M., & Guillén Watson, R. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología En Marcha*, 23(1), 39-46.

Sebastian Nogués, F., Abián Vicén, M., Reseau, A., & García-Galindo, D. (2010). *Energía de la biomasa* (1st ed., pp. 216-217). Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Servicio Meteorológico Nacional, "Normales climatológicas", SMN, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales8110/NORMAL26139.TXT>. [Consulta: 11- Jun- 2018].

Varnero Moreno, M. (2011). *Manual de biogás* (1st ed., pp. 84-93). Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Varnero, M., & Arellano, J. (1990). *Aprovechamiento racional de desechos orgánicos* (1st ed.). Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura (FIA) y Universidad de Chile.

Wageningen University and Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (2017). "¿Cuál es el pH de los alimentos?", *Food-info.net*. [En línea]. Disponible en: <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp65.htm>. [Consulta: 22- Dic- 2017].

Estacionamiento Inteligente

Smart Parking

RODRÍGUEZ-MIRANDA, Gregorio †*, SANTOS-OSORIO, Rene, ORDAZ-BANDA, Carmen Sarahí y LOPEZ-RIVERA, José Armando

Universidad Tecnológica de San Juan del Río

ID 1^{er} Autor: *Gregorio, Rodríguez-Miranda* / ORC ID: 0000-0002-2512-892X, Researcher ID Thomson: S-5808-2018, CVU CONACYT ID: 246718

ID 1^{er} Coautor: *Rene, Santos-Osorio* / ORC ID: 0000-0002-4411-7628, Researcher ID Thomson: G-3453-2019, CVU CONACYT ID: 619722

ID 2^{do} Coautor: *Carmen Sarahí, Ordaz-Banda* / ORC ID: 0000-0001-6728-9943

ID 3^{er} Coautor: *José Armando, Lopez-Rivera* / ORC ID: 0000-0002-3821-3058

DOI: 10.35429/JOIE.2019.9.3.34.39

Recibido 16 de Febrero, 2019; Aceptado 31 de Marzo, 2019

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo para el control de espacios de un estacionamiento, que, mediante una página web, monitorea y muestra en tiempo real los lugares disponibles. Para este proyecto se utiliza: una tarjeta Arduino Uno, sensores de proximidad LM393, cables macho/hembra, macho/macho, módulo wifi ESP8266 y dos LED; todos estos conectados entre sí por un enlace de comunicación desarrollado con código de Arduino, permitiendo transmitir y enviar datos en el serial de Arduino. Se realiza un enlace de comunicación del serial de Arduino con código en lenguaje java, funcionando como intermediario para la inserción de información en la base de datos. La aplicación web se desarrolló con el lenguaje de programación PHP y HTML y se conectó a la base de datos alojada en el servidor MySQL, utilizando como editor de código Sublime Text. Logrando así tener en la página web el monitoreo en tiempo real de los lugares disponibles del estacionamiento. Los resultados mostrados por el prototipo indican que probablemente sea factible la implementación de esta tecnología para hacer inteligentes los estacionamientos.

Estacionamiento inteligente, Serial de Arduino, Comunicación Arduino MySQL

Abstract

In this work it present the development of a prototype for the control of spaces in a parking lot, which through a web page monitors and displays in real time the available places, for this project it is used: an Arduino Uno card, proximity sensors Lm393, male / female, male / male cables, ESP8266 WIFI module and two LEDs; all these connected to each other by a communication link developed with Arduino code, allowing to transmit and send data in the Arduino serial. An Arduino serial communication link is made with java language code, acting as an intermediary for the insertion of information in the database. The web application was developed with the programming language PHP and HTML and was connected to the database hosted on the MySQL server, using as a Sublime Text code editor. Thus achieving on the web page the monitoring in real time of the available parking places. The results shown by the prototype indicate that it is probably feasible to implement this technology to make the parking lots smart.

Smart parking, Arduino Serial, Arduino MySQL communication

Citación: RODRÍGUEZ-MIRANDA, Gregorio, SANTOS-OSORIO, Rene, ORDAZ-BANDA, Carmen Sarahí y LOPEZ-RIVERA, José Armando. Estacionamiento Inteligente. Revista de Ingeniería Innovativa. 2019. 3-9: 34-39

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: grodriguez@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un estacionamiento inteligente o smart parking se puede definir como el uso de tecnologías avanzadas para la operación eficiente, el monitoreo y la administración del estacionamiento dentro de una estrategia de movilidad urbana. (Department of Mechatronics, Heliopolis University)

En muchas ciudades, el encontrar dónde estacionarse se ha convertido en un problema de movilidad, tránsito vehicular, contaminación, gasto de combustible, espacio, pérdida de tiempo y dinero. Un buen ejemplo de una urbe con esta problemática es la Ciudad de México, en esta megalópolis se registra un parque vehicular de cerca de 6 millones de automóviles según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La Ciudad de México ocupa el nada honroso primer lugar con mayor tráfico vehicular en el mundo generando 59 minutos extras de tiempo en viajes por día consigna el TomTom Traffic Index.

El 30% del tráfico generado se debe a que los conductores tardan entre 15 y 20 minutos en encontrar un lugar donde estacionar su auto, según datos revelados por el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP). En el estado de Querétaro en el 2017, según INEGI, se registraron 508,206 nuevos vehículos que circulan en nuestras ciudades, por lo que los usuarios tienen problemas para encontrar un lugar de estacionamiento en las horas pico.

El problema del estacionamiento en las ciudades, el cuidado del medio ambiente y la búsqueda de rentabilidad en cuanto a movilidad, hace que globalmente las empresas estén buscando soluciones basadas en las necesidades de cada ciudad.

En este sentido, la creación de estacionamientos inteligentes o smart parkings, desarrollando soluciones en base a tecnologías de bajo costo como, Arduino, utilizando lenguajes de programación de código abierto, como java, PHP, bases de datos como MySQL server y empleando metodologías ágiles como SCRUM, puede ser una alternativa que contribuya a resolver esta problemática.

En los últimos años el crecimiento de Internet de las cosas (IoT) por sus siglas en Inglés, a permitido el uso de nuevas tecnologías en la solución de diferentes problemas. La visión principal de Internet de las cosas (IoT) es la creación de un mundo inteligente donde lo real, lo digital y lo virtual convergen para crear un entorno que proporcione más inteligencia a la energía, la salud, el transporte, las ciudades, la industria, los edificios y muchas otras áreas de la vida diaria.

Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo, proporcionar una herramienta que permita a los usuarios de vehículos, que necesiten localizar un espacio de estacionamiento, lograrlo en el menor tiempo posible y lo más cerca de su destino, con esto se pretende disminuir el tránsito vehicular, la contaminación y los gastos de combustible. Otro factor importante en el que los usuarios se beneficiarían, sería el sentirse mejor al optimizar su tiempo de búsqueda de estacionamiento, teniendo oportunidad de pasar mayor tiempo con su familia u otras actividades importantes para ellos.

Metodología

Para el desarrollo del software, decidimos utilizar la metodología Scrum, ya que es un marco de trabajo simple que promueve la colaboración en los equipos, para lograr desarrollar productos complejos.

Scrum es un marco de trabajo para desarrollo ágil de software. Adopta una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto.

Scrum es un proceso de gestión que reduce la complejidad en el desarrollo de productos para satisfacer las necesidades de los clientes. La gerencia y los equipos de Scrum trabajan juntos alrededor de requisitos y tecnologías, para entregar productos funcionando de manera incremental. En la construcción del prototipo elaboramos una maqueta con material de cartón para la construcción de los espacios de estacionamiento, utilizamos una tarjeta protoboard y cables macho-macho, macho-hembra y hembra-hembra para las conexiones con los sensores y los leds.

Se programó la tarjeta Arduino Uno utilizando su interface nativa en lenguaje micro c, para recibir la señal de los sensores de proximidad LM393, instalados en cada espacio de estacionamiento, dependiendo de la señal recibida el programa envía la orden a los actuadores para indicar que el espacio de estacionamiento esta ocupado o libre, para esta función se utilizan LED de color verde y rojo, para indicar espacio libre o espacio ocupado respectivamente.

El módulo WIFI ESP8266 envía los datos a la aplicación web, para que esta almacene la información de espacios libres y ocupados en la base de datos MySQL. El usuario del estacionamiento puede entrar a la página web a consultar la información del estacionamiento en tiempo real, para saber donde hay espacios libres para estacionarse.

Marco Teórico

De acuerdo a la página oficial de la placa base Arduino es: “Una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirla en una salida: activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea.

Puede decirle a su tarjeta qué debe hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la tarjeta. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento.

A lo largo de los años, Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, desde objetos cotidianos hasta instrumentos científicos complejos. Una comunidad mundial de creadores (estudiantes, aficionados, artistas, programadores y profesionales) se han reunido en torno a esta plataforma de código abierto, sus contribuciones han sumado una cantidad increíble de conocimientos accesibles que pueden ser de gran ayuda para principiantes y expertos.

El Internet de las cosas (IoT) es la nueva estructura que, según las predicciones, en el 2020 conectará 50,000 millones de objetos inteligentes cuando la población mundial alcance los 7,600 millones.

Como sugiere la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), esta estructura fundamental se construirá alrededor de una arquitectura multicapas en la cual los objetos inteligentes se usarán para prestar diferentes servicios a través de las cuatro capas principales [Liñán Colina et al., 2016], una capa del dispositivo, una capa de red, una capa de soporte y una de aplicación.

La capa del dispositivo contiene los sensores, actuadores, dispositivos RFID y pasarelas “gateways” que se usan para recolectar las lecturas del sensor para su procesamiento posterior, mientras que la capa de red proporciona el transporte necesario y las capacidades de red para enrutar los datos de IoT a los sitios de procesamiento. La capa de soporte es una capa intermedia (middleware) que sirve para esconder la complejidad de las capas inferiores a la capa de aplicación y para dar servicios específicos y genéricos tales como almacenamiento bajo formas diferentes (sistemas de manejo de base de datos y/o sistemas de computación en la nube), así como otros servicios, por ejemplo, traducción.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de circuitos integrados de muy pequeño tamaño, alta eficiencia energética y bajo costo. Existen diversas implementaciones de Estacionamientos inteligentes en el mundo [Vera-Gómez et al., 2016; Khanna & Anand, 2016] y el área se encuentra en constante investigación. El estudio principal está basado en la mejora de los dispositivos de detección de espacios libres, p. ej. Baroffio et al. [2015] propone un dispositivo específico además de existir patentes al respecto como “Apparatus and method for sensing the occupancy status of parking spaces in a parking lot” [Winter & Osterweil, 2006]. Dentro de las áreas de estudio está el interés por la optimización y subida a la nube de los datos de los espacios ocupados [Adki & Agarkhed, 2016] y procesamiento de big data producido por los mismos y por el tráfico de la ciudad medido con sensores [Nandury & Begum, 2016], minimización de cruces de vehículos en el estacionamiento [Tsiaras et al., 2015], optimizaciones para reducir las emisiones de gases que generan el efecto invernadero [Ramaswamy, 2016; Sagar et al., 2016] incluyendo mejoras en la disposición de los vehículos eléctricos para optimizar la carga de los mismos [Kuran, 2015].

Todo esto en base a lo descrito en el estudio “Estacionamiento Inteligente con IoT” [Enrique Calot et al., 2017] de la Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática. Uno de los objetivos del presente trabajo es el uso de tecnología de bajo costo para lograr resultados similares a los descritos, como el sensor de proximidad LM393.

Diseño y Tecnología propuestos

Los estacionamientos públicos, de grandes empresas, supermercados, aeropuertos y plazas comerciales, en su mayoría, no cuentan con un sistema inteligente de bajo costo, que reduzca el tiempo de búsqueda de lugares libres y optimice la tarea de estacionarse, guiando al usuario de acuerdo a su ubicación y destino. El presente proyecto, se realizó utilizando tecnologías de Internet de las cosas con dispositivos de bajo costo, empleando protocolos de comunicación wifi, frameworks de programación y base de datos de código libre.

El IoT integrado a la tecnología móvil es una tecnología disponible para la solución de los problemas que se presentan en las ciudades como el de estacionamiento inteligente.

Se construyó un prototipo de estacionamiento, con dos espacios de estacionamiento, se instalaron dos LEDs en cada espacio, uno rojo para indicar que está ocupado y uno verde para indicar que está libre. Además se instalaron dos sensores de proximidad, uno en el techo (estructura superior) y uno en la parte de atrás (pared o estructura), los sensores están conectados a la tarjeta Arduino UNO, como la tarjeta arduino tienen un límite de puertos, 14 digitales y 6 analógicos, no es práctica para un proyecto real con decenas o cientos de espacios de estacionamiento, para ese caso se debe configurar con tarjetas que cuenten con un número mayor de puertos o bien hacer arreglos con las tarjetas Arduino y un servidor que multiplexe las señales para tener la capacidad de procesamiento requerida.

La tarjeta Arduino UNO se configuró con un módulo WIFI para enviar la señal a la aplicación web, después de procesar la señal se almacena la información en la base de datos MySQL.

Se actualiza el estatus de cada uno de los espacios que están enviando señal, ya sea cambiar de ocupado a libre o viceversa, para que pueda ser consultada por cualquier usuario desde su dispositivo móvil o computadora y pueda encontrar un espacio de estacionamiento libre con más certidumbre y prontitud, evitando congestionar el tráfico, ahorrando combustible y contaminando menos al medio ambiente.

Resultados Obtenidos

El proyecto de estacionamiento inteligente está diseñado considerando principalmente la calidad y la asertividad. Para probar estas dos características, desarrollamos un prototipo para evaluar su fiabilidad. El área de prueba consistió en dos espacios de estacionamiento, donde se instalaron dos sensores de proximidad LM393 y dos LEDs, un verde y un rojo, en cada espacio, conectados a una tarjeta Arduino UNO, la tarjeta se conectó al módulo de comunicación WIFI, también se utilizaron dos vehículos miniatura para la prueba.

El sensor LM393, tiene un margen de detección entre 2 a 3 centímetros, por esta razón se instalaron dos para cada espacio de estacionamiento, uno en la parte posterior baja y otro en la parte superior al frente, con la finalidad de que al menos uno de los dos registre el evento de ingreso y/o de egreso del vehículo.

Las observaciones de prueba se centran en dos estados del lugar de estacionamiento:

- a. Hay un vehículo en el lugar
- b. No hay vehículo en el lugar

Cuando la aplicación detecta que un sensor está enviando información de proximidad de un objeto, evento a), entonces la aplicación actualiza el estado de la base de datos, poniendo ocupado un lugar más de estacionamiento, envía la señal al módulo WIFI para que indique a la tarjeta arduino apagar el LED verde y encender el rojo, en este momento los usuarios de la aplicación web verán, en la página del estacionamiento, que hay un lugar menos disponible.

Cuando la aplicación detecta que los dos sensores están enviando información que no hay objetos en su rango de proximidad, entonces la aplicación actualiza la base de datos, agregando un espacio de estacionamiento más a los espacios libres, además envía al módulo WIFI la orden para que le indique a la tarjeta Arduino apagar el LED rojo y encender el verde, desde este momento los usuarios de la aplicación verán actualizados los lugares de estacionamiento disponibles.

Únicamente cuando los dos sensores no detectan presencia, entonces el led verde prende (On) y el led rojo se apaga (Off), indicando espacio de estacionamiento libre, en cualquier otro caso el led verde se apaga y el led rojo se prende, indicando espacio de estacionamiento ocupado.

Sensor superior frontal	Sensor posterior bajo	Led rojo	Led verde
Presencia	Presencia	On	Off
Presencia	Ausente	On	Off
Ausente	Presencia	On	Off
Ausente	Ausente	Off	On

Tabla 1 Estados de los LEDs

Fuente: *Elaboración Propia*

Después de haber realizado cincuenta pruebas de estacionar un vehículo y cincuenta pruebas de retirar un vehículo en los espacios de estacionamiento, se observó que en el 92 por ciento de los intentos el sistema funciona perfectamente, teniendo un 8 por ciento de oportunidad de mejora.

Conclusiones

Al terminar el proyecto, podemos concluir que el utilizar tecnología barata en la construcción de un estacionamiento inteligente apoya la parte económica, permitiendo la experimentación en este terreno, sin embargo observamos que para su implementación en proyectos reales puede quedar corta en prestaciones y limitada en alcance.

Un factor importante es que el prototipo funciona bien, con lo que podemos inferir que los objetivos esperados de disminuir el tráfico, disminuir el consumo de combustible, acortar el tiempo en encontrar un espacio de estacionamiento y contribuir a disminuir la contaminación del medio ambiente, se pueden lograr en un ambiente de producción real.

Consideramos que la investigación del presente proyecto apoya el avance científico del área en el sentido de que brindamos una visión diferente, sobre todo en la parte económica, de abordar esta problemática, además de ampliar las investigaciones y avances sobre el tema.

Proyección a Futuro

En base a las estadísticas que muestra el INEGI, podemos afirmar que la demanda de espacios de estacionamiento en los próximos años seguirá en incremento.

Cada día existen más usuarios que requieren sistemas de estacionamiento inteligente y aunque ya existen en el mercado varias opciones, los objetivos del presente prototipo son: brindar un servicio de calidad a bajo costo, utilizando las nuevas tecnologías de IoT ya que cada día se han hecho más accesibles y con mayores prestaciones, además de presentar una interface amigable con facilidad de uso que apoye su adopción en el mercado. Como objetivos secundarios, pero no menos importantes, este proyecto apoya en la reducción de emisiones contaminantes al encontrar más rápido un espacio de estacionamiento, reduciendo las congestiones de tráfico, además permite a los usuarios gastar menos tiempo para llegar a sus destinos, ahorrando dinero en combustible, apoyando a mejorar el medio ambiente.

Para la recepción de las señales de los sensores y el envío de órdenes a los actuadores (LEDs) se utilizó la tarjeta Arduino Uno y un módulo WIFI, es probable que para estacionamientos grandes esta tecnología no sea suficiente, así que podría utilizarse alguna otra tarjeta o computadora de hardware reducido como Raspberry Pi, que también son económicas y que brindan mayores prestaciones que la Arduino Uno, como por ejemplo, ya cuenta con comunicación WIFI integrada, tiene un puerto general de entrada/salida, GPIO por sus siglas en inglés, de 40 pines, puerto Ethernet, puertos USB, etc. Otro elemento que tiene oportunidades de mejora es el sensor LM393, por la restricción de distancia, se podría usar un sensor ultrasonico que tiene mucho mayor alcance.

Un elemento muy importante en este tipo de sistemas es la asistencia al usuario para la localización del espacio libre de estacionamiento por lo que podrían agregarse cámaras y pantallas en los accesos y pasillos del estacionamiento para detectar donde está el vehículo e indicarle en las pantallas la ruta a seguir, además de estos dispositivos, se requiere que la aplicación reconozca el vehículo por medio de alguna tecnología como la lectura de las placas o la lectura de un código QR que podría generarse y pegarse al parabrisas del vehículo en el lugar de acceso al estacionamiento.

Referencias

Adeel Javed (2016), Building Arduino Projects for the Internet of Things: Experiments with Real-World Applications

Calot Enrique, Maluf Mariano, Neffa Marcelo. (2017). Estacionamiento Inteligente con IoT Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática

Galeano, S. L. G., & Franco, Á. S. O. (2019). Viabilidad de aplicación móvil para la búsqueda de plazas de estacionamientos libres en el Centro de Negocios de Asunción. Revista ScientiAmericana, 6(1), 17-21.

GSMA (2017). Smart Parking: A Guide to Ensuring a Successful Mobile IoT Deployment www.gsma.com/smartcities

INEGI (2018) https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=

Ken Schwaber, Jeff Sutherland (2012) Editorial Wiley N° páginas 216 Isbn 1118206665

Parwekar, P. (2011). From Internet of Things towards cloud of things. In Computer and Communication Technology (ICCCT), 2nd International Conference on (pp. 329-333). IEEE

Sagar, S.V., Balakiruthiga, B., & Kumar, A.S. (2016). Novel vehicle booking system using IOT. In Green Engineering and Technologies (IC-GET), Online International Conference on (pp. 1-5). IEEE.

The home of the scrum (2019) <https://www.scrum.org/resources/blog/que-es-scrum>

V. Kepuska, Humaid Alshamsi (2016), Article Smart Car Parking System <https://www.researchgate.net/publication/319345084>

[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]

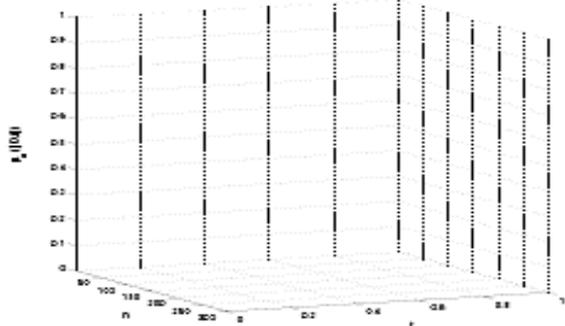


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

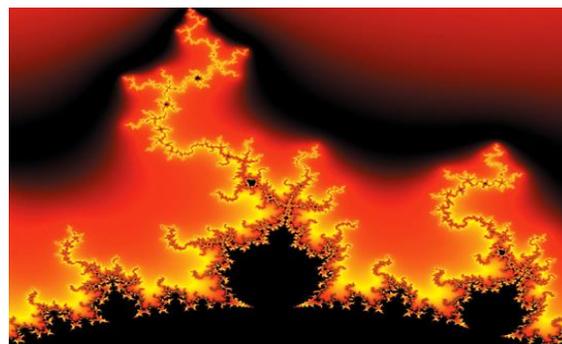


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

MIRANDA - TORRADO, Fernando. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), 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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Ingeniería Innovativa

“Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero”

RAFAEL-PEREZ, Eva, MORALES-HERNANDEZ, Maricela, REYES-MORALES, Idalia Sarai y NAVARRETE-INFANTE, Néstor Manuel

Instituto Tecnológico de Oaxaca

“Visualización de un flujo de convección mediante un arreglo tipo Schlieren”

MORALES-LARRAGA, Alan, GÓMEZ-VIEYRA, Armando, REAL-RAMÍREZ, César Augusto y MIRANDA-TELLO, José Raúl

Universidad Autónoma Metropolitana

“Diseño y monitoreo en tiempo real de un biodigestor, aplicado a las condiciones ambientales de Hermosillo”

MONTIJO-VALENZUELA, Eliel Eduardo, RAMÍREZ-TORRES, Flor, RIVERA-LANDAVERDE, Rodolfo Ulises y RAMÍREZ-CORONEL, Fernando Joaquín

Instituto Tecnológico de Hermosillo

“Estacionamiento Inteligente”

RODRÍGUEZ-MIRANDA, Gregorio, SANTOS-OSORIO, Rene, ORDAZ-BANDA, Carmen Sarahí y LOPEZ-RIVERA, José Armando

Universidad Tecnológica de San Juan del Río

