



Edición especial



INSTITUTO
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
GOBIERNO DE CHIAPAS



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400

“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

www.revistatecnologiadigital.com

Desde 2011

Volumen Número

9 1

Año 2019

CONSEJO EDITORIAL.

Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
hgcrespo@hotmail.com

Editor. Dr. Jorge Humberto Ruiz Ovalle.

Universidad Autónoma de Chiapas.
jruizovalle@hotmail.com

Editor traductor. Dr. Daniel Samayoa Penagos.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
samadaniel@hotmail.com

Editor traductor. Dra. Magdalena Guerra Crespo.

Instituto de Biotecnología de la UNAM, Cuernavaca Morelos.
magdagmx@hotmail.com

Editor traductor. Dra. María Candelaria Gutiérrez Gómez.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
mgutierrez@ittg.edu.mx

COMITÉ DE ARBITRAJE.

Ing. Arturo Iván Colado Altamirano.

Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas.
Ingeniería Instituto Tecnológico de Monterrey.

Mtra. Lexi Javivi López Ángel.

Instituto Tecnológico de Cintalapa.
Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable por la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Dr. Sarely Martínez Mendoza.

Universidad Autónoma de Chiapas.
Doctorado en Ciencias de la Información por la Universidad Complutense de Madrid, España.

Dra. Verónica Castellanos León.

Universidad Autónoma de Chiapas.
Doctorado en Estudios Organizacionales por la UAM-I.

Revista Tecnología Digital.

Índice LatIndex: 23658.

ISSN: 2007-9400.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Carretera Panamericana Km. 1080.

C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Departamento de Sistemas y Computación.

01-961-6150461 Ext. 319

www.revistatecnologiadigital.com

Editor Responsable.

Editorial Tecnología Didáctica®.

Dr. Héctor Guerra Crespo.

Registro del padrón de editores: 970-94054 de fecha 22-junio-2004.

Palenque 139 Col. ISSSTE, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

C.P. 29060, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

www.tecnologiadidactica.com

Revista Tecnología Digital. Año 9, Volumen 9, Número 1 de 30 de julio de 2019 es una edición especial on-line www.revistatecnologiadigital.com editada por Héctor Guerra Crespo oficinas en Palenque 139 Col. ISSSTE Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México C.P. 29060. correo-e hgcrespo@hotmail.com Editor responsable: Héctor Guerra Crespo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-022811040300-203 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-9400. Responsable de la última actualización de este número Dr. Héctor Guerra Crespo, Presidente del consejo editorial, Palenque 139 Colonia ISSSTE Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29060, fecha de la última modificación, 30 de julio de 2019.

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor responsable. Índice LatIndex: 23658.

Índice.

	Página.
Control de una silla de ruedas por medio de comandos de voz en una aplicación móvil. 1
Diseño de robots móviles para trabajo colaborativo con aplicaciones a la agricultura de precisión. 9
Diseño de un convertidor catalítico de baja temperatura para obtener metano sustentable a partir del CO ₂ producido durante el funcionamiento de un motor de combustión interna. 19
Herramienta m-learning en el caso de nivelación en lógica y fundamentos de programación. 29
Interoperabilidad del Sistema de Expediente Clínico Electrónico de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas. 37
Plataforma web para la gestión del Sistema Interno de Investigación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. 47
Síntesis de PtZn/C y su caracterización electroquímica como catalizador de bajo contenido de platino en la reacción catódica de reducción de oxígeno. 57
Sistema de diagnóstico para el procesamiento de señales biomédicas con redes neuronales artificiales. 69

Control de una silla de ruedas por medio de comandos de voz en una aplicación móvil.

Wheelchair control by voice commands in a mobile application.

Marco Antonio Hernández Pimentel (1).
Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.
silk_rsf@hotmail.com

Imelda Valles López* (2), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
imevalles@yahoo.com.mx

Rosy Ilda Basave Torres (3), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
rbasave@ittg.edu.mx

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
jogs78@gmail.com

Jesús Carlos Sánchez Guzmán (5), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
jesuscarlos@tectuxtla.net

Alejandro Trujillo Delgado (6), Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, malejandrotrd@icloud.com

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 27, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

Según datos de la ENADID 2014, en Chiapas hay 2.1 millones de personas menores de 18 años, de los cuales, 1.3% tienen discapacidad y 2.3% presentan limitación para realizar alguna actividad de la vida cotidiana. En suma 3.6% de la población infantil tiene alguna dificultad para desarrollar su vida cotidiana de forma plena y el (39.2%) de esta población no puede caminar (Chiapas Paralelo. (30 abril, 2016)), el Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón Chiapas (CRIT), atiende a estos niños. Una silla de ruedas controlada por comandos de voz por medio de un dispositivo móvil puede ayudar a personas con problemas de desplazamiento personal. La propuesta ataca específicamente a niños con paraplejía y cuadriplejía y contará con una aplicación en un dispositivo móvil con sistema operativo Android, la aplicación estará configurada para que, de acuerdo a las instrucciones otorgados por el paciente pueda enviar el mensaje vía bluetooth, lo reciba la placa Arduino y éste ejecute el algoritmo para que los motores puedan mover la silla de ruedas y en caso de que el usuario no se percate de algún obstáculo, los sensores enviarán una señal para que esta se detenga, también contará con un mecanismo en caso de que la silla de ruedas se quede sin energía para poder moverla manualmente.

Palabras clave: Android, Arduino, Aplicación móvil.

Abstract.

According to data from ENADID, in 2014 there were 2.1 millions of people under 18 years in Chiapas, of which, 1.3 % have a disability and 2.3% present a limitation on doing daily life activities. In short, 3.6% of the child population has some difficulty to develop their daily life fully and 39.2% of this population cannot walk (Chiapas Paralelo, April 30, 2016). Teletón Chiapas Children's Rehabilitation and Inclusion Center (CRIT) attends those children. A wheelchair controlled by voice commands through a mobile app can help people with personal displacement problems. The proposal specifically targets children with paraplegia and quadriplegia and will have an application on a mobile device with an Android operating system. The application will be configured so that according to the instructions given by the patient, it can send the message via Bluetooth, which will be received by the Arduino board and then it will execute the algorithm so that the motors can move the wheelchair. In case the user does not notice any obstacle, the sensors will send a signal so that it stops. It will also have a mechanism in case the wheelchair runs out of energy to be able to move it manually.

Keywords: Android, Arduino, Mobile App.

1. Introducción.

El Sistema de Centros de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT), conforma el sistema de rehabilitación infantil privado más grande del mundo. Los 22 Centros que actualmente operan en toda la República Mexicana benefician a más de 27,000 mil personas al año, mediante servicios de rehabilitación que buscan promover el pleno desarrollo e inclusión a la sociedad de los menores atendidos y tienen como objetivo la independencia funcional en las actividades de la vida diaria, así como la inclusión social y educativa. Fundación teletón México (2018). En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, el Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT) creada el 28 de noviembre de 2006, atiende a niños que sufren de alguna discapacidad, incluyendo la discapacidad motriz y cuyas familias no cuentan con los recursos económicos suficientes para afrontar esta problemática. CRIT (2017).

En la actualidad existen infinidad de afecciones que impiden el desplazamiento autónomo de las personas, según datos de la ENADID 2014, en Chiapas hay 2.1 millones de personas menores de 18 años, de los cuales, 1.3% tienen discapacidad y 2.3% presentan limitación para realizar alguna actividad de la vida cotidiana. En suma 3.6% de la población infantil tiene alguna dificultad para desarrollar su vida cotidiana de forma plena y el (39.2%) de esta población no puede caminar (Chiapas Paralelo (30 abril, 2016)), ésta población suele depender de aparatos para usos especiales como es la silla de ruedas que se utiliza en algunos casos severos de discapacidad. Ante la situación planteada, se propone desarrollar una silla de ruedas controlada por comandos de voz para mejorar la calidad de vida de las personas con problemas motrices o cuadriplejia, beneficiando el desplazamiento personal de los pacientes del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón Chiapas (CRIT).

2. Métodos.

La metodología para el desarrollo del proyecto fue seleccionada en consenso con personal del CRIT y es la siguiente:

1. Selección de una muestra.

Con apoyo de terapeuta de pacientes del CRIT Chiapas, se selecciona un paciente por cada discapacidad atendida en el CRIT. Para seleccionar a los candidatos se identificaron a los pacientes que tenían la capacidad de hablar, gesticular y con fuerza en las mandíbulas. Los Psicólogos involucrados con el proyecto tuvieron a bien ayudar a la selección partiendo de la opinión de los padres de cada paciente, comentándoles el proyecto y los beneficios que éste tenía. Una vez aprobado el proyecto por los padres de familia de los pacientes seleccionados por el terapeuta, se identificaron necesidades comunes en la silla de ruedas para seleccionar la silla que satisfaga estas necesidades.

2. Análisis y Diseño.

Una vez seleccionada la muestra e identificadas las necesidades se diseña tanto el software como el hardware satisfaciendo las necesidades encontradas.

3. Programación e Implementación.

En esta etapa, se parte del diseño para generar el código necesario.

Reducir un diseño a código puede ser la parte más obvia del trabajo en el desarrollo del software. La complejidad y la dirección de esta etapa están íntimamente relacionada al o a los lenguajes de programación utilizados, así como el diseño previamente realizado. Roger S. Pressman (2015).

4. Prueba

En esta etapa se usa el asistente virtual por los pacientes seleccionados utilizando todas las opciones definidas en el asistente.

3. Desarrollo.

La aplicación móvil se desarrolla en Android Studio, la cual tendrá una interfaz utilizada por el paciente para el control de la silla de ruedas. Al iniciar la aplicación móvil se le mostrará al usuario un formulario el cual tiene que ser llenado con ayuda del responsable del paciente, dicho formulario servirá para que el algoritmo implementado en la aplicación móvil pueda crear una configuración específica para el uso de ésta.

Los materiales para realizar el proyecto son:

- Silla de ruedas.
- Placa Arduino Mega 2560 R3.
- Módulo bluetooth.
- Motores 12V.
- Batería de larga duración y recargable.
- Micrófono.
- Módulo puente H dual.
- Sensor detector de obstáculos.

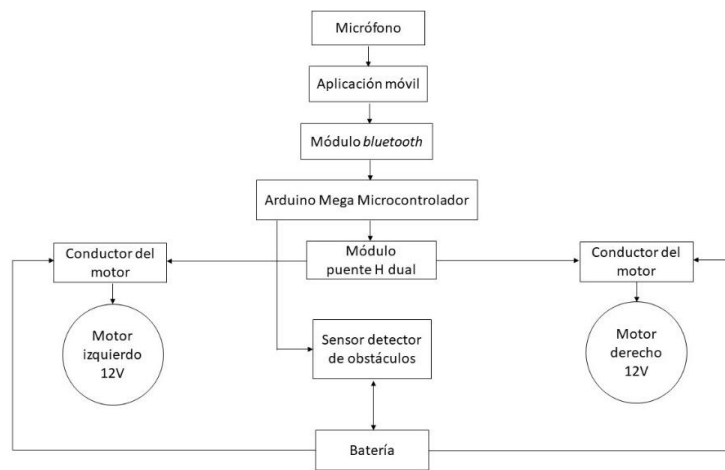


Figura 1. Componentes del proyecto.

En la figura 1 se muestra cómo interactúan cada uno de los componentes del proyecto.

La aplicación móvil incluirá dos opciones para el control de la silla de ruedas, los cuales son los siguientes:

- Comando manual
- Comando por voz



Figura 2. Interfaz comando por voz.

En la figura 2 se muestra la interfaz de la aplicación móvil del modo comando por voz.

El proceso de comandos de voz se llevará a cabo por el reconocimiento de voz implementada en la aplicación móvil, al recibir una instrucción por medio del habla, enviará un conjunto de datos a través del bluetooth del dispositivo móvil.

Estos datos serán recibidos por el módulo bluetooth que estará acoplado a la placa Arduino, dicha placa contendrá un algoritmo el cual hará los cálculos para enviar la potencia que se tiene que aplicar a los motores, los cuales logran el movimiento de la silla de ruedas. Dependiendo del comando de voz recibido por la placa Arduino, el destino se entiende automáticamente y la silla de ruedas se mueve según la dirección indicada por el comando.

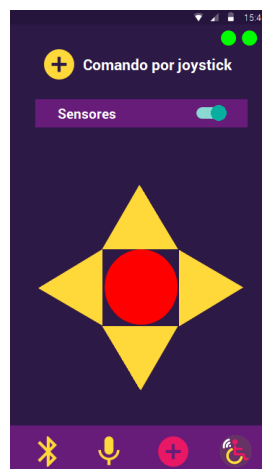


Figura 3. Interfaz comando manual.

En la figura 3 se muestra la interfaz de la aplicación móvil del modo comando manual.

El modo comando manual contará con una interfaz con un conjunto de botones, que representaran cinco comandos los cuales son las direcciones para poder controlar la silla de ruedas, el proceso para controlar la silla de ruedas con los botones es el mismo que se utilizará con el comando por voz.

Cuando el usuario de la silla de ruedas se encuentre con un obstáculo, como lo muestra la figura 4, el sensor de obstáculos enviará directamente a la placa Arduino una señal para detener la silla de ruedas, evitando cualquier tipo de accidente. Los motores de 12V serán controlados a través de un módulo puente H dual, el cual permite controlar el giro y la velocidad de los dos motores, logrando el movimiento hacia adelante, el movimiento hacia atrás, giro a la derecha, giro a la izquierda y el frenado de la silla de ruedas.

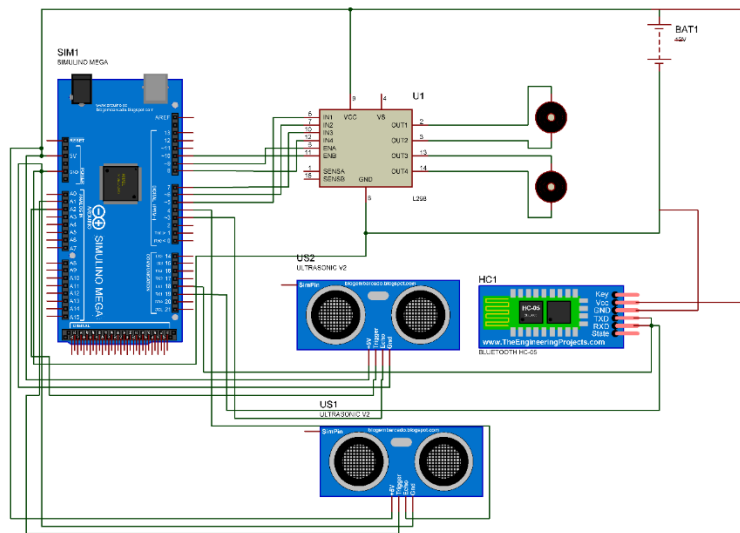


Figura 4. Diagrama de circuito de la silla de ruedas.

Para el diseño de los elementos que conforman el sistema, se tomó como referencia los modelos propuesto por Raiyan, Nawaz, Adnan, y Imam (2017), para la identificación de obstáculos, la tecnología de Ruzaij, Neubert, y Thurow la cuál permite la conversión de palabras habladas en una señal eléctrica, que luego se procesa mediante una computadora y un microcontrolador, de acuerdo con la voz recibida, el destino se entiende automáticamente y la silla de ruedas se mueve según la ruta que está predefinida, elementos propuestos por el modelo de Sivakumar, Murji, Jacob, Nyange y Banupriya.

Conclusiones.

Es grato realizar este proyecto con el interés que ha puesto el personal y pacientes del CRIT Chiapas. El proyecto está en la etapa de programación e implementación. Las propuestas en el diseño de Raiyan, Ruzaij y Sivakumar han abierto un gran panorama respecto a la realización de este proyecto, ya que, implementan tecnologías que se pretenden utilizar.

Créditos.

Se agradece la colaboración para el proyecto Sistema de Centros de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT).

Referencias Bibliográficas.

Chiapas Paralelo. (30 abril, 2016). 43.8 % de las niñas y niños en Chiapas viven en pobreza extrema: INEGI. S/F, de INEGI Sitio web: <https://www.chiapasparalelo.com/noticias/chiapas/2016/04/43-8-de-las-ninas-y-ninos-en-chiapasviven-en-pobreza-extrema-inegi/>

CRIT. (2017). Quienes somos. S/F, de CRIT Sitio web: <https://www.teleton.org/home/contenido/quienes-somos>

Fundación teletón México. (2018) TELETÓN. Disponible en www.teleton.org.

Raiyan, Z., Nawaz, M. S., Adnan, A. A., & Imam, M. H. (2017, December). Design of an arduino based voice-controlled automated wheelchair. In Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2017 IEEE Region 10 (pp. 267-270). IEEE

Roger S. Pressman (2015). Ph. D. University of Connecticut, Séptima Edición. Ingeniería de software. Un enfoque práctico.

Ruzaij, M. F., Neubert, S., Stoll, N., & Thurow, K. (2015, May). Design and testing of low cost threemodes of operation voice controller for wheelchairs and rehabilitation robotics. In Intelligent Signal Processing (WISP), 2015 IEEE 9th International Symposium on (pp. 1-6). IEEE

Sivakumar, M. S., Murji, J., Jacob, L. D., Nyange, F., & Banupriya, M. (2013, July). Speech controlled automatic wheelchair. In Information Science, Computing and Telecommunications (PACT), 2013 Pan African International Conference on (pp. 70-73). IEEE

Información de los autores.



Marco Antonio Hernández Pimentel es alumno del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de Aplicaciones Móviles. Sus principales intereses son el área de redes de datos.



Imelda Valles López, es desde 1991, profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010). Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo" desde 2012. Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional", ITTUXG-CA-4. Desde 2011. Profesor de tiempo completo con perfil deseable (2013-2020). Miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2012.



Rosy Ilda Basave Torres, es Maestra en Ciencias en Ciencias de la Computación egresada del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Es profesora en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es miembro del cuerpo académico ITTUXG-CA-7, colabora en la línea de investigación ITF-TGTZ-LIE-2018-0163, tiene el reconocimiento al perfil deseable y es miembro del Sistema Estatal de Investigadores.



Jorge Octavio Guzmán Sánchez. Estudió Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de 1996 al 2000 titulándose en febrero de 2001, maestría en Ciencias de la Computación en la Universidad Pablo Guardado Chávez obteniendo el grado en 2010 y una especialidad en Administración de servidores Windows en 2009. Se especializa en la administración de redes de computadoras y el desarrollo Web. Se ha desempeñado como docente de múltiples niveles, siendo docente del ITTG desde 2007 a la fecha y ocupado diversos cargos como: Jefe del Centro de cómputo (de 2007 a 2010), Jefe de laboratorio de cómputo (2011 a la fecha), Representante institucional ante PRODEP (2015 a la fecha).



Jesús Carlos Sánchez Guzmán. Profesor de tiempo completo de la carrera del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla en la carrera de Ingeniería En Sistemas Computacionales Tecnológico de Tuxtla desde 1995. Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur. Maestro en Comercio Electrónico por el Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Chiapas. Licenciado En Sistemas de Computación Administrativa por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Morelos. Su área de especialidad es en Redes de Computadoras y Base de datos. Contacto principal de academia Cisco del Instituto Tecnológico de Tuxtla. Contacto principal de academia de Oracle del Tecnológico de Tuxtla



Alejandro Trujillo Delgado es alumno del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de Aplicaciones Móviles. Sus principales intereses son el área de Domótica.

Diseño de robots móviles para trabajo colaborativo con aplicaciones a la agricultura de precisión.

Mobile robots design for collaborative work with applications for precision agriculture.

Wendy Yesenia Govea Rodríguez (1).
Programa Verano Delfín.
wgovea@ucol.mx

Oscar Alejandro Lemus Pichardo (2). Programa Verano Delfín, oscarl.ocho@gmail.com.

Alejandro Medina Santiago* (3). Universidad de ciencia y tecnología Descartes, cidit@universidaddescartes.edu.mx.

Lorena del Rosario Rojas Nucamendi (4). Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas, lorenarojas@mexicoled.com.

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 25, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

La programación de un robot autónomo de tres grados de libertad para la agricultura de precisión, el robot aprenderá a moverse dependiendo de la zona donde se encuentre, identificar algunos elementos de las plantas como color, humedad, etc. para determinar si la planta está viva o muerta, localizar su posición a través de un GPS para proceder a retirarla de un invernadero mediante otro robot especializado para dicha tarea. Las posibilidades que ofrecen los robots móviles son muy importantes en los campos militar, sanitario, de expediciones terrestres con fines académicos o civiles, en la inspección de instalaciones nucleares, y en general en todo tipo de entornos hostiles y de seguridad. Se presenta el desarrollo de un sistema que realiza el seguimiento de una trayectoria para hacer la ubicación de plantas dentro de un terreno, las cuales ya se encuentren muertas. La aplicación se ejecuta en un dispositivo móvil que cuenta con sistema operativo Android que se comunica con el robot a través de Bluetooth, ya que éste cuenta con una tarjeta de Arduino UNO en la que están conectados 4 sensores ultrasónicos y un sensor de humedad. Para facilitar el diseño, nuestro primer paso fue desarrollar diversas actividades con redes neuronales para determinar el mejor diseño de RNA-BP.

Palabras clave: robots móviles, agricultura de precisión, trabajo colaborativo, redes neuronales.

Abstract.

Programming an autonomous robot of three degrees of freedom for precision agriculture, the robot will learn to move depending on the area where it is; to identify some elements of plants such as color, humidity, etc. to determine if the plant is alive or dead; to locate its position through a GPS to remove it from a greenhouse using another specialized robot for this task. The possibilities offered by mobile robots are very important in the military and health fields; in terrestrial expeditions; for academic or civil purposes, in the inspection of nuclear facilities, and in general in all types of hostile and security environments. A system development that tracks a path to the location of dead plants in a field is presented. The application runs on a mobile device that has an Android operating system that communicates with the robot via Bluetooth, since it has an Arduino UNO card to which 4 ultrasonic sensors and a humidity sensor are

connected. To facilitate the design, our first step was to develop various activities with neural networks to determine the best design of RNA-BP.

Keywords: mobile robots, precision agriculture, collaborative work, neural networks.

1. Introducción.

La robótica móvil es una valiosa herramienta para explorar entornos inaccesibles al ser humano por su lejanía, coste o peligrosidad y para realizar tareas desagradables o laboriosas. Es un campo relativamente nuevo, hasta hace poco experimental, pero que ya se está aplicando a problemas reales con resultados satisfactorios. Una mayor autonomía del robot, es decir, una menor supervisión humana para su correcto funcionamiento es uno de los propósitos primordiales de esta área de conocimiento (Fernández, 2009).

La robótica cooperativa surge como una idea de sentido común para mejorar el desempeño en la realización de la tarea a ejecutar. Hacer un trabajo entre varios puede tener muchas más ventajas como, por ejemplo, reducir el tiempo de ejecución de la tarea o realizar tareas más complejas, que hacerlo uno solo. Basta con darse cuenta de que hay algunas tareas que simplemente no pueden ser realizadas únicamente por un individuo debido a que sobrepasa sus límites. Ante esta problemática, durante más de dos décadas, ha surgido un creciente interés por el estudio de sistemas que integran varios robots conocidos con el nombre de Sistemas Multi-Robot (SMR) o equipo de robots y que en algunas tareas han demostrado ventajas que los hacen más eficientes respecto a sistemas uni-robot. Los SMR ofrecen interesantes alternativas en la concepción de sistemas robóticos y pueden darnos muchos servicios útiles. Sin embargo, el diseño y la implementación de un equipo de robots enfrentan problemas concernientes a los recursos de cómputo, especificación de tareas, comunicación entre robots, localización, control y planificación entre muchos otros.

En el presente proyecto hemos diseñado e implementado un sistema cuyo propósito principal es hacer un recorrido del robot por un plantío para hacer la identificación de la flora muerta y colocar una nueva planta, esto es con ayuda de los sensores ultrasónicos, más adelante se explica detalladamente la realización de los diversos programas además de la aplicación móvil para poder observar en un mapa la ubicación de la planta.

2. Métodos.

De trabajos anteriores a este proyecto ya se cuenta con el primer robot móvil el cual realiza la detección de las plantas muertas, se desarrolla la etapa de control y localización vía GPS, como resultado, se espera que los datos del GPS se pasen al segundo robot móvil, éste se dirigirá a las coordenadas especificadas por el primero para hacer la obtención de la planta muerta y colocar una nueva en la misma posición además de hacer la revisión de la humedad para regarla.

2.1 Diseño de la arquitectura neuronal.

Por lo que se hizo una tabla de verdad que con respecto a cada uno de los sensores ultrasónicos se dirigirá el robot móvil a una dirección. El siguiente código de la figura 1, lo que realiza es un ciclo para determinar las diferentes condiciones posibles dependiendo de los resultados que se quieren.

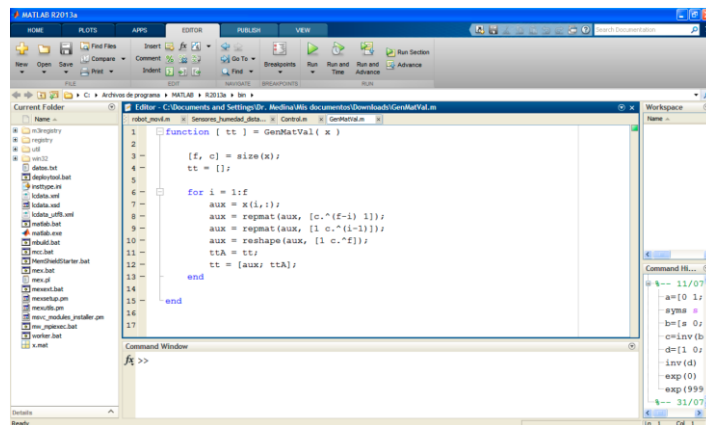


Figura 1. Código para las distintas combinaciones.

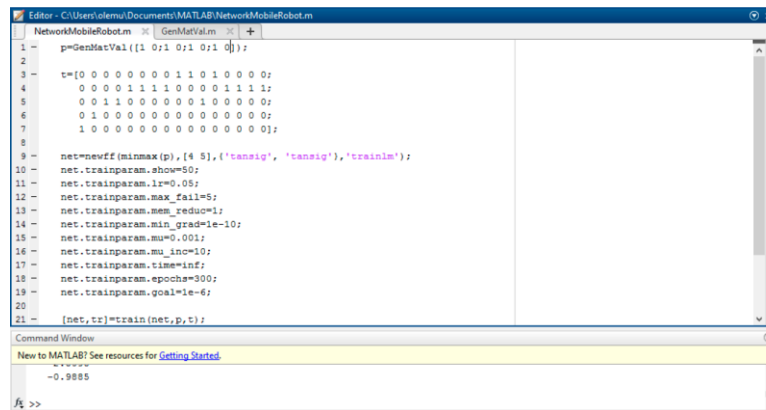
La tabla 1 muestra las acciones planteadas al robot dependiendo de los datos arrojados por los sensores de distancias montados en su chasis.

Tabla 1. Acciones del robot con respecto a los sensores de distancia.

SI	SA	SD	SR	Derecha	Adelante	Izquierda	Atrás	Stop
1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0

Los valores SI, SA, SD y SR corresponden a cada sensor ultrasónico montado (izquierda, derecha, adelante, atrás), los siguientes datos de la tabla corresponden a la acción que tomará el carro.

En la figura 2 se tiene el código para obtener las bias y los pesos de cada una de las neuronas, se hicieron diversas pruebas cambiando las capas y la cantidad de neuronas en cada una de ellas hasta encontrar la mejor, resultando de dos capas teniendo en la primera 4 neuronas y en la segunda 5 que nos daba la matriz final idéntica a la deseada. A la red neuronal se le aplicó un entrenamiento backpropagation con funciones de activación “tansig” para las capas ocultas y la de salida (Hagan, 1996).



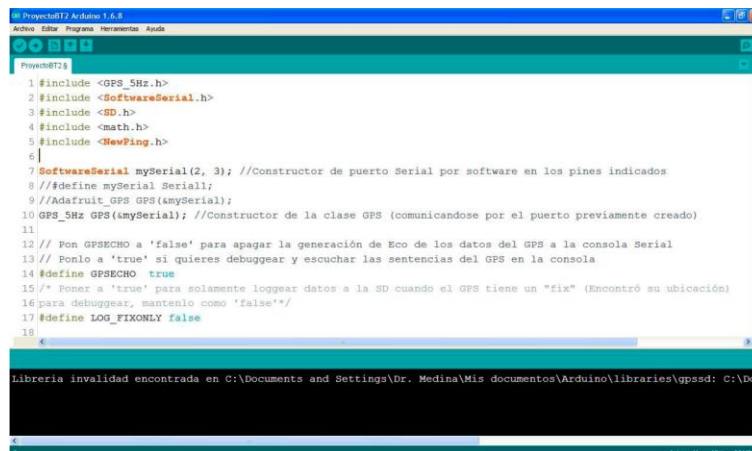
```

Editor - C:\Users\olemu\Documents\MATLAB\Network\MobileRobot.m
NetworkMobileRobot.m  GenMatVal.m
1 - p=GenMatVal([1 0;1 0;1 0;1 0]);
2
3 -
4 - t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0];
5 - 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1;
6 - 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0;
7 - 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
8 -
9 - net=newff(minmax(p),[4 5],{'tansig','tansig','trainlm'});
10 - net.trainparam.show=50;
11 - net.trainparam.lr=0.05;
12 - net.trainparam.max_fail=5;
13 - net.trainparam.mem_reduc=1;
14 - net.trainparam.min_grad=1e-10;
15 - net.trainparam.mu=0.001;
16 - net.trainparam.mu_inc=10;
17 - net.trainparam.time=inf;
18 - net.trainparam.epochs=300;
19 - net.trainparam.goal=1e-6;
20 -
21 - [net,t]=train(net,p,t);
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started
-0.9885
fx >>

```

Figura 2. Código para la obtención de pesos sinápticos y bias de la RNA-BP.

Al obtener los resultados se lleva estos datos a la programación del sistema embebido Arduino, en la que se monitoreaban los sensores y se condicionaban para que activaran los motores e hicieran lo que ya se había indicado mediante programación.



```

Project017 Arduino 1.6.8
Archivo Editor Programa Herramientas Ayuda
Project017
1 #include <GPS_SHz.h>
2 #include <SoftwareSerial.h>
3 #include <SD.h>
4 #include <math.h>
5 #include <NewPing.h>
6
7 SoftwareSerial mySerial(2, 3); //Constructor de puerto Serial por software en los pines indicados
8 //define mySerial Serial1;
9 //Adafruit_GPS GPS(mySerial);
10 GPS_SHz GPS(mySerial); //Constructor de la clase GPS (comunicandose por el puerto previamente creado)
11
12 // Pon GPSECHO a 'false' para apagar la generación de Eco de los datos del GPS a la consola Serial
13 // Ponlo a 'true' si quieres debuggear y escuchar las sentencias del GPS en la consola
14 #define GPSECHO true
15 /* Poner a 'true' para solamente loggear datos a la SD cuando el GPS tiene un "fix" (Encontró su ubicación)
16 para debuggear, mantenido como 'false'*/
17 #define LOG_FIXONLY false
18
Librería invalida encontrada en C:\Documents and Settings\Dr. Medina\Mis documentos\Arduino\libraries\gpsd: C:\Doc

```

Figura 3. Código del sistema embebido para la obtención de datos de los sensores.

Con el código de la figura 3 se programa para que el sensor ultrasónico activara un pin de salida el cual va directo a los motores para indicar que algún objeto se encuentra enfrente, esto es para dirigir al robot móvil, orientarlo durante su recorrido por el plantío, mientras tanto el sensor de humedad solo activa la opción de guardar las coordenadas en la memoria micro SD si se detecta humedad, esto es para que el robot vaya directamente a los puntos señalados y regar las plantas que lo necesitan.

Haciendo distintas pruebas, además de hacer mucha investigación se comprendió el código NMEA como el que se muestra a continuación:

```
$ GPGGA, 123519,4807.038, N, 01.131,000, E, 1,08,0.9,545.4, M, 46,9, M,, * 47
```

Dónde:

Datos Fix GGA Sistema de Posicionamiento Global

123519 Fix tomada en 12:35:19 GMT

4807.038, latitud N 48 ° 07,038 'N

01131.000, E Longitud 11 ° 31.000 'E

1 Fijar la calidad: 0 = no válido

1 = punto de GPS (SPS)
 2 = fijo DGPS
 fix 3 = PPS
 4 = Tiempo real cinemática
 5 = RTK flotante
 6 = estimado (estima) (2.3 función)
 7 = modo de entrada manual
 8 = Modo de simulación
 08 Número de satélites rastreados
 0,9 dilución horizontal de la posición
 545,4, M Altitud, Metros, sobre el nivel del mar
 46,9, H Altura del geoide (nivel medio del mar) por encima de WGS84
 (Campo vacío) el tiempo en segundos desde la última actualización de DGPS
 (Campo vacío) Número de identificación de la estación DGPS
 * 47 los datos de suma de comprobación, siempre comienza con *

Entonces con respecto a esto en la aplicación que se encuentra en internet GPS Visualizer se podía ver la ruta que se seguía, además mostraba los puntos en los que se encontraba humedad dentro del terreno de exploración.

2.2 Diseño electrónico.

En lo que respecta al diseño electrónico se hicieron las pruebas debidas sobre un protoboard, montando la circuitería en la que solo se hizo uso de cuatro sensores ultrasónicos uno para la parte delantera, trasera, izquierda y derecha del robot móvil; todo se realizó con un Arduino UNO puesto que el Shield del GPS solo podía hacerse uso con ese modelo de Arduino (figura 4); al observar la poca cantidad de pines con las que se podía contar se tuvo que hacer un arreglo con un multiplexor y un demultiplexor para los 4 sensores ultrasónicos y el sensor de humedad trabaja con un pin analógico, además de las salidas a utilizar para enviar las señales a los motores.

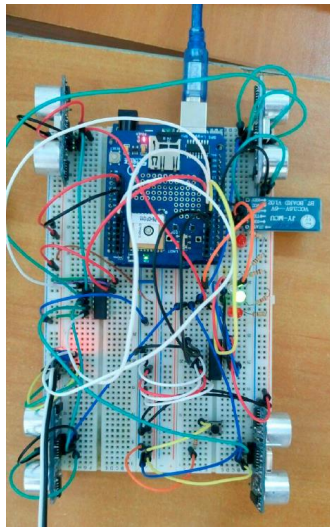


Figura 4. Vista superior de la circuitería implementada.

También se añadió un módulo Bluetooth para enviar estos datos guardados a una aplicación móvil diseñada, en la que la persona pueda estar verificando en su celular la ubicación del robot. Las pruebas con el dispositivo se hicieron con una batería recargable para hacer diversos recorridos y estar verificando que los datos eran guardados además de que se marcarán los puntos donde se humedecía el sensor FC-28 (figura 5).

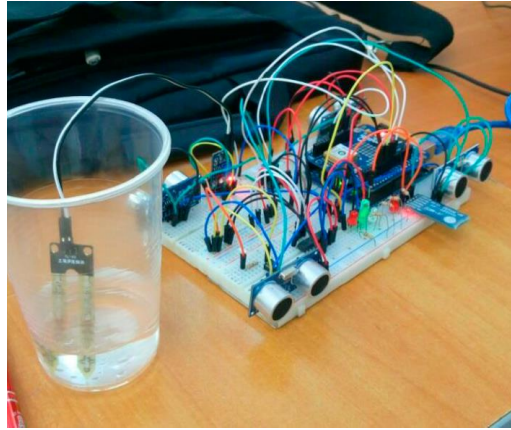


Figura 5. Pruebas de sensores montados en el robot móvil.

2.3 Aplicación móvil.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se hizo uso del entorno de Android Studio que se aprecia en la figura 6 en el cual se requiere conceptos de programación en Java, está basado en el software IntelliJ IDEA de JetBrains. Se fue haciendo el diseño para poder observar en la pantalla del celular hacia qué dirección se dirige el robot móvil, primeramente, se fue haciendo la conexión por Bluetooth con el que se encuentra en la circuitería que irá montada sobre el dispositivo, se hizo una prueba primero con el encendido y apagado de un led con una aplicación sencilla.

Después lo que se hizo fue obtener los datos guardados en la memoria colocada en el Shield del GPS en el celular y ya con eso que se mostrara en el celular la ubicación dando la latitud y longitud, con esto observar en que punto sí hubo humedad.

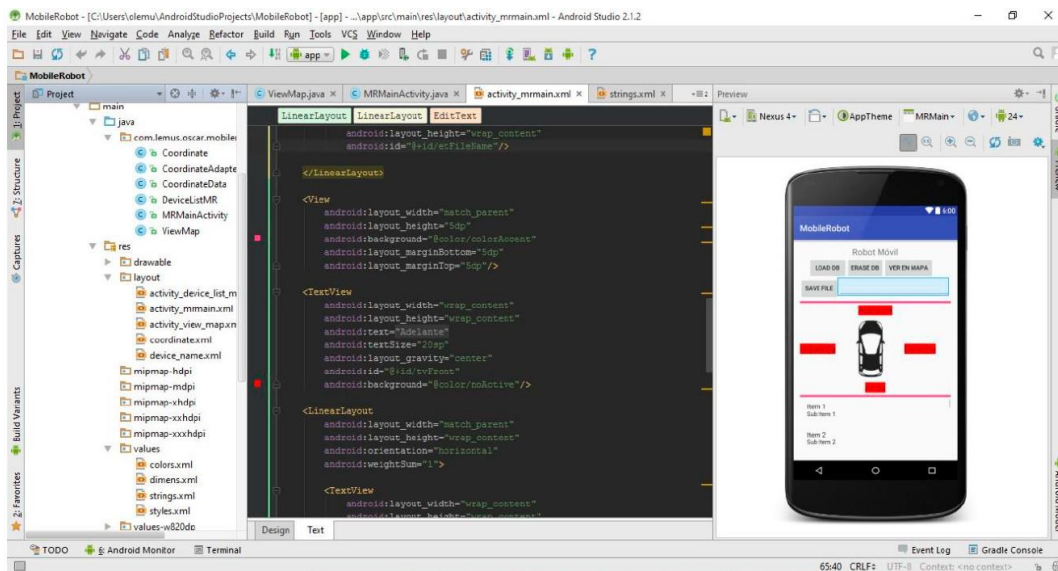


Figura 6. Android studio.

En la figura 7 se observa la aplicación descargada en un celular móvil con sistema operativo Android, la cual contiene diversos botones para hacer el guardado de archivo, descargar la posición y observar la longitud y latitud, ya con esto poder observarse en un mapa de OpenStreetMap.

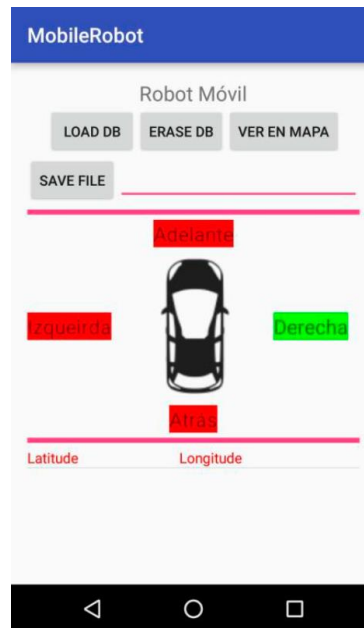


Figura 7. Aplicación móvil en celular con SO Android.

3. Resultados.

Los primeros resultados con respecto a la programación fue la obtención de la matriz dada por las neuronas ya entrenadas, además de que se nos indicaran cuales eran los pesos y bias más apropiados para la obtención de la matriz ya mencionada (figura 8).

```
w1 =
-1.9297  -3.0054  0.1144  6.6970
-2.9303  -0.0637  8.2350  0.2260
-1.5331  5.0651  -6.7401  5.0552
2.3902   1.7816  4.2843  -6.0167

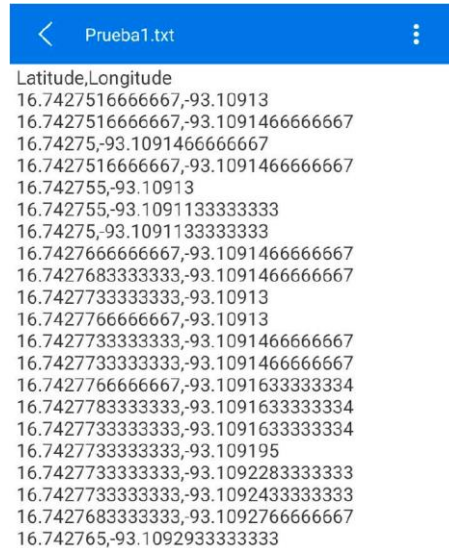
b1 =
6.3076
-3.4431
-0.4439
3.2458

w2 =
-2.2982  -0.7529  0.7796  2.5676
0.4774  -8.9804  1.9640  0.8466
2.6394  -2.2430  0.5034  -2.7472
3.4145  -4.4876  0.9579  -2.4312
-4.2235  5.0130  4.5686  0.3417
2.8706  -7.6595  4.2369  -2.7627
```

Figura 8. Pesos sinápticos y bias de la arquitectura neuronal desarrollada.

Los resultados en lo electrónico fueron exitosos pues todo funcionó correctamente conforme a los esperado, solo deseando haber avanzado un poco más respecto a montarlo en una baquelita, pero ya será más adelante.

El código de Arduino también fue un resultado muy bueno, ya que la tarjeta de Arduino UNO fue suficiente para abastecer a todos los sensores y se pudo colocar toda esa programación dentro del dispositivo en el que ya mencionado con la aplicación se pudo hacer el guardado de la posición obteniendo un archivo “txt” que con esos datos se obtenía la latitud y longitud como se puede observar en la figura 9.



```

Latitude,Longitude
16.7427516666667,-93.10913
16.7427516666667,-93.1091466666667
16.74275,-93.1091466666667
16.7427516666667,-93.1091466666667
16.742755,-93.10913
16.742755,-93.1091133333333
16.74275,-93.1091133333333
16.7427666666667,-93.1091466666667
16.7427683333333,-93.1091466666667
16.7427733333333,-93.10913
16.7427766666667,-93.10913
16.7427733333333,-93.1091466666667
16.7427733333333,-93.1091466666667
16.7427766666667,-93.1091633333334
16.7427783333333,-93.1091633333334
16.7427733333333,-93.1091633333334
16.7427733333333,-93.109195
16.7427733333333,-93.1092283333333
16.7427733333333,-93.1092433333333
16.7427683333333,-93.1092766666667
16.742765,-93.1092933333333

```

Figura 9. Datos en formato TXT donde se guarda la posición gps del robot.

En la siguiente figura 10 se puede observar cómo se marca la posición en OpenStreetMap, los cuales indican que el sensor FC-28 detectó humedad y es para que el robot móvil se dirija a esa posición.

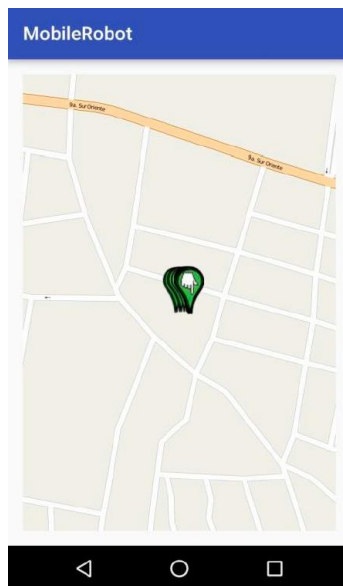


Figura 10. Posición de la actividad del sensor de humedad dentro del terreno explorado.

Conclusiones.

Con los resultados obtenidos se comprueba el funcionamiento del sistema desarrollado y por otro lado se pueden realizar muchos más proyectos como por ejemplo en el rescate de personas cuando suceda algún terremoto ya que se cuenta con el GPS, o al igual para la ayuda policial en el que se pueda colaborar en encontrar personas desaparecidas o secuestradas. Además de mostrar las capacidades de comunicación del sistema con aplicaciones móviles para obtener las ubicaciones del robot en sus recorridos en un terreno de prueba no mayor a 200 metros cuadrados.

Créditos.

Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes, Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica. Programa Delfín.

Agradecimientos.

Se agradece al alumno de programa delfín 2017 que participo activamente en este proyecto de investigación, así mismo las facilidades de la Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes para el espacio y material para el desarrollo del proyecto.

Referencias Bibliográficas.

Fernández, M. Á., Fernández, D., & Valmaseda, C. (2009). Planificación de trayectorias para un robot móvil. Recuperado el 2016, de <http://eprints.sim.ucm.es/11301/1/MemoriaProyectoSSII.pdf>

Hagan, Martin T.; Demuth, Howard B.; Beale, Mark, (1996). Neural Network Desing, 1° Edición, USA: PWS Publishing Company

Información de los autores.



Wendy Yesenia Govea Rodríguez, Estudiante de ingeniería mecatrónica en el tecnológico de Michoacán.



Oscar Alejandro Lemus Pichardo, Estudiante de ingeniería mecatrónica en el IPN.



Alejandro Medina Santiago, Doctor en Ingeniería Eléctrica, Cinvestav-IPN, Universidad de ciencia y tecnología Descartes. Investigador.



Lorena del Rosario Rojas Nucamendi, Ingeniero en sistemas computacionales, Colegio de ingenieros en sistemas computacionales de Chiapas. Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas.

Diseño de un convertidor catalítico de baja temperatura para obtener metano sustentable a partir del CO₂ producido durante el funcionamiento de un motor de combustión interna.

Design of a low temperature catalytic converter to obtain sustainable methane from the CO₂ produced during the operation of an internal combustion engine.

Sergio Alberto Gamboa Sánchez* (1).

Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México.
sags@ier.unam.mx.

Luis Gerardo Pérez Juárez (2). Instituto de Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México, luis.g.perez.j@gmail.com.

Claudia Karina Zagal Padilla (3). Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México, ckzagal@ier.unam.mx.

Carlos Díaz Gómez (4). Instituto de Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México. cadigo@ier.unam.mx.

Héctor Daniel Cortés González (5). Instituto de Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México. hdcg@ier.unam.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 25, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

La contaminación del medio ambiente es causada principalmente por las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que ha generado un problema que afecta a la salud de los seres vivos que habitamos el planeta. Los automóviles son los principales generadores de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Por ello la ingeniería y las diversas variantes en el área automotriz han basado sus estudios en el área química con la finalidad de tener un control sobre las emisiones de gases tóxicos, siendo el CO₂, el principal gas de interés, producto del uso de combustibles fósiles para el funcionamiento de los motores de combustión interna. Es necesario plantear métodos para poder reducir las emisiones y de esta forma, mitigar el efecto de cambio climático en el medio ambiente. Ante esto el siguiente trabajo presenta una alternativa de diseño para el aprovechamiento de CO₂ que se produce en las emisiones de los motores, con ello es posible, favorecer a la reducción de contaminantes y aprovechar el CO₂ para su conversión a combustible sustentable, en este caso, la producción de metano sustentable. El diseño se basa en un proceso novedoso para la captura del CO₂ sobre la superficie de un material bidimensional basado en óxidos metálicos y la posterior reducción electroquímica mediante un proceso asistido por luz, para generar un combustible sustentable.

Palabras clave: convertidor catalítico, combustión interna, producción CO₂, reacción de reducción de CO₂, producción de metano sustentable.

Abstract.

The pollution of the environment is caused mainly by the emissions of CO₂ and other greenhouse gases into the atmosphere, which has generated a problem that affects the health of the living beings that inhabit the planet. Automobiles are the main generators of CO₂ and other greenhouse gases. Therefore engineering and various variants in the automotive area have based their studies in the chemical area in order to have control over the emissions of toxic gases, being CO₂, the main gas of interest, product of the use of fossil fuels for the operation of internal combustion engines. It is necessary to establish methods to reduce emissions and, in this way, mitigate the effect of climate change on the environment. Before this the following work presents a design alternative for the use of CO₂ that occurs in the emissions of the engines, with this it is possible to favor the reduction of pollutants and take advantage of the CO₂ for its conversion to sustainable fuel, in this case, the production of sustainable methane. The design is based on a novel process for the capture of CO₂ on the surface of a two-dimensional material based on metallic oxides and the subsequent electrochemical reduction by means of a light-assisted process, to generate a sustainable fuel.

Keywords: catalytic converter, internal combustion, CO₂ production, CO₂ reduction reaction, sustainable methane production.

1. Introducción.

Actualmente se sabe que los automotores contribuyen en gran medida a la contaminación del medio ambiente. En 2017 el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de México (INEGI), contabilizó un total de 45 millones 476 mil 133 medios de transporte entre automóviles, motocicletas, camionetas y otros, circulando en el país (INEGI, 2017).

Es importante resaltar que todos los medios de transporte son vehículos de combustión interna, de baja eficiencia, lo que ha provocado una gran demanda en el consumo hidrocarburos (Rolf y Ganesh, 2015). Sin embargo estos vehículos al ser propulsados por la combustión de hidrocarburos generan grandes cantidades de gases tóxicos que suelen contribuir al calentamiento global del planeta (Dickens, 2014).

Actualmente, los vehículos de combustión interna cuentan con un convertidor catalítico cuya función es controlar y reducir los gases nocivos generados por la combustión del hidrocarburo empleado como combustible. El convertidor catalítico está formado por un catalizador de oxidación de dos o tres vías (Heck, Hu, Deeba y Brunswick, 2004) cuya función es la de acelerar y transformar los gases tóxicos a productos de menor impacto ambiental negativo. Se considera que los gases de emisión deben estar compuestos por bajos niveles de agua, óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) (Wallington, Kaiser y Farrell, 2006).

El CO₂ que es una alarma para el entorno social por su relación con el cambio climático, ha sido de los gases que últimamente se han estudiado para reducir y mitigar los daños que ocasiona su emisión al medio ambiente. Dentro de los estudios que se ha realizado al CO₂, se encuentran los relacionados con la captura del mismo para tratarlo de convertir a materiales sólidos para diversas aplicaciones (Amat, Wan, Roslam y Isahak, 2019). Sin embargo, actualmente se ha considerado el potencial que tiene el CO₂ para poderlo convertir a metano sustentable, es decir, metano que se genera a partir de un gas producido como resultado de la combustión del mismo metano.

De los procesos estudiados para la conversión del CO₂ a metano, se encuentra la fotocatalisis, que es un proceso natural el cual se encarga de eliminar el CO₂ del ambiente para convertirlo a materia orgánica (Huang y Jiang, 2019). Del mismo modo se encuentra la fotosíntesis artificial este proceso ocurre cuando la clorofila transforma la energía lumínica solar a energía química. La fotosíntesis artificial es un proceso que se basa en el aprovechamiento del H₂O y CO₂ para la obtención de O₂ y subproductos carbonosos como la glucosa, metanol, etanol y metano (Yu, Ba, Qiu, Li, Shuai, Zhang y Ren, 2019).

La foto-reducción es un proceso similar a la fotosíntesis artificial, sólo que este caso, la reacción es asistida por un semiconductor orgánico que facilita la adsorción de energía solar y mediante procesos químicos poder reducir el CO₂ a subproductos a base de carbono (Ali A. y Tahir M, 2018). La reducción electroquímica es otra alternativa para la conversión de CO₂ a compuestos de carbono, mediante reacciones redox (Ali A. y Tahir M, 2018). Sin embargo el tipo de reacciones no suelen ser selectivas, por lo que se pueden obtener variedad de productos como son etileno, etanol, n-propanol, acetaldehído, propionaldehído, etilo, metanol, etilenglicol, glicolaldehído, hidroxiacetona, acetona, glioxal y metano (Yu Chen y Tiancheng Mu, 2019). Además de que en este tipo de procesos se tiene como desventaja competir con otras reacciones como son la evolución de hidrogeno y oxígeno lo que complican a la fácil formación de metano.

En el presente trabajo se propone el diseño de un dispositivo que permita de forma selectiva convertir el CO₂ y CO generado de la combustión de un vehículo de combustión interna a metano sustentable. El proceso electroquímico se basa en la realización de una reacción selectiva, usando un material semiconductor que en presencia de la luz visible, es capaz de producir metano a partir de la electro-oxidación selectiva de monóxido o dióxido de carbono, que son parte de los gases de escape de un motor de combustión interna.

2. Métodos.

Diseño conceptual del sistema catalítico de conversión de dióxido de carbono a metano sustentable.

El diseño del convertidor catalítico de baja temperatura, se basa en el proceso de poder capturar a temperatura ambiente, el CO₂ provenientes del tubo de escape del motor de combustión interna, que previamente ha pasado por el convertidor catalítico convencional de alta temperatura (aproximadamente 500 °C). La captura del CO₂ y CO pasa a un sistema diseñado internamente por aluminio, que contiene el material catalítico que permite el proceso de conversión de CO₂ a metano sustentable. Dicho dispositivo debe ser iluminado para potencializar la reacción de conversión de CO₂ y CO a metano.

El diseño está pensado para su colocación en el tubo de escape (Figura 1). La estructura de este convertidor catalítico de baja temperatura está compuesto por guías tubulares recubiertas de óxido metálico sensible a la luz visible, como puede ser el óxido de titanio u óxido de zinc, ambos semiconductores se encuentran sintetizados como materiales bi-dimensionales.

En el interior de los reactores se encuentran colocadas guías de luz, utilizando para ello, fibra óptica por donde se le hace llegar la iluminación de un diodo LED RGB de alto brillo. Las reacciones de electro-reducción de CO o CO₂ a metano son asistidas por luz visible sobre la superficie del material semiconductor.

La conversión de CO₂ a metano involucra un proceso adicional relacionado con la generación de plasmones superficiales que logran completar la reacción de electro-reducción, se requiere adicionalmente un medio alcalino de pH superior a 8 para que se garantice la suficiente cantidad de iones hidroxilos, que son necesarios para la obtención de metano sustentable.

Las terminales de las guías tubulares están conectadas a un potencial eléctrico de 1.5 Volts, permitiendo asegurar con ello, que se lleve a cabo la reacción de reducción anteriormente mencionada.

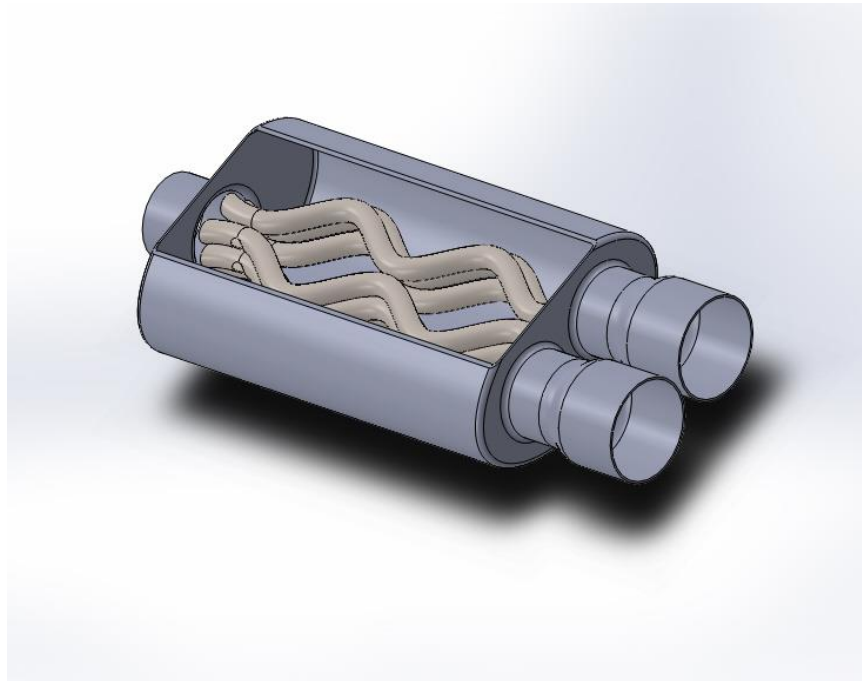


Figura 1. Diseño conceptual del convertidor catalítico de CO₂ y CO a metano.

El convertidor catalítico cuenta con un sensor MQ-4 colocado a la salida del dispositivo, con el que es posible monitorear la cantidad de metano que se produce de las diversas reacciones de reducción que se establecen dentro del dispositivo.

El sensor está diseñado para detectar concentraciones de gas metano en el aire y está compuesto por cuatro conectores asociados al voltaje de alimentación, a la salida de señal digital, salida de señal analógica y tierra. El sensor cuenta con un sistema electrónico basado en arduino con el que se controlan las funciones de monitoreo, así como de calibración de la señal esperada.

Por principio de cuentas, el funcionamiento del sensor MQ-4 fue calibrado en el laboratorio, y la curva de calibración fue programada dentro del microcontrolador utilizado, para obtener las medidas exactas del metano formado. El sensor detecta concentraciones de 300 ppm hasta 10000 ppm. Las concentraciones de metano detectadas se trasladan a una base de datos mediante un lenguaje de programación compatible con el Arduino. La información queda almacenada en una unidad externa de memoria para su posterior análisis.

La idea de desarrollar este sistema está soportada en la generación de un sistema de producción de metano sustentable de bajo costo, por lo que los materiales utilizados son óxidos metálicos de fácil producción, el diseño del convertidor catalítico y el sensor de gases también siguen una segmentación de bajo costo.

Caracterización del dispositivo sensor de metano sustentable.

La funcionalidad del sensor MQ-4 se caracterizó electroquímicamente mediante burbujeo de gas a una concentración de 10/90 de metano/argón. Se utilizó un vaso de precipitado de 200 ml, conteniendo agua tri-distilada para poder tener control sobre la secuencia del burbujeo y la contribución de los gases a la curva de calibración (Figura 2).

El sensor MQ-4 fue colocado en la parte superior del vaso de precipitado, utilizando un elemento tubular para forzar a que el volumen de gas liberado en el agua, fuera dirigido hacia el sensor de forma completa. En la práctica, la

formación de metano se llevará a cabo en medio acuoso, debido a la presencia de agua emanada de la misma reacción catalítica a alta temperatura. Es por ello que en este caso, las mediciones de la cantidad de metano se realiza en un medio similar al que estará operando en la realidad.

El flujo de gas utilizado en este estudio fue controlado manualmente utilizando un doble sistema de manómetros de alta precisión, de forma que el error de medición y de reproducción fuera mínimo. Los estudios de medición fueron realizados por triplicado para garantizar la reproducibilidad de las mediciones. Las mediciones fueron realizadas cada 90 segundos a temperatura ambiente.

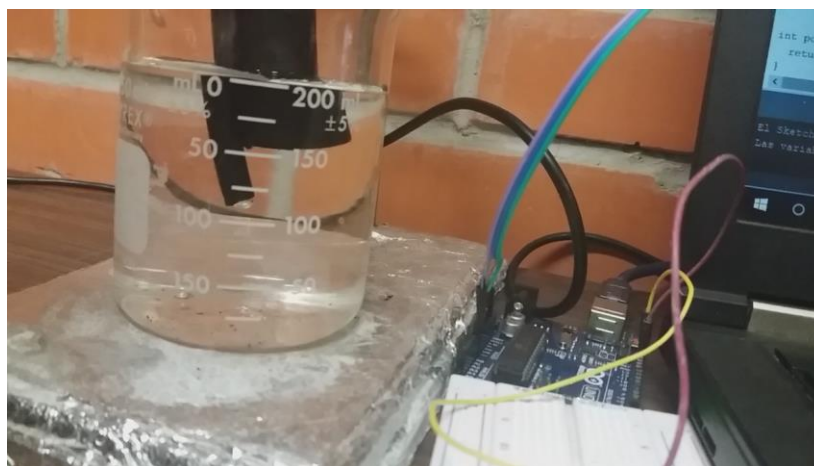


Figura 2. Sistemas para monitorear la cantidad de metano presente en una burbuja de metano desplazada por argón.

Determinación de la curva de calibración para la medición de metano.

Con los resultados obtenidos del sensor de metano, realizando medidas cada 90 segundos, fue posible construir la curva de calibración que se muestra en la Figura 3.

El estudio de calibración consistió de 82 burbujas de flujo controlado manualmente. Las burbujas fueron aereadas en la solución acuosa para garantizar uniformidad en las mediciones. Se logró observar una respuesta lineal en proporción a la cantidad de gas metano almacenado en el sistema cilíndrico que soportaba el sensor.

La respuesta del sensor permite calcular la curva de calibración que resulta adecuada para las mediciones de la generación de metano en el convertidor catalítico. La curva de calibración se obtuvo a través de la regresión lineal durante todo el experimento, indicado en la ecuación (1). De esta forma es posible utilizar el sensor a la salida del convertidor catalítico para cuantificar la cantidad de metano generado, aún cuando dicho gas esté en contacto con agua líquida, debido a la operación del sensor a temperatura ambiente.

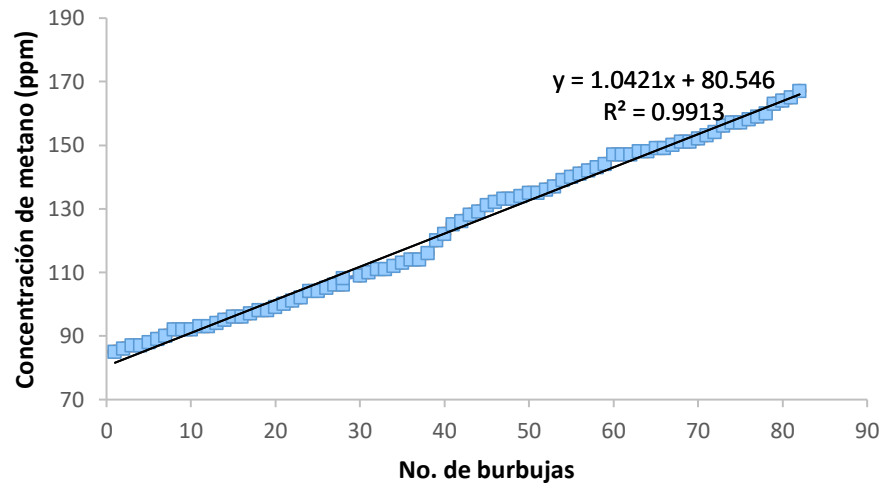


Figura 3. Concentración de metano por cada burbuja aereada de metano desplazado por argón (10%-90%).

$$y = 1.0421x + 80.546 \quad (1)$$

La ecuación (1) va a ser utilizado en el sistema del convertidor catalítico de baja temperatura y será posible calcular la producción de metano. Se cuenta con una versión prototipo, en un sistema de tres dimensiones, con el que se están realizando las pruebas de validación de resultados.

Los materiales semiconductores utilizados en el reactor para la reducción electroquímica de dióxido de carbono, son el óxido de zinc y el óxido de titanio bi-dimensionales o nanoestructurados. Los electrodos de las guías tubulares además del recubrimiento del semiconductor, se encuentran soportados sobre una placa de plata esterlina con la que se logra obtener el efecto plasmónico superficial, mediante la presencia de luz visible.

Las reacciones, procesos electroquímicos y resultados puntuales del proceso electroquímico de producción de metano sustentable están condensados en un artículo y una propuesta de patente que están siendo preparados para su difusión. Sin embargo, es posible plantear un prototipo práctico de ingeniería, que conceptualiza el uso de los materiales bajo investigación, en una aplicación útil de gran interés y beneficios para producir combustibles sustentables, además de evitar que nuevos contaminantes se escapen a la atmósfera.

Conclusiones.

El diseño de un convertidor catalítico diseñado para su uso en el escape de vehículos de combustión interna ha sido propuesto en este trabajo. Los materiales empleados son de bajo costo y de alta funcionalidad electroquímica mediante el uso de la luz visible. Los materiales empleados para la conversión de CO₂ y CO a metano. Son de base óxido metálica teniendo como característica principal una selectividad en el momento de reacción. La reacción de conversión ocurre a temperatura ambiente. La reacción de conversión de CO₂ y CO a metano, se potencializa mediante la incidencia de luz. El sensor presente en el convertidor catalítico permite detectar bajas concentraciones de metano. Lo cual favorece para indicarnos si el proceso de conversión de CO₂ y CO se está llevando a cabo.

Agradecimientos.

Los autores desean agradecer al Proyecto DGAPA-PAPIIT IN112217 por el apoyo económico para el desarrollo del presente trabajo tanto en la adquisición del software para el análisis de datos, como para la implementación de

modelos 3D. Además, también se desea agradecer al CONACYT-México por el apoyo económico recibido en forma de beca a la estudiante de doctorado Claudia Karina Zagal Padilla con número de becario 576210.

Referencias Bibliográficas.

- Ali A. y Tahir M. (2018).** Recent advancements in engineering approach towards design of photo-reactors for selective photocatalytic CO₂ reduction to renewable fuels, *J. CO₂ Util.* 29 (2019) 205–239. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2018.12.008>.
- Amat N., Wan B., Roslam N. y Isahak W. (2019).** Clean hydrogen generation and storage strategies via CO₂ utilization into chemicals and fuels. A review, *Energy Res.* (2019) 1–23. <https://doi.org/10.1002/er.4498>.
- Dickens, G (2014).** Global change: Hydrocarbon-driven warming, *Nature.* 429 (2014). <https://doi.org/10.1038/429513a>
- Huang J. y Jiang Y. (2019).** Tailoring Resource-Efficient Catalysts for Sustainable Energy and Chemical Processes, *ACS Sustain. Chem. Eng.* 7 (2019) 6423. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01472>.
- Heck R. M., Hu Z., Deeba N. y Brunswick N. (2004),** US 2004/0166036A1.
- INEGI (2017).** Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros. <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>.
- Rolf D. Reitz y Ganesh Duraisamy (2015).** Review of high efficiency and clean reactivity controlled compression ignition (RCCI) combustion in internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, volumen 46, February 2015, Pages 12-71, <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2014.05.003>
- Wallington T.J., Kaiser E.W. y Farrell, J.T. (2006).** Automotive fuels and internal combustion engines: a chemical perspective. *Chem. Soc. Rev.* 4 (2006) 335–347. <https://doi.org/10.1039/b410469m>.
- Yu Chen y Tiancheng Mu (2019).** Conversion of CO₂ to value-added products mediated by ionic liquids, 2019. <https://doi.org/10.1039/C9GC00827F>.
- Yu L., Ba X., Qiu M., Li Y., Shuai L., Zhang W. y Ren Z. (2019).** Nano Energy Visible-light driven CO₂ reduction coupled with water oxidation on Cl-doped Cu₂O nanorods, *Nano Energy.* 60, (2019), 576–582. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2019.03.083>.

Información de los autores.

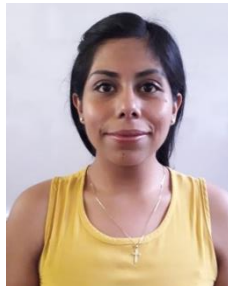


Sergio Alberto Gamboa Sánchez, graduado como Ingeniero en Electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Realizó estudios de maestría y doctorado en la UNAM en el área de Energía Solar y Ciencias Químicas. Es Investigador Nacional Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y Evaluador Nacional de proyectos de investigación del CONACYT en materia de fuentes renovables de energía. Actualmente es Investigador Titular B, de Tiempo Completo, en el

Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Temixco, Morelos. Su principal línea de investigación es el desarrollo de nuevos materiales para el aprovechamiento de las fuentes renovables en la generación y almacenamiento de energía. Ha publicado 62 artículos técnicos en revistas internacionales indizadas. Cuenta con 1650 citas a sus artículos publicados. Ha participado ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha impartido conferencias igualmente en México y el extranjero. Ha impartido 52 cursos formales a nivel licenciatura, maestría y doctorado. Ha dirigido 38 tesis entre licenciatura, maestría y doctorado. Ha participado en proyectos de investigación de ciencia básica y aplicada. Es coautor de tres libros, uno de divulgación y dos técnicos de difusión internacional en el área de celdas de combustible y de biocombustibles.



Luis Gerardo Pérez Juárez, estudiante del Instituto Tecnológico de Zacatepec ubicado en el estado de Morelos de la carrera de Ingeniería Electromecánica. Realizando su residencia profesional en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM en Temixco, Morelos. En el proyecto “Diseño de un dispositivo para convertir los gases de escape de un vehículo en metano” a cargo del Dr. Sergio Alberto Gamboa Sánchez.



Claudia Karina Zagal Padilla, graduada como Ingeniera en Energía en 2013 en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero (UPEG), graduada como Maestra en Ingeniería en Energía en 2017 por el Instituto de Energías Renovables de la UNAM. Actualmente estudiante de doctorado en el Instituto de Energía Renovables de la UNAM (IER-UNAM).



Carlos Díaz Gómez, Ingeniero Químico de la Facultad de Zaragoza UNAM. Maestro en Biotecnología en la Universidad Politécnica del estado de Morelos. Catedrático de Energías Alternativas para la Universidad Politécnica del estado de Morelos. Doctorando en Ingeniería en Energías en el IER de la UNAM.



Héctor Daniel Cortés González. Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico de Mérida (1985-1989). Técnico Académico de la Unidad de Cómputo del Instituto de Energías Renovables (antes Centro de Investigación en Energía) desde 1998. Cuenta con diez registros de programas de cómputo ante el IMPI, así como dos en el depósito de archivos CPAN. Sus principales líneas de interés son: Software Libre, Hardware.

Herramienta m-learning en el caso de nivelación en lógica y fundamentos de programación.

M-learning tool for advisory about logic and programming topics.

Alethia Imperia Velasco Aguilar (1).
Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
alethiaimperia25@gmail.com

Heber Abiu Hernández González (2). Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México. heberHernandez2707@gmail.com

Rosy Ilda Basave Torres* (3). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
rbasave@ittg.edu.mx

Erwin Beutelspacher Santiago (4). Universidad Politécnica de Chiapas. epacher@upchiapas.edu.mx

María Candelaria Gutiérrez Gómez (5). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
mgutierrez@ittg.edu.mx

Imelda Valles López (6). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
imevalles@yahoo.com.mx

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 27, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen

El desarrollo tecnológico en los últimos años ha dado pasos gigantes brindando dispositivos cada vez más potentes, ligeros, fáciles de manipular y trasladar. Esto permite ofrecer contenidos didácticos especializados que pueden dotar de habilidades y competencias específicas a los estudiantes. En este trabajo se presenta una herramienta para ayudar a los aspirantes de la carrera de ingeniería sistemas computacionales en la adquisición de competencias básicas de fundamentos y lógica de programación. Lo anterior se realiza para coadyuvar en reducir el índice de deserción y reprobación en esta área.

Palabras clave: aprendizaje móvil, m-learning, tecnología educativa, innovación educativa.

Abstract

Technological development has taken giant steps in recent years as it is providing devices that are increasingly powerful, lightweighted, easy to manipulate and to move. This fact allows to offer specialized didactic contents that can endow specific skills and competences to the students. In this paper a software tool to help computer systems engineering career candidates in the acquisition of basic skills of fundamentals and programming logic is presented. This is done to help towards reduction the dropout and failure rates in this area.

Keywords: mobile learning, m-learning, educative technology, educational innovation.

1. Introducción.

El aprendizaje móvil o m-learning es una metodología de enseñanza y aprendizaje que hace uso de las bondades de los dispositivos móviles, como son las tabletas y teléfonos inteligentes, con conectividad a Internet. Tiene su origen en la década de los 80, con la propuesta Dynabook (una computadora del tamaño de un libro, portátil, con red inalámbrica y pantalla plana) de Xerox Palo Alto Research Center (PARC), posteriormente en la década de los 90 continuó desarrollándose en universidades de Europa y Asia (Vidal Ledo, Gavilondo Mariño, Rodríguez Díaz, & Cuéllar Rojas, 2015). Este avance tecnológico ha permitido un cambio significativo en las practicas docentes, las cuales se han orientado más en la enseñanza centrada en el estudiante y su forma de aprendizaje. Sánchez Ledesma define a este tipo de aprendizaje como: “cualquier tipo de aprendizaje que se produce cuando el estudiante no está en un lugar fijo, predeterminado y que ocurre cuando el estudiante aprovecha las oportunidades de aprendizaje ofrecidas por las tecnologías móviles” (Sánchez-Ledesma, Ortiz, Pastor, & Alcover, 2013).

Actualmente se han desarrollado numerosas aplicaciones móviles que ofrecen aprendizaje en diferentes áreas del conocimiento aplicando metodologías especializadas en el diseño de materiales y actividades atractivas, apoyándose en expertos en didáctica con el objetivo de mejorar la experiencia de aprendizaje. De la misma forma cada vez más personas demandan acceso a materiales de aprendizaje en sus dispositivos móviles, ya que permite que los estudiantes aprovechen pequeños intervalos de tiempo disponible para aprender. Esto puede ser mientras están viajando en el autobús o quizás descansando. Por otra parte, en el TecNM campus Tuxtla Gutiérrez según análisis estadístico dentro de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales se observa que en los últimos años el índice de reprobación en materias relacionadas con programación en los primeros semestres aumento en un 200% (González Laguna, Basave Torres, & Barsanas Hernández, 2018).

2. Métodos.

El método usado para la presente investigación consta de dos etapas. En la primera se realizó una encuesta relacionada con el uso de tecnología. Esta se aplicó directamente a 72 aspirantes a la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en fecha septiembre 2018. La encuesta estaba formada por 10 preguntas cuyo objetivo era identificar el uso de dispositivos móviles, el sistema operativo más usado, las actividades que realizan los estudiantes en su dispositivo y su experiencia con el uso de herramientas m-learning. En esta etapa también se aplicó un diagnóstico para identificar habilidades en lógica y fundamentos de programación. El instrumento estaba formado por 16 reactivos, 6 para diagnosticar lógica y 10 para fundamentos de programación.

En la segunda etapa se eligió la metodología ágil XP para desarrollar una aplicación móvil que los aspirantes pudieran utilizar para adquirir competencias en temas de fundamentos y lógica de programación. Para ello se realizó una revisión de las metodologías ágiles de desarrollo de software, ya que estas han demostrado ser más eficaces en proyectos con requisitos muy cambiantes y que exigen reducción de tiempo de desarrollo sin alterar la calidad (Rosado, Quintero, & Meneses, 2012), (Amaya, 2015). Se tomó en consideración los estudios de Letelle para comparar las metodologías, tomando en consideración los cambios en el sistema, colaboración entre miembros del equipo, simplicidad, excelencia técnica, resultados y adaptabilidad (Letelle, 2006). Se aplicó la metodología siguiendo las cuatro fases de desarrollo.

Planeación: Esta fase consiste en escuchar al usuario para definir los requerimientos y obtener la funcionalidad que se requiere (Pressman, 2010), para ellos se realizan historias de usuario en donde se analiza cada una de estas y se define el tiempo que se le debe invertir a cada una de las historias para el desarrollo de la aplicación. En esta fase también se analiza y se recopila información para el contenido teórico, ejercicios y examen de cada una de las unidades que se presentan en la aplicación móvil.

Diseño: Son evaluadas las historias del usuario para dividir las en tareas, esto hace especial énfasis para que los diseños sean simples y claros para el usuario (Vargas, 2015), con las que el alumno podrá registrarse, acceder, ver el contenido teórico, realizar los ejercicios y exámenes, así como la visualización de sus avances durante el curso.

Codificación: Se realiza el código fuente de cada módulo de la aplicación móvil, tomando en cuenta las historias de usuario analizadas y los diseños de las interfaces.

Pruebas: Es la última fase, cada uno de los módulos de la aplicación se sometieron a pruebas de aceptación, para comprobar las distintas funcionalidades generales que la aplicación deberá cumplir respecto a lo especificado en la descripción de las historias de usuario.

Las herramientas para el desarrollo de la aplicación fueron Android Studio, Justinmind Prototyper, DB Browser for SQLite y Java.

3. Desarrollo.

Se aplicaron los instrumentos encuesta y diagnóstico a 72 aspirantes a la carrera de ingeniería en sistemas computacionales del Tecnológico Nacional de México. Esto con el objetivo de determinar la percepción sobre el uso y conocimientos que los aspirantes encuestados tienen acerca del m-learning, se analizaron los datos obtenidos y se observó que el 51.4% de los estudiantes señaló que no tienen conocimientos su uso, mientras que el 48.6% restantes sí han experimentado esta forma de aprendizaje. En la tabla 1, se muestran los resultados.

Tabla 1. Uso del m-learning por aspirantes al ITTG.

	Estudiantes	Porcentaje
Válido No han usado m-learning	37	51.4
Si han usado m-learning	35	48.6
Total	72	100.0

Por otro lado, en la tabla 2, se presentan las actividades que con más frecuencias realizan los aspirantes en sus dispositivos móviles. Donde 48 estudiantes pudieran no tener problemas en desertar y reprobar originados por el mal uso de las tecnologías, se caracterizan por utilizar el dispositivo para hacer tareas y redes sociales o sólo para realizar tareas. En contraste a los 24 que pudieran ser vulnerables a deserción en la carrera, ya que, solo utilizan el dispositivo móvil para redes sociales, juegos, videos y música.

Tabla 2. Actividades usadas en dispositivo por aspirantes al ITTG.

	Estudiantes	Porcentaje
Válido Tareas	3	4.2
Redes sociales	8	11.1
Tareas y redes sociales	45	62.5
Juegos	9	12.5
Videos y música	7	9.7
Total	72	100.0

La encuesta también permitió realizar un análisis sobre el sistema operativo más usado entre los aspirantes, esto con la finalidad de seleccionar el S.O con el que la aplicación móvil estará enfocada. Se observó que el 67% usa el sistema operativo Android. Tomando en consideración este resultado y con el objetivo de llegar a más usuarios la aplicación móvil fue desarrollada para este grupo de usuarios.

Tabla 3. Sistema operativo más utilizado.

	Frecuencia	Porcentaje
Válido Android	67	93.1
Iphone	4	5.6
Windows	1	1.4
Total	72	100.0

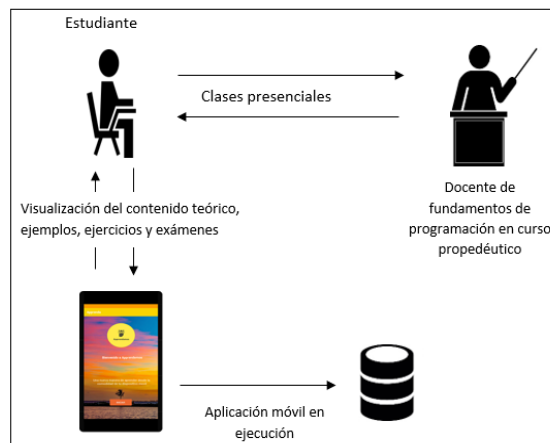
En el análisis de resultados obtenidos con el examen diagnóstico muestra cinco áreas de procedencia, las cuales son: informática, fisicomatemático, higiene y salud, sociales, y económico administrativo. Los estudiantes que aprobaron el diagnóstico son 13 del área de informática y 6 del área de fisicomatemático. Se observa que 53 de los aspirantes les falta habilidades relacionadas con fundamentos y lógica de programación y se considera importante aplicar la herramienta a este grupo para coadyuvar en reducir el índice de reprobación.

Tabla 4. Diagnostico por área de procedencia.

		Estudiantes	Porcentaje de estudiantes	Estudiantes Aprobados	Estudiantes Reprobados
Válido	Informática	43	59.7	13	30
	Fisicomatemático	21	29.2	6	15
	Higiene y salud	2	2.7	0	2
	Sociales	5	7	0	5
	Económico administrativo	1	1.4	0	1
	Total	53	100.0	19	53

Diseño de la aplicación móvil.

Se presenta el diseño de una aplicación móvil como una estrategia de enseñanza-aprendizaje enfocada a lógica y fundamentos de programación, esta aplicación contempla contenido teórico-práctico, así como ejercicios y exámenes, esto con la finalidad de ofrecer al estudiante un entorno para mejorar su aprendizaje y a su vez ingresar al estudiante a conocimientos nuevos. En la figura 1, se muestra la propuesta técnica para la aplicación móvil. En la cual se opta por hacer uso de una base de datos almacenada de manera local dentro del dispositivo, esto con la finalidad de que el alumno pueda acceder al contenido teórico, ejercicios, exámenes, material descargable, videos y observe sus avances sin la necesidad de una conexión a internet, lo que permitirá que el estudiante haga uso de la aplicación cuando y donde desee.

**Figura 1.** Propuesta técnica.

Descripción de módulos.

En la figura 2, se muestra los módulos de la aplicación móvil:

Módulo de entrada a la aplicación: en este módulo se tendrá la administración de inicio de sesión de los estudiantes que ingresen a la aplicación.

Módulo de buscar unidad: este módulo está conformado por el conjunto de interfaces que muestran el contenido del curso, tanto unidades, temas, actividades y exámenes.

Módulo de avances: este módulo es una interfaz en la que el alumno podrá visualizar su avance en el curso. Estos avances se basarán en las calificaciones obtenidas en las actividades y exámenes que incluye el curso.

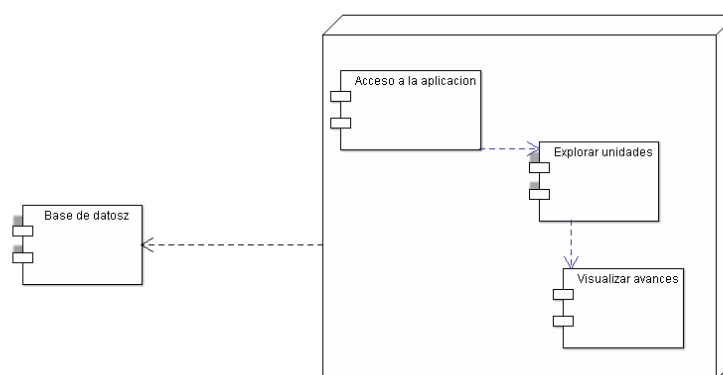


Figura 2. Módulos de la aplicación móvil.

Descripción de la herramienta.

La aplicación móvil es una herramienta de ayuda para los aspirantes a la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en temas relacionados con lógica y fundamentos de programación. Ofrece contenido didáctico a través ejercicios, contenidos teóricos y ejemplos resueltos, que le ayude aprender y comprender los conocimientos básicos de programación. Los resultados son almacenados en una base de datos, esto otorga al estudiante la oportunidad de visualizar sus resultados y su desempeño.

Prototipo.

El prototipo está diseñado con una vista principal que le permitirá registrarse para posteriormente ingresar a la pantalla de menú donde podrá navegar a través de las cuatro unidades, la zona de actividades y zona de exámenes. El estudiante podrá realizar las actividades de cada unidad y obtener su calificación.

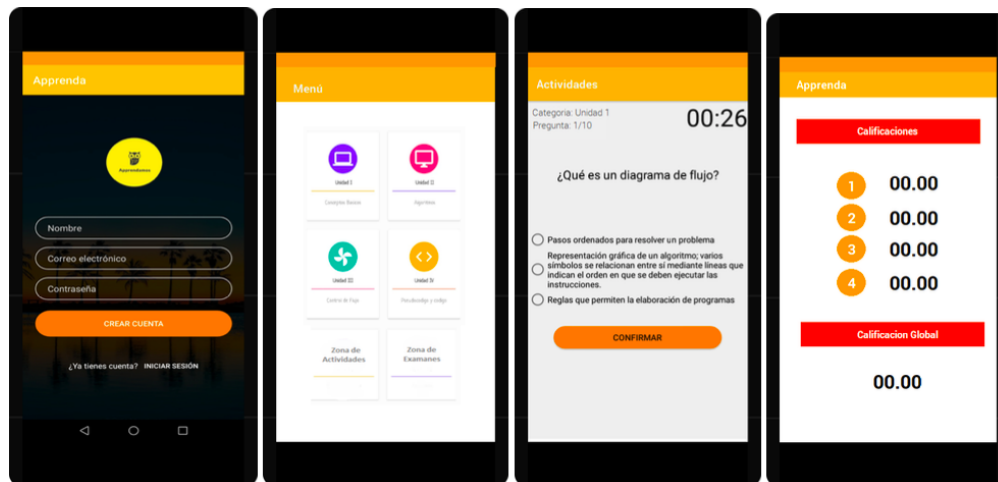


Figura 3. Prototipo de la aplicación móvil.

Conclusiones.

La investigación realizada a los aspirantes a la carrera de ingeniería en sistemas computacionales muestra alertas importantes que podrían impactar negativamente en los índices de deserción y aprobación de la carrera. El 33.3% se considera podrían estar en riesgo de deserción ya que declararon usar su dispositivo móvil para ver videos, escuchar música, redes sociales y juegos. En contraste con el 66.7% que lo utilizan para realizar tareas y comunicación en redes sociales. El 73.6% podría estar en riesgo de reprobación ya que se detectó falta de habilidades en lógica y fundamentos de programación. También se encontró que el 100% de los estudiantes cuenta con un dispositivo móvil, estos suelen utilizarlo en diversas actividades, lo que indica que los estudiantes tienen la oportunidad de lograr un buen uso de estas tecnologías, ya que, un 91.66% de los encuestados compartió un criterio positivo acerca de la adopción de esta herramienta móvil para apoyo a la materia de fundamentos de programación que ayude a su desempeño y nivelación académico.

Créditos.

Los autores agradecen a los docentes del departamento de Sistemas y Computación pertenecientes al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por las facilidades que se nos fueron otorgadas para la recolección de información para realizar esta investigación.

Referencias Bibliográficas.

- Amaya, Y. B. (2015).** Guía metodológica ágil, para el desarrollo de aplicaciones móviles "AEGIS-MD". *Revista de investigaciones UNAD Bogotá-Colombia No. 14*, 97-113.
- González Laguna, A., Basave Torres, R. I., & Barsanas Hernández, A. (2018).** Herramienta didáctica digital como apoyo a la estrategia del proceso enseñanza-aprendizaje para la adaptación al paradigma orientado a objetos. *Revista Tecnología digital*, 13-25.
- Letelle, P. (2006).** Metodología ágil para el para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). *Ciencia y Técnica Administrativa*, 1-12.

Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software un Enfoque Practico*. México, D.F: The McGraw-Hill.

Rosado, A. G., Quintero, A. D., & Meneses, C. G. (2012). Desarrollo ágil de software aplicando programación extrema. *Revista Ingenio*, 25-29.

Sánchez-Ledesma, F., Ortiz, O., Pastor, J. Á., & Alcover, P. (2013). Aprendizaje de los lenguajes de programación en la educación universitaria a través de dispositivos móviles. *VI Jornadas de Introducción a la Investigación de la UPCT*, 100-102.

Vargas, C. (2015). Metodología de Desarrollo Ágil en Programación Extrema. *Moleqla*, 14.

Vidal Ledo, M. J. Gavilondo Mariño, X., Rodríguez Díaz, A., & Cuéllar Rojas, A. (2015). Aprendizaje móvil. *Scielo Educación Médica Superior*, 669-679.

Información de los autores.



Alethia Imperia Velasco Aguilar, es alumna de noveno semestre del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de desarrollo de aplicaciones móviles en dispositivos Android.



Heber Abiu Hernández González, es alumno de noveno semestre del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de desarrollo de aplicaciones móviles en dispositivos Android.



Rosy Ilda Basave Torres, es Maestra en Ciencias de la Computación egresada del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Es profesora en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es miembro del cuerpo académico ITTUXG-CA-7, colabora en la línea de investigación ITF-TGTZ-LIE-2018-0163, tiene el reconocimiento al perfil deseable y es miembro del Sistema Estatal de Investigadores.



Erwin Beutelspacher Santiago, es Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatronica egresado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Es profesor en el área de Ingeniería en manufactura y mecatrónica en la Universidad Politécnica del Estado de Chiapas.



María Candelaria Gutiérrez Gómez, es Ingeniera en Sistemas Computacionales, Maestra en Administración, Maestra en Administración de Tecnologías de Información y Doctora en Administración. Actualmente es profesora en el Programa de Pregrado de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Ha participado en la elaboración de reactivos para el examen EGEL-Infomática. Recibió el Reconocimiento de Excelencia otorgado por el ITESM al Mejor Promedio obtenido durante los estudios de Maestría en Tecnologías de Información en el 2014. Es Miembro Fundador del Colegio de Educación a Distancia del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica y Miembro Honorario del Colegio de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITTG, A.C.



Imelda Valles López, desde 1991, profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Logros importantes: Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010), Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo", desde 2012, Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional", ITTUXG-CA-4. Desde 2011, Profesor de tiempo completo con perfil deseable (2013-2019), Miembro del Sistema Estatal de Investigadores. Investigador Tecnólogo Nivel I desde 2012.

Interoperabilidad del Sistema de Expediente Clínico Electrónico de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas.

Interoperability of Electronic Clinical File System of the Ministry of Health of Chiapas State, México.

María Candelaria Gutiérrez Gómez (1).
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.
mgutierrez@ittg.edu.mx.

Jesús Carlos Sánchez Guzmán* (2). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
jesuscarlos@ittg.edu.mx.

Imelda Valles López (3). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
ivalles@ittg.edu.mx.

Octavio Ariosto Ríos Tercero (4). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
oarios_oarios@yahoo.com.mx.

Jorge Mauricio Hernández Coutiño (5). Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
mauriciojch@hotmail.com.

Jhovany Morales Bruno (6). Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
jhovanymb.info@gmail.com.

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 27, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

Este artículo describe el proceso del desarrollo e implementación de los mecanismos de interoperabilidad del Sistema de Expediente Clínico Electrónico (SECE) de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas. El objetivo de este trabajo es analizar, diseñar e implementar los elementos borde y entidad que conforman las interfaces y los repositorios de una base de datos distribuida para facilitar el procesamiento de datos y flujo de información entre el Sistema Nacional de Información Básica en Materia de Salud (SIMBA) del sector salud y el SECE. El método utilizado implicó la identificación de los problemas en el proceso de captura, procesamiento y consulta de los sistemas existentes; se analizaron los requisitos funcionales y no funcionales para luego proceder a realizar la adecuación del diseño de la base de datos del SECE, cuidando cohesión e independencia de los módulos que conforman la arquitectura del software. Los resultados muestran que tanto el procesamiento de datos como el flujo de información entre SIMBA y SECE se realiza sin incidentes.

Palabras clave: Requisitos funcionales, requisitos no funcionales, cohesión, independencia.

Abstract.

This article describes the development of interoperability mechanisms and implementation processes from the 'Secretaría de Salud de Chiapas' Electronic Clinical File System (SECE). The aim of this work is to analyze, design

and implement the border and entity elements that represent the interfaces and repositories of a distributed database, to ease the data processing and information flow between the National Basic Information System on Health (SIMBA) and the SECE. The method used implied the problem identification in the capturing, processing and database querying processes of existing systems. The functional and non-functional requirements were analyzed and then proceed to adequate the design of the SECE database, considering the system modules cohesion and independence that compose the software architecture. The results show that both, the data processing and the flow of information between SIMBA and SECE is carried out without any incident up today.

Keywords: Functional requirements, non-functional requirements, cohesion, independence.

1. Introducción.

Disponer de los datos clínicos de la salud de una persona en el momento y en el lugar en que se requiera es esencial. No contar con ellos se considera una de las fuentes principales de errores de los profesionales de la salud. Esta ha sido la razón por la que la Secretaría de Salud en México ha promovido el desarrollo e implementación de un sistema para el registro y control de expedientes clínicos electrónicos, disponible en línea para consulta en cualquier nivel de atención. Para normalizar y homologar las funcionalidades del sistema, garantizar la interoperabilidad, procesamiento, interpretación, confidencialidad, seguridad y uso de estándares y catálogos de información de los registros electrónicos en salud, la propia Secretaría de Salud publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2010.

La estructura de la norma está basada en el conjunto mínimo de datos que establece la norma NOM 168-SSA1-1993 del Expediente Clínico, la cual indica los criterios científicos, tecnológicos y administrativos obligatorios en la elaboración, integración, uso y archivo del Expediente Clínico, tomándolos como base para la elaboración del Expediente Clínico Electrónico. Por lo anterior, la Norma NOM-024-SSA3-2010 no sólo pretende mejorar el cuidado y atención de los pacientes a través de la regulación de los Registros Electrónicos en Salud, sino también reducir tratamientos redundantes y prevenir errores médicos, pudiendo así impactar en el número de vidas salvadas dentro de las instituciones de salud y reduciendo los costos de atención médica en las mismas (Secretaría de Salud, 2010).

Un sistema electrónico de datos clínicos EMR por sus siglas en inglés es un sistema que automatiza los datos relacionados con la historia clínica, los datos demográficos del paciente, las notas clínicas, la prescripción de fármacos y las pruebas de diagnósticos. Hay muchos tipos diferentes de EMRs y el costo de la implementación depende de la funcionalidad del sistema y de la naturaleza de los servicios que se ofrecen. De acuerdo con Venkatraman et al, (2005), citado por Sánchez y Ramírez (2006) existen seis estrategias para la construcción efectiva de sistemas ECE que son: (a) desarrollar una arquitectura que soporte los conceptos de un ECE, (b) utilizar estándares para el intercambio de datos en el ECE, (c) alinear el sistema ECE a los procesos clínicos y administrativos, (d) desarrollar una interfaz basada en web para el sistema ECE, (e) desarrollar subsistemas que se integren al ECE de inteligencia de negocio y de tratamiento de datos y (f) proveer información que ofrezca la posibilidad de tomar decisiones a través del ECE. Sin embargo, para su implementación la Secretaría de Salud (2009) argumenta que dificultades básicas en la implementación de estos sistemas tales como los protocolos y estándares, la privacidad de datos y el trabajo clínico.

Se consideró que la eficiencia de un expediente clínico electrónico (ECE) universal exige la adopción de un lenguaje estandarizado: médico, clínico y de comunicaciones. A continuación, se describen algunos de los estándares más relevantes en la literatura, de acuerdo con Wessel *et al.* (2010): Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms (SNOMED CT), Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) y Health Level Seven International (HL7). Éste último referente de gran importancia para este trabajo ya que es un estándar orientado al formato de los datos e intercambio de información entre diferentes sistemas de información de salud o gestión hospitalaria.

En el contexto antes descrito, el Sistema Nacional de Información Básica en Materia de Salud (SIMBA) es un sistema que reporta información al sector salud en México, los cuales son concentrados y explotados para generar indicadores a nivel nacional que son utilizados para la toma de decisiones. Por otra parte en Chiapas se han implementado sistemas de información para el procesamiento de la información del expediente clínico electrónico, sin embargo habían caído en desuso, motivo por el cual se desarrolló un nuevo sistema de expediente clínico denominado Sistema de Expediente

Clínico Electrónico (SECE), el cual consideró las capacidades de infraestructura tecnológica, las capacidades del personal de salud en el Estado de Chiapas, así como su usabilidad, con el propósito de generar una base de datos confiable, sin embargo no existe interoperabilidad entre éste y el sistema SIMBA.

En esta investigación se propone el diseño e implementación de interfaces y adecuación de repositorios para facilitar la interoperabilidad entre el sistema SECE y el sistema SIMBA. El proceso incluyó el análisis, diseño, codificación y pruebas del software. Se utilizó el paradigma orientado a objetos como técnica de análisis y diseño considerando el Modelo Vista Controlador.

2. Método.

El proceso incluyó el análisis, diseño, codificación y pruebas del software mediante el uso del método lineal secuencial o también llamado cascada debido a su factor crítico (Sommerville, 2011). Se utilizó el paradigma orientado a objetos como técnica de análisis y diseño considerando el Modelo Vista Controlador. Se consideró como elemento de partida la arquitectura de la aplicación del SECE el cual está basado en una arquitectura de n capas. El objetivo de crear múltiples capas es en realidad una forma de separar los diferentes componentes de los sistemas: presentación, procesamiento o aplicación, envío de mensajes y almacenamiento, son algunos de esos componentes que funcionan y se comunican entre sí, solicitando servicios o datos. Ver figura 1.

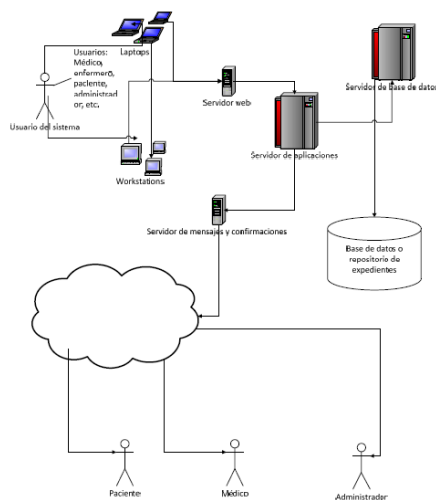


Figura 1. Arquitectura de aplicación del SECE basado en arquitectura de n capas.

El patrón Modelo-Vista Controlador es una guía para el diseño de arquitecturas de aplicaciones que ofrezcan una fuerte interactividad con usuarios (Wetzenfeld, 2005). Este patrón organiza la aplicación en tres modelos separados, el primero es un modelo que representa los datos de la aplicación y sus reglas de negocio, el segundo es un conjunto de vistas que representa los formularios de entrada y salida de información, el tercero es un conjunto de controladores que procesa las peticiones de los usuarios y controla el flujo de ejecución del sistema. La información sobre los requerimientos funcionales y no funcionales que se consideraron se obtuvieron a partir de entrevistas realizadas al personal del equipo de investigación de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas. Hay que mencionar que las variables obtenidas fueron trabajo de aproximadamente dos años de análisis e investigación que ellos habían realizado. Adicionalmente se estudiaron los estándares y normas mexicanas para almacenar los datos de los servicios de salud, que combinado con la metodología para el desarrollo de software de ciclo de vida, también conocida como lineal secuencial, han permitido la creación de este modelo. A partir de esta información, el modelo para la interoperabilidad entre el Sistema ECE y SIMBA queda establecido en el diagrama de Casos de Uso que representa la funcionalidad entre ambos sistemas, tal como se muestra en la Figura 2.

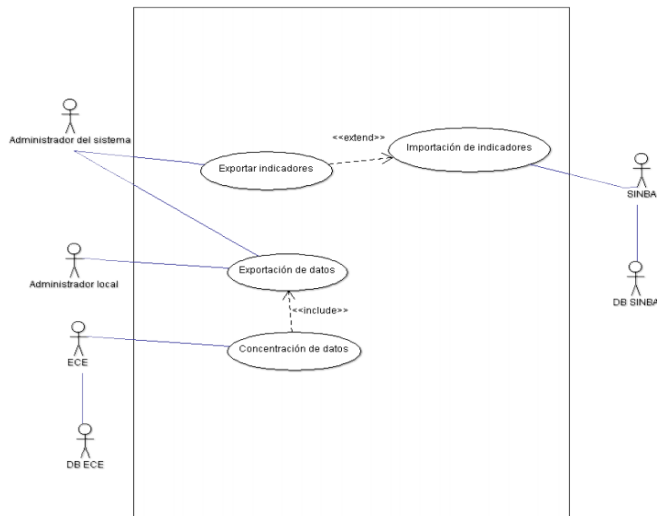


Figura 2. Diagrama de Casos de Uso Interoperabilidad

Con respecto al modelado del aspecto dinámico, éste se muestra en el diagrama de secuencia que representa el comportamiento global de la propuesta de interoperabilidad. Ver Figura 3.

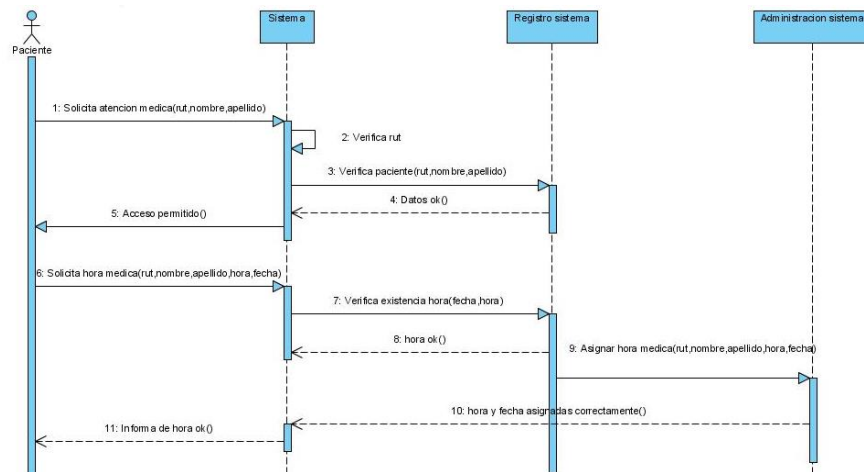


Figura 3 Diagrama de Secuencia Interoperabilidad

Con el modelo de requisitos y el análisis de la interoperabilidad entre ambos sistemas, se procedió a realizar el diseño para cuatro módulos: módulo de somatometría, de solicitud de estudios de laboratorio, agenda médica y administración de enfermería. Mediante el uso de técnicas de maquetación con HTML se desarrollaron las interfaces correspondientes para facilitar el flujo de información entre el SECE y SIMBA.

Con respecto a la Base de Datos, después de haber establecido las necesidades, requerimientos entre ambos sistemas y políticas para su uso, se procedió a realizar el modelado, lo cual incluye las entidades, atributos, claves y restricciones que se requieren para que efectivamente fluya la información, considerando los aspectos de integridad y seguridad de datos. El resultado se presenta a continuación en la figura 4:

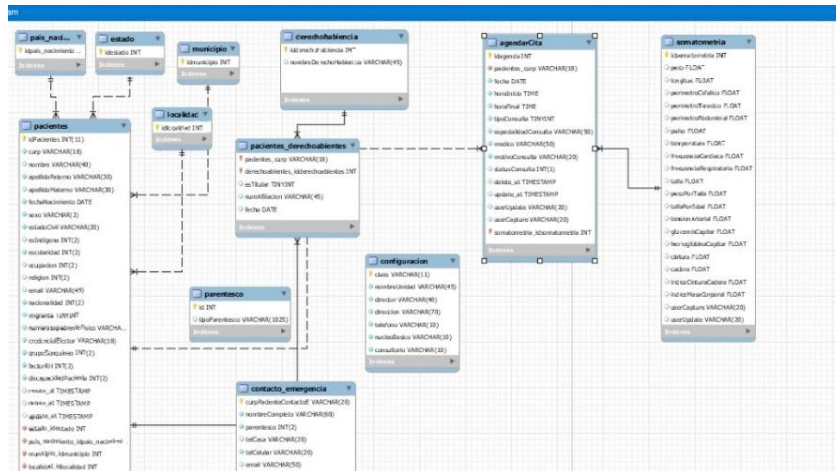


Figura 4. Modelo Entidad Relación de la Base de Datos.

Para la codificación de las interfaces se utilizaron tecnologías HTML5, JavaScript Y CSS3, a través de un framework para CSS, basado en Flexbox.

3. Desarrollo.

El sistema de expediente clínico electrónico permite de forma ágil identificar los pacientes del día, consultar, modificar y dar de alta para cada paciente el expediente clínico. En la figura 5 se muestra la interfaz de entrada en donde el doctor puede ver a los pacientes del día.

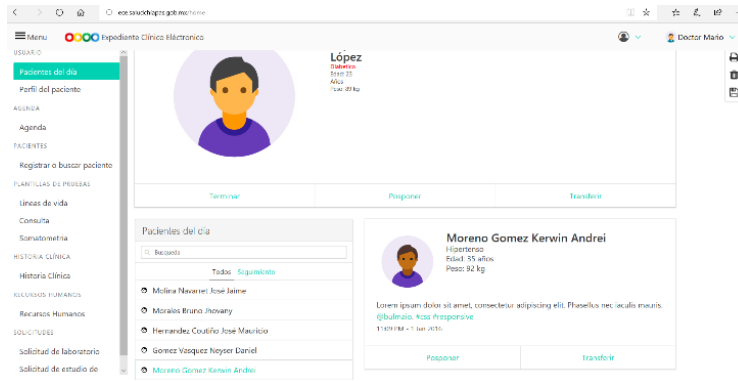


Figura 5. Interfaz de entrada.

En la figura 6 se muestra lo fácil que es consultar y modificar el expediente clínico del paciente.

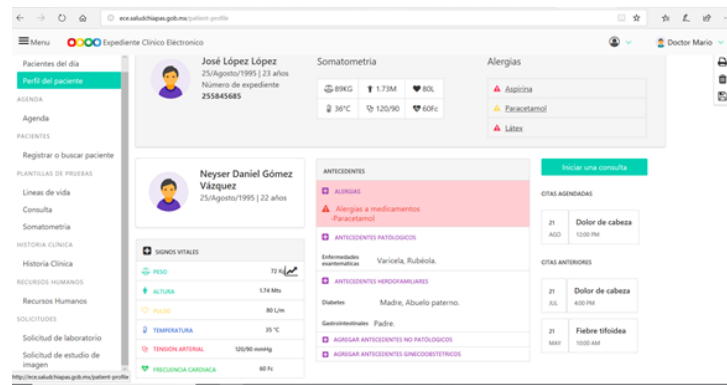


Figura 6. Expediente clínico.

Los campos del expediente clínico dependen de la edad del paciente. La edad del paciente especifica una línea de vida de siete rangos, éstos se muestran en la figura 7.

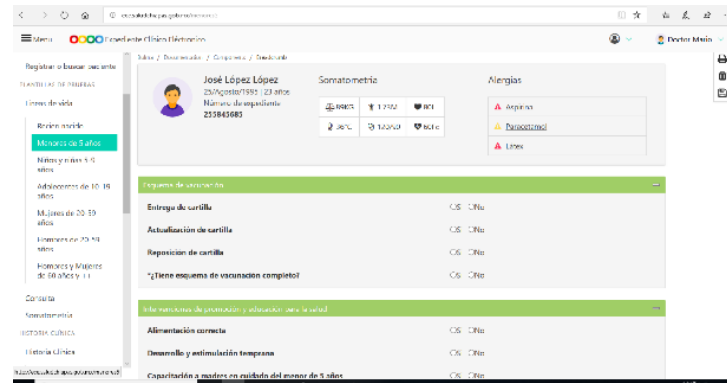


Figura 7. Línea de vida

En una interfaz muy amigable e intuitiva el doctor puede dar los pormenores de la consulta como se muestra en la figura 8.

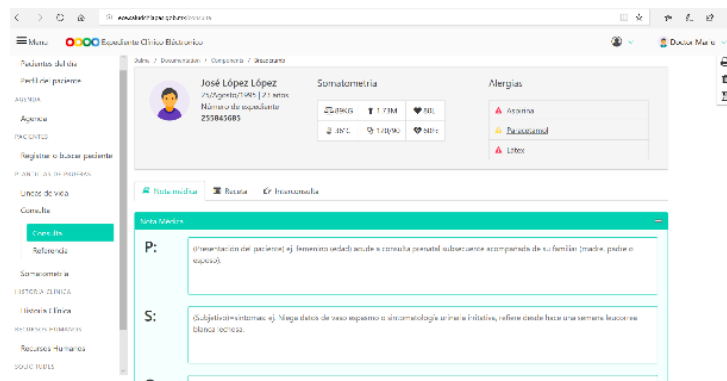


Figura 8. Línea de vida

En el apartado de referencia, permite identificar el tipo de solicitud y datos generales del expediente clínico del paciente como se muestra en la figura 9.

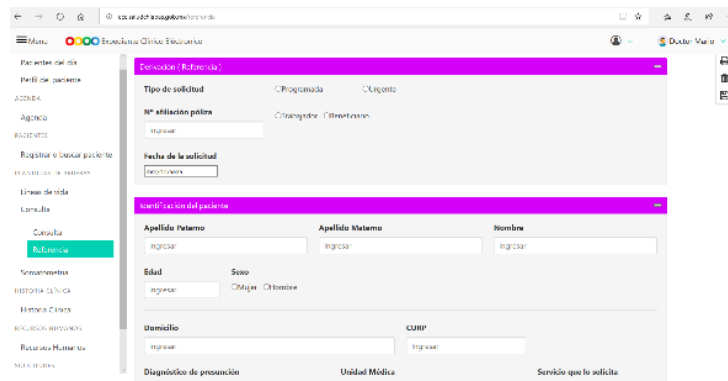


Figura 9. Referencia.

El sistema permite hacer la solicitud de estudios de laboratorio como muestra la figura 10.

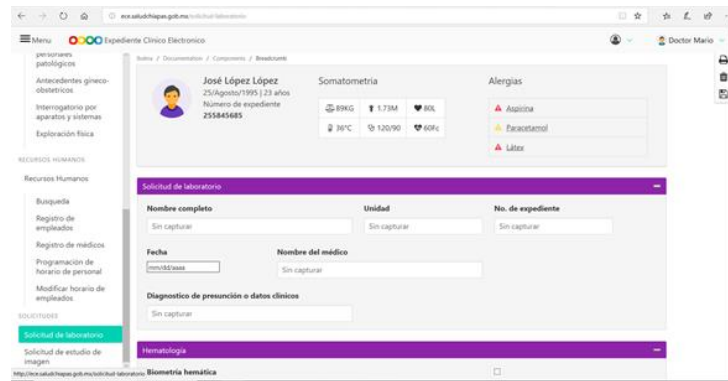


Figura 10. Solicitudes

Se mostraron las interfaces más importantes del sistema y las cuales permiten una captura de información oportuna y ágil.

Conclusiones.

El proceso de flujo de información a través de interfaces y base de datos entre los sistemas SECE y SIMBA se analizó, diseño e implementó con éxito. Al momento actual se encuentra en la fase de prueba en paralelo por los usuarios de la Secretaría de Salud sin que al momento se hayan reportado incidentes.

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el proyecto cumple con el objetivo establecido de facilitar el procesamiento de datos y flujo de información entre el Sistema Nacional de Información Básica en Materia de Salud (SIMBA) del sector salud y el Sistema de Expedientes Clínicos Electrónicos.

Se considera que el proceso aún no concluye, puesto que han surgido nuevas propuestas para extender los sistemas, en este caso a partir de la interconectividad directa entre dispositivos electrónicos a través de los cuales se registran datos sobre las condiciones físicas de los pacientes directamente a la base de datos de los sistemas, quedando como trabajos futuros que abordan tecnologías 4.0.

Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto de investigación número 6403.18-P.

Agradecimientos.

Agradecemos al equipo de investigadores de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas por haber compartido su conocimiento y experiencia, así como su colaboración en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Referencias Bibliográficas.

Sánchez Gonzales, J. M. y Ramírez Barba, É. J. (2006). El expediente clínico en México. *Revista Mexicana de Patología Clínica*, 53(3),166-173.

Secretaría de Salud. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2010. Recuperado el 22 de Octubre de 2018 de http://www.dgis.salud.gob.mx/descargas/pdf/NOM-024-SSA3-2010_SistemasECE.pdf

Secretaría de Salud. (2009). *Manual del Expediente Clínico Electrónico*. Dirección General de Información en Salud., México, 2009. Recuperado el 13 de Septiembre de 2018 de https://www.who.int/goe/policies/countries/mex_ehealth.pdf

Sommerville, Ian (2011). *Ingeniería de Software*. Ed. Pearson.

Wetzenfeld, Alfredo (2005). *Ingeniería de Software Orientada a Objetos con UML, Java e Internet*. Ed. Thomson. México

Información de los autores.



María Candelaria Gutiérrez Gómez. Ingeniera en Sistemas Computacionales, Maestra en Administración, Maestra en Administración de Tecnologías de Información y Doctora en Administración. Actualmente es profesora en el Programa de Pregrado de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Ha participado en la elaboración de reactivos para el examen EGEL-Informática. Recibió el Reconocimiento de Excelencia otorgado por el ITESM al Mejor Promedio obtenido durante los estudios de Maestría en Tecnologías de Información en el 2014. Es Miembro Fundador del Colegio de Educación a Distancia del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica y Miembro Honorario del Colegio de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITTG, A.C.



Jesús Carlos Sánchez Guzmán. Profesor de tiempo completo del Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Licenciado en Sistemas Computacionales y Maestro en Comercio Electrónico por el ITESM, Doctorado en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur. Su área de especialidad son las redes de computadoras y bases de datos.



Imelda Valles López. Desde 1991, profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Logros importantes: Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010), Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo", desde 2012, Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional", ITTUXG-CA-4. Desde 2011, Profesor de tiempo completo con perfil deseable (2013-2019), Miembro del Sistema Estatal de Investigadores. Investigador Tecnólogo Nivel I desde 2012.



Octavio Ariosto Ríos Tercero. Maestro en Ciencias en Ciencias Computacionales egresado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET. Su experiencia en docencia es en el área de ingeniería de software. Profesor de tiempo completo y Actual Jefe de Proyectos de Investigación en el Depto. de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.



Jorge Mauricio Hernández Coutiño. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Actualmente trabajando en el grupo de desarrollo de software StuffDevelopers, en donde se ha especializado en trabajar la administración de bases de datos. Sus habilidades incluyen el trabajo con Laravel, SQL y Linux.



Jhovany Morales Bruno. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Actualmente trabajando en el grupo de desarrollo de software BitZero, en donde se ha especializado en el desarrollo de aplicaciones Web.

Plataforma web para la gestión del Sistema Interno de Investigación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Web platform for the management of internal research system of Tuxtla Gutiérrez Technological Institute.

Jorge Octavio Guzmán Sánchez* (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
jguzman@ittg.edu.mx

Imelda Valles López (2), Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
ivalles@ittg.edu.mx.

Salvador Hernández Garduza (3), Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
sgarduzas@ittg.edu.mx.

Francisco Ronay López Estrada (4). *Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez*,
frlopez@ittg.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 11, 2018; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde el año 2000 cuenta con un sistema interno de investigación el cual se encarga de la promoción, seguimiento y financiamiento de proyectos de investigación, los cuales han crecido en número, calidad y alcance lo que hace necesario una plataforma que permita su sistematización. La plataforma se desarrolló en el framework laravel y está disponible en la dirección web sii.ittg.mx.

Palabras clave: Aplicaciones web, sistemas transaccionales, web frameworks.

Abstract.

Tuxtla Gutiérrez Technological Institute since 2000 has an internal research system which is responsible for the promotion, monitoring and financing of research projects, which have grown in number, quality and scope which makes it necessary a platform that allow its systematization. The platform was developed in Laravel framework and is available at the web address sii.ittg.mx.

Keywords: Web applications, transactional systems, web frameworks.

1. Introducción.

Una de las varias funciones que tiene el ITTG, es el apoyo a la investigación, la División de Estudios de Posgrado e Investigación (a partir de ahora llamaremos la División de Posgrado) la cual creó el sistema interno de investigación que cada año lanza la convocatoria de registro de proyectos con la finalidad de impulsar la participación de los docentes (con sus alumnos), que se basa en el llenado de los formatos CI-01 y CI-02 mediante un procesador de

textos. Una vez impresos y firmados, son entregados de manera personal en la División de Posgrado (en el edificio Z en la Coordinación de Investigación con el encargado del área) para que ésta envíe toda la documentación a los evaluadores. En el registro de proyectos pueden participar todos los adscritos a este Instituto bajo ciertas restricciones: sólo se pueden registrar dos proyectos por línea de investigación, un investigador puede participar en un máximo de dos proyectos (uno como responsable y otro como colaborador o dos colaboraciones). Los formatos CI-01 y CI-02 ya tienen su estructura predefinida la cual no se debe modificar y se espera que una vez llenados no sean demasiado extensos.

Recolección de requisitos e información.

Para el desarrollo de la aplicación web fue necesario revisar el procedimiento para estabilizarlo y concretarlo de manera formal, se revisaron los distintos formatos para ver si cumplían con los elementos necesarios, no redundantes y vacuos para su sistematización.

2. Métodos.

Para la implementación del sistema se optó por usar Laravel (un framework de código abierto para desarrollar aplicaciones y servicios web con PHP) para la parte del *back-end* y para el *front-end* emplear *HTML*, *CSS* y *JavaScript*.

Lo primero que se realizó fue identificar el proceso que se iba a automatizar, que es el registro (ya que existen otros procesos, por ejemplo, la evaluación y el seguimiento).

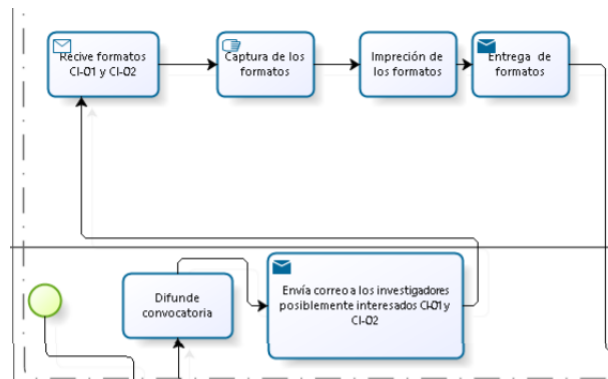


Figura 1. Diagrama BPM: a través de este diagrama se logra identificar en donde aplicaríamos la ingeniería.

El proceso completo contempla desde el lanzamiento de una convocatoria hasta el seguimiento que se le realiza a los proyectos aprobados pasando por la evaluación que tienen estos, pero en el primer momento solo se piensa automatizar lo referente al registro de proyectos.

MVC propone la construcción de tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador, es decir, por un lado, define componentes para la representación de la información y por otro lado para la interacción del usuario. En este desarrollo se consideró crear un modelo para cada tabla en la base de datos, así como programar una vista que representase entradas de información y se crearon controladores para emular el proceso administrativo, esta aplicación se desarrolló de forma modular ya que se tienen dos tipos de usuario (coordinador e investigador) y pueden llevar a cabo diferentes actividades en el sistema.

Casos de usos.

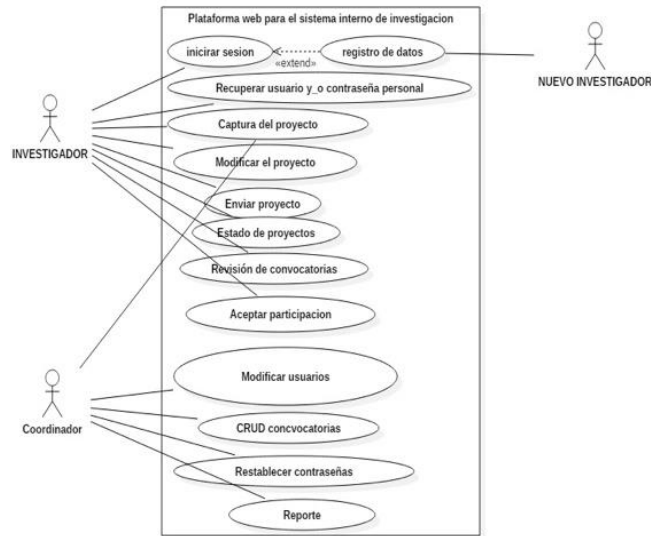


Figura 2. Diagrama de casos de uso en base al cual se programaron las acciones que tendría cada actor.

Los actores aparte del inicio de sesión en el sistema pueden realizar:

- Coordinador.
 - Proveer usuarios y contraseñas.
 - CRUD de convocatorias.
 - Restablecer contraseñas.
- Investigador.
 - Recuperar usuario y/o contraseña.
 - Captura del proyecto.
 - Modificar proyecto.
 - Someter proyecto (Enviar para que pase a la siguiente fase).
 - Revisión de convocatorias.
- Nuevo investigador.
 - Registro de datos.
 - Y todo lo que hace un investigador ya registrado.

Contenido de la plataforma web.

El contenido de lo que está en el sitio es el desglose los formatos CI-01 y CI-02 en los cuales se presentan de una forma amigable y ordenada para que el usuario la utilice sin ningún problema.

- **CI-01:** Este formato contiene los entregables de la investigación, integrantes, cronograma de actividades y materiales y servicios que se utilizaran en la investigación.
- **CI-02:** Protocolo de investigación.

Modelo conceptual del sistema.

Para desarrollar la plataforma web se diseñó el siguiente modelo conceptual del sistema como se muestra en la figura.

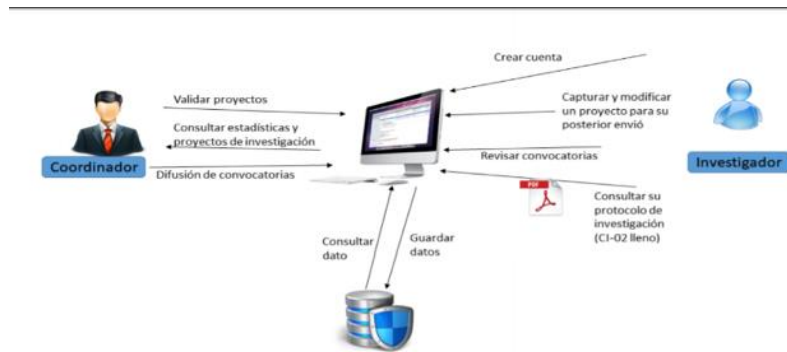


Figura 3. Modelo conceptual, para tener un panorama general del sistema.

El desarrollo del sistema está basado en la arquitectura modelo vista controlador que hoy en la actualidad es una de las más usadas.

Se encontró que el proceso era factible de automatizar y volverlo más cómodo, ya que los usuarios finales tienen los conocimientos básicos en el uso de un equipo de cómputo y el uso de internet.

A través de la plataforma se logró que los proyectos tengan una misma estructura y lineamientos ya que antes de ella se entregaban proyectos que no tenían la estructura correcta e incluso abusaban de la escritura llegando a tener proyectos de hasta 80 hojas.

Tecnología utilizada.

Laravel: Laravel es un framework de código abierto para desarrollar aplicaciones y servicios web con PHP 5. Su objetivo es desarrollar aplicaciones con código PHP de forma elegante y simple. Fue creado en 2011. Construido con varios componentes de Symfony, Laravel ofrece a las aplicaciones web una base de código confiable y bien probado (Otwell, 2013).

MySQL: Para los que no conocen una base de datos según Korth consiste en una colección de información interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dicha información. En otras palabras, colección de datos, donde estos están lógicamente relacionados entre sí (Korth, s.f.). El software MySQL es usado para manejar la base de datos, es propiedad de Oracle de licencia dual (Oracle, 2017).

Bootstrap: Para la presentación de la interfaz se usa CSS por medio de este framework (Sneha, 2017).

Jquery: Para la interactividad de la interfaz se usa JQUERY que es una librería de JAVASCRIPT (Nixon, 2019)

MVC: El modelo–vista–controlador (MVC) es un patrón de arquitectura de software que propone la construcción de tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador. De manera genérica, los componentes de MVC se podrían definir de la siguiente manera: El Modelo: Es la representación de la información con la cual el sistema opera por lo tanto gestiona todos los accesos a dicha información, tanto las consultas como actualizaciones, implementando también los privilegios de acceso que estén descritos en las especificaciones de la aplicación. El Controlador: Responde a eventos (usualmente acciones del usuario) e invoca peticiones al modelo cuando se hace alguna solicitud sobre la información (por ejemplo, editar un documento o un registro en una base de datos). La Vista: Presenta la los datos convertidos en información en un formato adecuado para interactuar (usualmente la interfaz de usuario) (Yenisleidy, 2012).

3. Desarrollo.

La plataforma se encuentra en línea en <http://sii.ittg.mx> y fue usada en la convocatoria de apoyos a la investigación 2019, emitida por el Consejo Institucional de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la que participaron 18 proyectos (estos fueron los que se registraron teniendo su origen en 2 programas de doctorado, 2 programas de maestría y 3 de licenciatura), de los cuales 15 fueron sometidos (pasaron al proceso de evaluación), 14 fueron aprobados de los cuales 11 se aprobaron con financiamiento (\$200,000.00 en total).

Se logró que en promedio el protocolo de investigación (archivo CI-02) tuviese una extensión de 11 hojas.



Figura 4. Página principal

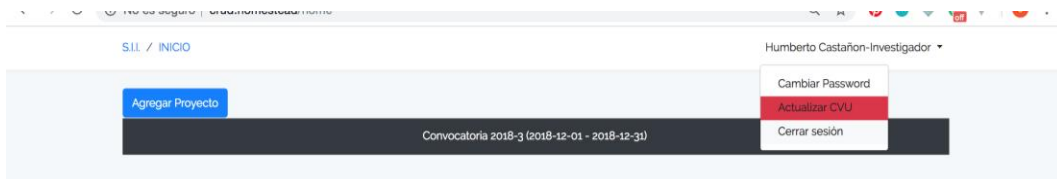


Figura 5. Pagina inicial del investigador donde debe actualizar su curriculum y agregar un proyecto.

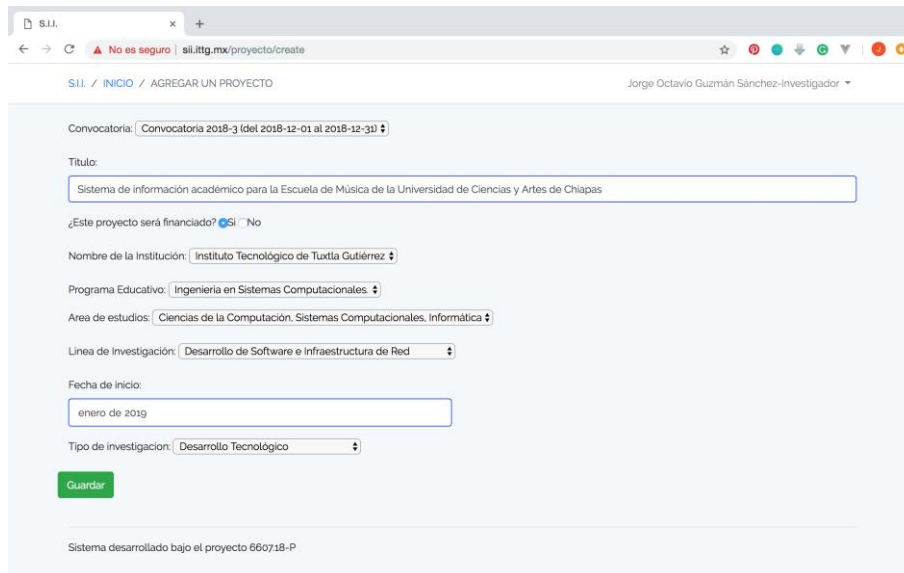


Figura 6. Pantalla en la que el investigador puede proponer un proyecto, cuidando las restricciones y eligiendo la convocatoria.

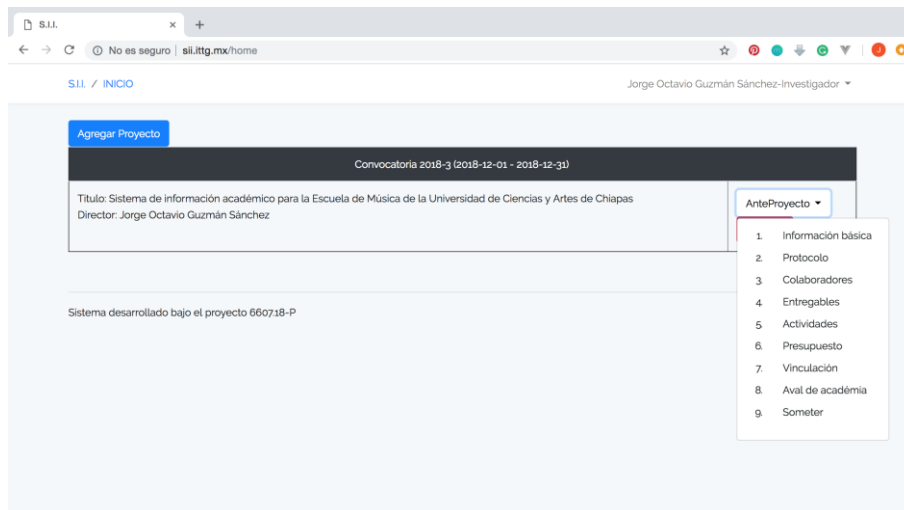


Figura 7. Proyecto al que debe ingresar todos los aspectos de este antes de poder usar la opción “Someter”.

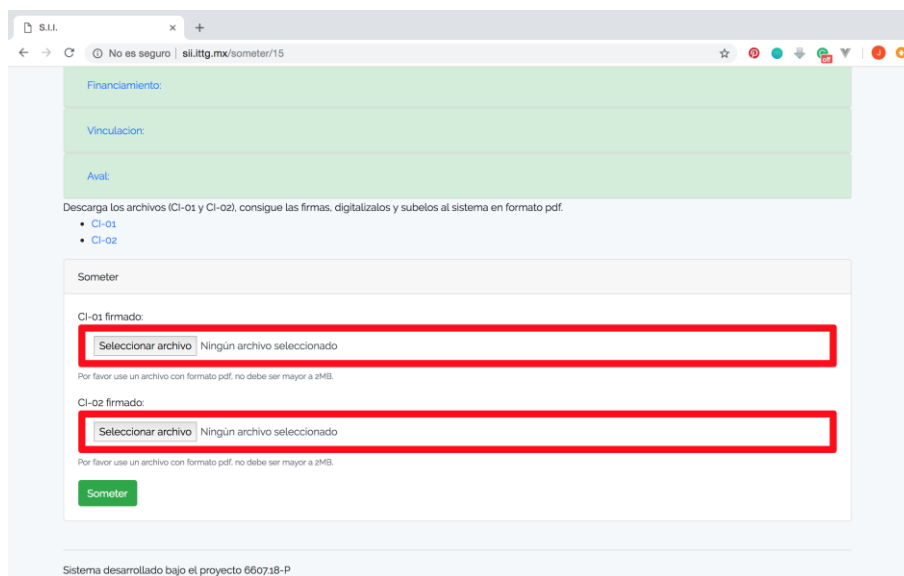


Figura 8. Pantalla en la que se somete un proyecto, si alguno de los aspectos no esta presente esta pantalla se lo indica al investigador y deberá corregirlo para que le aparezca de esta forma.

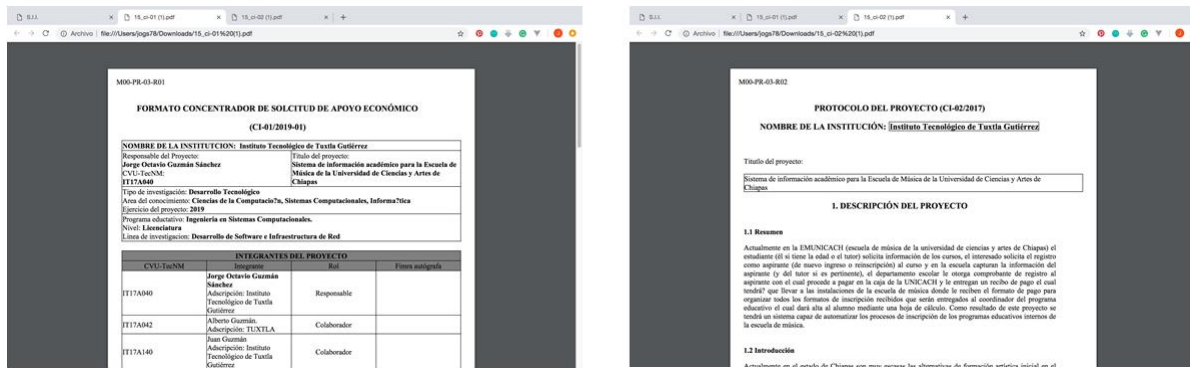


Figura 9. Formatos generados por el sistema con la información antes capturada y que al momento de someter se deben subir escaneados después de firmados.

Conclusiones.

Se automatizó el registro de proyectos de investigación del ITTG, el sitio fue implementado en un dominio público (sii.ittg.mx) al cual podrán acceder desde una laptop o un pc de escritorio conectado a internet y que tenga un buscador web. El primer reto por vencer fue el cambio de paradigma ya que los investigadores se encontraban acostumbrados al llenado de formatos en un procesador de textos, pero lo que ayudó es que nuestra plataforma no es la única con esta finalidad ya que otras entidades usan alguna similar.

Encontramos que aún falta trabajar en los otros procesos que son la evaluación y el seguimiento. (aún cuando ya se ha desarrollado parte de estos).

Se obtuvieron los beneficios.

- Restricción de las múltiples participaciones Y se obliga a que los investigadores actualicen su curriculum (que es un requisito que da el Tecnológico Nacional de México) para poder participar.
- Correcto llenado de los documentos de registro de proyectos. (como anteriormente se mencionó el logro en la disminución de la extensión de los documentos CI-02 y se asegura que el llenado de las partes que se estipulan se lleve a cabo).

Referencias Bibliográficas.

Korth Henry F. Fundamentos de base de datos. <http://unefazuliasistemas.files.wordpress.com>.

Nixon, Robin(2009). Learning PHP, MySQL & JavaScript: With JQuery, CSS & HTML5. United States of America, ISSN 9781491918661
https://books.google.com.mx/books?id=LZm7Cxgi3aQC&printsec=copyright&hl=es&source=gbs_pub_inf_o_r#v=onepage&q&f=false

Oracle (2017). Mysql. <https://www.mysql.com>.

Otwell Taylor (2013). Laravel: From Apprentice To Artisan,
http://blog.flds.fr/site/assets/files/1212/laravel_4_from_apprentice_to_artisan.pdf.

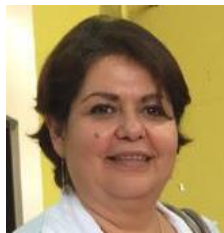
Sneha, Velankar, Dashrath, Mane (2017). Comparative Analysis of Bootstrap and UIKit framework, Tamilnadu, India: Revista Electrónica IRJET. Vol. 4. No. 6, 2017, p. 2551- 2551
<https://www.irjet.net/archives/V4/i6/IRJET-V4I6495.pdf>

Yenisleidy, Fernández, Díaz, Yanette (2012). *Patrón Modelo-Vista-Controlador*, Habana, Cuba: Revista Electrónica IRJET. Vol. 11. No. 1, enero-abril, 2012, p. 47-57.
<http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/download/15/10/0>

Información de los autores.



Jorge Octavio Guzmán Sánchez estudió Ingeniería En Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de 1996 al 2000 titulándose en febrero de 2001, cuenta con una Maestría en Ciencias de la Computación en la Universidad Pablo Guardado Chávez obteniendo el grado en 2010 y una especialidad en Administración de servidores Windows en 2009. Se especializa en la administración de redes de computadoras y desarrollo Web. Se ha desempeñado como docente de múltiples niveles, siendo docente del ITTG desde 2007 a la fecha y ha ocupado diversos cargos como: Jefe del Centro de Cómputo (de 2007 a 2010), Jefe de Laboratorio de Cómputo (2011 a la fecha), Representante institucional ante PRODEP (2015 a la fecha).



Imelda Valles López desde 1991, profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010). Profesor de tiempo completo con perfil deseable (2013-2016). Miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2012.



Salvador Hernández Garduza. La formación de Doctor en Educación la finalizó en la Universidad del Pacífico de Chiapas en el año 2018. Los estudios de Maestría en Ciencias de la Educación los terminó en la Universidad del Valle de México en el año 2010. Concluyó sus estudios de Ingeniero Electrónico en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en el año 2000. Se dedicó de manera independiente a la programación en lenguaje ensamblador atendiendo las necesidades de automatización de la pequeña empresa. A partir 2010, forma parte de la plantilla docente en la especialidad de matemáticas en la Normal Superior del Estado de Chiapas y del Departamento de Ciencias básicas en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez donde actualmente funge como Jefe de Departamento de Desarrollo Académico. Imparte Conferencias y publica artículos referentes a la enseñanza-aprendizaje.



Francisco Ronay López Estrada recibió su Doctorado en Ciencias en Control Automático por la universidad de Lorraine, France, en 2014, y su doctorado en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Centro Nacional de Investigación (CENIDET) en 2015. Recibió el grado de maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el CENIDET en 2008. Ha sido profesor del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2008 adjunto al departamento de Ingeniería Electrónica. Sus intereses de investigación son: Los sistemas lineales de parámetros variantes, sistemas de detección de fallas, sistemas descriptores, control de procesos y control de vehículos aéreos no tripulados. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I desde 2015.

Síntesis de PtZn/C y su caracterización electroquímica como catalizador de bajo contenido de platino en la reacción catódica de reducción de oxígeno.

Synthesis of PtZn/C and its electrochemical characterization as a low platinum catalyst in the cathodic oxygen reduction reaction

Claudia Karina Zagal Padilla (1).
Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México.
ckzagal@ier.unam.mx.

Minerva Gamboa Sánchez (2). Ingeniería en Tecnología Ambiental, Universidad Politécnica de Chiapas. Campus Suchiapa, Chiapas, México. mgamboa@upchiapas.edu.mx.

Mario Arturo Rivera Martínez (3). Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica del Estado de Guerrero, Comunidad de Puente Campuzano. marioarturo64@gmail.com.

Orlando Hernández Cristóbal (4). Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia, UNAM. ohernandez@enesmorelia.unam.mx.

Sergio Alberto Gamboa Sánchez* (5). Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. sags@ier.unam.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 25, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

En este trabajo se sintetizó el PtZn/C mediante el método de síntesis basado en la microemulsión inversa asistida por microondas. Donde se obtuvo el electrocatalizador PtZn/C, el cual se caracterizó por la técnica de difracción de XRD para identificar la componente cristalina del mismo. Se estudió la morfología y composición química del material mediante la técnica de SEM y EDS, respectivamente. Se logró identificar la formación de aglomerados, así como la presencia de los elementos químicos que conforman al electrocatalizador, permitiendo obtener un catalizador enriquecido en Zn (0.06% de Zn y 0.03% de Pt). La reacción de reducción de oxígeno se evaluó mediante la técnica de disco rotatorio a diferentes velocidades, partiendo de 200 rpm hasta 2000 rpm en medio ácido de 0.5 M de H₂SO₃ a temperatura ambiente. Fue posible calcular los parámetros cinéticos mediante el uso de Tafel y Koutecky-Levich. Los resultados obtenidos indicaron que el catalizador de bajo contenido de platino, mostro una respuesta cinética parecido a un catalizador convencional de alto contenido de platino, logrando una densidad de corriente de intercambio de 1.36×10^{-5} Acm⁻² y una pendiente de Tafel de 114 mV/dec, haciendo adecuado su uso en aplicaciones experimentales en celdas de combustible.

Palabras Clave: Microemulsión inversa, reducción de oxígeno, electrocatalizador, PtZn/C.

Abstract.

In this work, PtZn/C was synthesized by the synthesis method based on microwave-assisted inverse microemulsion. Where the PtZn/C electrocatalyst was obtained, which was characterized by the XRD diffraction technique to identify the crystalline component thereof. The morphology and chemical composition of the material were studied

using the SEM and EDS technique respectively. It was possible to identify the formation of agglomerates, as well as the presence of the chemical elements that make up the electrocatalyst, allowing to obtain a catalyst enriched in Zn (0.06% Zn and 0.03% Pt). The oxygen reduction reaction was evaluated using the rotary disc technique at different speeds, starting from 200 rpm up to 2000 rpm in an acid medium of 0.5 M H₂SO₃ at room temperature. It was possible to calculate the kinetic parameters by using Tafel and Koutecky-Levich. The results obtained indicated that the low platinum content catalyst showed a kinetic response similar to a conventional high platinum catalyst, achieving a current density exchange of 1.36×10^{-5} Acm⁻² and a Tafel slope of 114 mV / dec, making it use suitable in experimental applications in fuel cells.

Keywords: Reverse microemulsion, oxygen reduction, electrocatalyst, PtZn/C.

1. Introducción.

La reacción de reducción de oxígeno (ORR) es una de las reacciones de importancia en el campo de la tecnología electroquímica para la producción de energía eléctrica a partir de la oxidación de hidrógeno y la reducción de oxígeno. Sin embargo, los catalizadores convencionales contienen gran cantidad de platino y su desempeño en las reacciones redox está seriamente limitada por los procesos de contaminación que se llevan a cabo debido a la formación de reacciones intermedias. Se busca actualmente materiales que contengan bajo contenido de platino para que la generación y almacenamiento de energía sea barata: En el momento en que se logre conseguir lo anterior, se dará paso al desarrollo masivo de dispositivos tales como baterías y celdas de combustible, útiles para afrontar los cambios tecnológicos del presente (Vij, V. et al., 2017). Es aquí donde los electrocatalizadores catódicos tienen un papel importante en la cinética y mecanismo de la reacción de reducción de oxígeno (ORR), ya es esta reacción la que limita o controla, la producción de energía eléctrica de una celda de combustible.

La ORR es la reacción electrocatalítica que mayor interés ha recibido para ser estudiada. Esto se debe a que la ORR involucra un mecanismo de reacción complejo, asociado a una cinética lenta de reacción. Es por eso que ante esta condición, se requiere del desarrollo de mejores y eficientes electrocatalizadores que permitan la adsorción de oxígeno y la transferencia de electrones (Solomon, E. I. & Stahl, S. S., 2018). Dentro de propiedades útiles que deben presentar los electrocatalizadores se encuentran que tengan fases cristalinas, arreglos geométricos y propiedades superficiales que favorezcan a la ORR. Los mejores electrocatalizadores actualmente que son empleados para llevar a cabo la ORR, están formados en gran medida por Pt, ya sea solo el elemento químico o bien puede estar soportado sobre carbono, lo que permite que se tenga una mayor área superficial, mejorando la transferencia electrónica sobre el material (Wu, J. & Yang, H., 2013).

A pesar de que el Pt es el mejor electrocatalizador para las reacciones de reducción de oxígeno debido a su alta actividad catalítica y estabilidad en medio ácido, tiene como desventaja su elevado costo y fácil envenenamiento ante especies intermedias (Basri, S., Kamarudin, S. K., Daud, W. R. W. & Yaakub, Z, 2010), (Chen, W. et al, 2006), (Alcaide, F. et al, 2009). Para resolver este problema, actualmente se está trabajando en la utilización del Pt con un segundo o tercer material, que le permita aumentar la selectividad en las reacciones de interés (Marinelli, T. A, 1995), (Abid, M., Ehret, G. & Touroude, 2001), favoreciendo al uso de materiales con menor cantidad de Pt y alta funcionalidad electrocinética. Entre los materiales más comúnmente empleados para hacer combinaciones con el Pt, se encuentran el Pd, Ni, Co, V, Cr, Ru, entre otros (Jitianu, M., Kleisinger, R., Lopez, M. & Goia, 2007), (Alonso-Vante, N., Tributsch, H. & Solorza-Feria, O, 1995) los cuales son considerados como materiales de última generación al utilizarse con el Pt (Paulus, U. A. et al, 2002).

Resulta importante mencionar que la eficiencia del electrocatalizador a base de Pt, depende en gran medida del área superficial disponible, estructura cristalina, morfología, tamaño de partícula (Silvestre-Albero, J., Coloma, F., Sepúlveda-Escribano, A. & Rodríguez-Reinoso, F. 2006), así como de la elección de un segundo metal que favorezca a la reacción electrocatalítica (Watanabe, M. & Tsurumi, K. 1994). Al final, algo que determina en gran medida el funcionamiento del electrocatalizador está asociado al método de síntesis utilizado para su preparación.

En el presente trabajo desarrolla el electrocatalizador PtZn/C sintetizado mediante el método de microemulsión inversa. La combinación Pt-Zn, de acuerdo a lo reportado por la literatura mejora las propiedades electrónicas del Pt y aumenta la resistencia al envenenamiento por CO e impide la producción de CO (El-Nagar, G. A. & Mohammad, A. M., 2014), por lo que el Zn permite que sea selectiva a la reacción de electro-reducción de oxígeno (Silvestre-Albero, J., Serrano-Ruiz, J. C., Sepúlveda-Escribano, A. & Rodríguez-Reinoso, F., 2005). Mientras que el Carbón que es usado como soporte, favorece una mayor área superficial, permitiendo una apropiada y correcta dispersión del electrocatalizador sobre su superficie de conducción electrónica (Miura, A., Wang, H., Leonard, B. M., Abruña, H. D. & DiSalvo, F. J., 2009), (Antolini, E., 2003), (Calvillo, L. et al, 2007). El material sintetizado fue tratado térmicamente en una atmósfera de nitrógeno a 350°C para evitar la formación de óxidos. El PtZn/C fue caracterizado mediante las técnicas de difracción de rayos X, SEM, EDS y mediante la técnica electroquímica de disco rotatorio para determinar las propiedades fisicoquímicas que le permiten realizar la reacción de electro-reducción de oxígeno de forma similar a un electrodo enriquecido con platino.

Cuando un haz de luz polarizada linealmente se hace incidir sobre determinadas sustancias cristalinas, por ejemplo el cuarzo, la luz que atraviesa el cristal sigue polarizada linealmente pero el nuevo plano de vibración del campo eléctrico, ha girado un cierto ángulo respecto al plano inicial. Las sustancias que producen un giro del plano de polarización de la luz se denominan ópticamente activas.

La propiedad anterior no es privativa de ciertas sustancias cristalinas, existen sustancias químicas que en disolución, por ejemplo acuosa, pueden desviar el plano de polarización de la luz. El ángulo de desviación que presenta una disolución depende de la naturaleza del soluto, la longitud de disolución que atraviese la luz, la concentración de la disolución, la longitud de onda de la luz monocromática utilizada. Cabe mencionar que la luz polarizada plana que pasa a través de las soluciones de algunos compuestos orgánicos e inorgánicos ejerce un efecto de rotación, la cual, la cantidad y la dirección de rotación puede ser determinada con un polarímetro y un espectropolarímetro (Kumar et al., 2015).

Por consiguiente, la actividad óptica natural es una estructura molecular o cristalina quiral (entregada) que surge cuando la estructura tiene una simetría suficientemente baja que no es superponible en su imagen de espejo (Barron, 2009). Esto ha generado interés en investigar aplicaciones, tales como la investigación de la actividad óptica vibracional la cual lo describe Nafie (2011) y Yanan et al. (2011).

Por otra parte, Cortez et al. (2016), propuso como aplicación la medición de la actividad óptica para medición de la sacarosa, con la finalidad de construir un glucómetro. Ellos realizaron la medición de los parámetros de Stokes, presentando cambios en la elipticidad relacionándolo con la absorción del medio.

Otro interesante punto de vista son los procesos ópticos no lineales de moléculas quirales en soluciones y superficies. Esto se debe a que los fenómenos de actividad óptica natural convencional dependen linealmente de la intensidad del campo eléctrico del campo óptico, sin embargo, los procesos ópticos que son no lineales (cuadráticos, cúbicos y de cuarta linealidad) son funciones de la intensidad del campo electromagnético que pueden probar centros ópticamente activos y vibraciones quirales (Fischer & Hache, 2005).

En este artículo se propone un diseño mecánico automatizado para controlar el número de paso de un motor a paso con la finalidad de obtener la medición de la rotación de la luz polarizada cuando éste atraviesa un medio que presenta actividad óptica. El prototipo mecatrónico fue programado a través de la utilización de dos arduinos en serie para proceder a realizar el control del movimiento angular del motor a paso. Se presentan resultados de la actividad óptica.

2. Experimental.

La elaboración del electrocatalizador PtZn/C fue mediante el método de microemulsión inversa asistida por microondas. Se utilizaron 0.1ml de $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$ (ácido cloroplatínico hexahidratado), 7.5ml de $C_{12}H_{26}O(OCH_2CH_2)_{10}$ (tritón X-100), actuando como co-surfactante, 6 ml de C_2H_6O (alcohol etílico) que actúa como

surfactante. Del mismo modo se usaron 7.5 ml de C_7H_{16} (n-heptano), 0.065g $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (Sulfato de Zinc heptahidratado), para el complemento de la formación del catalizador PtZn. El material soporte fue 0.1g de carbón Vulcan. Como agente reductor se usaron 0.43 $NaBH_4$ (Borohidruro de sodio). Las condiciones de presión para la síntesis fue de 60 bares a $170^\circ C$ por 30 minutos, usando el equipo de microondas Synthos 3000Anton Paar.

El lavado del PtZn/C se realizó con H_2O DI (agua desionizada), C_3H_6O (acetona) a una relación 1:1. Así mismo se usó 1 ml de $C_2H_4O_2$ (ácido acético) por cada 100 ml de H_2O DI. Esta solución fue empleada para eliminar los residuos de co-surfactante de la síntesis.

El PtZn/C se secó a $25^\circ C$ sobre la parrilla, hasta retirar por completo la humedad del material. La activación térmica del electrocatalizador se realizó en un horno tubular de cuarzo en atmósfera de nitrógeno a $350^\circ C$ por 3 horas.

Para realizar las pruebas electroquímicas fue necesario preparar una tinta catalítica. Para la cual se utilizaron 2mg del catalizador PtZn/C, 15 μl de $C_7HF_{13}O_5S$ (nafión). Ambos compuestos se mezclaron y la solución se sometió a baño ultrasónico, utilizando el equipo ultrasónico (BransomTM) por 15 minutos para obtener una mezcla homogénea. La tinta de PtZn/C fue depositada sobre el electrodo de disco rotatorio de punta de carbón vítreo sobre un área de 0.072 cm^2 .

3. Resultados.

Difracción de rayos X.

El PtZn/C se caracterizó mediante la técnica de difracción de rayos-X (XRD). En la cual se identificaron 4 picos principales (Figura 1). El primer pico difracta en 24.44° , el cual es identificado como Carbono. En 39.86° difracta el pico que corresponde al plano (111), en 46.38° se ubica el plano (2 0 0) y en 81.53° el plano (2 2 0), los tres planos corresponden al electrocatalizador formado Pt_3Zn . Las difracciones de Pt_3Zn son los picos característicos marcados en la tarjeta PDF # 06-0584.

Así mismo, en la Figura 1 es posible considerar que el PtZn/C es un material nanoparticulado debido al comportamiento que presentan los picos difractados en el espectro de XRD. El ruido que se observa desde 5° hasta 80° es característico de un sistema formado por nanopartícula que pueden ser mesoporosas. El efecto del carbono en el espectro de difracción también es considerado como un modificante del espectro de difracción de la muestra.

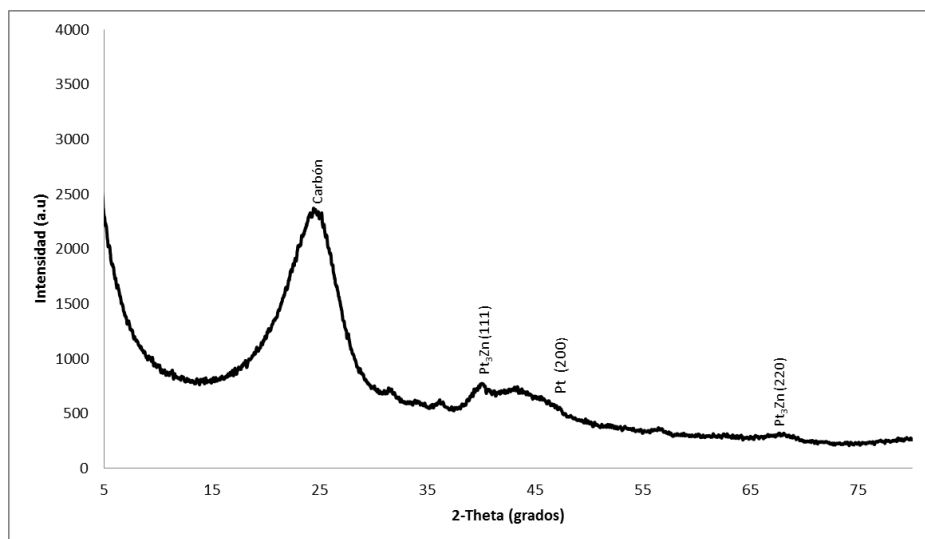


Figura 1. Difracción de rayos X del electrocatalizador PtZn/C.

Por otra parte, la intensidad con la que se difracta la fase Pt₃Zn, se relaciona al tamaño de partícula y el procedimiento establecido para la formación de esta fase. Es importante señalar que de acuerdo a lo reportado por la literatura, la formación de la fase Pt₃Zn llega a formarse a 600°C (Kang, Y., Pyo, J. B., Ye, X., Gordon, T. R. & Murray, C. B., 2012). Sin embargo, dentro de este método de síntesis, se logró formarse la fase, a una temperatura de 350 °C.

Estudio morfológico mediante SEM.

El análisis mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) realizado para el PtZn/C se muestra en la Figura 2. Se puede apreciar la estructura morfológica del material, basada en estructuras ramificadas del material catalítico, lo que posiblemente permita una elevada área superficial del material para aplicaciones electroquímicas. La muestra está formada por aglomerados que permiten considerar un material sólido. En la superficie de estos aglomerados es posible observar una capa asociada posiblemente a lo que pudiera ser el carbono que se utiliza como soporte del electrocatalizador, pero que fue incorporado desde la síntesis. El carbono es un material amorfo, que posiblemente sea el precursor de los aglomerados que se encuentran en alrededor de 40 nm.

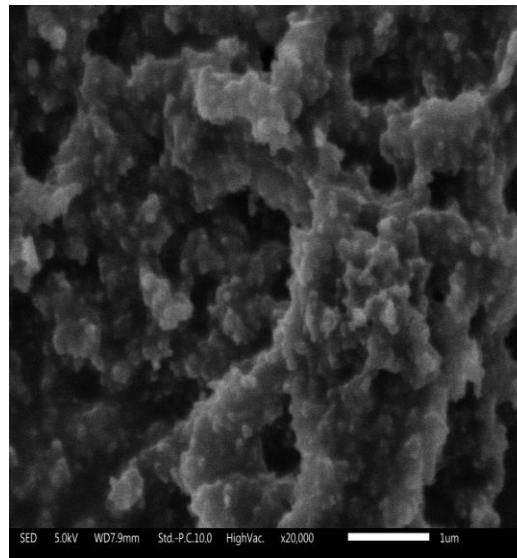


Figura 2. Micrografía del PtZn/C se observan aglomerados de nanopartículas del orden de 40 nm.

El tamaño del aglomerado favorece al comportamiento del PtZn/C como electrocatalizador debido a que sus efectos geométricos y electrónicos que han sido investigados previamente, permitiendo que el material catalítico se vea beneficiado por la forma y tamaño de las partículas que lo forman (Kang, Y. et al., 2013).

Composición química elemental mediante EDS.

El PtZn/C se caracterizó por espectroscopía de dispersión de electrones (EDS) para conocer su composición química las relaciones a las cuales se encuentra cada uno de los elementos que lo conforman. En la figura 3, se observan el espectro EDS, en el cual el material que predomina es el Carbono, siendo este resultado consistente con lo que se observó en el estudio de XRD. Seguida de picos en menor intensidad que corresponden al Pt y Zn. También fue posible identificar la presencia de oxígeno, posiblemente asociado a la presencia del carbono o bien no fue eliminado adecuadamente cuando estuvo expuesto a la atmósfera de nitrógeno durante el tratamiento térmico del PtZn/C. La presencia de oxígeno en catalizadores metálicos se considera adecuado para ayudar a realizar la reacción de reducción de oxígeno en una celda de combustible.

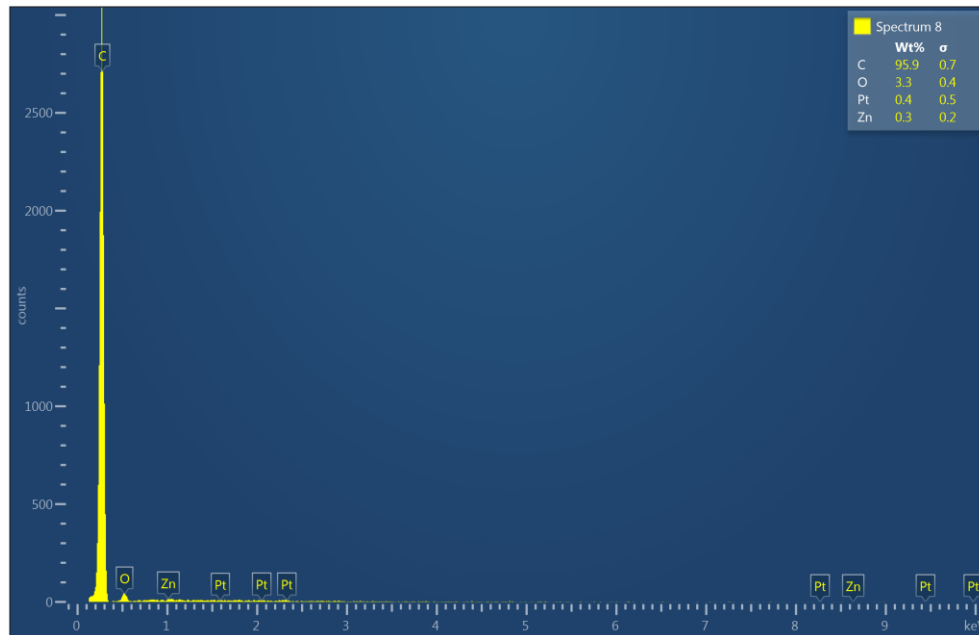


Figura 3. Espectro de EDS muestra los elementos identificados en el PtZn/C.

En la Tabla 1 se cuantifican las concentraciones atómicas de los elementos identificados por la caracterización de EDS en la muestra de PtZn/C. La presencia de carbono se cuantificó en 97% en concentración atómica, oxígeno en 2.55%, zinc 0.06% y finalmente la presencia de Platino con 0.03%. De esta forma se logra comprobar que es posible sintetizar mediante microemulsión inversa, un material catalítico con bajo contenido de platino en relación al otro elemento químico sintetizado como lo es el zinc. Los valores presentes de concentración atómica de los elementos químicos que componen al electrocatalizadores se espera que se encuentren en valores menores que lo que corresponde al carbono utilizado como soporte, para garantizar una adecuada distribución de las partículas sobre la superficie conductora del soporte.

Tabla 1. Concentraciones atómicas del electrocatalizador basado en PtZn/C.

Elemento	Series	Concentración atómica %
C	K	97.36
O	K	2.55
Zn	L	0.06
Pt	M	0.03
Total:		100.00

Reducción de oxígeno en el electrocatalizador basado en ptzn/c.

La reacción de reducción de oxígeno se controló mediante el uso del Potenciostato Solartron Analytical (SI 1287). Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos, siendo el electrodo de referencia Hg/Hg₂SO₄ (K₂SO₄ saturado), una barra de grafito como contra-electrodo y el electrodo de disco rotatorio con punta de carbón vítreo donde se depositó el PtZn/C actuó como electrodo de trabajo. Se emplearon 35 ml de 0.5M H₂SO₄ a temperatura ambiente como electrolito.

La reducción de oxígeno se realizó con rotaciones de 200 rpm hasta 2000 rpm. En la Figura 4 se muestran curvas de densidad de corriente contra potencial, indicando la reacción de reducción de oxígeno en el electrocatalizador PtZn/C, como función del control de transferencia de masa.

Se observa que en estado estacionario las curvas de polarización presentan tres distintas regiones: la región de control cinético < 0.8 V/NHE, la región mixta (cinético-difusional) 0.68-0.9 V/NHE, y la región difusional por transporte de masa de 0.0 a 0.68 V/NHE. Es importante mencionar que las curvas de polarización no presentan una región estable o plana a altos sobrepotenciales de reducción de oxígeno. Se observa un comportamiento de adsorción de especies alrededor de los 0.65 a 0.75 V/NHE que resulta típico de observarse a más bajas velocidades de rotación, tendiendo a eliminarse a altas velocidades de rotación, este efecto está asociado posiblemente, a las propiedades superficiales del soporte, así como a la presencia del oxígeno que está incorporado a la estructura del catalizador. Este fenómeno puede también estar asociado con las irreversibilidades que ocurren en el electrodo catalizado (Xie, Y., Kang, C. & Anson, F. C., 1996).

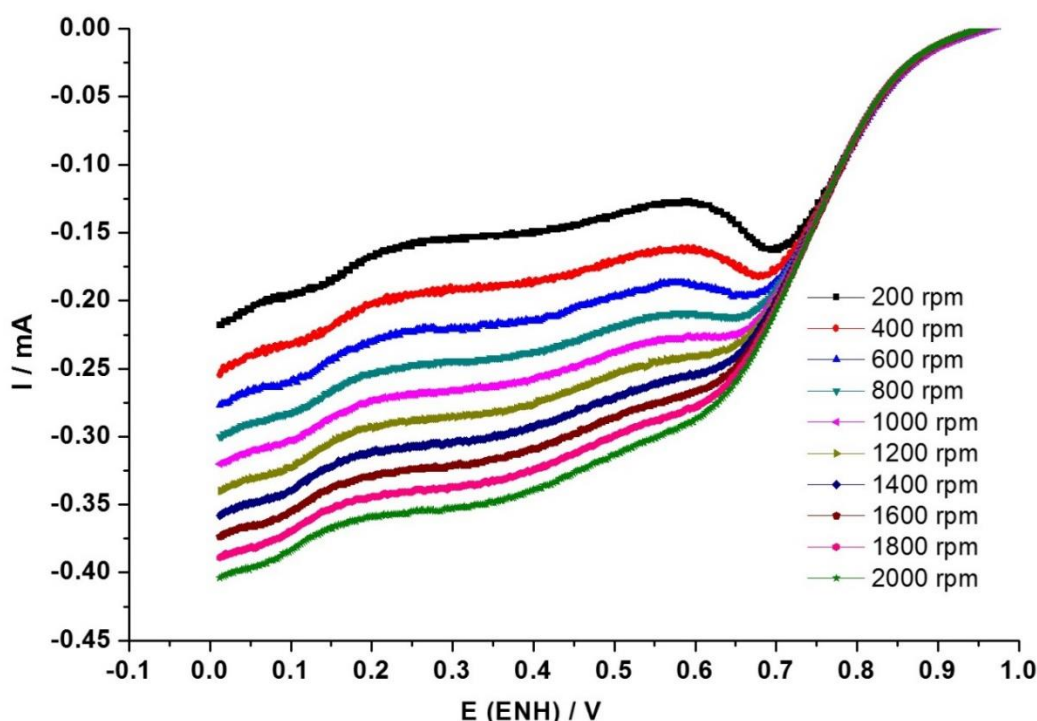


Figura 4. Densidad de corriente total esta expresada por la relación cinética de primer orden.

Mediante la relación de Koutecky-Levich (ec. 1), se realizó el análisis de corrientes catalíticas para el electrocatalizador PtZn/C.

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{i_k} + \frac{1}{i_L} = \frac{1}{i_k} + \frac{1}{B(w)^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

Dónde i es la corriente experimental, i_k es la corriente cinética, i_L es la corriente límite difusional del oxígeno disuelto en electrolito, i_L es igual a $w^{1/2}/B$, w es la velocidad de rotación y B es la constante dada por la ecuación the Levich (ec. 2):

$$B = 0.62nAF C_{O_2} D_{O_2}^{\frac{2}{3}} v^{-\frac{1}{6}} \quad (2)$$

En la ecuación 1 se separan las corrientes de difusión y de transferencia de carga, y se determina la corriente de control cinético mediante la gráfica de $1/i$ vs. $1/w^{1/2}$. En la Figura 5 se muestran las líneas de tendencias para los diferentes potenciales, se calcula así mismo, el promedio de las pendientes hasta que se obtiene el valor de B.

La cuasi-linealidad y paralelismo observado en las líneas que componen la Figura 5 confirman que la reacción de reducción de oxígeno, se comporta de acuerdo a la cinética de primer orden de reacción, con respecto a la difusión del reactivo. Es posible conocer el número de electrones transferidos en la reacción que resultó de 2 electrones, indicando que la reacción principal de reducción es hacia H_2O_2 en lugar de agua.

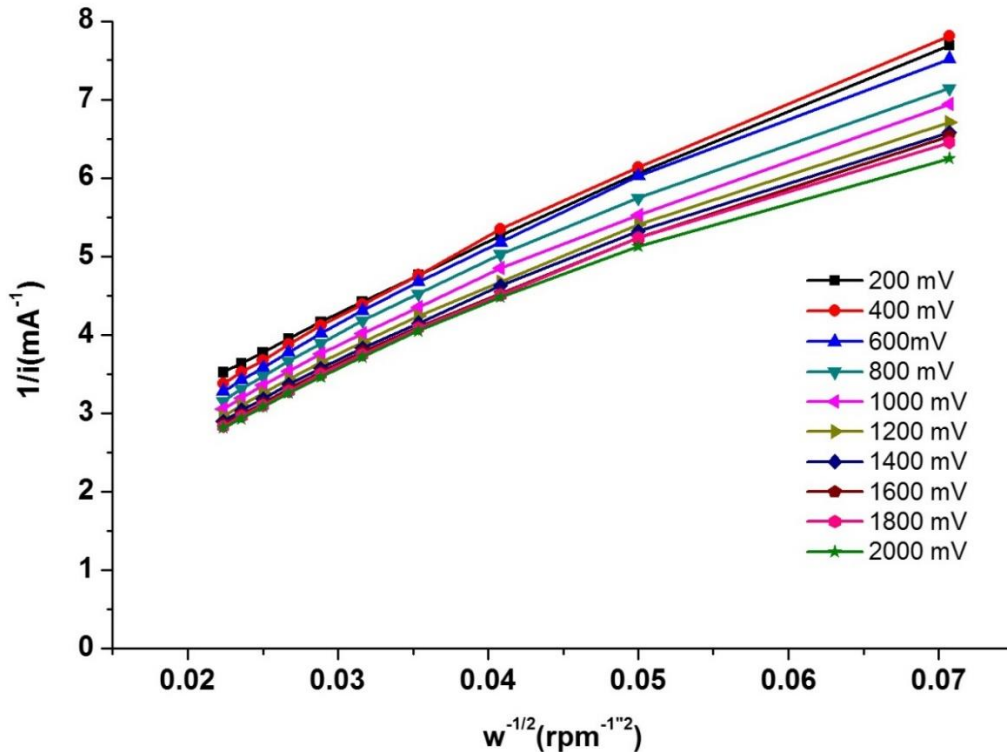


Figura 5. Pendiente de Koutecky-Levich variando la relación $1/i$ vs. $1/w^{1/2}$ para diferentes potenciales.

La pendiente de Tafel se determinó graficando E vs $[i/(i-i_0)]$, como se muestra en la Figura 6. Los parámetros cinéticos de densidad de corriente de intercambio i_0 , el coeficiente de transferencia de carga α y la pendiente de Tafel están representados en la Tabla 2, mientras que la pendiente de Tafel (b) se determinó de la parte lineal de la gráfica mostrada en la Figura 6.

Tabla 2. Parámetros cinéticos del catalizador PtZn/C.

Catalizador	T (K)	i_0 (Acm ⁻²)	α 2e-	b (V dec ⁻¹)	m
PtZn/C activado	298.15	1.36×10^{-5}	0.515	0.1148	20.06

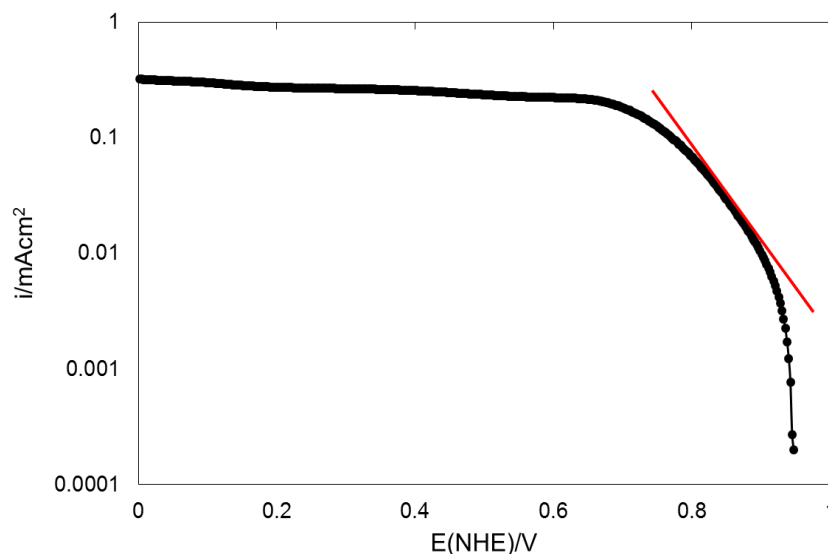


Figura 6. Pendiente Tafel de la reacción de reducción de oxígeno interviniendo la transferencia de $2e^-$, para el catalizador PtZn/C.

Los resultados obtenidos del estudio cinético, mostraron que la respuesta del material PtZn/C es similar a la respuesta esperada de un catalizador basado en Pt. La ventaja que se tiene en el caso del material sintetizado en este trabajo, es la posibilidad de obtener un material funcional, de bajo costo, con bajo contenido de platino y capaz de ser utilizado en la generación de energía eléctrica en celdas de combustible ya sea de hidrógeno o de alcoholes.

Conclusiones.

El método de microemulsión inversa permitió sintetizar el electrocatalizador PtZn/C de forma rápida y con elevado control estructural. En el tratamiento térmico a $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ en atmósfera de nitrógeno se logró formar la fase Pt₃Zn. La formación de aglomerados favorece morfológicamente a la transferencia electrónica en el proceso electrocatalítico. El comportamiento de las pendientes por Koutecky-Levich para las diferentes velocidades de rotación, al tener un comportamiento cercano entre sí, favoreciendo a mejores corrientes de difusión debido al efecto del Pt en el PtZn/C. Así mismo se logró una buena actividad electrocatalítica la cual se corrobora en el cálculo del coeficiente de transferencia de carga donde se encuentra alrededor de 0.5 de acuerdo a lo reportado por la literatura.

Agradecimientos.

Los autores desean agradecer al Proyecto DGAPA-PAPIIT IN112217 por el apoyo económico para el desarrollo del presente trabajo tanto en la adquisición de materiales de laboratorio, como para la caracterización de los catalizadores. Además, también se desea agradecer al CONACYT-México por el apoyo económico recibido en forma de beca a la estudiante de doctorado Claudia Karina Zagal Padilla con número de becario 576210.

Referencias Bibliográficas.

Abid, M., Ehret, G. & Touroude, R. Pt/CeO₂ catalysts: Correlation between nanostructural properties and catalytic behaviour in selective hydrogenation of crotonaldehyde. *Appl. Catal. A Gen.* **217**, 219–229 (2001).

Alcaide, F. *et al.* Pt supported on carbon nanofibers as electrocatalyst for low temperature polymer electrolyte

- membrane fuel cells. *Electrochem. commun.* **11**, 1081–1084 (2009).
- Alonso-Vante, N., Tributsch, H. & Solorza-Feria, O.** Kinetics studies of oxygen reduction in acid medium on novel semiconducting transition metal chalcogenides. *Electrochim. Acta* **40**, 567–576 (1995).
- Antolini, E.** Formation of carbon-supported PtM alloys for low temperature fuel cells: A review. *Mater. Chem. Phys.* **78**, 563–573 (2003).
- Basri, S., Kamarudin, S. K., Daud, W. R. W. & Yaakub, Z.** Nanocatalyst for direct methanol fuel cell (DMFC). *Int. J. Hydrogen Energy* **35**, 7957–7970 (2010).
- Calvillo, L. et al.** Platinum supported on functionalized ordered mesoporous carbon as electrocatalyst for direct methanol fuel cells. *J. Power Sources* **169**, 59–64 (2007).
- Chen, W. et al.** The stability of a PtRu/C electrocatalyst at anode potentials in a direct methanol fuel cell. *J. Power Sources* **160**, 933–939 (2006).
- El-Nagar, G. A. & Mohammad, A. M.** Enhanced electrocatalytic activity and stability of platinum, gold, and nickel oxide nanoparticles-based ternary catalyst for formic acid electro-oxidation. *Int. J. Hydrogen Energy* **39**, 11955–11962 (2014).
- Jitianu, M., Kleisinger, R., Lopez, M. & Goia, D. V.** Preparation of carbon supported alloy PtCo nanoparticles for PEM fuel cells. *J. New Mater. Electrochem. Syst.* **10**, 67–74 (2007).
- Kang, Y. et al.** Shape-controlled synthesis of Pt nanocrystals: The role of metal carbonyls. *ACS Nano* **7**, 645–653 (2013).
- Kang, Y., Pyo, J. B., Ye, X., Gordon, T. R. & Murray, C. B.** Synthesis, Shape Control, and Methanol Electro-oxidation Properties of Pt–Zn Alloy and Pt₃Zn Intermetallic Nanocrystals. 5642–5647 (2012). doi:10.1021/nn301583g
- Marinelli, T.** A Study on the Selectivity in Acrolein Hydrogenation on Platinum Catalysts: A Model for Hydrogenation of α,β -Unsaturated Aldehydes. *Journal of Catalysis* **156**, 51–59 (1995).
- Miura, A., Wang, H., Leonard, B. M., Abruña, H. D. & DiSalvo, F. J.** Synthesis of intermetallic PtZn nanoparticles by reaction of Pt nanoparticles with Zn vapor and their application as fuel cell catalysts. *Chem. Mater.* **21**, 2661–2667 (2009).
- Nafie A. Laurence.** Vibrational Optical Activity: Principles and Applications. First published: ISBN:9780470032480 7 July 2011
- Paulus, U. A. et al.** Oxygen reduction on high surface area Pt-based alloy catalysts in comparison to well defined smooth bulk alloy electrodes. *Electrochim. Acta* **47**, 3787–3798 (2002).
- Silvestre-Albero, J., Coloma, F., Sepúlveda-Escribano, A. & Rodríguez-Reinoso, F.** Effect of the presence of chlorine in bimetallic PtZn/CeO₂ catalysts for the vapor-phase hydrogenation of crotonaldehyde. *Appl. Catal. A Gen.* **304**, 159–167 (2006).
- Silvestre-Albero, J., Serrano-Ruiz, J. C., Sepúlveda-Escribano, A. & Rodríguez-Reinoso, F.** Modification of the catalytic behaviour of platinum by zinc in crotonaldehyde hydrogenation and iso-butane dehydrogenation. *Appl. Catal. A Gen.* **292**, 244–251 (2005).
- Vij, V. et al.** Nickel-Based Electrocatalysts for Energy-Related Applications: Oxygen Reduction, Oxygen Evolution, and Hydrogen Evolution Reactions. (2017). doi:10.1021/acscatal.7b01800 Solomon, E. I. & Stahl, S. S. Introduction: Oxygen Reduction and Activation in Catalysis. *Chem. Rev.* **118**, 2299–2301 (2018).

Watanabe, M. & Tsurumi, K. Activity and Stability of Ordered and Disordered Co-Pt Alloys for Phosphoric Acid Fuel Cells. *J. ...* **141**, 6–15 (1994).

Wu, J. & Yang, H. Platinum-based oxygen reduction electrocatalysts. *Acc. Chem. Res.* **46**, 1848–57 (2013).

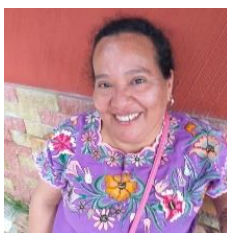
Xie, Y., Kang, C. & Anson, F. C. Calculation of cyclic voltammetric responses for the reductive formation of catalyst-substrate adducts on electrode surfaces. *J. Chem. Soc* **92**, 3917–3923 (1996).

Yanan Liu., C Rose-Petruck., GJ Diebold. X-ray spatial harmonic imaging of phase objects. *Optics letters* 36 (12), 2209-2211

Información de los autores.



Claudia Karina Zagal Padilla, graduada como Ingeniera en Energía en 2013 en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero (UEG), graduada como Maestra en Ingeniería en Energía en 2017 por el Instituto de Energías Renovables de la UNAM. Actualmente estudiante de doctorado en el Instituto de Energía Renovables de la UNAM (IER-UNAM)



Minerva Gamboa Sánchez, graduada como Ingeniero Químico en 1992 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduada como Maestra en Ingeniería Hidráulica en 1996 por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 2009 obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Químicas en el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV). Actualmente profesor - Investigador de la carrera de Ingeniería en tecnología Ambiental y de la Maestría en Energías Renovables de la Universidad Politécnica de Chiapas.



Mario Arturo Rivera Martínez, graduado Ingeniero Químico por la Universidad Autónoma de Estado de Morelos, Maestro en Energía Solar de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ph.D. En Ingeniería y Ciencia de Materiales, del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la UAEM, Posdoctorado, Centro Nacional de Investigación y desarrollo

Tecnológico (CENIDET), Diplomado en Educación basada en competencias, cuenta con más de 25 años de experiencia en investigación y desarrollo tecnológico, sus líneas de investigación son la energía solar foto térmica y fotovoltaica, así como el almacenamiento de energía. Actualmente es profesor investigador en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero, donde desarrolla investigación básica y aplicada en el área de energía renovable y tecnologías ambientales.



Orlando Hernández Cristóbal, graduado en la carrera de Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, graduado como Maestro en Ingeniería en Energía en el Centro de Investigación en Energía de la UNAM (actualmente Instituto de Energías Renovables-IER). Doctorado en el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM (IIM-UNAM) efectuando su investigación doctoral en el Instituto de Física de la UNAM. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1 y académico de tiempo completo en la ENES, Unidad Morelia.



Sergio Alberto Gamboa Sánchez, graduado como Ingeniero en Electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Realizó estudios de maestría y doctorado en la UNAM en el área de Energía Solar y Ciencias Químicas. Es Investigador Nacional Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y Evaluador Nacional de proyectos de investigación del CONACYT en materia de fuentes renovables de energía. Actualmente es Investigador Titular B, de Tiempo Completo, en el Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Temixco, Morelos. Su principal línea de investigación es el desarrollo de nuevos materiales para el aprovechamiento de las fuentes renovables en la generación y almacenamiento de energía. Ha publicado 62 artículos técnicos en revistas internacionales indizadas. Cuenta con 1650 citas a sus artículos publicados. Ha participado ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha impartido conferencias igualmente en México y el extranjero. Ha impartido 52 cursos formales a nivel licenciatura, maestría y doctorado. Ha dirigido 38 tesis entre licenciatura, maestría y doctorado. Ha participado en proyectos de investigación de ciencia básica y aplicada. Es coautor de tres libros, uno de divulgación y dos técnicos de difusión internacional en el área de celdas de combustible y de biocombustibles.

Sistema de diagnóstico para el procesamiento de señales biomédicas con redes neuronales artificiales.

Diagnostic system for the processing of biomedical signals with artificial neural networks.

Luis Esteban Fortanel Hernández (1).
Instituto Politécnico Nacional.
muse_upiita@hotmail.com.

Alejandro Medina Santiago* (2), Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes,
cidit@universidaddescartes.edu.mx.

Lorena del Rosario Rojas Nucamendi (3), Gobierno del Estado de Chiapas, lorenarojas@mexicoled.com.

Galdino Belizario Nango Solís (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.
gbnango@ittg.edu.mx

Arturo Cisneros Gómez (5), Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes,
acisneros@universidaddescartes.edu.mx

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 25, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

El desarrollo de un sistema para el procesamiento de señales biomédicas para salud de un paciente basado por las mediciones de variables fisiológicas como ECG, ritmo cardíaco y temperatura corporal son analizados por sistema basado en redes neuronales artificiales para el diagnóstico de las señales biomédicas. El sistema permite obtener señal GPS, que mostrará la posición y velocidad del paciente, además de las variables ya mencionadas. Este sistema se complementa con una GUI diseñada en Matlab donde el diagnóstico del paciente es llevado a cabo mediante el uso de redes neuronales y los resultados obtenidos se muestran. Además, se utiliza la comunicación Bluetooth lo que permite que el sistema se comunique con un dispositivo móvil, donde también se puede ver el diagnóstico. Finalmente, el sistema tiene la función de guardar los datos obtenidos del paciente en un archivo Excel. Esta matriz se está actualizando para almacenar los datos cada hora en que se usa el sistema.

Palabras clave: Señales biomédicas, Redes Neuronales Artificiales, Diagnóstico, pulso cardíaco, temperatura, gps.

Abstract.

The development of a system for processing biomedical signals for a patient's health based on measurements of physiological variables such as ECG, heart rate and body temperature are analyzed by a system based on artificial neural networks for the diagnosis of biomedical signals. The system allows obtaining GPS signal, which will show the position and speed of the patient, in addition to the variables already mentioned. This system is complemented with a GUI designed at Matlab where the diagnosis of the patient is carried out through the use of neural networks and the results obtained are shown. In addition, Bluetooth communication is used, which allows the system to communicate with a mobile device. where you can also see the diagnosis. Finally, the system has the function of

saving the data obtained from the patient in an Excel File. This matrix is being updated to store the data every hour the system is used.

Keywords: Biomedical signals, Artificial Neural Networks, Diagnosis, heart rate, temperature, gps.

1. Introducción.

La ingeniería siempre ha estado presente en el sector salud. El avance de la tecnología ha permitido desarrollar herramientas que ayudan a detectar y combatir enfermedades, disminuyendo así el número de casos mortales. No obstante, es necesario continuar desarrollando sistemas para ampliar el rango de detección de enfermedades, para hacer más eficientes los procesos y procedimientos efectuados por el instrumental médico actual o simplemente para disminuir el tiempo de respuesta al momento de realizar un diagnóstico.

El trabajo presenta la detección de una anomalía en la salud del paciente en estudio, realizando la adquisición de la temperatura corporal, ritmo cardíaco y ECG para determinar el diagnóstico en el menos tiempo posible. Actualmente se cuentan con dispositivos que toman la temperatura y ritmo cardíaco en menos de 30 segundos, pero este tipo de instrumentos solamente se encuentra en hospitales de grado 3. Típicamente el proceso desarrollado en el trabajo, les toma a los médicos entre 1 minuto y medio y 5 minutos con instrumentos básicos.

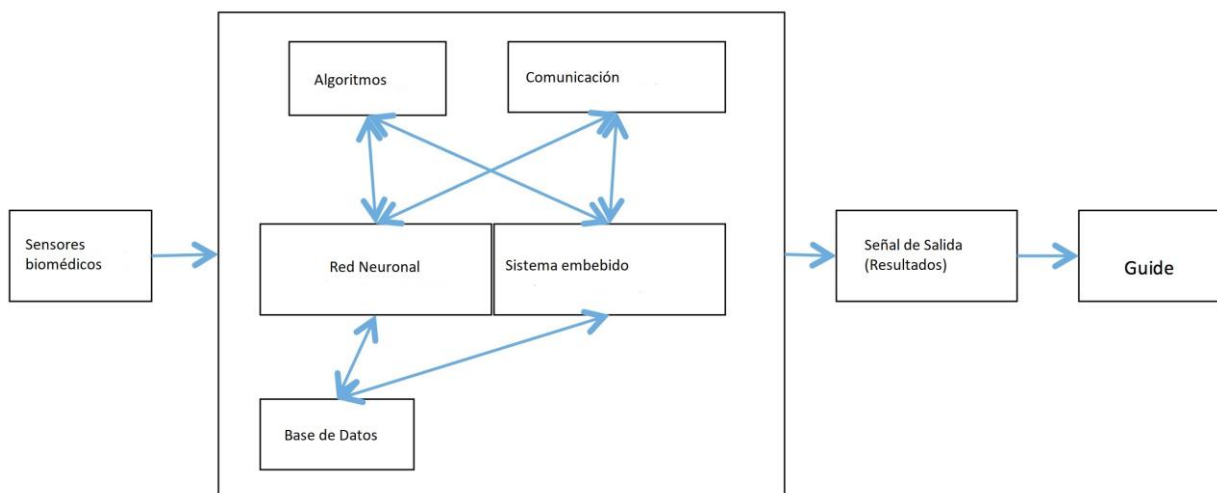


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema.

2. Metodología.

2.1 Adquisición de las señales biomédicas.

Para la obtención de las señales biomédicas se utilizaron los siguientes sensores:

Sensor de pulso: con este sensor se realizó la obtención rápida y limpia de la señal del ECG debido a que utiliza un sensor de frecuencia cardíaca óptico con amplificación con circuitos de cancelación de ruido, como se muestra en la figura 1.

Sensor de temperatura lylypad: es un pequeño sensor termistor (MCP9700) que se muestra en la figura 2, que detecta cambios físicos a través del calor corporal o condiciones ambientales (Sparkfun, 2017). Este sensor entrega una salida de 0.75 volts a 25° C e incrementos de 10mV por grado centígrado.

Polar heart rate sensor h1 (se muestra en la figura 2): sensor de frecuencia cardíaca con correa tectil (Polar, 2017). El heart rate monitor interface (HRMI) convierte la señal ECG transmitida por el polar heart rate monitor t31 (HRM) en datos de frecuencia cardíaca a través del protocolo de comunicación I2C. Éste implementa un sofisticado algoritmo para calcular una frecuencia cardíaca media, incluso con datos ruidosos o intermitentes desde el transmisor. Este sistema permite la medición del pulso de forma inalámbrica (Sparkfun, 2017).



Figura 2. Sensores: a) sensor de pulso, b) Polar heart rate, c) sensor de temperatura.

2.2 Procesamiento de señales.

El primer paso fue el desarrollo de la red neuronal que se encarga de realizar el diagnóstico del paciente en estudio. la red neuronal consta de 3 neuronas en su primera capa oculta y 6 neuronas en la capa de salida. Para determinar el comportamiento de la arquitectura neuronal (patrones de salida), se usaron 490 patrones de entrada con la finalidad de obtener un diagnóstico más exacto. Considerando que la señal de la temperatura contiene valores decimales se trabajó con una red neuronal de retropropagación para poder calcular y analizar los datos con una arquitectura 32-6.

Algoritmo 1. Código para entrenamiento de la arquitectura neuronal.

Inicio

Creación de la arquitectura neuronal con un entrenamiento supervisado y algoritmo de aprendizaje

Inicialización de pesos sinápticos y polarizaciones de las neuronas.

Definición del parámetro de error.

Entrenamiento de la arquitectura.

Simulación de la salida de la arquitectura neuronal.

Fin

El pseudocódigo anterior permite realizar entrenamiento de la red neuronal obteniendo en la salida los valores de pesos sinápticos y umbrales de las neuronas; los cuales se guardan en un archivo.mat para poder ser utilizados después, además de realizar una simulación con los 490 datos de patrón de entrada generando como resultado de la evaluación los valores calculados en el entrenamiento obteniendo resultados con una efectividad del 100%.

La figura 3, muestra los parámetros de entrenamiento de la red neuronal desarrollado en Matlab; para obtener el resultado esperado.

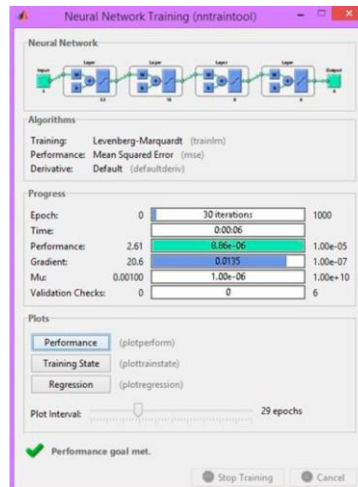


Figura 3. Entrenamiento de la red neuronal.

Después de realizar el entrenamiento de la red neuronal en Matlab, se desarrolló en Matlab programación para la obtención de datos que envía en sistema embebido a través del puerto serial. Para el caso de estudio se consideró una muestra de 300 datos de cada variable, es decir, un promedio de temperatura, ritmo cardíaco para utilizarlos como variables de entrada a la red neuronal y obtener el diagnóstico esperado.

Para el procesamiento del ECG se basó en un tipo de arritmia, la cual indica que la separación entre los picos más altos del ECG no debe tener grandes variaciones. El comando `findpeaks` permitió encontrar la localización de los picos de la señal del ECG, posteriormente se vuelve a ocupar el comando dando un rango de altura de los picos del que se obtuvo en la primera línea, con el fin de evitar la detección de los picos más pequeños.

Algoritmo 2. Código para obtener el diagnóstico del ECG.

```
[f c]=findspeaks(ecg);
[f2 c2]=findspeaks(ecg,'MinPeakHeight',max(f)-180);
for i=1:150
    x1(i)=x(i);
end
for i=1:150
    y1(i)=ecg(i);
end
plot(x1,y1)

for i=1:length(c2)-1
    ar(i)=c2(i+1)-c2(i);
end
```

Se utiliza un *for* para saber la distancia entre cada pico que se detectó guardando dichos valores en un nuevo vector del cual se extrae la moda, que es el valor que deberían de tener la separación de todos los picos. Sin embargo, esto no siempre pasa, ya que siempre hay variaciones, así que se hace una comparación de cada elemento del vector con la moda permitiendo una variación de ± 2 . Si el valor comparado tenía una variación mayor a la permitida se le suma un 1 a la variable *t*, para que al final, si la variable *t* es mayor al 50% de la longitud del vector que se está analizando indica que hay una posible arritmia cardíaca.

Algoritmo 3. Código para obtener el diagnóstico del ECG parte 2.

```
prom=sum(ar)/length(ar);
t=0;
for i=1:length(ar)
    if(ar(i)<moda-1 || ar(i)>moda+2)
        t=t+1;
    end
end
t;
if t>length(ar)*0.5
    disp('Posible arritmia cardíaca')
end
```

3. Desarrollo.

Para la visualización de los resultados se desarrolló e implementó una GUIDE en Matlab y una aplicación móvil para dispositivos Android. La diferencia entre ellas es que en la GUIDE se puede visualizar gráficamente el ECG además del diagnóstico obtenido, mientras que en la aplicación se observará solo el diagnóstico.

3.1 Aplicación móvil.

Es necesario que el sistema esté conectado a la computadora y solamente correr un archivo en el programa de Matlab. Después de 2 minutos y medio de la obtención de los datos y realizar la evaluación, el diagnóstico se manda a la aplicación vía Bluetooth. El diagnóstico generado por la aplicación se muestra en la figura 4.

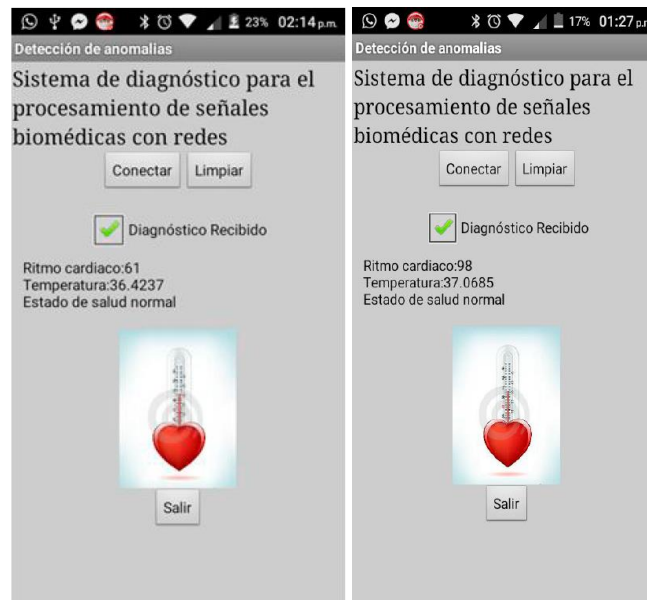


Figura 4. Diagnóstico mostrado en la aplicación móvil.

3.2 GUIDE en Matlab.

Para el diagnóstico con el GUIDE se corre el archivo de Matlab lo que hará que se visualice la ventana de la GUIDE diseñada e iniciar a realizar el cálculo que se requiere.

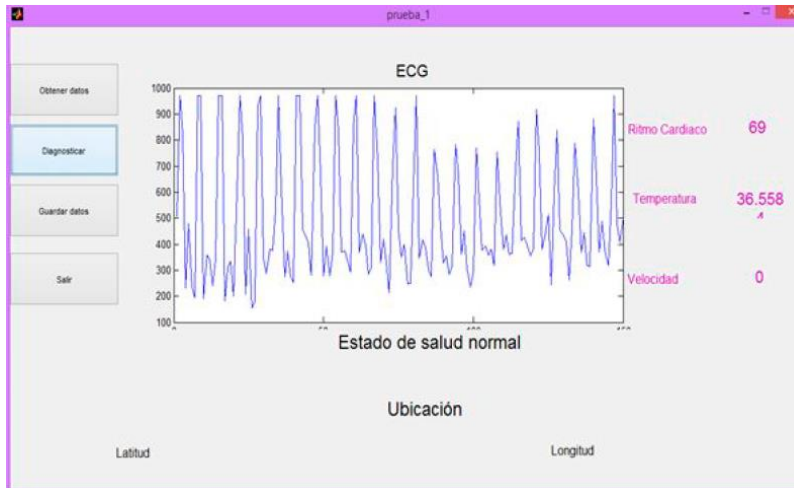


Figura 5. Resultados del diagnóstico obtenido por la GUIDE en Matlab.

En la figura 5 se puede observar a la izquierda los botones con las diferentes funciones que tiene la GUIDE, en el centro se puede observar la gráfica del ECG, y a la derecha los valores de las variables que se toman en cuenta para el diagnóstico.

Para el caso del GPS se obtienen los datos de la longitud y latitud que aparecen en la parte posterior de la GUIDE, para poder ser procesados y ubicados en una ventana adicional para la ubicación del paciente en tiempo real.

Conclusiones.

Se emplearon muchos patrones para entrenar la red neuronal disminuyendo la posibilidad de error, con ello hace más pequeño el rango de salida, haciendo el diagnóstico más preciso. Otro factor a considerar es buscar la comunicación con varios componentes a la vez, por medio de comunicación serial, es recomendable contar con un dispositivo que tenga suficientes puertos seriales. En este caso se utilizó un sistema embebido de mediano desempeño, logrando buen desempeño. Se puede concluir que contar con un sistema que obtiene las señales, las procese y realiza un diagnóstico en menos de tres minutos (para el caso de la App) ofrece una gran ventaja en la detección de anomalías en la salud, ya que este proceso realizado por un médico lleva por lo menos siete minutos. El resultado obtenido antecede en el desarrollo de tecnología que en un futuro pueda facilitar el trabajo de un médico a la hora del diagnóstico.

Agradecimientos.

Se agradece al alumno de programa delfín 2016 que participo activamente en este proyecto de investigación, así mismo las facilidades de la Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes para el espacio y material para el desarrollo del proyecto.

Referencias Bibliográficas.

Polar, «Sensor de frecuencia cardíaca H1,» S/f. [En línea]. Available: https://www.polar.com/mx-es/productos/accesorios/sensor_de_frecuencia_cardiaca_H1. [Último acceso: 31 julio 2017].

Sparkfun, S/f. [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/8777>. [Último acceso: 31 julio 2017].

Sparkfun, «Polar Heart Rate Monitor Interface,»2017. [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/retired/8661>. [Último acceso: 01 Agosto 2017].

Información de los autores.



Luis Esteban Fortanel Hernández, estudiante de Licenciatura en Mecatrónica del Instituto Politécnico Nacional.



Alejandro Medina Santiago, doctor en ingeniería eléctrica, Cinvestav-IPN, Universidad de ciencia y tecnología Descartes. Investigador.



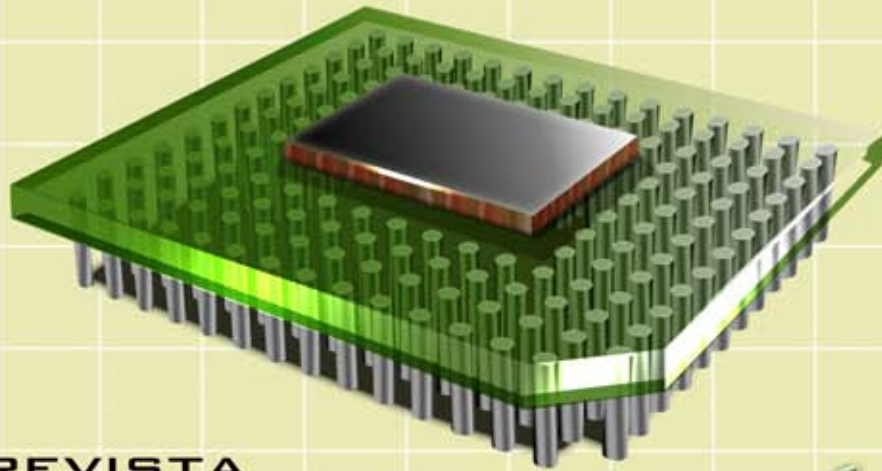
Lorena del Rosario Rojas Nucamendi, Ingeniero en sistemas computacionales, Colegio de ingenieros en sistemas computacionales de Chiapas. *Gobierno del Estado de Chiapas*.



Galdino Belizario Nango Solís, Doctor en Desarrollo Tecnológico. Labora en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



Arturo Cisneros Gómez, Doctor en Desarrollo Tecnológico. Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes. Investigador.



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

www.revistatecnologiadigital.com