



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400

“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

www.revistatecnologiadigital.com

Desde 2011

Volumen Número

8 1

Año 2018

CONSEJO EDITORIAL.

Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
hgcrespo@hotmail.com

Secretario. M.C. Walter Torres Robledo.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
waltertorres@elgrupo.mx

Editor de forma. M.C. Octavio Ariosto Rios Tercero.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
oarios_oarios@yahoo.com.mx

Editor de forma. M.C. Imelda Valles López.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
imevalles@yahoo.com.mx

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

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

COMITÉ DE ARBITRAJE.

Dr. Alejandro Medina Santiago.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,
Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Cinvestav-IPN, Unidad México.

Dr. Antonio Orantes Molina.

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.
Doctor en Sistemas Automáticos, Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA),
Toulouse, Francia

Dr. Emilio Camahort.

Universidad Politécnica de Valencia, España.
Doctor of Philosophy (PhD), The University of Texas at Austin, Austin, TX, USADr.

Dr. Enrique Guzmán Ramírez.

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.
Doctor en Ciencias de la Computación, Centro de Investigación en Computación,
Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.

M.C. Eva Valdez Alemán.

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México.
Maestra en Ciencias de la Educación, Universidad del Valle de México. Campus
Lomas Verdes.

Dr. Francisco José Abad Cerdá.

Universidad Politécnica de Valencia, España.
Doctor en Informática, Universidad Politécnica de Valencia.

Dr. Gustavo Alberto Rovelo Ruiz.

Universidad Politécnica de Valencia.
Máster en Inteligencia Artificial. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Dr. Iván Antonio García Pacheco.

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.
Doctor en Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software, Facultad
de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.

Dr. Jorge Luis Camas Anzueto.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
Dr. en Ciencias con especialidad en Óptica, INAOE, Puebla, México.

Dr. Luis Enrique Colmenares Guillen.

Universidad Autónoma de Puebla.
Dr. en Ciencias con especialidad en Sistemas Distribuidos por la Universidad
Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona España.

Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya

Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Michoacán, México.
Dr. en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Revista Tecnología Digital. Año 8, Volumen 8, Número 1 de 22 de diciembre de 2018 es una publicación anual 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, 22 de diciembre de 2018.

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.
Desarrollo de un videojuego como estrategia para estimular habilidades matemáticas en niños de educación básica. 1
Herramienta didáctica digital como apoyo a la estrategia del proceso enseñanza-aprendizaje para la adaptación al paradigma orientado a objetos. 13
Mapa turístico etnográfico geo-referenciado de Chiapas, México. 27
Nariz electrónica: Herramienta para detección de gases empleando redes neuronales artificiales. 39
Prototipo mecatrónico para medir actividad óptica. 49
Sistema de reconocimiento de expresión facial para para niños con autismo. 57
Sistema embebido basado en el monitoreo de consumo de energía eléctrica de electrodomésticos para el control del gasto. 69
Sistemas de Liénard para la observación de variables. 81

Desarrollo de un videojuego como estrategia para estimular habilidades matemáticas en niños de educación básica.

Video game development, as a strategy to stimulate mathematical skills in basic education children.

José Luis Hernández Ameca (1).

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO".

joseluis.hdzameca@correo.buap.mx

Daniel Arenas Romero (2). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO". dani.arenasrom@gmail.com

Luis Enrique Colmenares Guillen (3). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación. lecolme@gmail.com

Maya Carrillo Ruiz (4). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación. maya.carrillo@correo.buap.mx

Minerva Hernández Ameca (5). Centro Escolar Coronel Raúl Velazco de Santiago. ameca.minerv@gmail.com

Artículo recibido en diciembre 03, 2018; aceptado en diciembre 14, 2018.

Resumen.

En el presente trabajo se hace referencia a investigaciones, desarrollos y aplicaciones sobre videojuegos cuyo objetivo es enseñar, aprender, educar y practicar diversas áreas del conocimiento. Basada en dichas referencias la presente investigación describe el desarrollo de un videojuego denominado "NUM3ROS". El diseño se ha enfocado en estimular el desarrollo de habilidades matemáticas en los niños de educación básica. El objetivo es utilizar el videojuego como una herramienta tecnológica que refuerce los conocimientos adquiridos en el aula, limitándose a los niveles donde se deben identificar los números naturales, pares, impares y primos. El videojuego se fundamenta en la teoría del conductismo, el usuario sigue una serie de pasos, para concluir los cuatro niveles del juego, donde a cada acción corresponde una reacción. Este software se presenta como una propuesta para contribuir a disminuir el bajo interés por estudiar temas relacionados con la lógica matemática y fortalecer conceptos. Al final de este artículo se muestran los resultados de las pruebas de funcionamiento del videojuego en un grupo de estudiantes de 3er año de educación básica, por último se redactan las conclusiones y las mejoras a futuro.

Palabras clave: Enseñar, Aprender, Educar, Lúdico, Conductismo.

Abstract.

The present work refers to research, developments and applications on videogames whose objective is to teach, learn, educate and practice different areas of knowledge. Based on these references, this research describes the development of a video game called "NUM3ROS". The design focused on stimulating the development of mathematical skills in basic education children. The objective is to use the videogame as a technological tool to reinforce the knowledge acquired in the classroom, limited to the levels where the natural, odd, even and prime numbers must be identified. The video game is based on the behaviorism theory; the user follows a series of steps to conclude the four levels of the game where a reaction corresponds to each action. This software is presented as a

proposal to help reduce the low interest to study topics related to mathematical logic and strengthen concepts. At the end of this article the results of the videogame performance tests that were applied to a group of 3rd grade students are shown. Finally, conclusions and future improvements are drawn up.

Keywords: Teach, Learn, Educate, Playful, Behaviorism.

1. Introducción.

De acuerdo al nuevo Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) que puso en operación el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), a partir del ciclo escolar 2014-2015, en coordinación con la Secretaría de Educación Pública (SEP) se han obtenido los siguientes resultados en el examen "Planea", el cual se aplica cada 3 años a nivel primaria donde: el 6.8 % de los estudiantes se ubicó en el nivel IV (nivel sobresaliente), esto significa que tales estudiantes pueden comparar números decimales; resolver problemas aditivos con números naturales, decimales y fraccionarios que impliquen dos o más transformaciones; resolver problemas que impliquen dividir o multiplicar números fraccionarios por naturales; ubicar una fracción en la recta numérica; usar las fracciones para expresar el resultado de un reparto; e identificar el término siguiente en sucesiones especiales, por mencionar algunos aprendizajes. El 13.8% alcanzo un nivel III (logro satisfactorio). El 18.9% alcanzo el nivel II (logro apenas indispensable). El 60.5% obtuvo un nivel I (logro insuficiente).

En base a los resultados mostrados anteriormente, el Sistema Educativo Nacional (SEN) reconoce que no está siendo capaz de ofrecer a la mayoría de sus estudiantes el conjunto de aprendizajes clave en el área de Matemáticas. De ahí que el derecho a recibir una educación de calidad, entendido como el derecho a aprender, no está siendo garantizado para quienes cursan la educación primaria (Secretaría de Educación Pública, 2018).

Planteamiento del problema.

A continuación, se muestra el desarrollo y aplicación de un videojuego diseñado para los alumnos del tercer grado de primaria del Colegio Cristóbal Colón de Occidente con clave de trabajo 21PPR1172N. Los cuales presentan como característica común, padres profesionistas que en promedio trabajan fuera de casa entre ocho y doce horas al día, lo cual provoca diferentes fenómenos. Uno de los fenómenos es la falta de acompañamiento por parte de los padres, en la realización de tareas (ejercicios, problemas, practicas, etc.) asignadas para la casa. Dada esta problemática los profesores de la institución buscan estimular la realización de dichas tareas. En este trabajo se muestra el desarrollo e implementación de una propuesta de solución basada en la teoría del conductismo y tecnologías de software. En base a las estadísticas obtenidas de la página oficial de la SEP, investigaciones sobre videojuegos y desarrollo de software, el presente trabajo propone mitigar el problema del bajo aprendizaje que se tiene en el área de matemáticas en la educación básica, desarrollando un videojuego que permita al alumno reforzar los conocimientos adquiridos dentro del aula, se han realizado pruebas en un grupo piloto del Colegio Cristóbal Colón de Occidente y al final de este trabajo se muestran los resultados obtenidos.

Antecedentes.

Las actividades lúdicas aparecen como una alternativa para promover el enfoque de "aprender haciendo", en la facultad de Computación, Media, y Tecnología de la Universidad de Malaysia se demostró una forma de aumentar la absorción de conceptos por parte de los estudiantes, donde el alumno pueda desempeñar un papel activo en lugar de ser solo un espectador, utilizando un software lúdico diseñado bajo la metodología de ingeniería de software (Iliana, 2015). Después de realizar experimentos con videojuegos lúdicos la Universidad de Zayed, en los Emiratos Árabes, concluye que: los juegos de software son un tipo de aplicación que se usan no solo para entretenimiento, sino también para fines serios que pueden aplicarse a diferentes dominios, como educación, negocios y atención médica (Saiqa, 2016). La Universidad de Salamanca España en su artículo Videojuegos, Consumo y Educación concluye que los simuladores facilitan el aprendizaje de destrezas concretas y que existe una gran cantidad de videojuegos

“neutros” orientados a la exploración didáctica con un alto nivel de motivación, de tal manera que los “juegos serios” funcionan como nuevos modos de enseñar y aprender, que se están utilizando en la preparación de diversos profesionales de distintos campos (Etxeberria, 2008).

El equipo de Computación y Tecnología de la Universidad de Nottingham Trent han desarrollado diferentes juegos como apoyo para personas con discapacidad intelectual en el ámbito de las matemáticas y han realizado estudios que demuestran el éxito del software lúdico (David, 2011).

Un claro ejemplo del éxito del software lúdico es el caso de “Matemáticas con Pipo” desarrollado por CIBAL Multimedia S.L. diez años atrás con el cual se pueden llegar a desarrollar habilidades en diferentes temas matemáticos (pipogames.com, 2018).

2. Métodos.

Fundamentación.

La propuesta de este trabajo se sustenta en la teoría de aprendizaje conductista, la cual se basa en las siguientes características:

- Se aprende asociando estímulos con respuestas.
- El aprendizaje está en función del entorno.
- El aprendizaje no es duradero, necesita ser reforzado.
- El aprendizaje es memorístico, repetitivo, mecánico y responde a estímulos.

El conductismo está caracterizado por su concepción asociacionista; es decir, crea conocimiento al relacionar los antecedentes de una situación con sus consecuentes (estímulo-respuesta) (Leiva, 2005).

Los conceptos de esta teoría de aprendizaje son el eje central que se basa el diseño del video juego, el cual se muestra a continuación en la siguiente sección.

Diseño conceptual.

El objetivo del videojuego es funcionar como una herramienta tecnológica que refuerce y estimule el desarrollo de habilidades matemáticas. El juego debe propiciar el reforzamiento continuo de los conceptos adquiridos en el aula, estimular al usuario a no abandonarlo y superar el reto presentado en cada nivel.

La dinámica consiste en guiar al usuario (de entre siete y nueve años) mediante una serie de instrucciones presentadas antes de comenzar a jugar en cada nivel, a continuación se debe presionar el botón “jugar” para acceder al entorno correspondiente. La dinámica del videojuego continuara hasta concluir los cuatro niveles. Para mantener la atención del usuario el juego consta de apoyos auditivos (inicio, final de nivel, aciertos y errores) y visuales (entorno acorde a su percepción de la realidad, colores llamativos e iconos previamente conceptualizados).

A continuación se definen los pasos realizados para el diseño del videojuego, y se ha utilizado el diagrama de proceso que se muestra en la figura 1.

1. Investigación de la información: Se determinan las metodologías y posibles soluciones, se consultan las diferentes estadísticas, bases de datos, trabajos realizados y teorías de aprendizaje.
2. Diseño de la información: Basados en el paso uno se ha optado por utilizar la teoría del aprendizaje conductista, la cual guía al usuario en una dinámica de acción-reacción.
3. Diseño de la iteración: Se diseña y modela el ambiente gráfico así como los personajes e iconografía y se determinan las reglas de iteración del juego.

4. Implementación: Se programa cada uno de los diseños mencionados en el paso tres y funcionalidades de la iconografía.

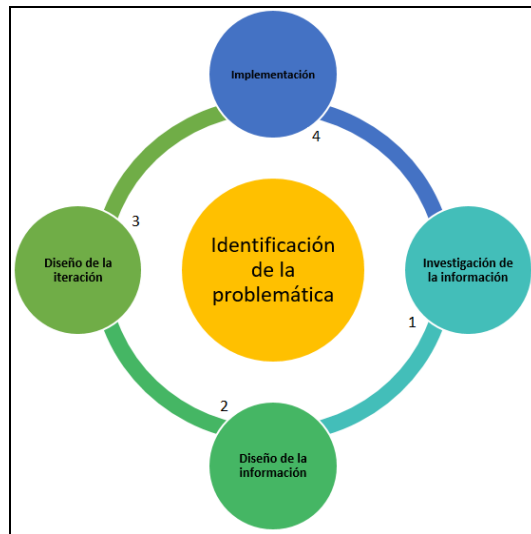


Figura 1. Diagrama de proceso para el diseño del videojuego.

3. Desarrollo.

En la figura 2 se muestra una captura de pantalla de la plataforma de desarrollo (Stencyl) gratuita, utilizada para la creación del videojuego, la cual permite desarrollar ambientes virtuales en dos dimensiones con un amplio conjunto de herramientas intuitivas. Se basa en dos lenguajes de programación (Haxe y framework OpenFL) con la ventaja de producir código fuente, para distintas plataformas desde un único código de colaboración abierta y compatible con la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) de flash.

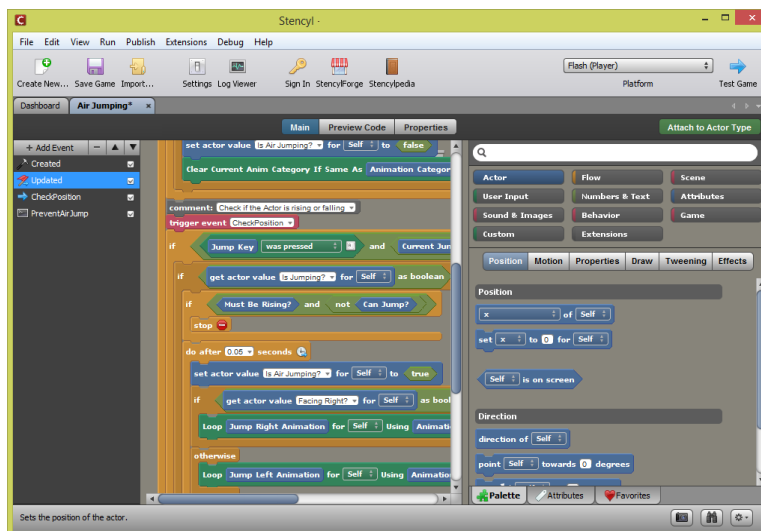


Figura 2. Captura de pantalla de la plataforma de desarrollo.

Los requisitos mínimos necesarios para la correcta ejecución del videojuego son: procesador Intel® Pentium® 4 o AMD Athlon® de 64 bits con un sistema Windows 7, memoria RAM de 2 GB, 42 Mb para su almacenamiento, resolución de pantalla 1024 x 768, Java™ Runtime Environment y Adobe Flash Player.

En la figura 3, se muestra “la pantalla de inicio” del videojuego desarrollado, donde se pueden observar tres botones correspondientes a las acciones de: JUGAR, INSTRUCCIONES y el icono de admiración (!). Al presionar el botón JUGAR inicia el primer nivel, el botón INSTRUCCIONES muestra la dinámica a seguir y las teclas de control, el botón con el signo de admiración muestra la información de los temas a tratar.



Figura 3. Pantalla de inicio del juego.

En la figura 4, se muestra la pantalla que aparece al presionar el botón “jugar” de la figura 3, para iniciar cada nivel se debe dar clic en el botón jugar ubicado en el extremo superior derecho de la pantalla.



Figura 4. Instrucciones correspondientes al nivel 1 y 2.

En la figura 5, se muestra el entorno gráfico del nivel 1, en la parte superior izquierda se muestran tres iconos de manzanas (representan el número máximo de errores permitidos antes de reiniciar el nivel), en la parte superior derecha se muestra la cantidad de números restantes por recolectar, en caso de no recolectar todos los números no será posible superar el nivel.

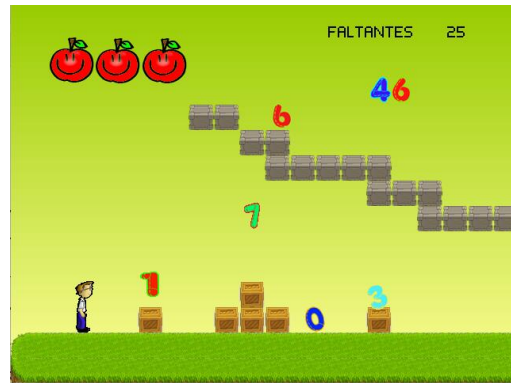


Figura 5. Captura de pantalla del nivel 1.

En la figura 6 se muestran las pantallas de los cuatro niveles con los que cuenta el juego. El reto del primer nivel es recolectar todos los números, el segundo recolectar los números pares, el tercero coleccionar los números impares y en el cuarto reunir los números primos.

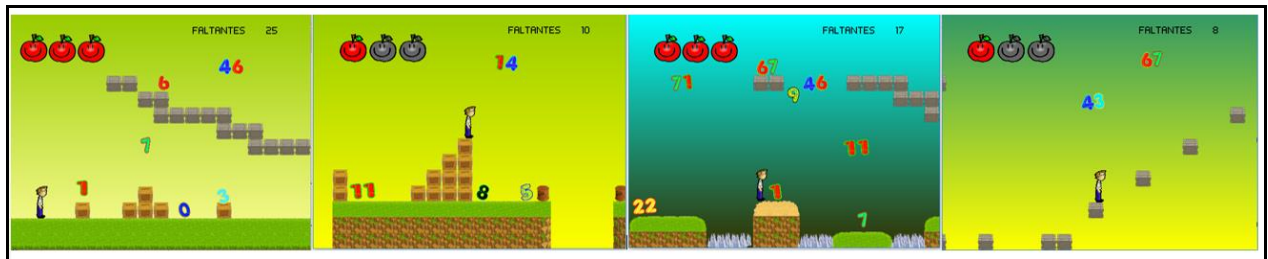


Figura 6. Niveles del videojuego en orden ascendente.

Al finalizar el cuarto y último nivel, se muestra una pantalla de felicitación como se muestra en la figura 7.

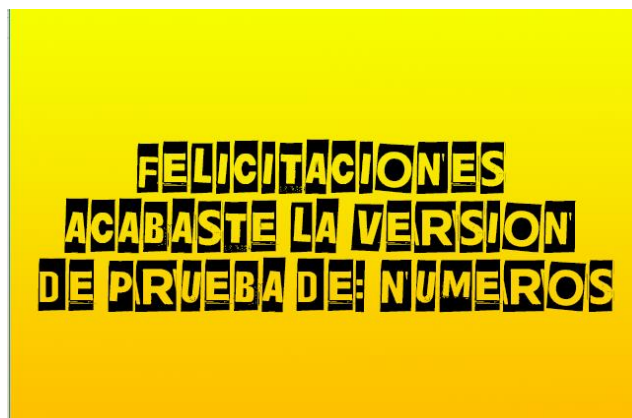


Figura 7. Pantalla de felicitación final.

El juego permite al usuario hacer múltiples intentos para superar el reto de cada nivel y abandonar la sesión cuando lo desee.

Pruebas.

Para probar el funcionamiento del videojuego, se distribuyó a los usuarios siguiendo los siguientes pasos:

- Reunión informativa con directivos y docentes.
- Presentación del plan de trabajo a padres de familia.
- Información al docente sobre uso de la rúbrica de seguimiento diario.
- Información por parte del docente a los alumnos sobre el plan de trabajo.
- Aplicación de la prueba diagnóstica.
- Aplicación de la prueba logro.
- Recopilación de información.

Para obtener los resultados sobre el funcionamiento del videojuego se realizaron los pasos a, b y c, que se describen a continuación:

- Antes de utilizar el video juego, se aplicó la prueba diagnóstica a los alumnos del tercer grado de primaria de la institución educativa en el periodo escolar (2017-2018). Se registraron los resultados con la finalidad de medir su habilidad matemática.
- Se proporcionó un archivo ejecutable del videojuego a cada alumno, para ser jugado en casa durante una semana (lunes a viernes). Se hizo el seguimiento de la rúbrica por parte del docente y se registraron los resultados.
- Se aplicó la prueba de logro. Se registraron los resultados con la finalidad de medir la mejora de la habilidad matemática.

Resultados.

El estudio se realizó con un grupo de 20 niños, a los cuales se les aplicó la prueba diagnóstica. Los resultados se muestran en la figura 8. El propósito de la prueba diagnóstica fue medir la habilidad de los estudiantes para identificar los números naturales, primos, pares e impares, entre las múltiples opciones; cabe mencionar que la escala de calificación está en el intervalo de cero a diez.

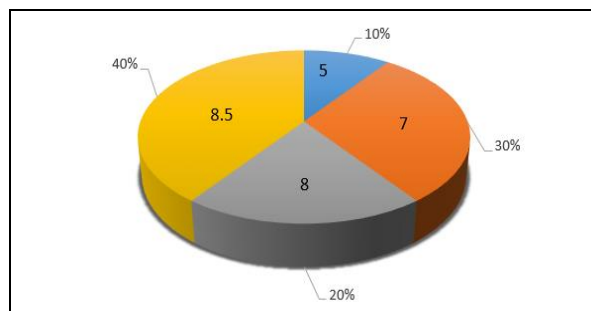


Figura 8. Porcentajes de calificaciones (0-10), obtenidos en la prueba diagnóstica.

Después de haber utilizado el videojuego se aplicó la prueba de logro, donde los usuarios mostraron mayor habilidad para identificar los mismos temas que en la prueba diagnóstica, los resultados de la prueba de logro se muestran en la figura 9.

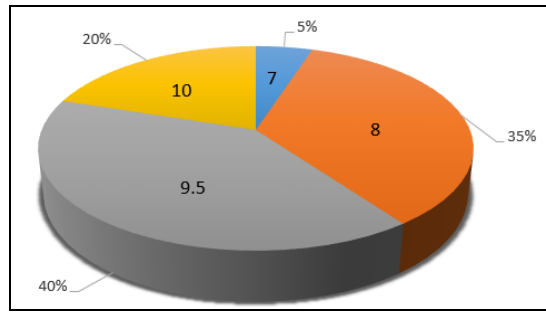


Figura 9. Porcentajes de calificaciones (0-10), obtenidos en la prueba de logro.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la rúbrica de seguimiento diario aplicada por el docente, se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 10 que corresponden al porcentaje de usuarios que lograron completar los cuatro niveles del videojuego.

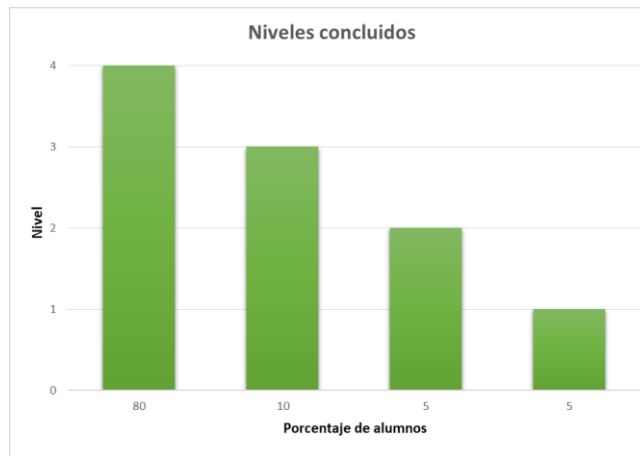


Figura 10. Porcentaje de usuarios que completaron los cuatro diferentes niveles del videojuego.

Comparando los resultados de la prueba diagnóstico contra los resultados obtenidos en la prueba de logro se observó que el 80% de los alumnos que completó todos los niveles del videojuego, obtuvo mejores resultados en la prueba de logro, en comparación con el 20% que lo abandonó en algún momento de la sesión.

Conclusiones y trabajos futuros.

El videojuego se diseñó, implementó y se probó el funcionamiento dentro del Laboratorio de Sistemas Robóticos (SIRO), una vez caracterizado, se utilizó con los alumnos del 3er grado de primaria del Colegio Cristóbal Colón de Occidente.

De acuerdo a los resultados al aplicar la prueba diagnóstico (antes de usar el juego) y la prueba de logro (después de usar el juego), se concluye que el proyecto cumple con el objetivo de generar un videojuego que sirva en el ámbito de la educación, como una herramienta tecnológica que refuerza y estimula el desarrollo de habilidades en el área lógico-matemática.

Analizando los resultados de la rúbrica de seguimiento diario se concluye que el videojuego fue relevante a los usuarios porque, cumplió con la finalidad de generar mayores habilidades de identificación en los temas de los números naturales, primos, pares e impares, lo cual se corroboró con las calificaciones de las pruebas aplicadas.

Como trabajo futuro se propone implementar niveles que abarquen temas en el área de las matemáticas como: operaciones aritméticas, algebraicas, trigonométricas y diseñar nuevos retos con ambientes de elevada dificultad, que exijan una mayor comprensión y destreza de los temas.

Se propone que el videojuego pueda ejecutarse en dispositivos móviles, además de contener una función que permita medir el grado de comprensión y destreza del jugador, que muestre a otros usuarios la puntuación obtenida en tiempo real con la finalidad de motivar la sana competencia entre los jugadores (en línea y múltiples jugadores).

Agradecimientos.

Agradecemos a los integrantes del laboratorio SIRO (alumnos y profesores), que han brindado sus conocimientos, habilidades y experiencias directa e indirectamente durante el desarrollo de este proyecto. A la facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. A los directivos del Colegio Cristóbal Colón de Occidente, y al Centro Escolar Coronel Raúl Velazco de Santiago.

Referencias Bibliográficas.

- David, Joseph Brown; James, Ley; Lindsay, Evett; Penny, Standen (2011).** *Can participating in games based learning improve mathematic skills in students with intellectual disabilities.* IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6165461>.
- Etxeberria, Felix (2008).** *Videojuegos, consumo y educación.* Salamanca, España: Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, vol. 9, núm. 3, pp. 11-28, <http://revistas.usal.es/index.php/revistatesi/article/view/16738>.
- Iliana, Mohd Ali (2015).** *Integrating Playful Activities in Software Engineering.* Teluk, Kalong, ISBN: 978-1-4799-7896-0 International symposium on mathematical sciences and Computing Research (iSMSC), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7594033>.
- Leiva, Carlos (2005).** *Conductismo, cognitivismo y aprendizaje.* Costa Rica. Tecnología en Marcha, ISSN 0379-3962, ISSN-e 2215-3241, Vol. 18, N° 1, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835877>.
- Pipogames.com. (2018).** *PIPO GAMES Games for kids Fun educational games for Preschool and Elementary.* Islas Baleares España, <http://www.pipogames.com/webonline/webingles/>.
- Saiqa, Aleem; Luiz, Fernando Capretz; Faheem, Ahmed (2016).** *Game development software engineering process life cycle: a systematic review.* Brazilian Computer Society. Journal of Software Engineering Research and Development, pp.4-7, <https://jserd.springeropen.com/articles/10.1186/s40411-016-0032-7>.
- Secretaría de Educación Pública (SEP), Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) (2018).** *Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes.* Gobierno de México, <http://planea.sep.gob.mx/ba/>.

Información de los autores.



José Luis Hernández Ameca. Obtuvo el título de Ingeniero Electrónico del Instituto Tecnológico de Puebla en 2001. En 2005 recibió el título de Maestro en Ciencias de la Computación por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). En 2017 obtuvo el título de Doctor en Planificación Estratégica y Gestión de la Tecnología de la Universidad Popular Autónoma de Puebla (UPAEP). De 2002 a 2004 trabajó como Ingeniero en el departamento de implementación de proyectos de la empresa digital IUSACEL. Trabaja como Profesor en la facultad de Ciencias de Computación de la BUAP desde 2007, donde su línea de investigación es la robótica y aprendizaje.



Daniel Arenas Romero, estudiante de la carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente se encuentra realizando sus prácticas profesionales en el laboratorio (SIRO) durante el presente año ha participado con exposición de carteles y conferencias en los congresos: IX Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud (CONTACS), Congreso Nacional de Ciencias de la Computación (CONACIC), VII Congreso Nacional de Tecnologías en la Educación (CONTE). Durante su colaboración en dicho laboratorio ha participado en el concurso "COCOTRON" obteniendo el primer lugar. Participó como miembro del Comité Organizador del VII Torneo Nacional de Robótica "GUERRA DE DIOSSES". Por ultimo ha sido miembro del Comité Organizador del pasado evento "NOCHE DE LAS ESTRELLAS SEDE BUAP 2018".



Luis Enrique Colmenares Guillén, realizó sus estudios de la Licenciatura en Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). La Maestría en la Universidad de las Américas Puebla. El doctorado fue realizado en la Universidad Politécnica de Cataluña de Barcelona España. Actualmente es profesor investigador de la Facultad de Ciencias de la Computación de la BUAP. Pertenece a un cuerpo académico Prodep. Es miembro del Registro Conacyt de Evaluadores Acreditados (RCEA). Pertenece a dos redes temáticas Conacyt. Pertenece al padrón de Investigadores y de Consultores de la BUAP. Actualmente tiene publicaciones nacionales e Internacionales, además tiene cuatro patentes registradas y dos títulos de patente. En la Facultad de Ciencias de la Computación ha impartido las cátedras de Sistemas Operativos, Administración de proyectos, Sistemas Distribuidos, Procesamiento Digital de imágenes, Sistemas de tiempo real. Actualmente ha desarrollado algoritmos y sistemas clasificadores para el área de la Inteligencia artificial y reconocimiento de patrones.



Maya Carrillo Ruiz. Doctorado en Ciencias Computacionales por el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica. Estancia de investigación en la Universidad de Waterloo, Canadá. Empleada de IBM de México de 1991 a 2000. Profesora Investigadora de la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla desde el año 2000. Ha fungido como vocal de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial. Su trabajo de investigación, se centran en la aplicación de métodos novedoso de aprendizaje automático principalmente en las áreas de análisis de sentimientos, determinación del perfil de autores y análisis de señales de electroencefalograma (EEG).



Minerva Hernández Ameca. Obtuvo el Título de Psicología Educativa de la Normal Superior del Estado. Recibió el Título de Maestría en Gestión Educativa. Se encuentra cursando el Doctorado en Excelencia Docente. En el 2000 se incorporó a trabajar en la Secretaría de Educación Pública en Nivel Secundaria, en el 2004 al Nivel de Media Superior, actualmente se desempeña como Subdirectora Académica en Centros Escolares.

Herramienta didáctica digital como apoyo a la estrategia del proceso enseñanza-aprendizaje para la adaptación al paradigma orientado a objetos.

Digital didactic tool to support the teaching-learning process strategy for the adoption of the object-oriented paradigm.

Alicia González Laguna (1).
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
agonzalezl@ittg.edu.mx.

Rosy Ilda Basave Torres (2), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
rbase@ittg.edu.mx.

Amairani de los Ángeles Barsanas Hernández (3). Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México. amairanibarsanas4@gmail.com.

Artículo recibido en octubre 16, 2018; aceptado en noviembre 21, 2018.

Resumen.

Es de suma importancia que el alumno de ingeniería en sistemas computacionales tenga los conocimientos necesarios del paradigma orientado a objetos, así como las herramientas necesarias que le puedan ayudar en la comprensión del paradigma. En este trabajo, se describe el desarrollo de una herramienta didáctica digital basada en una plataforma web educativa, que por medio de lecciones y ejercicios logra que los alumnos puedan comprender de una forma más amena, el contenido de la materia Programación Orientada a Objetos (POO). Así también, se muestran las ventajas que tiene el docente al utilizar esta herramienta como un apoyo en el proceso de enseñanza, ya que le permite llevar un control de los alumnos que toman el curso de POO.

Palabras claves: Herramienta didáctica digital, plataforma web, paradigma de programación, programación orientada a objetos, proceso enseñanza-aprendizaje.

Abstract.

It is quite important that computer systems engineering students have the object oriented paradigm knowledge as well as the tools that help to understand it. In this paper, the development of a digital didactic tool based on an educational web platform is described. It allows the students to know and understand the Object Oriented Programming (POO) subject content through lessons and exercises, in an enjoyable way. Also, the advantages that the teacher has when using this tool as a support in the teaching process are shown, since it allows to keep track of the students who take the POO course.

Keywords: Digital didactic tool, web platform, programming paradigm, object-oriented programming, teaching-learning process.

1. Introducción.

Hablando de la enseñanza de la programación, se han planteado diferentes investigaciones enfocadas al aprendizaje de paradigmas de programación, esto para analizar el nivel de comprensión del alumno ante cualquier paradigma de programación, así también como identificar los diversos problemas que este puede enfrentar durante el proceso. Para

coadyuvar a reducir los problemas de entendimiento entre el docente y educando, se han implementado programas didácticos, nuevas formas de desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje, es decir, la presentación de un entorno de enseñanza-aprendizaje más interactivo. El uso de las nuevas tecnologías y el diseño interactivo de los materiales didácticos, permiten la relación básica entre los diferentes elementos que integran cualquier proceso formativo, hablamos del estudiante, el profesor y los materiales complementarios. En la educación, el empleo de material interactivo es extendido siendo frecuentemente empleado como complemento en la enseñanza tradicional (Sosa Jost, Valesani, & Mariño, 2004). La mayoría de las herramientas implementan un entorno basado en juegos, que permiten capturar la atención del alumno, y mediante actividades que representan objetos de la vida real, tratan de motivar la relación de la lógica del alumno con la lógica del paradigma orientado a objetos, de aquí radica la importancia del desarrollo de herramientas que ayuden al alumno a aprender de una forma más amena.

En la sociedad del siglo XXI, las TIC (Tecnología de la Información y la Comunicación) determinan también nuevas formas de enseñanza, de evaluación y de comprensión en todas las áreas educativas. Como herramientas para la gestión del conocimiento y facilitadoras de la comunicación global, tienen un rol importante, debido a que pueden propiciar oportunidades de aprendizaje, facilitar el intercambio de información e incrementar el acceso a contenidos diversos, así como propiciar la democracia, el diálogo y la participación activa (Barreto, Fernando, Said Hung, & Ballesteros Cantillo, 2017). Es por eso la necesidad de crear nuevas estrategias de educación basada en las Tics.

Dentro de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se ha detectado que el índice de reprobación en la materia de Programación Orientada a Objetos se ha elevado en los últimos dos años (2016, 2017) hasta en un 200%, es decir se pasó de un promedio de reprobación de 30 alumnos en 4 grupos a un promedio de 60 alumnos en los mismos 4 grupos de la siguiente generación.

Es por esto que se realiza la presente investigación, que tiene como objetivo ayudar a los alumnos que incursionan en el paradigma de la programación orientada a objetos a una mejor comprensión de ésta, identificando los puntos débiles de la asignatura, es decir, responder al cuestionamiento ¿Por qué el índice de reprobación en la materia de POO se ha elevado tanto?

La importancia de una herramienta didáctica digital basada en contenido teórico y práctico conlleva un impacto al permitir a los alumnos dar repaso a los temas en los que no se sientan con los conocimientos necesarios para demostrar las competencias que le hagan acreedor de una calificación aprobatoria, además de una serie de ejemplos ilustrados en la que se aclaran las dudas y se reafirman los conceptos, logrando reducir de esta manera el índice de reprobación.

2. Métodos.

La pronta obtención de resultados ante la implementación de una nueva estrategia de enseñanza aprendizaje, como lo es la herramienta didáctica digital, hace elegir una metodología incremental para el desarrollo del software, esto para ir verificando la utilidad de este. Esta metodología consta en la realización de diversas versiones, cada versión implica una serie de etapas, las cuales son:

Análisis: Etapa en la cual se adquirieron los requerimientos necesarios para el desarrollo de la herramienta, así también el análisis y recolección de información del contenido teórico de cada una de las lecciones que se exponen en la herramienta. Después de una primera versión, en esta etapa se confirmaron los requisitos antes establecidos y se buscaron las soluciones de los problemas identificados en la etapa de prueba de una versión anterior.

Diseño: En esta etapa se diseñaron todas las interfaces donde el alumno o docente visualiza el contenido teórico y práctico de las lecciones del curso, así como aquellas en las cuales el usuario accede o se registra al contenido del curso.

Codificación: Implementación del código necesario a cada uno de los módulos para lograr su funcionalidad.

Pruebas: En esta última etapa, cada versión obtenida en los cuatros incrementos establecidos, se sometieron a una serie de pruebas. La prueba consistió en que una muestra de 50 alumnos tiene que probar la herramienta y explicar su experiencia, y si ésta le ayudó en la comprensión del tema.

Herramientas utilizadas:

Para el desarrollo del proyecto se tomaron en cuenta las siguientes herramientas.

- **HTML 5:** Lenguaje en el que se elaboró la herramienta; se utilizó este lenguaje ya que los recursos que maneja permiten un óptimo desarrollo de la aplicación web.
- **JavaScript:** Lenguaje de programación que permite crear efectos atractivos y dinámicos en la página web. Se utilizó este lenguaje para obtener un entorno amigable y llamativo para el usuario.
- **CSS:** Lenguaje que define la apariencia de la página web de este sistema; permite darle un mejor estilo y diseño a las interfaces.
- **MySQL:** Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD): Se creó la base de datos a utilizar
- **MySQL Workbench:** Se utiliza para crear diagramas entidad-relación para base de datos MySQL. Permite representar de una forma más visual las tablas, relaciones y claves foráneas de la base de datos.
- **PHP:** Lenguaje de script que se ejecutó del lado del servidor y conecta la base de datos creada en MySQL con la aplicación web.
- **SublimeText:** Editor de texto en la cual se crean y editan archivos que contienen el código en los lenguajes antes mencionados.
- **XAMPP:** Permite instalar un servidor apache local, esto para probar la página. Así también permite utilizar un servidor de base de datos.

3. Desarrollo.

Con base a los resultados arrojados de la encuesta realizada en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en el presente ciclo escolar (agosto-diciembre 2018), se detectaron algunas complicaciones en los alumnos de segundo semestre de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, que perjudican su nivel de aprendizaje en la materia de programación orientada a objetos. En la encuesta se tomaron en cuenta a 37 alumnos que actualmente cursan la materia de programación orientada objetos. Los resultados se presentan a continuación:

- a) Solo el 8.1% de los alumnos entrevistados han entendido todos los temas vistos hasta ahora en la materia de programación orientado a objetos.

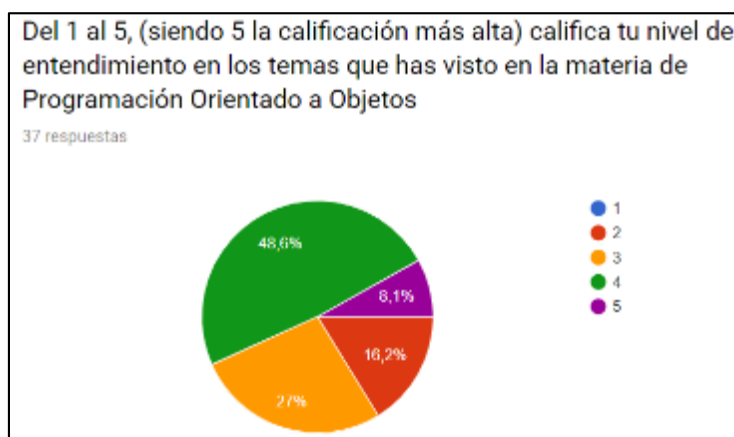


Figura 1. Nivel de entendimiento de los alumnos de 2º Semestre de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

- b) Sólo el 19% de los alumnos entrevistados no han encontrado problemas al aprender a programar con el paradigma orientado a objetos.

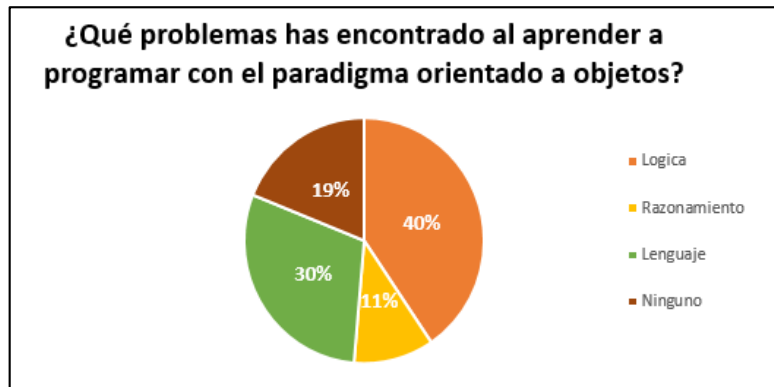


Figura 2. Problemas detectados en el paradigma orientado a objetos.

Desafortunadamente esta situación ha persistido en periodos escolares anteriores ya que según datos recopilados correspondientes a los años 2016-2018 el índice de reprobación en la materia de Programación Orientada a Objetos ha aumentado hasta en un 200%. Los siguientes datos fueron obtenidos de los archivos del departamento de sistemas y computación, tomando en cuenta a todos los alumnos que estudiaron el segundo semestre en cada uno de los dos ciclos escolares del año 2016 y 2017.

Tabla 1: Alumnos de I.S.C. de 2º. semestre, por ciclo escolar en los últimos dos años.

Año	Periodo Escolar	Total de alumnos que cursaron el 2º. semestre de I.S.C.
2016	Enero-Junio	115
2016	Agosto-Diciembre	40
2017	Enero-Junio	71
2017	Agosto-Diciembre	40

Nos enfocamos al número de alumnos que reprobaron en cada uno de los periodos escolares durante esos dos años e hicimos la comparación, obteniendo los siguientes resultados:

- c) En el periodo escolar enero junio de 2016 el porcentaje de alumnos reprobados fue de 9% mientras que en el mismo periodo, pero del año 2017 el porcentaje aumento a 46%. Aunque el número de alumnos fue mayor en 2016 que en 2017, el número de alumnos reprobados pasó de 18 en el 2016 a 34 en el 2017; eso significa que el número de reprobados aumentó hasta en un 188%.

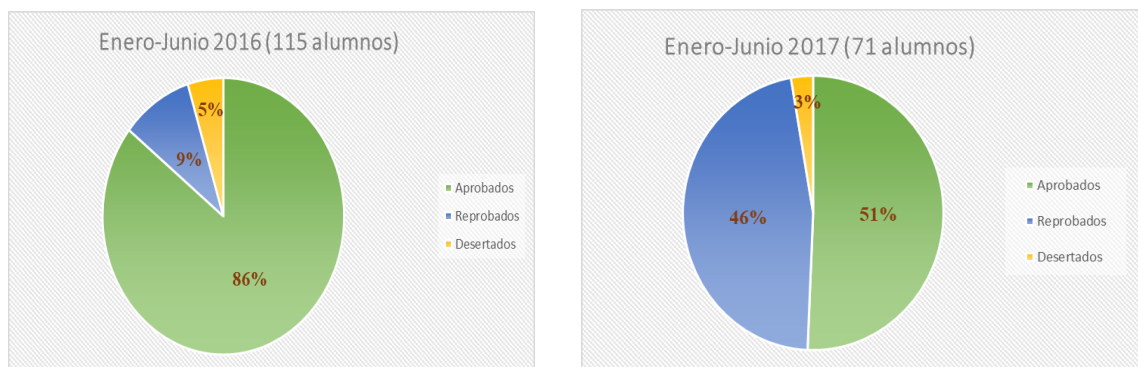


Figura 3. Comparación de los niveles de reprobación (años 2016 y 2017 periodo escolar enero-junio).

- d) En el periodo escolar agosto-diciembre de 2016 el porcentaje de alumnos reprobados fue del 10%, mientras que en el mismo periodo pero del año 2017, el porcentaje aumento hasta llegar a un 33%. Cabe mencionar que en ambos periodos el número de alumnos el mismo. El número de alumnos reprobados paso de 4 en 2016 a 13 en 2017; eso significa que el número de reprobados aumentó hasta en un 325%.

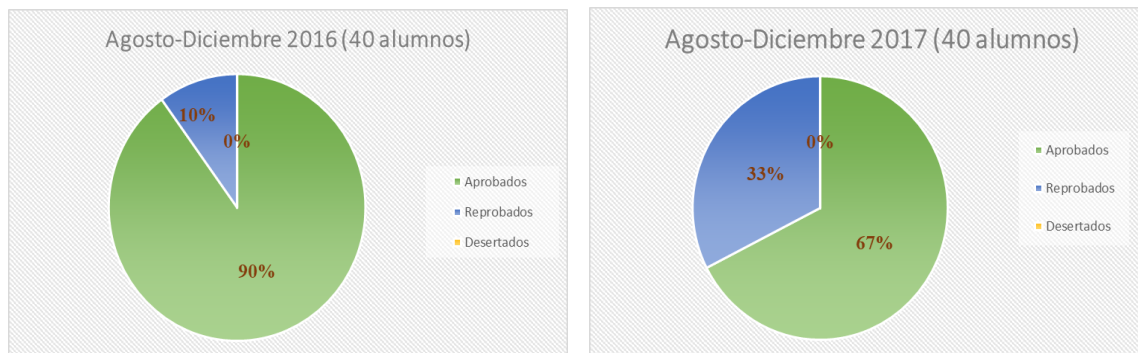


Figura 4. Comparación de los niveles de reprobación (años 2016 y 2017 periodo escolar agosto-diciembre).

Así también la encuesta aplicada a 24 alumnos de 2º. semestre se utilizó para averiguar la opinión de los alumnos ante la implementación de una plataforma educativa que podría ayudarlos en el desempeño de la materia de programación orientada a objetos. Los resultados fueron los siguientes:

- e) El 70% de alumnos entrevistados afirmaron que una plataforma educativa podría ser de gran ayuda en el desempeño de la materia de programación orientada a objetos, lo cual indica que la aplicación de la herramienta didáctica digital será viable.

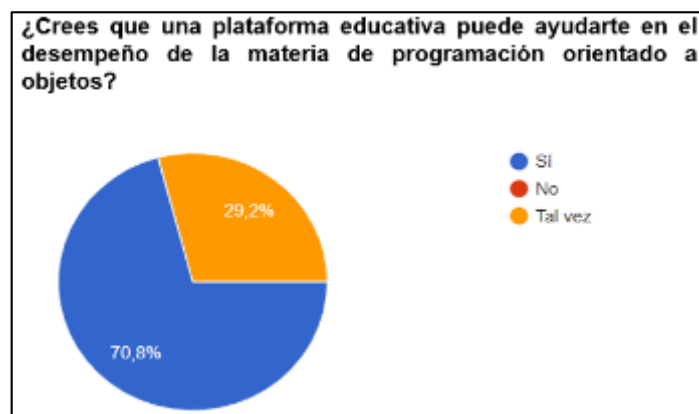


Figura 5. Viabilidad de la plataforma educativa.

Propuesta de una estrategia de enseñanza aprendizaje basada en una herramienta didáctica.

Se propone una herramienta didáctica en la web que incluye contenido referente a la asignatura Programación Orientada a Objetos para complementar las sesiones impartidas por el docente, esto para disminuir las problemáticas a las que se enfrenta el alumno durante el proceso de aprendizaje (las cuales se mencionaron anteriormente), además de familiarizar al alumno con el paradigma. Cabe mencionar que para el desarrollo de la aplicación se hizo uso de tecnologías para el desarrollo Web. También se hace uso de un servidor para almacenar la información que los alumnos introducirán la primera vez que utilicen la herramienta, esto para que el docente lleve un control del avance de cada uno de los estudiantes.

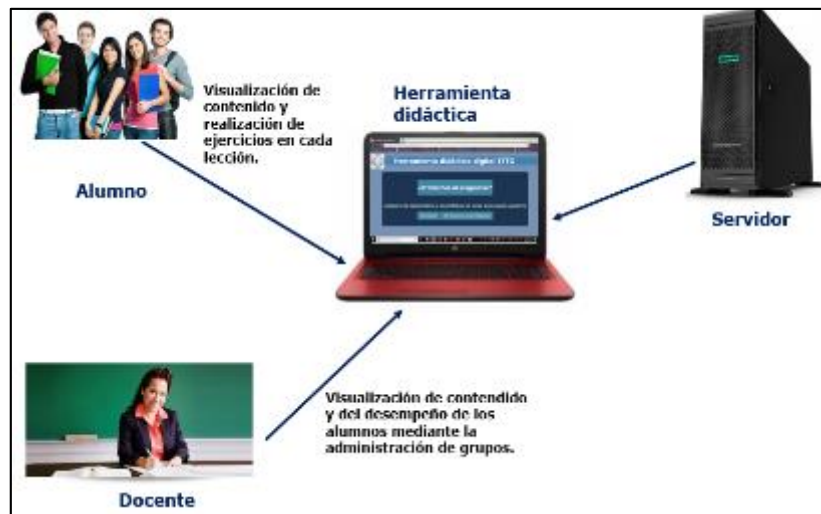


Figura 6. Propuesta técnica.

Descripción de módulos.

Los principales módulos con los que cuenta el sistema de la herramienta didáctica son los siguientes:

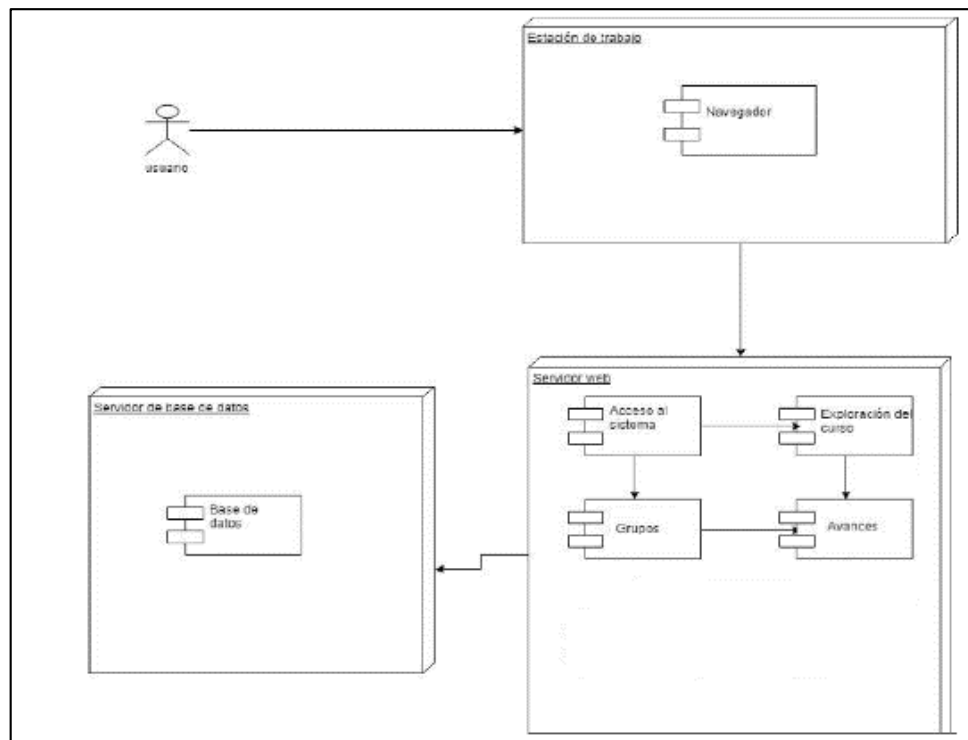


Figura 7. Diagrama de contexto.

- Módulo de acceso al sistema: En este módulo se tendrá el control de acceso de los usuarios al sistema.
- Módulo Exploración de curso: Compuesto por las interfaces que muestran el contenido del curso, es decir lecciones teóricas y ejercicios.

- Módulo de avances: Interfaz que le permite al usuario alumno y docente la visualización de su avance en el curso. Este avance se basará en las calificaciones obtenidas por el usuario en los ejercicios que incluye el curso.
- Módulo de grupos: Compuesto por las interfaces en donde el docente podrá inscribir a alumnos para administrar la visualización de su desempeño.

Descripción de la herramienta.

La *Herramienta didáctica digital* es una plataforma web que desarrolla la materia de programación orientada a objetos usando un contenido dinámico y didáctico. El modo de enseñanza que maneja esta plataforma se enfoca a un ámbito más realista, ya que enseña al alumno cada uno de los temas a través de ejemplos, con los cuales se sienten más familiarizados.

Así también esta plataforma educativa incluye una serie de ejercicios que fortalecen y evalúan los conocimientos que el alumno tendrá en cada lección. La *Herramienta didáctica digital* evalúa cada ejercicio y almacena las calificaciones obtenidas de los alumnos en cada ejercicio, esto le permitirá al alumno conocer el nivel de desempeño que tiene a través del curso.

El objetivo de esta plataforma educativa es ofrecer una estrategia de enseñanza adecuada a la materia de Programación Orientada a Objetos de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, que incluya ejercicios para adaptar al estudiante a este paradigma de una forma fácil y divertida. Es de esta manera como se pretende formar una estrategia de enseñanza basada en contenido teórico y reforzada con contenido práctico.

Prototipo.

Una plataforma educativa en donde el alumno podrá registrarse (si es la primera vez que accede a la herramienta) o iniciar sesión (si ya cuenta con un nombre de usuario con su respectiva contraseña).

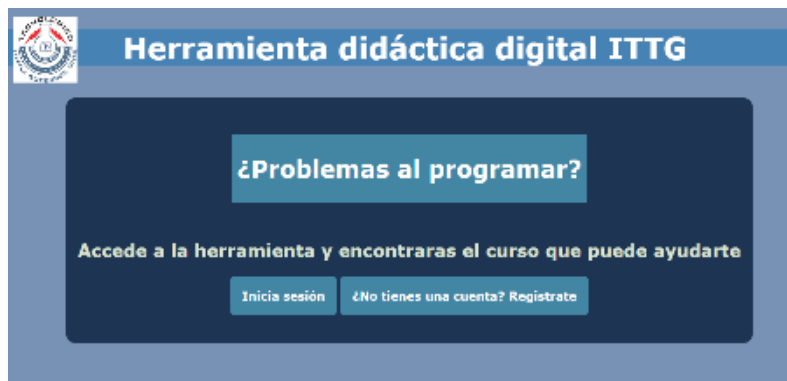


Figura 8. Página principal.

En el módulo de registro, el alumno ingresará los datos que el sistema pide, esto para crear una cuenta con la cual podrá ingresar al contenido de la *Herramienta educativa digital*. Al finalizar el registro, el sistema notifica que sus datos fueron registrados de forma exitosa.



Figura 9. Registro de datos a la plataforma.

Después de hacer el registro, el alumno podrá acceder al contenido de la Herramienta educativa digital; los datos que tendrá que introducir son el nombre de usuario y la contraseña antes registrados.



Figura 10. Inicio de sesión.

La primera pantalla que el alumno podrá visualizar es donde se encuentra el nombre del curso el cual tenemos que seleccionar.



Figura 11. Cursos POO.

Después de seleccionar el curso, el alumno visualizará las unidades en la que se desarrollará el curso, por ejemplo:

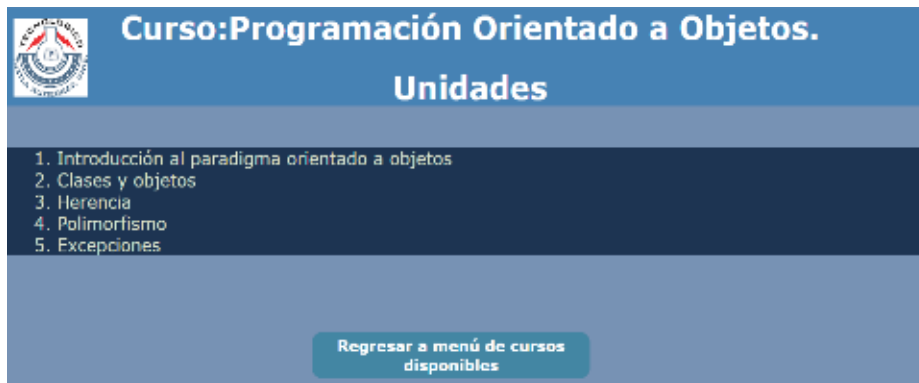


Figura 12. Unidades del curso POO.

Cada unidad tiene un cierto número de lecciones teóricas y a su vez cada lección se desarrolla en varios temas. La explicación de los temas procura manejar un contenido dinámico y con ejemplos entendibles.

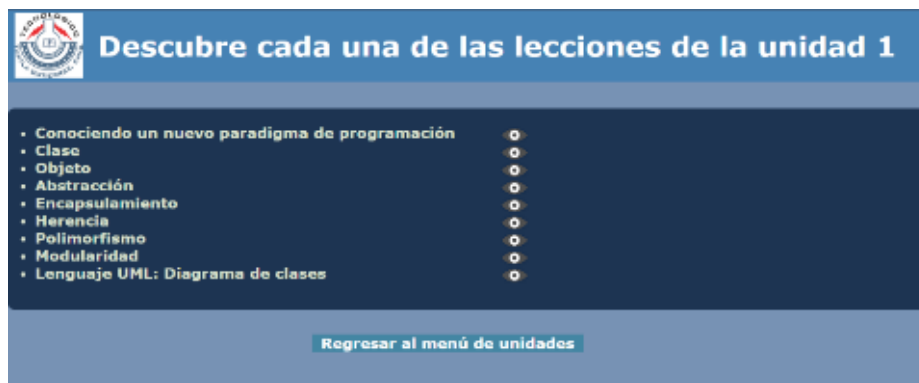


Figura 13. Lecciones de la unidad 1 del curso.

Cada lección tiene cierto número de temas. Cada tema se desarrolla de forma breve y práctica para una mejor comprensión por parte del alumno:

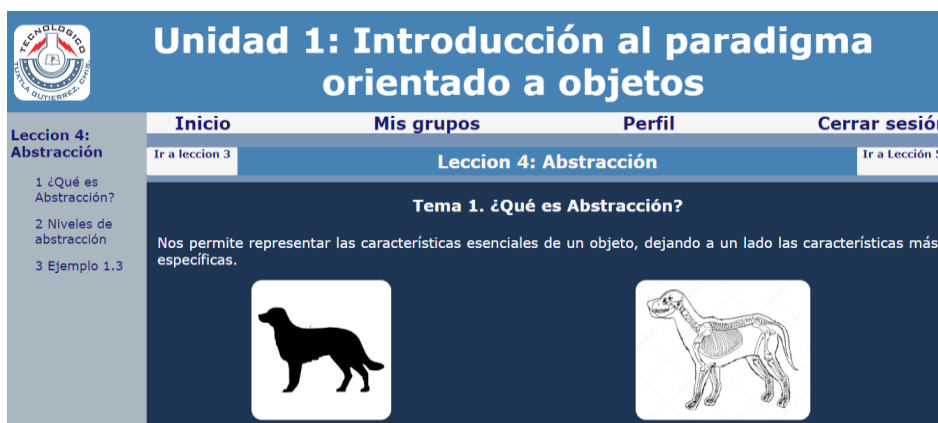


Figura 14. Manejo de conceptos. Unidad 1, lección 4.

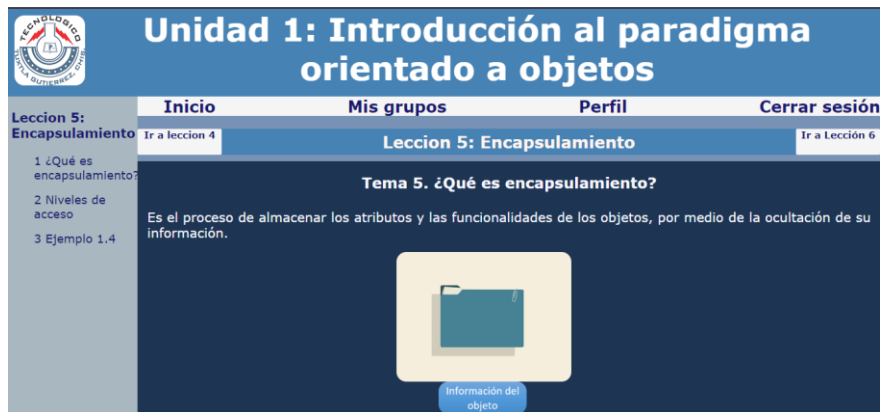


Figura 15. Contenido teórico. Unidad 1, lección 5.

Se plantean ejemplos los cuales tratan de familiarizar el concepto técnico en un campo más real y con esto lograr la familiarización del alumno con el paradigma orientado a objetos.

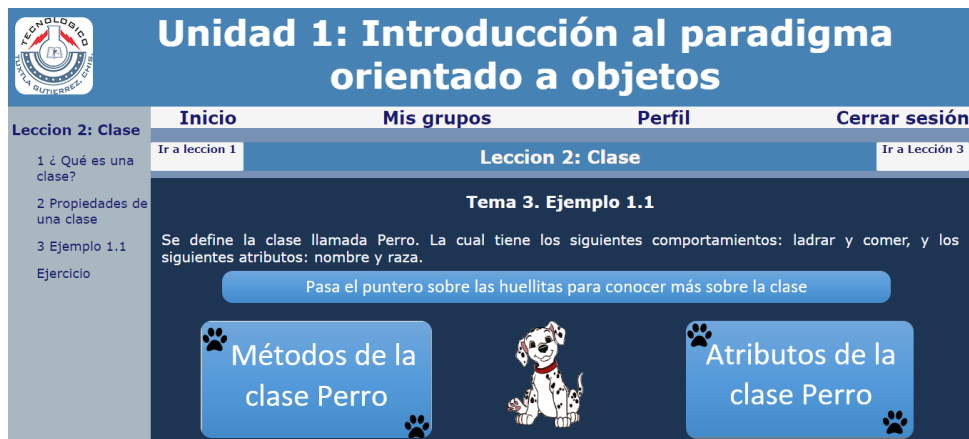


Figura 16. Ejemplo 1.1 Unidad 1, lección 2.

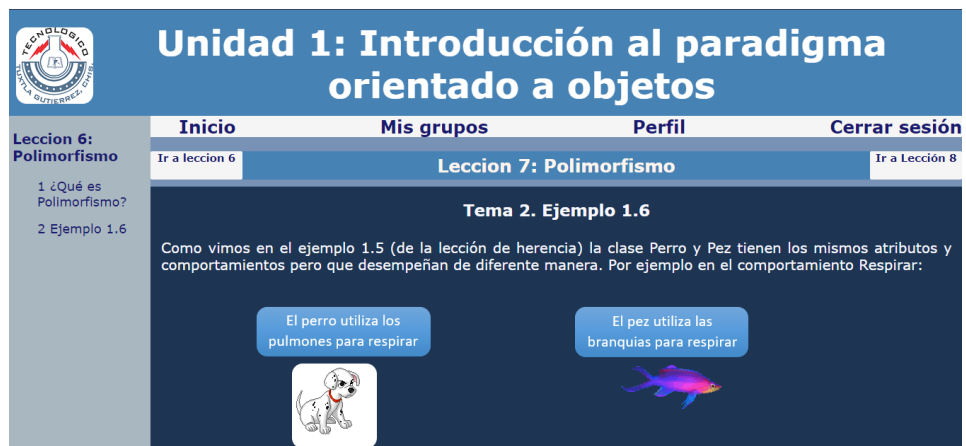


Figura 17. Ejemplo 1.6. Unidad 1, lección 7.

A partir de la unidad 2 en la cual el alumno debe practicar con un lenguaje en específico (en este caso Java) se empiezan a plantear ejemplos con su respectiva representación en UML y en Java. Por medio de esto se incentiva al alumno al diseñar sus clases antes de programarlas.

Así también se realizan comparaciones en donde el alumno identifica cosas de la vida real con su respectiva representación en Java, para lograr transmitirle al alumno que el paradigma orientado a objetos hace uso de elementos existentes en la vida real.

Con todos estos lograremos que el alumno entienda de una manera fácil y amena, haciendo uso de cosas que él ya conoce.

Figura 18. Representación UML-Java. Unidad 2, lección 1.

Figura 19. Representación vida real-Java. Unidad 2, lección 2.

Al final de cada lección el alumno tendrá que resolver un ejercicio que evaluará los conocimientos obtenidos; como se mencionó anteriormente esta calificación se guarda en un avance individual.

Figura 20. Ejercicio 1.1. Unidad 1, lección 2.

Conclusiones.

La exigencia en el nuevo modelo educativo en el uso de las Tic's y el sorprendente índice elevado de reprobación, hacen necesaria la implementación de una plataforma educativa para la enseñanza de la programación orientada a objetos. Ésta mejorará el desempeño de los alumnos en esta asignatura y ofrecerá apoyo al docente para que visualice de una manera más clara, los conocimientos adquiridos por sus estudiantes.

A través de ésta plataforma dinámica, se observa en el estudiante mayor interés en los diferentes temas, ya que está aprendiendo la teoría de una forma dinámica y está desarrollando su lógica a través de los ejercicios prácticos.

La herramienta didáctica digital complementará los conocimientos adquiridos en clases, los resultados se notarán en el desempeño de cada uno de los alumnos y en los índices de reprobación en la materia, los cuales se reducirán. Otro de los propósitos de dicha herramienta dinámica, es compartirla con los demás profesores que imparten la materia y así unificar criterios que conlleven a una homogeneidad en la enseñanza, esto, en pro del buen desempeño de los estudiantes.

Se considera este trabajo como una primera versión y está sujeto a sugerencias que coadyuven a su mejora.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al departamento de sistemas computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el apoyo otorgado en la recolección de información durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias bibliográficas.

Barreto, C. R., Fernando, I. D., Said Hung, E., & Ballesteros Cantillo, B. (2017). Las TIC en educación superior: Experiencias de innovación. Barranquilla: Universidad del Norte.

Sosa Jost, E. B., Valesani, M. E., & Mariño, S. I. (9 de Julio de 2004). UNNE. Obtenido de UNNE: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/8-Exactas/E-031.pdf>

Información de los autores.



Alicia González Laguna es maestra en comunicación y tecnologías educativas por el Instituto Latinoamericano de la comunicación Educativa, Ciudad de México, en 2011. Es profesora en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 1996, impartiendo las materias básicas de programación, en los primeros semestres de la carrera.



Rosy Ilda Basave Torres es Maestra en Ciencias en Ciencias de la Computación egresada del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET. Es profesor de asignatura del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales, donde imparte materias de especialidad, programación para Android, Tópicos Avanzados de Programación Web y Taller de Investigación, asesora proyectos de residencia profesional, titulación integral y tesis, ha dirigido y colaborado en diversos proyectos de investigación, 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.



Amairani de los Ángeles Barsanas Hernández 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 web, actualmente programadora web. Sus principales intereses son las áreas del desarrollo web especializado en front-end.

Mapa turístico etnográfico geo-referenciado de Chiapas, México.

Geo-referenced ethnographic tourist map of Chiapas, Mexico.

Jorge Rafael Sánchez Sánchez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.

jrsanchez@ittg.edu.mx.

María de los Ángeles Díaz Gómez (2). Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez, angelesdg2008@hotmail.com.

Héctor Guerra Crespo (3), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, hgcrespo@hotmail.com.

Jorge Luis Camas Anzueto (4), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, jcamas@ittg.edu.mx.

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (5), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, jogs78@gmail.com.

María Candelaria Gutiérrez Gómez (6), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez,

mgutierrez@ittg.edu.mx.

Artículo recibido en septiembre 10, 2018; aceptado en octubre 29, 2018.

Resumen.

Este artículo es una propuesta de clasificación para la presentación de información relacionada con el tema de turismo etnográfico. Se definen un total de 142 de núcleos informativos distribuidos en dos clasificaciones con 20 elementos. Los 142 núcleos informativos son del Estado de Chiapas, México el cual es el segundo con mayor riqueza de etnias del país sólo superado por el vecino Estado de Oaxaca. La información está integrada en una aplicación web bajo tecnología de software libre y disponible en el sitio web turismoetnias.mexmapa.com.

Palabras clave: Aplicaciones WEB, aplicaciones sobre mapas, mapa turístico, etnias, turismo etnográfico.

Abstract.

This paper presents a classification proposal for display of information related to the topic of ethnographic tourism. 142 information items are defined and distributed in two classifications with 20 items. The 142 information items are from the Chiapas State, Mexico, which is the second richest ethnic group in the country only surpassed by the neighboring State of Oaxaca. The information is integrated into a web application under free software technology and available on the website turismoetnias.mexmapa.com.

Keywords: WEB Applications, maps, tourist map, ethnic group, ethnographic tourism.

1. Introducción.

El Estado de Chiapas se encuentra situado al sur de México, cuenta con una población de 5,217,908 habitantes (Anuario Chiapas, 2017, p. 97) y 119 municipios. Se destacan a nivel mundial destinos turísticos como las ruinas de Palenque, el Cañón del Sumidero y la ciudad de San Cristóbal de las Casas.



Figura 1. División política de los Estados Unidos Mexicanos.

En Chiapas además de que existen múltiples sitios que tienen el potencial de convertirse en destinos turísticos también cuenta con entidades culturales relacionadas al turismo como artesanías, bailes regionales, etnias, gastronomía, festividades, conmemoraciones, tradiciones y trajes regionales.

Etnias de Chiapas.

La riqueza cultural de México es una de sus grandes fortalezas y uno de los recursos más importantes. En Chiapas existe una gran diversidad de etnias y grupos indígenas; después de Oaxaca, Chiapas ocupa el segundo lugar en diversidad étnica en México. Aunque la división regional del Estado no corresponde necesariamente a las áreas culturales, la diversidad cultural hace de Chiapas uno de los más ricos culturalmente en cuanto a lenguas, fiestas, tradiciones, artesanías y costumbres.

Las etnias de Chiapas de acuerdo al Atlas de los pueblos indígenas de México son:

1. Akatecos.
2. Ch'oles.
3. Chujes.
4. Jakaltecos.
5. K'iches.
6. Lacandones.
7. Mames.
8. Mochós.
9. Tekos.
10. Tojolabales.
11. Tseltales.
12. Tsotsiles.
13. Zoques.

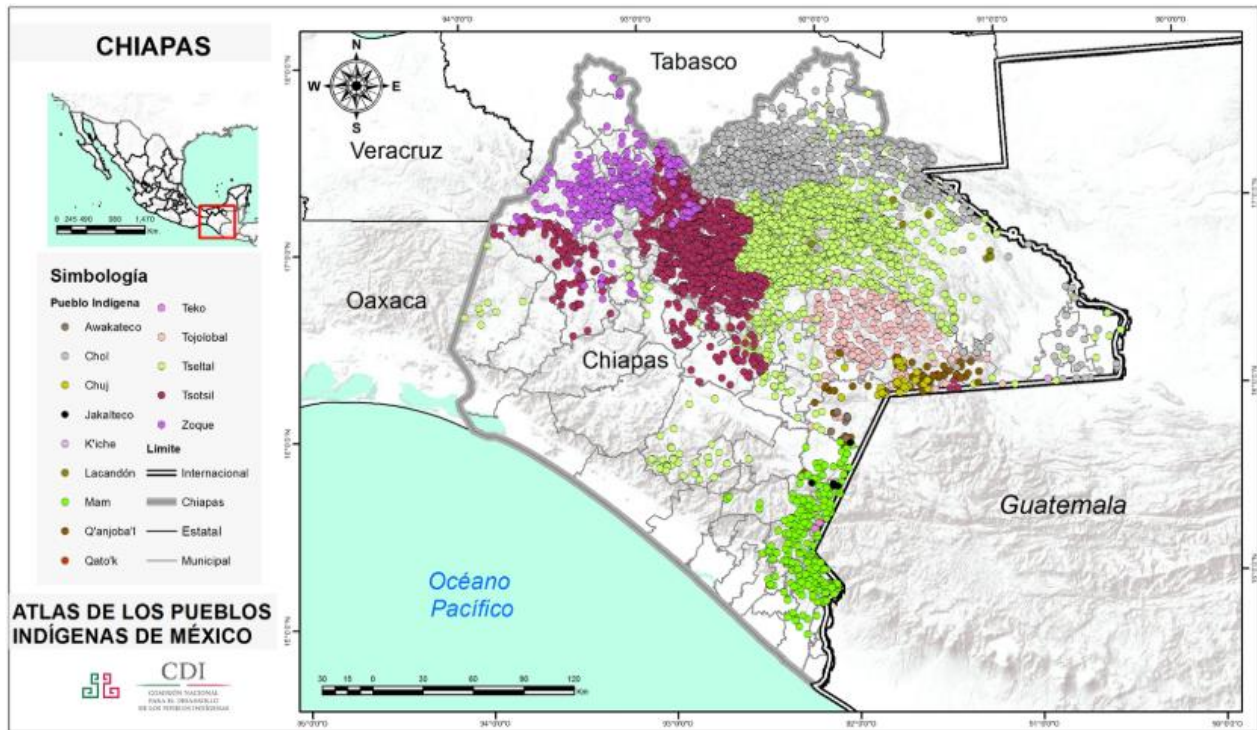


Figura 2. Distribución geográfica de las etnias de Chiapas, Fuente: Atlas de los pueblos indígenas de México.

Las etnias con potencial turístico consideradas para este proyecto son:

1. Chol.
2. Chuj.
3. Konjobal.
4. Lacandón.
5. Mame.
6. Tojolabal.
7. Tzeltal.
8. Tzotzil.
9. Zoque.

Agustín Santana Talavera describe que desde finales de la década de los ochenta aparecieron nuevos tipos de turismos propiciados en su conjunto por las nuevas condiciones y exigencias del mercado, esto es, competitividad, flexibilidad y segmentación. La práctica totalidad de los nuevos productos se presentan, y a veces analizan, como "una forma diferente de practicar el turismo" y la máxima es la consecución para el cliente de una experiencia satisfactoria, la experiencia de lo auténtico en la naturaleza, la cultura, la gente o una combinación de las mismas. Su desarrollo se lleva a cabo, preferiblemente, en áreas no congestionadas poblacionalmente (parajes deshabitados o con muy bajo nivel de ocupación humana, entornos rurales no urbanos o pequeñas poblaciones concentradas), pero pueden incluirse tour monumentales-arquitectónicos o museísticos por ciudades (Santana A., 2003).

Empiezan a surgir variantes turísticas como ecoturismo, turismo étnico, turismo rural y turismo cultural.

El turismo etnográfico desde el enfoque de este proyecto se puede definir como el viaje con el propósito de observar las tradiciones, costumbres y cultura de una etnia, degustar su gastronomía proporcionando la información relativa a infraestructura de servicio y actividades recreativas acostumbradas en otras actividades turísticas.

2. Métodos.

Lista de sitios a considerar.

La lista de sitios tiene como objetivo vincular actividades turísticas que pueden realizarse en combinación con actividades culturales de las etnias consideradas. Las actividades no asociadas a las etnias son museos, fiestas patronales, parajes naturales, ruinas arqueológicas que se encuentran dentro del área de influencia de una etnia en particular, las actividades de turismo étnico son festividades directas de la etnia, gastronomía y artesanía. La lista considera 142 elementos.

1. "VAYEBAL NA" el Altar Maya.
2. Alfarería Amatenango del Valle.
3. Artesanía Aguacatenango.
4. Artesanía alfarería Zinacantán.
5. Artesanía Andador San Roque.
6. Artesanía Berriozábal.
7. Artesanía chales Zinacantán.
8. Artesanía Chenalhó.
9. Artesanía Las Margaritas.
10. Artesanía Ocosingo.
11. Artesanía Palenque.
12. Artesanía Parque Central.
13. Artesanía Parque de la Marimba.
14. Artesanía San Andrés Larráinzar.
15. Artesanía San Juan Chamula.
16. Artesanía Simojovel de Allende.
17. Artesanía Suchiapa.
18. Artesanía Tapachula.
19. Artesanía Tenejapa textiles.
20. Artesanía Tenejapa.
21. Artesanía Teopisca.
22. Artesanía Tila.
23. Artesanía Tziscaco.
24. Artesanías REAL 44.
25. Balún Canán ("Lugar de las nueve estrellas").
26. Bosques de Coníferas Chanal.
27. Campamento en pueblo de Lacanjá.
28. Casa de Cultura Fray Pedro Lorenzo de la Nada.
29. Casa de la Partera.
30. Casa de las Artesanías San Cristóbal de las Casas.
31. Casa Museo Hermila Domínguez-Comitán.
32. Cascada del Cairo.
33. Cascada El Chorreadero.
34. Cascada Mux-Bal.
35. Cascadas Agua Azul.
36. Cascadas El Aguacero.
37. Cascadas Misol-Ha.
38. Cascadas Welib Ja.
39. Centro Turístico Nueva Alianza.
40. Chiapa de Corzo.
41. Día de la Candelaria.
42. Festival Internacional de las Culturas y las Artes Rosario Castellanos.
43. Festival Maya-Zoque-Chiapaneca.

44. Festival Maya en Huitiupán.
45. Fiesta de la aparición de San Miguel Arcángel.
46. Fiesta de la Purísima Concepción.
47. Fiesta de la Santa Cruz.
48. Fiesta de la Santísima Trinidad.
49. Fiesta de la Virgen de Misericordia.
50. Fiesta de María Auxiliadora.
51. Fiesta de Parachico y Torito.
52. Fiesta de San Antonio de Padua. (1).
53. Fiesta de San Antonio de Padua. (2).
54. Fiesta de San Bartolomé.
55. Fiesta de San Carlos Borromeo.
56. Fiesta de San Dionisio.
57. Fiesta de San Fermín. (1).
58. Fiesta de San Fermín o de las Luces. (2).
59. Fiesta de San Fernando.
60. Fiesta de San Gabriel.
61. Fiesta de San Isidro Labrador.
62. Fiesta de San Jacinto.
63. Fiesta de San José Nuevo Huixtlán.
64. Fiesta de San José.
65. Fiesta de San Juan Bautista.
66. Fiesta de San Juan el Bautista.
67. Fiesta de San Martín.
68. Fiesta de San Mateo.
69. Fiesta de San Nicolás Tolentino y del Santo Cristo.
70. Fiesta de San Pedro de Verona mártir.
71. Fiesta de San Pedro.
72. Fiesta de San Ramón Nonato.
73. Fiesta de San Sebastián.
74. Fiesta de Santa Margarita de Antioquia.
75. Fiesta de Santa Rita de Casia.
76. Fiesta de Santiago Apóstol.
77. Fiesta de Santo Domingo Guzmán.
78. Fiesta de Santo Niño de Atocha.
79. Fiesta de Santo Tomás.
80. Fiesta del Señor de Esquipulas. (1).
81. Fiesta del Señor de Esquipulas. (2).
82. Fiesta del Señor del Santuario.
83. Fiesta Patronal de la Aparición de San Miguel Arcángel.
84. Fiesta patronal de San Antonio de Abad.
85. Fiesta patronal de San Caralampio.
86. Fiesta Patronal de San Marcos.
87. Fiesta patronal de San Pedro de Verona. Mártir.
88. Fiesta Patronal de Santa Catarina.
89. Fiesta patronal de Santa Lucía.
90. Fiesta patronal de Santa Marta.
91. Fiesta Romerías.
92. Gastronomía Chol.
93. Gastronomía Chuj. (1).
94. Gastronomía Chuj. (2).
95. Gastronomía Chuj. (3).
96. Gastronomía Kanjobal.
97. Gastronomía Lacandón.

98. Gastronomía Mame. (1).
99. Gastronomía Mame. (2).
100. Gastronomía Pijijiapan.
101. Gastronomía Tojolabal.
102. Gastronomía Tzeltal. (1).
103. Gastronomía Tzeltal. (2).
104. Gastronomía Tzotzil. (1).
105. Gastronomía Tzotzil. (2).
106. Gastronomía Zoque. (1).
107. Gastronomía Zoque. (2).
108. Gastronomía Zoque. (3).
109. Iglesia Ex-Convento Santo Domingo.
110. La ruta de las golondrinas.
111. La Ruta del Café.
112. Mercado de dulces y artesanías.
113. Museo arqueológico del Soconusco.
114. Museo Casa Chiapas.
115. Museo Comunitario jí'tontik (piedras arenosas).
116. Museo de Culturas Populares de Chiapas.
117. Museo de la Laca.
118. Museo de la medicina maya. (1).
119. Museo de la medicina maya. (2).
120. Museo de Sitio de Toniná.
121. Museo de trajes regionales Sergio Castro.
122. Museo del Ámbar.
123. Museo del Café.
124. Museo Mesoamericano del Jade San Cristóbal de las Casas.
125. Museo Na-Bolom.
126. Museo Regional de Antropología e Historia.
127. Nahá-Metzabok.
128. Parque ecoturístico Tzisco.
129. Parque Nacional Lagunas de Montebello.
130. Paseo a Juan Crispín.
131. Prendas de algodón Copainalá.
132. Reserva natural del Ocote.
133. Reserva natural El Triunfo.
134. Reserva natural La Encrucijada. (1).
135. Reserva natural La Encrucijada. (2).
136. Reserva natural La Sepultura.
137. Reserva natural Montes Azules.
138. Ruinas de Lacanjá.
139. Ruta del Volcán.
140. Sima de Las Cotorras.
141. Tienda de artesanías Lacanjá.
142. Weyak bej (el camino de los sueños) la laguna Lacanjá.

Clasificaciones.

Los 142 elementos se distribuyen en dos clasificaciones integradas de la siguiente forma.

Clasificación 1. Etnia.

1. Lacandones.
2. Tojolabales.

3. Choles.
4. Tzeltales.
5. Tzotziles.
6. Konjobales.
7. Mames.
8. Zoques.
9. Chuj.

Clasificación 2. Actividades turísticas. Esta clasificación es anidada a la clasificación 1.

1. Artesanías.
2. Casa Cultural.
3. Cascadas/ríos.
4. Danza/fiestas.
5. Fotografía.
6. Gastronomía.
7. Museo.
8. Parque/reserva.
9. Recorrido guiado.
10. Vestimenta.
11. Zona Arqueológica.

Apartado de etnias.

Se consideró una sección informativa de las nueve etnias consideradas en la aplicación, Ahí se explica por etnia su origen como funciona su sociedad, sus creencias, vestimenta y lengua; contiene una galería fotográfica.

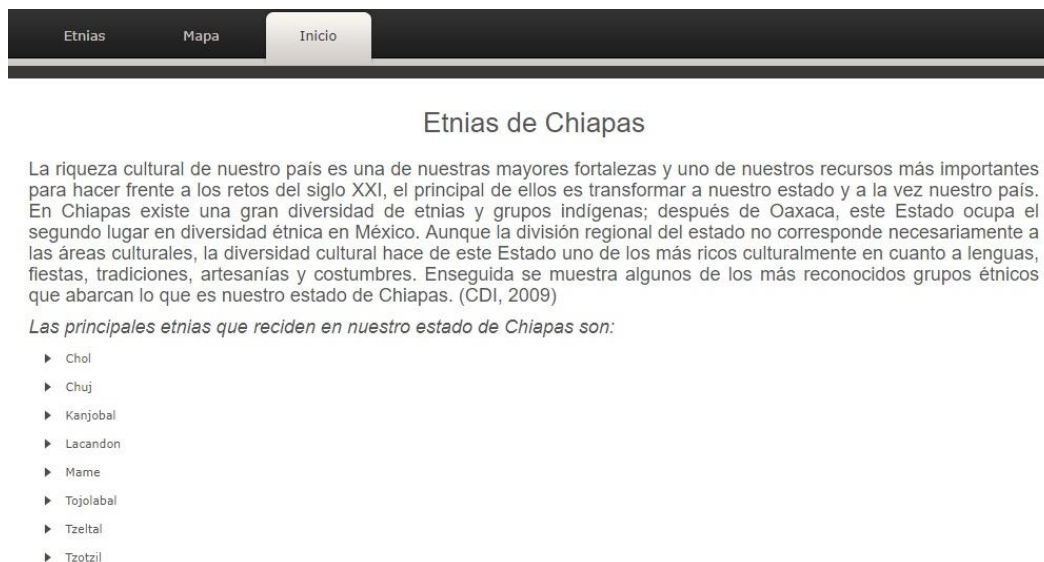


Figura 3. Apartado de etnias.



Etnia Chol

Los choles se ubicaron desde tiempos remotos en los actuales territorios de Tabasco, Chiapas y República de Guatemala. Dentro de la historia de México se los conoce como choles pero ellos se autodenominan Winik que en su lenguaje significa "hombre o varón". En la actualidad las concentraciones de choles más importantes se encuentran en Tila, Ocosingo, Palenque, Salto de Agua, Sabanilla, Chilón, Huitiupán, Amatlán Catzajá, Yajalón, Macuspana y La Libertad.

Sociedad

La unidad básica de la sociedad la constituyen las familias. Antiguamente los matrimonios eran concertados por los familiares durante la infancia de los contrayentes.

Figura 4. Ficha informativa de etnias.

Aplicación.

Google Maps.

Es el nombre de un servicio gratuito de *Google*. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satelitales del mundo entero e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle *street view* y el motor de búsqueda de *Google* que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta. A través de su *Google Maps API* es posible generar aplicaciones sobre sus mapas, la plataforma de desarrollo es *JavaScript*.

Herramientas utilizadas.

Las herramientas utilizadas corresponden a software libre, *WAMP* como servidor, *PHP* para la programación de los datos, *MySQL* como gestor de base de datos, *XHTML* para asegurar la estructura del código *HTML* y *CSS* para la presentación del sitio y *JavaScript* como lenguaje de programación sobre el mapa.

Ficha informativa de cada una de los elementos turísticos.

Cada uno de los elementos turísticos se detalla dentro de una ficha informativa



Figura 5. Ficha informativa de Gastronomía Zoque Tonalá.

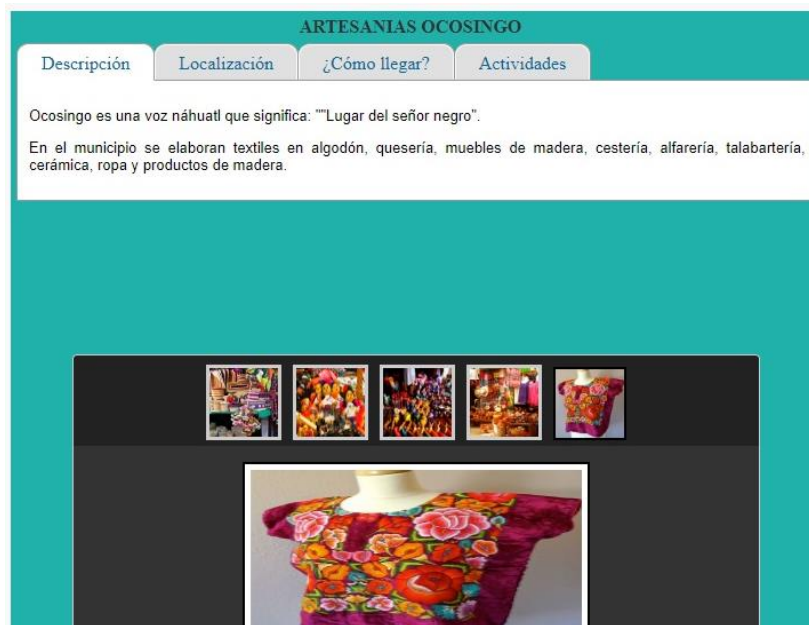


Figura 6. Ficha informativa de Artesanías Ocosingo.

3. Desarrollo.

En el subdominio turismoetnias.mexmapa.com se implementa el prototipo inicial, la interfaz principal se describe a continuación y en las siguientes figuras se ilustra.

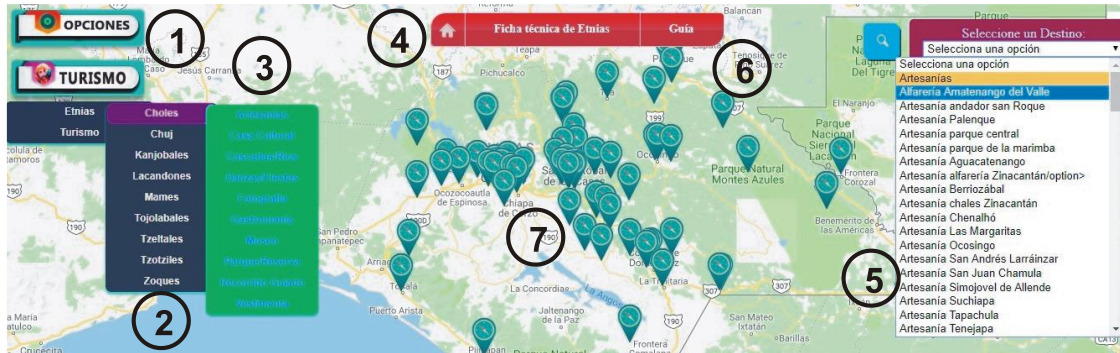


Figura 7. Interfaz mapa turístico etnográfico geo-referenciado de Chiapas, México.

1. Botón: Habilita el acceso al menú de opciones el cual contiene la ficha técnica de etnias descritas en el punto 4.
2. Menú Categorías: Listado de etnias descritas en la clasificación 1.
3. Menú Actividades Turísticas: Se visualizan las actividades turísticas descritas en la clasificación 2.
4. Botón: Ficha informativa de etnías.
5. Menú búsqueda alfabética: El usuario puede acceder a los 142 elementos turísticos que componen la aplicación.
6. Botón: Guía, ayuda al usuario de cómo utilizar la aplicación.
7. Íconos de cada uno de los elementos turísticos.

Conclusiones.

El proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una aplicación web de índole informativo para dar a conocer a los visitantes del portal todo lo relacionado con las actividades que se pueden realizar en el turismo etnográfico del Estado de Chiapas asociado con las actividades y sitios turísticos cotidianos con el propósito de incentivar la actividad turística de la región.

Créditos.

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez perteneciente al Tecnológico Nacional de México por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

Referencias Bibliográficas.

Anuario Chiapas. (2016). Anuario Estadístico y Geográfico de Chiapas 2016. Gobierno del Estado de Chiapas e Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CHIS_ANUARIO_PDF.pdf

Atlas de los pueblos indígenas de México. (2018). Recuperado de <http://atlas.cdi.gob.mx>.

Santana Talavera Agustín (2003). Horiz. antropol. v.9 n.20 Porto Alegre oct. 2003 Turismo cultural, culturas turísticas. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-71832003000200003&lng=es&tlng=es

Información de los autores.



Jorge Rafael Sánchez Sánchez es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y por el desarrollo de este proyecto ahora se especializa en el desarrollo de proyectos web.



María de los Ángeles Díaz Gómez es egresada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y por el desarrollo de este proyecto ahora se especializa en el desarrollo de proyectos web.



Héctor Guerra Crespo es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995.



Jorge Luis Camas Anzueto es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, Miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



Jorge Octavio Guzmán Sánchez tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, así como en la Universidad Descartes.



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 Sistemas Computacionales y del Programa de Posgrado en Administración de la Facultad de Contaduría y Administración, Campus I de la Universidad Autónoma de Chiapas. 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.

Nariz electrónica: Herramienta para detección de gases empleando redes neuronales artificiales.

Electronic nose: Tool for gas detection using Artificial Neural Networks.

Carlos Eduardo Carbajal Peñaloza (1).
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México.
kamued@gmail.com

Abraham Jorge Jiménez Alfaro (2), Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, ajja_mx@yahoo.com.

Édgar Corona Organiche (3), Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, organiche2003@yahoo.com.mx.

Noel Enrique Rodríguez Maya (4), Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Tecnológico Nacional de México, Zitácuaro, Michoacán, nrodriguez@itzitacuaro.edu.mx.

Artículo recibido en julio 30, 2018; aceptado en septiembre 10, 2018.

Resumen.

En este artículo se presenta un prototipo de una nariz electrónica a través de un sistema de adquisición de datos, utilizando la plataforma de Arduino Mega 2560 la cual usa los sensores MQ-2, MQ-3, MQ-7 y MQ-135. El sistema está habilitado para analizar diferentes niveles de gas licuado del petróleo (LP) establecidos a través de un modelo de clasificación basado en Redes Neuronales Artificiales (RNA). Los resultados mostraron un modelo capaz de detectar niveles de olor con una precisión del 99.8% en tiempo real.

Palabras clave: Redes Neuronales Artificiales, Sistema de Adquisición de Datos, Nariz electrónica, Sistemas de tiempo real.

Abstract.

This article presents a prototype of an electronic nose which works through a data acquisition system, using the Arduino Mega 2560 platform and MQ-2, MQ-3, MQ-7 and MQ-135 sensors. The system is able to analyze different levels of liquefied petroleum gas (LP) which were established by a classification model based on Artificial Neural Networks (ANN). The results showed that the model detects odor levels with an accuracy of 99.8% in real time.

Keywords: Artificial Neural Networks, Data Acquisition System, Electronic nose, Real-time systems.

1. Introducción.

El gas LP es un combustible utilizado en una gran cantidad de actividades como en el hogar y en la industria; por ejemplo, en el hogar se utiliza para cocinar, para calentar agua para aseo personal, también se usa como combustible en los automóviles, etc. El problema del uso del hidrocarburo radica en que su manejo y exposición es peligroso, si escapa a la atmósfera se pueden formar nubes inflamables y explosivas o si una persona inhala el gas durante un tiempo prolongado puede resultar intoxicada.

La nariz electrónica es una investigación que se ha venido consolidando en las últimas décadas, con el fin de ser aplicado en casi todos los sectores (por ejemplo, salud, procesamiento de productos, control de calidad, industria química,

entre otros) (Gualdrón et al., 2014). Los orígenes de las narices se remontan desde los años 60 cuando la compañía Bacharac Inc., construyó un prototipo llamado *Sniffer*, el cual contaba con un sólo sensor. Con el paso del tiempo la tecnología de las narices electrónicas fue evolucionando, consiguiendo potentes herramientas de clasificación y detección de aromas, lo que derivó en una gran expansión de mercado en diferentes ámbitos de negocios (Moreno et al, 2009). Todos estos avances han dado lugar a la fabricación comercial de narices electrónicas. La mayoría de las narices electrónicas diseñadas hasta la fecha son para uso comercial, algunas otras son utilizadas por los gobiernos para seguridad y otras son usadas en equipos hospitalarios. La mayoría de estos proyectos usan reconocimiento de patrones (Ávila, 2013).

En este trabajo de investigación se presenta el diseño de un prototipo de una nariz electrónica para obtener datos en tiempo real sobre la detección de olores de gas LP, con la finalidad de alertar la presencia del gas mostrando en pantalla el nivel en que se encuentra en cada una de las pruebas correspondientes. Esto a través del apoyo de elementos como la plataforma Arduino 2560, sensores de gas MQ-2 y MQ-3, MQ-7 y MQ-135.

2. Métodos.

Redes Neuronales Artificiales.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) están inspiradas en las redes neuronales biológicas del cerebro humano; están constituidas por elementos que se comportan de forma similar a la neurona biológica en sus funciones más comunes. Estos elementos están organizados de una forma parecida a la que presenta el cerebro humano (Matich, Ruiz, Basualdo, 2001). El rendimiento de los modelos basados en RNA -para determinar compuestos químicos detectables- generalmente se ven beneficiados con el uso de matrices de sensores de gas que con el uso de un solo sensor. Por lo que se pueden utilizar un conjunto de sensores con menor costo. El objetivo del proceso de entrenamiento o configuración de una RNA es la generación de modelos de clasificación para determinar diferentes niveles de saturación de gas LP e implementar un sistema identificador de olores automatizado (Keller, 1999). Una vez generado el clasificador, se le puede introducir diferentes entradas (gases o olores con compuestos químicos específicos) y el modelo determina el tipo de gas en tiempo real (Keller, 1999).

Matriz de sensores.

El MQ-2 es un sensor de gas compuesto por un micro tubo cerámico AL_2O_3 , una capa sensible dióxido de estaño (S_nO_2), un electrodo de medición, un calentador y una malla de acero inoxidable. El calentador ofrece condiciones de trabajo necesarias para el trabajo de los componentes sensibles. El MQ-2 consta de 6 pines, 4 de ellos se utilizan para de señales y los restantes se utilizan para proporcionar la corriente de calentamiento. El sensor obtiene las concentraciones de los gases H_2 , C_3H_8 , C_4H_{10} . El sensor MQ-3 (sensor de alcohol) está compuesto por un micro tubo de cerámica AL_2O_3 , por una capa delgada de SnO_2 , el electrodo de medición y el calentador son fijados a una corteza de plástico y una red de acero inoxidable. El sensor puede medir varias concentraciones de gases (C_6H_6 , C_2H_6O) principalmente el alcohol. El MQ-7 es un sensor sensible al monóxido de carbono (CO) y al dihidrógeno (H_2). El MQ-135 está diseñado para medir la calidad del aire, es utilizado en equipos de control de calidad del aire para edificios y oficinas, es adecuado para detectar amoníaco (NH_3), óxidos de nitrógeno (NOx), alcohol, benceno, humo, CO_2 , entre otros (Rubio et al., 2015). Los sensores deben estar localizados en una cámara aislante que garantice las condiciones óptimas para una operación adecuada (Brezmes, 2000). La Tabla 1 muestra la lista de los sensores de gas utilizados en este arreglo.

Tabla 1. Sensores de Gas de la Nariz Electrónica

Sensor	Compuestos químicos
MQ-2	H_2 , LPG, CH_4 , CO
MQ-3	Alcohol, Benceno, CH_4 , Hexano
MQ-7	Monóxido de Carbono, H_2
MQ-135	NH_3 , NOx, alcohol, benceno, humo, CO_2

Nariz electrónica.

En la literatura se pueden encontrar diferentes métodos y técnicas para determinar aromas, olores y gases aplicados

en diferentes dominios, como son: en la industria alimenticia, en la elaboración de cosméticos, en la domótica, en la rama automotriz, entre otros (Durán, 2013). Una Nariz Electrónica (NE) es una herramienta de medición, la cual está compuesta de una matriz de sensores químicos, los cuales permiten obtener datos del ambiente y a través de diferentes técnicas, son capaces de identificar una variedad de olores simples o compuestos previamente definidos (sensibilidades parcialmente sobrepuestas) (Hernández, Galaviz, 2006) (Durán, 2013).

La Figura 1 muestra el prototipo de NE, la cual consta de los siguientes elementos:

- Cámara de concentración de gas, con sensores de gas.
- Circuito de control con Arduino Mega 2560.
- Laptop para análisis de datos.



Figura 1. Prototipo de NE de gas LP.

3. Desarrollo.

Captura de datos.

En la primera parte se llevó a cabo el “pre-procesado de la señal”, la cual incluye las siguientes actividades: compensación de la deriva de los sensores, extracción de los parámetros descriptivos de la respuesta del arreglo de sensores y la preparación del vector de características para el posterior procesamiento (Lozano et al., 2004). Para realizar la adquisición del conjunto de medida de entrenamiento fue empleado el compuesto volátil gas LP.

El algoritmo seleccionado para el entrenamiento de la red neuronal es Backpropagation (BP). Este algoritmo de entrenamiento es el más conocido en las redes neuronales multicapa y es la red más flexible de implementar en hardware, y que se definen las reglas de propagación del error desde la salida hasta las unidades de entrada de la red y el ajuste de los pesos (Song et al., 2011) (Benrekia, Attari, 2013).

La tarjeta Arduino Mega 2560 captura los valores de voltaje proveniente de cada uno de los sensores, una vez obtenida cada una de las muestras se exporta a un archivo para realizar con la normalización de los datos; en el caso de un sistema de sensores en Arduino, el rango de entrada de los datos está definido entre 0 y 1024. La normalización trata básicamente de uniformizar todos los rangos de números a un único rango de valores entre 0 y 1 (o entre -1 y 1) de números flotantes (Melendez, 2015). El proceso de normalización se realizó en una hoja de cálculo (Microsoft Excel), una vez obtenidos los datos normalizados se procedió a entrenar la red neuronal.

Generación y validación del modelo.

La siguiente etapa es la validación del modelo, para esto se analizó la matriz de confusión obtenida la cual mostró una precisión del 98%. La Figura 2 muestra diferentes matrices de confusión obtenidas: matriz de confusión para el entrenamiento, la validación y prueba. Las pruebas que se realizaron fueron: sin gas, concentración media de gas y concentración alta de gas.

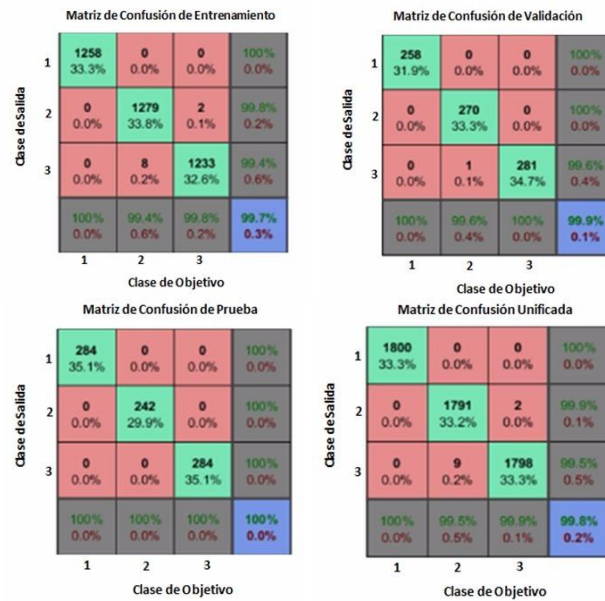


Figura 2. Matriz de confusión obtenida.

La figura 3 muestra el rendimiento del modelo generado utilizando la técnica de cross-entropy; se puede observar que el mejor rendimiento para el caso de validación fue de 0.0023955 obtenida en la época 68.

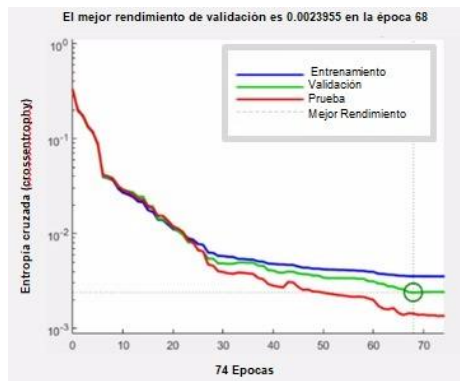


Figura 3. Rendimiento de la Red Neuronal.

La figura 4 se observa un histograma de frecuencias del error obtenido al dividir el dataset en 20 bins.

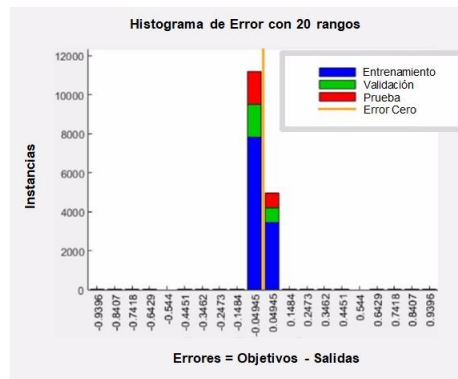


Figura 4. Histograma Red Neuronal.

La validación y el gradiente del entrenamiento se muestra en la figura 5, se puede observar el comportamiento del entrenamiento, obteniendo el mejor desempeño en la época 74.

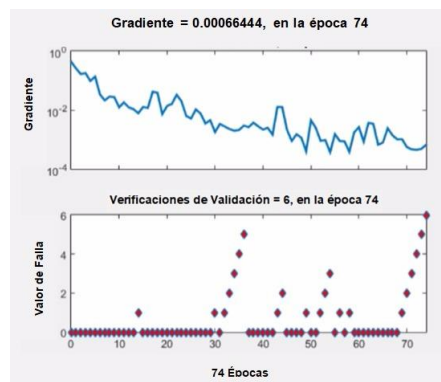


Figura 5. Estado de entrenamiento.

La figura 6 muestra las gráficas de las curvas COR (Característica Operativa del Receptor) las cuales muestran claramente la sensibilidad entre los falsos positivos obteniendo una tendencia a 1.

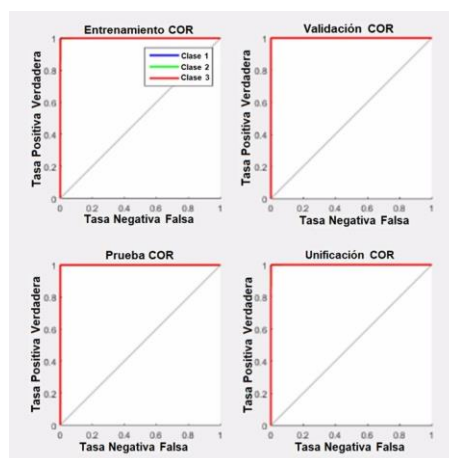


Figura 6. Curvas COR.

La figura 7 muestra la arquitectura de la RNA, la cual consta de: 2 neuronas de entrada, 1 capa oculta con 20 neuronas y 3 salidas.

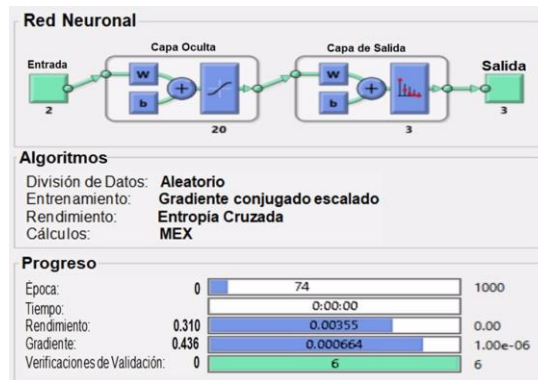


Figura 7. Herramienta de formación.

3. Resultados.

En esta sección se presentan los principales resultados de las pruebas realizadas; es importante mencionar que las pruebas se realizaron en un ambiente controlado. La primera prueba que se realizó, fue en un ambiente sin presencia de gas, la cual fue calculada por el modelo sin ningún problema, como se indica en la figura 8.

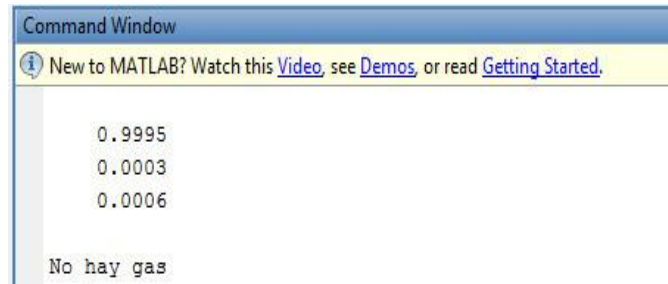


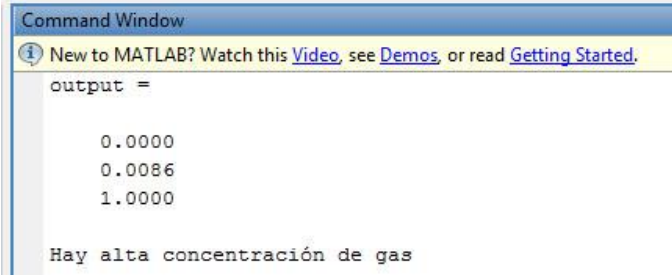
Figura 8. Resultado sin detección de Gas LP.

La segunda prueba fue realizada en un ambiente con una concentración media de gas, teniendo como parámetro una liberación continua por un lapso de tiempo de 1 minuto del mismo; como se puede observar en la Figura 9, el modelo determinó con facilidad la presencia media de gas.



Figura 9. Resultado de concentración media de gas LP.

La tercera prueba fue realizada en un ambiente con una concentración alta de gas, después de 3 minutos se observó la salida del modelo como se observa en la Figura 10.



```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
output =
    0.0000
    0.0086
    1.0000

Hay alta concentración de gas

```

Figura 10. Resultado de concentración alta de gas LP.

Conclusiones.

A través del prototipo de Nariz Electrónica se generó un modelo de predicción basado en Redes Neuronales Artificiales (RNA) de presencia de saturación de gas LP. Se determinó en tiempo real la detección de olores por medio del Sistema de Adquisición de Datos (DAS) y el modelo basado en RNA generado en el lenguaje de programación MatLab. Con el uso del algoritmo de *Backpropagation* para el entrenamiento de la RNA se pudo obtener un modelo de predicción confiable con una precisión de más del 98%. El prototipo generado, además de económico, resulta de gran ayuda en la detección de saturación de gas LP.

Referencias Bibliográficas.

- Ávila, J. (2013) Implementing an Electronic Nose for Organic Matter Detection in Garbage. *Conference: 2nd International Conference on TI*. Tlaxcala, Tlaxcala. Vol. 1. Año 2013.
- Benrekia, F., Attari, M., Bouhedda, M. (2013) Gas sensors characterization and multilayer perceptron (MLP) hardware implementation for gas identification using a field programmable gate array (FPGA). *Sensors, 13* (3), pp. 2967-2985. Año 2013.
- Brezmes, J., Llobet, E., Vilanova, X., Saiz, G., Correig, X. (2000) Fruit ripeness monitoring using an electronic nose. *Sensors and Actuators B: Chemical, 69*(3), 223-229. 2000.
- Durán, Acevedo, C.M. (2013) Optimización de una nariz electrónica a través de un método de selección de variables. *Revista: El Hombre y la Máquina*, núm. 41, enero-abril, 2013, pp. 56-63 Universidad Autónoma de Occidente Cali, Colombia.
- Gualdrón, Guerrero, O. E., Durán, Acevedo, C. M., Araque, Gallardo, J. A., Ortiz-Sandoval, J. E. (2014) Implementación de un modelo neuronal en un dispositivo hardware (FPGA) para la clasificación de compuestos químicos en un sistema multisensorial (nariz electrónica). *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. ISSN: 1692-7257. Volumen 2. Número 24. Año 2014.
- Hernández, C. T. R., & Galaviz, O. F. R. (2006) Clasificación de Datos de Olor de Café provenientes de una Nariz Electrónica Utilizando Redes Neuronales. *Universidad Autónoma de Tlaxcala*. 2016.
- Keller, P. E. (1995) Electronic noses and their applications. In *Northcon 95. IEEE Technical Applications Conference and Workshops Northcon95* (p. 116). IEEE. October 1995.
- Keller, P. E. (1999) Overview of electronic nose algorithms. In *Neural Networks, 1999. IJCNN'99. International Joint Conference on* (Vol. 1, pp. 309-312). IEEE. 1999.
- Lozano, J., García, A., García, C. J., Aleixandre, M., Santos, J. P., & Horrillo, M. C. (2004) Reconocimiento de patrones basado en redes neuronales y análisis de componentes independientes para narices electrónicas. *Universidad de Extremadura, Instituto de Física Aplicada, CSIC. España, 2004*.

- Matich, D. J., Ruiz, C. A., Basualdo, M. S. (2001)** Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario Departamento de Ingeniería Química. Marzo 2001.
- Melendez, D. A. (2015)** Normalización de datos obtenidos mediante un sistema de adquisición de datos que emplea la plataforma arduino para el reconocimiento de patrones de olor mediante una red neuronal. *Universidad Da Vinci A.C., Diciembre, 2015.*
- Moreno, I., Caballero, R., Galán, R., Matfá, F., Jiménez, A. (2009).** La nariz electrónica: Estado del arte. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI)*. ISSN: 1697-7912. Vol. 6, Núm. 3, Julio 2009, pp. 76-91.
- Rubio, J. D. J., Ortigoza, R. S., Avila, F. J., Melendez, A., & Stein, J. M. (2015).** A fuzzy inference system for the identification. *IEEE Latin America Transactions*, 13(9), 2823-2829.
- Song, K., Wang, Q., Liu, Q., Zhang, H., & Cheng, Y. (2011).** A Wireless Electronic Nose System Using a Fe₂O₃ Gas Sensing Array and Least Squares Support Vector Regression. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 11(1), 485–505. <http://doi.org/10.3390/s110100485>

Información de los autores.



Carlos Eduardo Carbajal Peñaloza es Ing. en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, cuenta con Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México. Labora en el ámbito privado internacional como Arquitecto de Soluciones para el sector de Telecom y TI en temas actuales de Transformación digital e Internet de las Cosas.



Abraham Jorge Jiménez Alfaro es Lic. en Ciencias de la Informática y Sistemas por la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional, tiene una maestría en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma Metropolitana Campus Azcapotzalco y cuenta con un doctorado en Ciencias en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es Líder del Cuerpo Académico en Formación “Ciencias en Tecnologías de Información, Sistemas y Comunicaciones” del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.



Édgar Corona Organiche es Lic. en Electrónica por la Universidad Autónoma de Puebla, tiene una maestría en Ciencia de Materiales por el Instituto de Física “Luis Rivera Terrazas” de la Universidad Autónoma de Puebla y cuenta con estudios de doctorado en Tecnología Avanzada en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es miembro del Cuerpo Académico en Formación “Ciencias en Tecnologías de Información, Sistemas y Comunicaciones” del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.



Noel Enrique Rodríguez Maya es Ing. en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Michoacán, tiene una Maestría en Ciencias Computacionales por el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada A.C. de Xalapa, Veracruz, cuenta con un Doctorado en Ciencias en Ingeniería Eléctrica opción Sistemas Computacionales por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es miembro del Cuerpo Académico en Formación "Sistemas Computacionales" del Instituto Tecnológico de Zitácuaro.

Prototipo mecatrónico para medir actividad óptica.

Mechatronic prototype for optical activity measuring.

Brian Alexis Zepeda Rojas (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
brian.alex_zero@hotmail.com

Sergio Mendoza Vázquez (2). Universidad Autónoma de Chiapas/Facultad de Ciencias en Físicas y Matemáticas.
smendoza@unach.mx

Jorge Luis Camas Anzueto (3). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
jcamas@ittg.edu.mx

Héctor Guerra Crespo (4). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
hguerra@ittg.edu.mx

Salomón Velasco Bermúdez (5). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
svelasco@ittg.edu.mx

Artículo recibido en noviembre 12, 2018; aceptado en diciembre 04, 2018.

Resumen.

En este artículo se reporta la construcción de un prototipo, que permita observar la existencia de actividad óptica en líquidos como el agua azucarada, esto con el fin de estudiar distintos tipos de mezclas y observar su dependencia en función de la rotación de la polarización de la luz LASER. Este prototipo incluye un cristal que polariza la luz y su movimiento de rotación. Está automatizado a través de la programación de un arduino que controle el movimiento del polarizador a un mínimo de 1°. Se presentan resultados de actividad óptica de agua con azúcar.

Palabras clave: Mecatrónica, óptica, prototipo.

Abstract.

This article reports a prototype's construction which allows to observe the existence of optical activity in liquids such as sugar water, in order to study different types of mixtures and observe their LASER light's polarization rotation dependency. This prototype includes a crystal which polarizes light. Its rotation movement is automated through an arduino card's programming that controls the movement of the polarizer to a minimum of 1 degree. Results of optical activity of sugar water are presented.

Keywords: Mechatronics, optics, prototype.

1. Introducción.

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. Métodos.

Para llevar a cabo el prototipo automatizado, es necesario la programación para el uso eficiente del arduino y generar los movimientos angulares controlados. Para ello, se utilizó una lógica simple, es decir, al accionar un switch de presión el motor a pasos realizaría dos vueltas, es decir, giraría 720° grados, con la finalidad de observar la polarización de la luz láser. Dada esta condición, se procedió a utilizar dos arduinos (UNO). En el primer arduino se programó el encendido y el apagado de las bobinas del motor acorde a la secuencia de arranque, para que se encuentre protegido con la etapa de potencia. En el segundo arduino se programó el tiempo de duración que tarda enclavado el pulso del switch de presión, el cual, el primer arduino lo tomará como una señal de entrada.

Durante la programación se realizaron pruebas de potencia con la finalidad de ir observando el comportamiento del motor, además de visualizar la capacidad de mover todo el sistema de engranes, sin embargo, el amperaje del arduino no era suficiente para lograr el movimiento, por lo que se acopló una fuente externa, como un eliminador de voltaje cuyo voltaje y corriente es de 5V/2A cumpliendo con las necesidades para lograr el movimiento del motor con el engranaje sin problema alguno. En la figura 1 se presenta el código de la programación del arduino número 1 y el arduino número 2.

a) Primer arduino.

```

BRIN
const int buttonPin = 2; // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 13;
int buttonState = 0;
const int buttonPin2 = 3;
int buttonState2 = 0;

void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);
  if (buttonState == HIGH)
  {
    digitalWrite(7, HIGH);
  }
}

```

```

BRIN
delay (50);

digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(4, HIGH);
delay (50);
digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(4, LOW);
delay(50);
digitalWrite(7, HIGH);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(4, LOW);
delay (50);
}
else
{ digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(4, LOW);
}
}

```

b) Segundo arduino.

```

BRIN $
// constants won't change. They're used here to
// set pin numbers:
const int buttonPin = 4; // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 13; // the number of the LED pin

// variables will change:
int buttonState = 0; // variable for reading the pushbutton

void setup() {
  // initialize the LED pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin, INPUT);
}

void loop() {
  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState = digitalRead(buttonPin);

  // check if the pushbutton is pressed.
  // if it is, the buttonState is HIGH:
  if (buttonState == HIGH) {
    // turn LED on:
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(34000);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
}

```

Figura 1. a) Código de programación de arduino número uno, b) código de la programación del arduino número 2.

3. Desarrollo.

La actividad óptica se puede entender como una birrefringencia circular, fenómeno en el que un material presenta doble índice de refracción a la luz circularmente polarizada. A este fenómeno se le llama birrefringencia o doble refracción la cual es una propiedad óptica de ciertos cuerpos que consiste en desdoblarse un rayo de luz incidente en dos rayos linealmente polarizados de manera perpendicular entre sí. Cuando un compuesto ópticamente activo rota la luz

polarizada en el sentido de las agujas del reloj, se dice que es dextrógiro y se representa por (+). Las sustancias que rotan la luz en sentido contrario a las agujas del reloj, son levógiros y se representa por (-).

Para probar el prototipo mecatrónico de rotación de polarizadores, se procedió a caracterizar la actividad óptica de un líquido común y fácil de preparar como lo es el agua de azúcar. La preparación de las muestras se llevó a cabo con 100 ml. de agua destilada a temperatura ambiente (21 °C), mezclándolo con dosis de 20 gr de azúcar, experimentando muestras de 1 a 5 dosis. La solución agua/azúcar se deposita en un pequeño contenedor de plástico transparente de 25x10 cm por lado, permitiendo que la luz viaje a través del material, a la misma distancia. La luz es detectada en el polarímetro sensible al infrarrojo cercano (700-1000 nm), el cual permite medir la variación de la polarización de la luz en función a la cantidad de azúcar mezclada con agua destilada. En la figura se presenta el arreglo experimental que se utilizó para verificar el funcionamiento del prototipo mecatrónico. Se utilizó un láser He-Ne con emisión en el rojo. En una configuración lineal, se hace viajar la luz a través de una solución de agua/azúcar colocada en un contenedor transparente, cuyo material no presenta actividad óptica (Figura 2). A distintas concentraciones de azúcar en agua. Se evalúa la rotación en el plano de polarización de la luz mediante el uso de este sistema. Se comienza analizando la luz de láser directamente con el sistema para conocer sus características de polarización y descartar efectos causados externamente, técnicamente obtenemos la ley de Malus. Se coloca en el recipiente sólo agua destilada y se verifica que no haya ningún cambio en el ángulo de polarización.

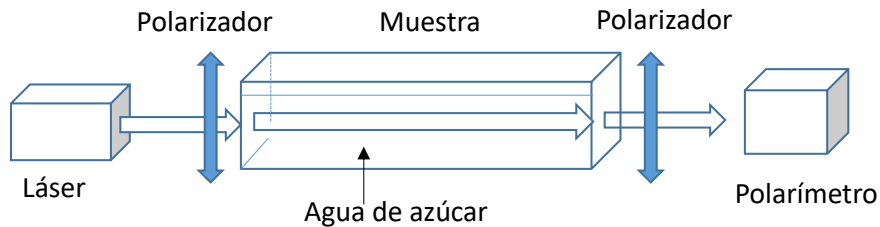


Figura 2. Arreglo experimental de la caracterización de la actividad óptica de agua con azúcar.

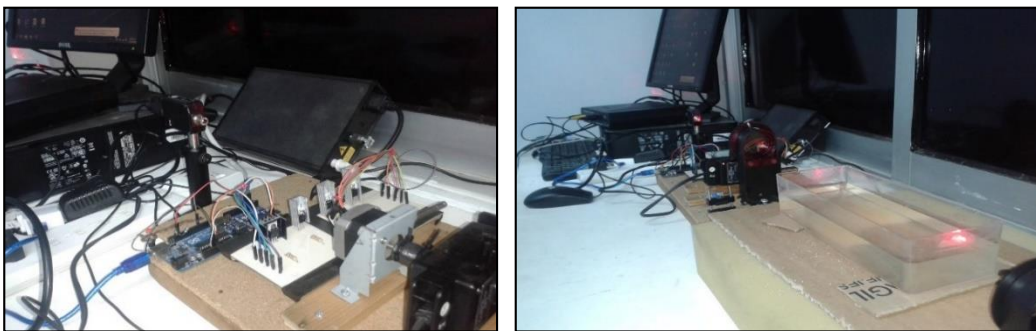


Figura 3. A) Imagen de la Conexión del arduino al motor a paso que controla el movimiento del polarizador, b) Imagen de la luz que atraviesa el medio activo.

Para probar el sistema, se hizo pasar el láser He-Ne de 30 mW de potencia, sólo por el polarizador, es decir, sin el medio activo, como se muestra en la figura 3 b), en esta prueba, lo que debemos encontrar es la ley de Malus, indicada en la siguiente ecuación:

$I = I_0 \cos^2 \theta$	1
-------------------------	---

Donde I es la intensidad de salida, I_0 es la intensidad de luz de entrada la cual es de 30 mW y θ es el ángulo en que va rotando el polarizador o analizador, que es el que está controlado a través de este sistema y esta calibrado para que de dos vueltas completas, es decir, $\theta = 720^\circ$. Esto se muestra en las gráficas de la figura 4.

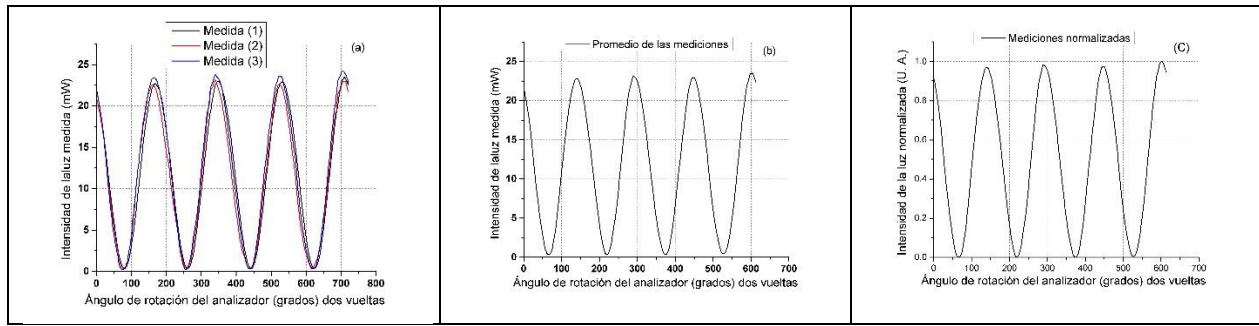


Figura 4. a) Ley de Malus experimental, b) promedio, c) normalizada.

En la figura 4 a), se muestra las medidas tomadas por el sistema, como mencionamos es la ley de Malus, se tomaron tres mediciones para ver la repetibilidad de las mediciones del sistema, en la figura 4b), se hace un promedio de estas mediciones, esto para minimizar los errores de medición y en la figura 4c), se muestra la normalización que se hace a estas gráficas, esto se hace porque no vamos a ver los cambios de intensidad, ya que estos serán distintos debido a la dispersión de la luz que habrá cuando ésta atraviese cada sustancia a la cual se medirá la actividad óptica, ya que esta actividad se manifiesta como un corrimiento de fase de la señal de salida, como se verá más adelante cuando se hagan las mediciones para agua con azúcar.

Retomando nuevamente la figura 3b), ahora hacemos pasar la luz del láser en un medio distinto al aire, colocamos ahora agua, sabemos por la amplia literatura en este sentido, que el agua sola no presenta actividad óptica, por lo tanto eso debemos esperar. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 5.

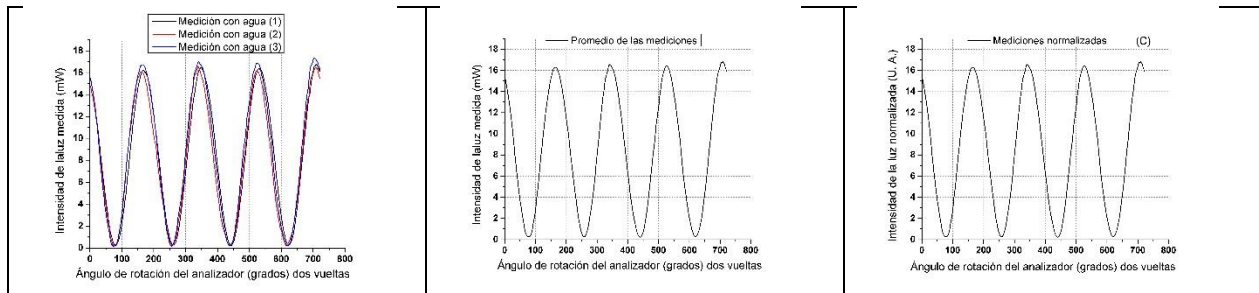


Figura 5. a) Ley de Malus experimental, b) promedio, c) normalizada.

En la figura 5^a, se muestra tres mediciones para ver nuevamente la repetibilidad y la única diferencia que observamos entre estos resultados y cuando no tiene agua el sistema es una menor intensidad de detección, esto ya lo habíamos dicho, que se debe a la dispersión de la luz en el agua. El resto de las figuras 5b) y 5c) es el mismo procedimiento hecho en la figura 4b) y 4c), que es un promedio y una normalización. Este procedimiento se hará en las siguientes mediciones cuando se vaya agregando azúcar al agua y ver qué sucede con las gráficas de salida.

Para esto se tomaron muestras de 1 a 5 dosis de azúcar, cada una de 20 hasta 100 gr disueltas en 500 ml de agua destilada.

Se realizaron 5 mediciones para cada muestra de azúcar se promediaron y se normalizaron finalmente se colocan en una sola gráfica para observar el corrimiento que haya tenido debido a la actividad óptica.

Además, se notaron cambios en la graficas en función al incremento de la cantidad de azúcar, es decir, entre más azúcar se iba agregando, el agua azucarada se iba saturando, hasta llegar a un nivel de saturación que impedía el paso de la luz. Esto indica cierta absorción del medio; y dado que esto es independiente de la rotación óptica, se pudieron sintetizar los resultados en la rotación del ángulo acimutal. La sacarosa mostró en todo momento comportamiento dextrógiro.

En la muestra al 100% saturada, la luz presentaba una polarización a un ángulo acimutal a 50° , con lo que se muestra la actividad óptica que presenta el agua con azúcar. Esto se muestra en la figura 6.

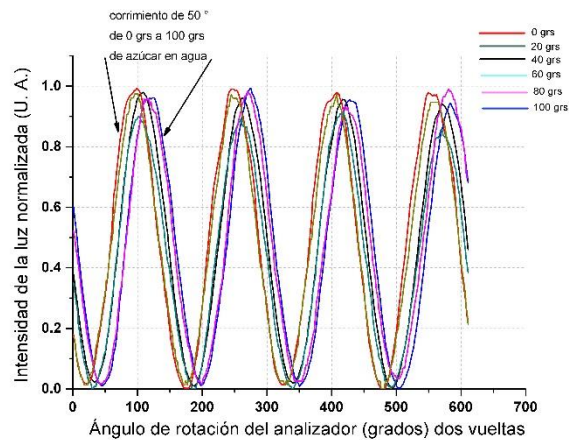


Figura 6. Actividad óptica mostrada por azúcar disuelta en agua.

En esta figura se muestra como a través de un sistema simple podemos analizar el fenómeno de actividad óptica, otro método puede ser usando un polarímetro, pero estos dispositivos tienen un costo muy alto, hasta 100 o 200 veces más que este prototipo.

Conclusiones.

Con este proyecto de investigación se pretende realizar más estudios sobre la actividad óptica que se presenta en distintos fluidos como el agua con diferentes contaminantes como es el cloro, jabón líquido, y otros más. Durante este periodo de residencia profesional se logró hacer dos tipos de experimentos uno de ellos es el de la mezcla sal-agua donde se llegó a la conclusión que ese tipo de medio no existe actividad óptica, después se hizo el estudio con el azúcar-agua donde se obtuvieron resultados favorables ya que en este tipo de medio si hay actividad óptica, con esto se comprobó varios puntos en cuestión de la realización del proyecto donde se observó que tiene una funcionalidad favorable a el prototipo del mismo modo un paso más en el estudio de contaminantes en distintos tipos de fluidos, para iniciar se realiza en el agua. Finalmente, al evaluarse muestras simples de soluciones de agua con contenido de azúcar, concluimos que se pudo observar que la rotación del plano de polarización es un efecto muy sensible e instantáneo, y si presenta actividad óptica.

Todo esto con ayuda de la electrónica con el fin de automatizar todo el sistema de medición, así es como se llevó a cabo todo el procedimiento de la construcción y la investigación de la actividad óptica en medios líquidos como el agua.

Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 6360.17-P.

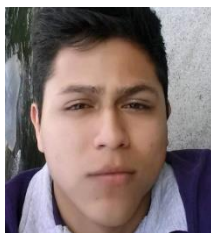
Agradecimientos.

Los autores agradecen a la facultad de Ciencias en física y Matemáticas por haber facilitado los equipos de óptica para lograr en buen término el proyecto.

Referencias Bibliográficas.

- Cortez-González, Luis; Selvas-Aguilar, Romeo; Castillo-Guzmán, Arturo; Ceballos-Herrera, Daniel**, *Medición de la actividad óptica de la sacarosa para la construcción de un glucómetro*, Acta Universitaria, 26:1, 117-19, 2016. ISSN: 0188-6266.
- D. Hanumes h. Kumar, C.Nagaraja, K. Muralidhara Reddy, L. Uma Chandi**, *A Review on the measurement of optical activity: Polarimetry and Spectropolarimetry*, International Journal of Advanced Research in Electrical, 4:11, 9241-9245, 2015. ISSN (Print): 2320 – 3765, ISSN (Online): 2278 – 8875.
- Laurence D. Barron**, *Molecular Light Scattering and Optical Activity*. Editorial Cambridge University Press, ISBN: 0521813417. 2009.
- Laurence E. Nafie**, *Vibrational Optical Activity*, Applied Spectroscopy, 50:5,14A-26A, 1996.
- Laurence E. Nafie**, *Vibrational Optical Activity: Principles and Applications*. Editorial John Wiley & Sons, Ltd. SBN: 978-0-470-03248-0. 2011.
- Peer Fischer and Francois Hache**, *Nonlinear Optical Spectroscopy of Chiral Molecules: A Review*, Chirality 17, 421–437 (2005).
- Yanan He, Bo Wang, Rina K. Dukor, Laurence D. Nafie**, *Determination of Absolute Configuration of Chiral Molecules Using Vibrational Optical Activity: A Review*, 65:7, 699-723, 2011.

Información de los autores.



Brian Alexis Zepeda Rojas nació el 20 de julio de 1993, en Ixhuatán, Chiapas, México, estudió en la escuela primaria Justo Sierra Méndez, la secundaria técnica #83, y el bachillerato en COBACH plantel 76 representando a dicho plantel en ciencia y conocimiento en física general. Graduado de la Carrera en Ingeniería Electrónica 2017, la residencia profesional la desarrolló en el laboratorio de óptica de la Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas de la UNACH. Su área de interés es electrónica, mecatrónica, optoelectrónica.



Sergio Mendoza Vázquez graduado como Ingeniero en Electrónica 1996 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). En 2006 Investigador de la Benemérita Universidad Autónoma

de Puebla (BUAP). Actualmente docente-investigador en la Licenciatura en Física y Matemáticas en el CEFyMAP de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Su área de interés es optoelectrónica, fibras ópticas, comunicaciones y óptica no lineal.



Jorge Luis Camas Anzueto es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, Miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



Héctor Guerra Crespo es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995. www.hectorguerracrespo.com



Salomón Velasco Bermúdez es graduado como Ingeniero en electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe del Departamento de Actividades Extraescolares en el periodo comprendido de Enero-2010 a Septiembre-2016, colaboró con el Departamento de Ciencias Básicas en donde impartió las asignaturas de Probabilidad y Estadística, Álgebra Lineal, Métodos Numéricos y Fundamentos de Física. Actualmente es Jefe del Departamento de Servicios Escolares y docente de la carrera Ingeniería Electrónica. Su área de interés es el diseño de sistemas electrónicos y sus aplicaciones.

Sistema de reconocimiento de expresión facial para para niños con autismo.

Facial expression recognition system for children with autism.

Álvaro Hernández Sol (1).

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.

ing_sol10@yahoo.com.mx.

Víctor Eduardo Simuta López (2), Estudiante TecNM campus Tuxtla Gutiérrez, eduardo.1092@hotmail.com.

Raúl Moreno Rincón (3). TecNM campus Tuxtla Gutiérrez. rmoreno@ittg.edu.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (4). TecNM campus Tuxtla Gutiérrez. jzepeda@ittg.edu.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (5). TecNM campus Tuxtla Gutiérrez. aaguilarc@ittg.edu.mx.

Osbaldo Ysaac García Ramos (6). TecNM campus Tuxtla Gutiérrez. ogarcia@ittg.edu.mx.

Artículo recibido en agosto 15, 2018; aceptado en septiembre 25, 2018.

Resumen.

El presente artículo describe el diseño de un sistema neuronal para el reconocimiento de expresiones faciales para niños con problemas de autismo. Al utilizar este sistema en un prototipo gesticulador el niño podrá ver reflejado en la expresión facial que presente en todo momento, además el sistema le indicara por medio de voz cuál es su estado de ánimo en ese instante. El software diseñado para detectar las expresiones faciales realiza la adquisición, segmentación y reconocimiento de imágenes, utilizando para esto último una red neuronal con retropropagación. Se realizaron pruebas de laboratorio en las cuales se obtuvieron un 84.4% de aciertos en la identificación de la expresión facial capturada. La finalidad de este sistema es lograr integrar un prototipo que ayude a los niños con autismo a distinguir y reconocer los gestos emocionales para que se puedan comunicar a través de expresiones faciales con el resto de la sociedad.

Palabras claves: Expresión facial, redes neuronales, autismo.

Abstract.

This article describes the design of a neuronal system for the recognition of facial expressions for children with autism problems. By using this system in a gesticulating prototype, the child will be able to see his facial expression reflected at any time. In addition, the system will indicate by voice what is the state of mind of the child at that moment. The software designed to detect facial expressions performs the acquisition, segmentation and recognition of images, using a neural network with backpropagation for the latter. The results of laboratory tests show that 84.4% of correct answers were obtained in the identification of the captured facial expression. The purpose of this system is to integrate a prototype that helps children with autism to distinguish and recognize emotional gestures so that they can communicate through facial expressions with the rest of society.

Keywords: Facial expression, neural networks, autism.

1. Introducción.

La comunicación es fundamental para el desarrollo social del ser humano. De hecho, la vida en comunidad no puede concebirse sin la facultad de acceder a la información que se genera en los diferentes entornos. Entre las diversas formas de comunicación, la expresión fácil es la más común y acompaña a la persona, como herramienta de sociabilización, durante toda su existencia.

Cuando, por cualquier motivo, la persona se ve impedida para expresar sus emociones, en su rostro, esto limita de manera importante su integración al medio social en el cual se desenvuelve. La dificultad de las personas autistas para comunicar sus emociones disminuye, significativamente, su capacidad de interacción social; en consecuencia, su desarrollo educativo, profesional y humano queda restringido seriamente, lo que limita las oportunidades de inclusión que todo ser humano merece, y esto representa un acto discriminatorio.

Las estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI, 2010) indican que en México existen 5,739,270 personas alguna discapacidad o problema de salud; de las cuales el 4.6% presentan problemas con el poner atención y la capacidad de aprender, siendo el estado de Chiapas el vigésimo estado con personas con esta discapacidad. Con una población de 4288 personas, superando a Querétaro (4056), Morelos (3909), Tabasco (3705), Zacatecas (3543), Durango (3489); Aguascalientes, Nayarit, Tlaxcala, Quintana Roo, Campeche, Colima y Baja California Sur (todos con menos de 3000 casos registrados).

Los niños autistas son personas con trastorno del desarrollo neurológico que afecta la comunicación, el aprendizaje y la vida social. Teniendo como actitud fundamental ser personas ensimismadas, que limita su interacción con el resto de la comunidad, en especial, con sus familiares cercanos. Es por esta razón que se pretende entender mejor su proceso de socialización y facilitar la integración a la sociedad.

Como menciona Polaino (1997), *“el proceso de integración de las personas con este comportamiento ha permitido generar programas de apoyo dirigido a los padres y familiares, que contribuyen a atenuar las discrepancias existentes entre el comportamiento del niño autista en el hogar y en la sociedad en general”*. En su artículo Leo Karnner (1943) menciona las dificultades que presentan para establecer relaciones interpersonales y con el mundo entero en general, y por otro lado de las alteraciones del lenguaje. García (2014) menciona que a estos niños *“Les cuesta entender las normas sociales y tampoco entienden las frases con doble sentido, bromas, lenguaje metafórico o muchas de las expresiones emocionales (tristeza, odio, alegría, enfado...) y presentan dificultades para establecer relaciones de amistad o amor”*.

Solucionar este problema es de gran importancia, con un software que sea capaz de usar expresiones faciales, el niño autista aprenderá a reconocer sus gestos emocionales y el significado de cada una de ellas, a través de su interacción con el prototipo. Las herramientas actuales con las que cuenta los institutos de Chiapas son un poco difíciles para el niño ya que tiene que interactuar con las personas la cual es algo complicado para ellos, debido a su timidez para relacionarse con los demás.

Implementando un software a través de una computadora y una cámara web; se creará una interfaz gráfica para el procesamiento digital de imágenes con la cual el niño autista podrá interactuar para que se obtengan algunas partes que serán de interés para el entrenamiento de redes neuronales como son los ojos, cejas y boca, todo esto se logrará a través del procesamiento de imágenes, redes neuronales y una programación en Matlab.

2. Métodos.

Procesamiento digital de imágenes.

El objetivo del procesamiento de imágenes es mejorar la calidad de las imágenes para su posterior utilización o interpretación a través de técnicas que se aplican a las imágenes digitales. Dicho procesamiento se efectúa dividiendo la imagen de un arreglo rectangular de píxeles. Los valores de la luminosidad de cada píxel, con sus coordenadas que

indican su posición, definen completamente la imagen, todos estos números se almacenan en la memoria de la computadora (Proakis, 2007). El siguiente paso a seguir es alternar los valores de la luminosidad de los píxeles mediante las operaciones o transformaciones matemáticas necesarias, a fin de hacer que resalten los detalles de la imagen que sean convenientes, el paso final es pasar la representación de estos píxeles con el fin de mostrar la imagen procesada, tal y como se puede observar en la figura 1.

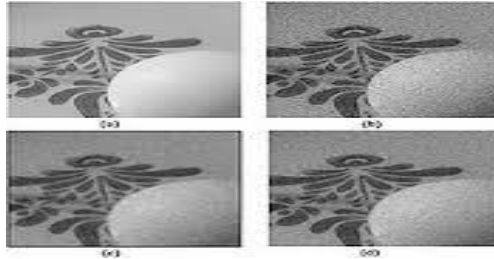


Figura 1. Procesamiento digital de una imagen

En la figura 2 se observan los componentes principales de todo procesamiento digital de imágenes, el cual depende en gran medida de sus componentes que lo forman, existiendo seis partes primordiales para que se obtenga un procesamiento adecuado de la imagen.

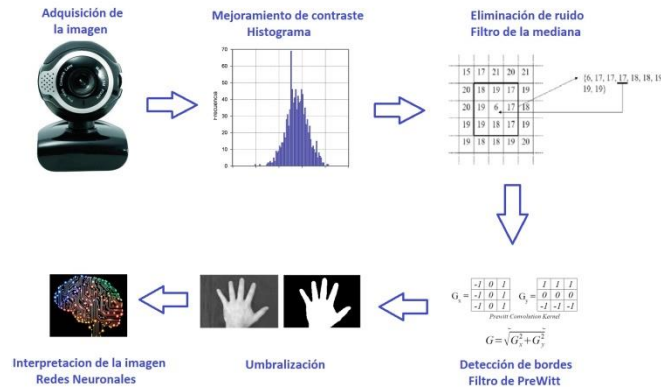


Figura 2. Etapas de un procesamiento de imágenes.

La primera etapa que se implementó para el procesamiento de imágenes del sistema de expresiones faciales fue la adquisición de la imagen, para lo cual se utilizó la cámara web de una computadora para capturar los rasgos faciales de una persona; la segunda etapa fue la mejora de contraste para lo cual se implementó el histograma ya que con el se propaga los valores de intensidad en todo el rango de la imagen y le da valores altos y bajos que dan lugar a un buen contraste. Como tercera etapa se hizo uso un filtro de mediana para eliminar ruido de la imagen, se utiliza este método ya que es más eficaz cuando el objetivo es reducir el ruido pero se quieren preservar los bordes. La cuarta etapa es la detección de bordes para la cual se utiliza Prewitt ya que con él se regresan bordes en aquellos puntos donde el gradiente de la imagen es máximo, la quinta etapa es la umbralización de la imagen con lo cual se convierte una imagen en escala de grises a una nueva con solo de dos niveles, de manera que los objetos queden separados del fondo. La sexta etapa es la interpretación de la imagen donde se obtiene el resultado del procesamiento de la imagen.

Redes neuronales artificiales.

Las Redes neuronales artificiales o RNA, son nuevos modelos de procesamiento de información, inspirados por la forma en que el cerebro procesa información, aunque son una simplificación de las redes neuronales biológicas. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas que colaboran entre sí para producir un estímulo de salida (Freeman

J.,1993).

Elementos de una red neuronal artificial.

Medina A. (2013) menciona que “Una neurona artificial es un modelo simplificado de una neurona biológica; en este modelo, los elementos de la célula neuronal son representados por bloques que indican operaciones matemáticas con las señales”. Todas las señales que son representadas por flechas, son de tipo numérico real. Al igual que una neurona biológica, una neurona artificial posee muchas entradas y una sola salida, que se puede aplicar a muchas otras neuronas de la red.

En las redes neuronales artificiales, los valores de las conexiones sinápticas entre neuronas, son considerados como parte de la estructura de la neurona.

Así, las señales en las entradas de una neurona artificial, son tomadas directamente de las salidas de otras neuronas, luego, dentro de la neurona artificial, estas señales son modificadas según sus valores sinápticos.

Estructura de una red neuronal artificial.

Una neurona artificial posee diversas entradas ponderadas, un bloque sumador, una función de activación y su respectiva salida. En la figura 3, se muestra la estructura de una neurona artificial.

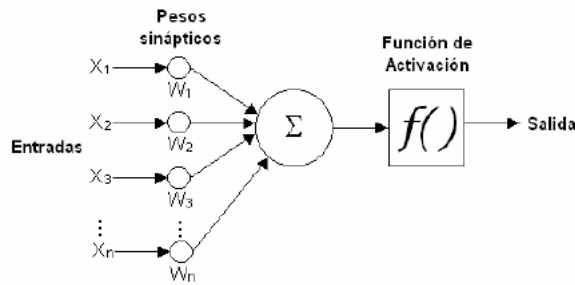


Figura 3. Estructura de una red neuronal.

Perceptron.

Las redes neuronales del perceptron son las más simples de implementar ya que tienen una arquitectura muy sencilla (figura 4). La salida de la red está dada por

$$a = \text{hardlim}(Wp + b) \tag{1}$$

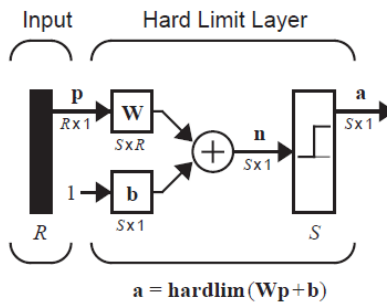


Figura 4. Arquitectura de red perceptron.

Contando con una matriz de pesos.

$$W = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,R} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \dots & w_{S,R} \end{bmatrix} \tag{2}$$

Con una matriz de pesos igual a.

$$W = \begin{bmatrix} 1w^T \\ 2w^T \\ \vdots \\ Sw^T \end{bmatrix} \tag{3}$$

Y un vector de la *i*-ésima salida definida como

$$a_i = \text{hardlim}(n_i) = \text{hardlim}(iW^T p + b_i) \tag{4}$$

De esta manera, si el producto de la *ith* fila de la matriz de pesos por el vector de entrada es más grande o igual a $-b_i$, la salida será 1, de otra manera será 0. Entonces cada neurona de la red divide el espacio de entrada en dos regiones (Freeman J.,1993).

Backpropagation.

La red neuronal de retropropagación es una de las redes neuronales multicapa como se puede ver en la figura 5.

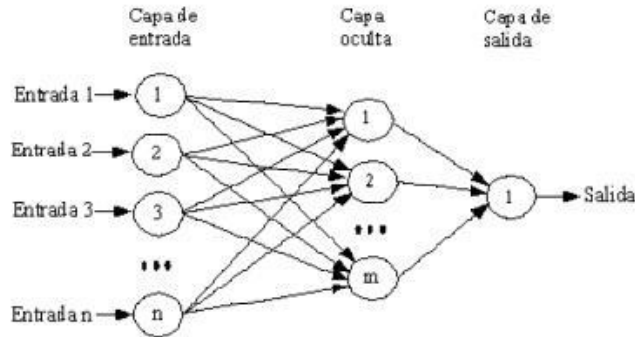


Figura 5. Red neuronal multicapa.

La salida que se obtiene en este tipo de red neuronal es la siguiente.

$$a^{m+1} = f^{m+1}(W^{m+1}a^m + b^{m+1}) \tag{5}$$

Para: $m=0, 1, \dots, M-1$.

Donde *M* es el número de capas de la red.

El algoritmo de retropropagación usa como índice de funcionamiento el error cuadrático medio.

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \dots, \{p_Q, t_Q\} \quad (6)$$

Donde p_q es una de las entradas de la red y t_q es la salida correspondiente.

El algoritmo debe ajustar los parámetros de la red para minimizar el error cuadrático.

$$F(x) = E[e^2] = E[(t - a)^2] \quad (7)$$

Aproximando el error cuadrático medio por medio de.

$$F(x) = (t(k) - a(k))^T (t(k) - a(k)) = e^T(k)e(k) \quad (8)$$

Donde la expresión del error cuadrático ha sido remplazada por el error cuadrático de la iteración k . (Reed, 1999).

3. Desarrollo.

La implementación del procesamiento de imágenes fue programado utilizando Matlab R2013a versión 8.1.0.604, la adquisición, la segmentación, técnicas para tratamiento de la imagen y la visualización del proceso a través de una interfaz gráfica.

Para la creación del software de adquisición y segmentación de imágenes se utilizaron el toolbox de algoritmo de Viola-Jones de Matlab del sistema de visión que ayuda a detectar partes fundamentales del rostro que son fundamentales en una expresión facial como son las cejas, ojos y boca para que después estas imágenes detectadas sean segmentadas y finalmente se haga el procesamiento digital de las imágenes.

Se programó una interfaz gráfica a través de axes para poder visualizar cada una de las partes del rostro segmentado y procesados tal y como se puede observar en la figura 6.

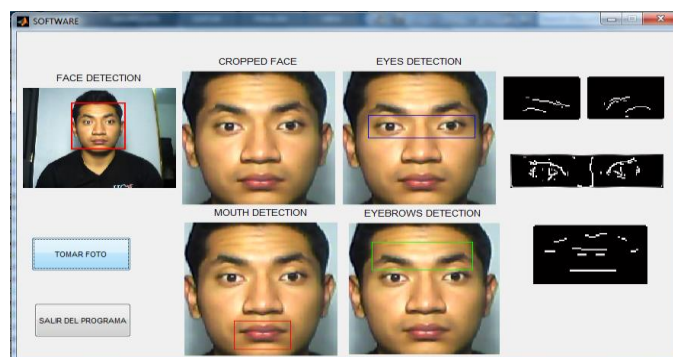


Figura 6. Interfaz gráfica de procesamiento y segmentación de imágenes.

Después del procesamiento digital de las imágenes y la segmentación de ojos, boca y ceja, se realizó el entrenamiento de la red neuronal con las imágenes capturadas. Para llevar a cabo este entrenamiento se utilizó el Neural Network Toolbox de Matlab. En este estudio para la creación, entrenamiento y simulación se utilizaron dos tipos de redes neuronales (Perceptron y Backpropagation).

Se implementa una red de perceptron simple para el reconocimiento de imágenes visuales, donde los pixeles que conforman la imagen serán usados como entradas a la red neuronal y los valores de la salida de esta red deben corresponder con la clase a la que pertenece esta imagen.

Se llevó a cabo el entrenamiento de las redes considerando tres tipos de expresiones faciales (serio, feliz, enojado). Para esto se tomó un conjunto variable de imágenes de cada clase para que la red obtenga las características de cada expresión; además se le implemento un tratamiento a la imagen antes de integrarse a la red neuronal para tener una mejor eficiencia de la red. Del rostro nos interesa la boca, cejas y ojos. En la figura 7 se pueden observar los doce tipos de imágenes del rostro de una persona que se utilizaran para entrenar la red neuronal.

Cada una de las expresiones que se requieren identificar tiene asignado una combinación binaria como salida. La combinación de estas salidas son usadas para determinar la expresión facial presentada en la imagen capturada.

Se utilizaron 1000 imágenes en total tanto para el entrenamiento de la red perceptron así como para la red Backpropagation. de las cuales sólo se entrenaron 900 imágenes y las restantes se usan para comprobar la funcionalidad que tiene la red para detectar los diferentes tipos de cejas, ojos y boca que se obtienen después de la captura de las imágenes con la cámara web de la computadora.

En este caso se diseñó dos perceptron y dos redes de retropropagación multicapa (tres capas), con una capa de entrada de acuerdo al tamaño de pixeles de cada una de las características a identificar. Una capa oculta de 5 y de 25 neuronas y una capa se salida de 2 neuronas. Ver tabla 1.








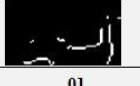




BOCA		
BOCA ENOJADA	BOCA NORMAL	BOCA FELIZ
		
00	01	11
CEJA DERECHA		
CEJA NORMAL	CEJA ENOJADA	CEJA ARQUEADA
		
00	01	11
CEJA IZQUIERDA		
CEJA NORMAL	CEJA ENOJADA	CEJA ARQUEADA
		
00	01	11
OJOS		
OJOS ABIERTOS	OJO DERECHO CERRADO	OJO IZQUIERDO CERRADO
		
00	01	11

Figura 7. Imágenes de cejas, ojos y boca para el entrenamiento de la red perceptron.

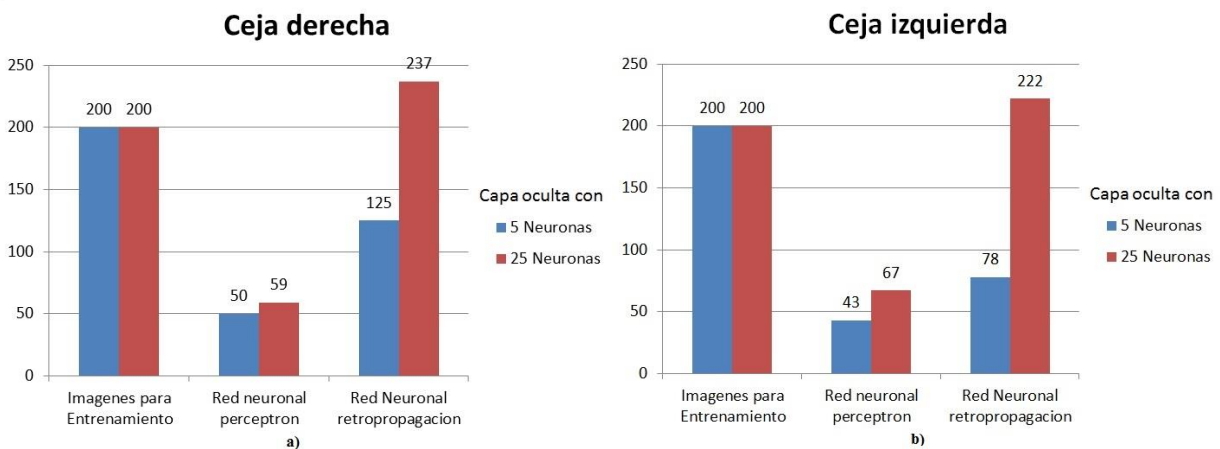
Tabla 1. Número de neuronas.

Característica	Capa			
	entrada	Oculta		Salida
		1ª red	2ª red	
Boca	5000	5	25	2
Ceja derecha	3600	5	25	2
Ceja izquierda	3600	5	25	2
Ojos	4500	5	25	2

Pruebas.

Para el entrenamiento de la ceja derecha se utilizaron 250 imágenes para las cuales se entrenaron 200 imágenes con la red neuronal (perceptrón y retropropagación) y las 50 restantes se utilizaron para comprobar la funcionalidad de la red. Al usar el perceptrón y el de retropropagación con una capa oculta de 5 neuronas solo se pudieron reconocer 50 y 125 cejas respectivamente. Al ver el pobre resultado se diseñó de nuevo con otras redes que tuvieran 25 neuronas en la capa oculta, logrando un incremento en las imágenes reconocidas (59 y 237 respectivamente). Tal y como se muestra en la figura 8.a).

En el caso del reconocimiento de la ceja derecha, boca y ojos también se usaron 250 imágenes en total, 200 de ellas fueron usadas para entrenar a la red. Teniendo como resultados los presentados en las figuras 8.b) y 9.

**Figura 8.** Reconocimiento de cejas. a) Derecha. b) Izquierda.

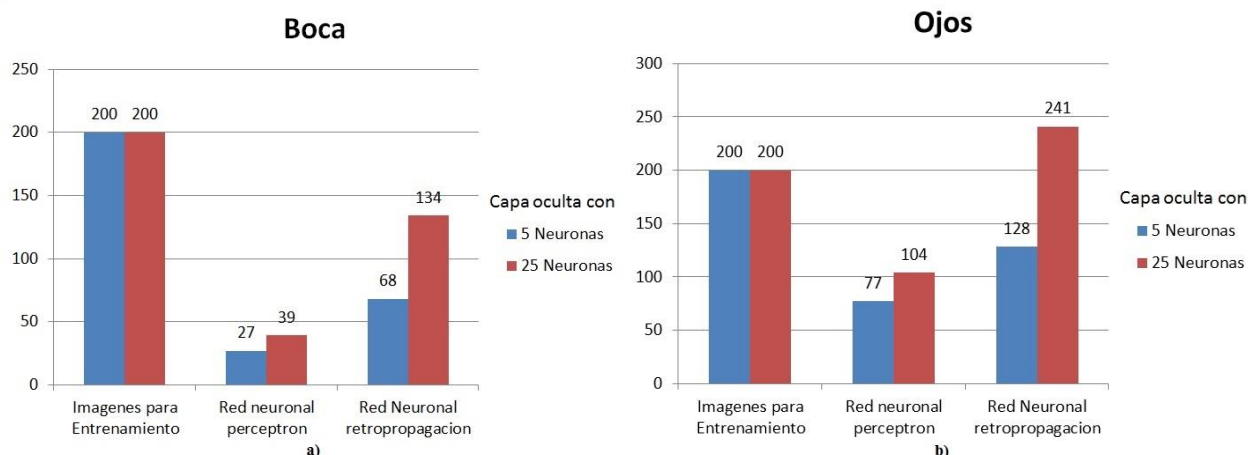


Figura 9. Reconocimiento. a) Boca. b) Ojos.

Resultados.

Tomando en cuenta las gráficas presentadas se puede observar que con la red perceptron sólo se obtuvo un incremento del 19.7% de imágenes reconocidas al 26.9% cuando se incrementaba las neuronas de la capa oculta. Mientras que en la red de retropropagación el incremento fue del 39.9% al 83.4% de imágenes reconocidas.

Como se puede observar en la red perceptron el incremento en la eficiencia fue poca ya que el porcentaje sólo se incrementó en un 7.2%, mientras que en la red de retropropagación se vio un incremento del 43.5% de imágenes reconocidas por el sistema, todo esto al incrementa de 5 a 25 las neuronas dentro de la capa oculta de la red.

Conclusiones.

Con las herramientas de redes neuronales y de procesamiento de imagen de toolbox de Matlab se hacen simulaciones y entrenamientos de una manera más rápida y sencilla, permitiendo por ejemplo definir el número de capas de nuestro entrenamiento, regla de aprendizaje, función de activación entre otras cosa así como usar los diferentes tipos de tratamientos para mejorar la imagen adquirida o detectar bordes e inclusive crear interfaz gráficas para el usuario para hacer los programas más impactantes.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 6847.18-P, de la convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica 2018-2 y las facilidades del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas.

- Freeman, James A. y Skapura, David M. (1993).** “Redes Neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación”. Estados Unidos: Editorial Addison Wesley Iberoamericana.
- García H., Laura. (2014).** “Trastorno del espectro autista en el aula de educación especial durante la etapa infantil: propuesta de intervención”. España. Tesis de Grado. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/6786/1/TFG-L625.pdf>

Hagan, Martin T.; Demuth, Howard B. y Beale Mark H. (2014). “Neural Network Design”. 2ª edición. Oklahoma State University.

Kanner L. Autistic disturbances of affective contact. Nerv Child 1943; 2: 217-50.

Medina Santiago, Alejandro. 2013. “Introducción a las redes neuronales con aplicación al control”. ITTG.

Polaino L., Aquilino y Domenech L., Edelmira. (1997). “El impacto del niño autista en la familia”. España. Editorial Rialp.

Proakis John G.; Manolakis Dimitris G. 2007. “Tratamiento digital de señales. principios, algoritmos y aplicaciones”. 4ª. Edición. Editorial Pearson-Prentice Hall.

Reed Russell D; Marks II Robert J. 1999. “Neural Smithing. Supervised Learning in Feedforward artificial Neural Networks”. A Brandford Book. The MIT press.

Referencias páginas de internet

Instituto nacional de estadística, geografía e informática (INEGI). (2017). “*Estadísticas de salud, discapacidad y seguridad social*”.

Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mdis03&s=est&c=35212>.

Información de los autores.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Siendo Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundó y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



Víctor Eduardo Simuta López es ing. Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Durante su etapa académica fue parte del Club de Robótica del I.T.T.G., siendo parte del equipo de diseño y construcción para los concursos del torneo de VEX ROBOTIC temporada 2012-2015. En la actualidad tiene a su cargo el área de ciencias experimentales en el

telebachillerato comunitario de Francisco Villa en la Trinitaria, Chiapas. Es asesor de los alumnos que participan en concursos de matemáticas. Además de desarrollar e implementar proyectos comunitarios tales como “Recursos de Energía Alternativa”. Se especializa en el desarrollo de aplicaciones. Experto en programación en Matlab.



Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



José Ángel Zepeda Hernández, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Certificado en SolidWorks Associate y SolidWorks Professional Avanzado, con Diplomado en Competencias para la enseñanza de las ciencias, Diplomado en Unreal Engine. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. y parte del grupo de investigación en la Universidad del Valle de México, con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y empresas privadas. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



Osbaldo Ysaac García Ramos, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Académico de Tiempo Completo en UVM desde 2005. Tiene 12 años de experiencia docente. Tiene Cursos especialización en Mecatrónica en Universidad de Esslingen Alemania, en la empresa Emco Salzburgo Austria, en la empresa Festo Estados Unidos y Festo México. Responsable técnico del proyecto de investigación “Consolidar un centro de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos funcionales y confortables e impulsados por energía limpia” junto con la empresa Invemex S.A de C.V., 2015. Ha desarrollado proyectos de investigación como ‘Sistema de medición de hélices de barco para la secretaria de marina financiado por Conacyt y Semar’, ‘Diseño y caracterización de Biomateriales a partir de macromicetos como alternativa al uso del unicef’ en el año 2014 (financiados por Conacyt). Tiene participaciones en congresos internacionales como congreso Tecnolaser Habana Cuba 2013 con artículo y ponencia ‘Método de registro automático de imágenes de rango tridimensionales para restauración de piezas arqueológicas’.

Sistema embebido basado en el monitoreo de consumo de energía eléctrica de electrodomésticos para el control del gasto.

Embedded system based on the monitoring of electrical energy consumption of household appliances for cost control.

Paulina Díaz Pérez (1).

Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, Tecnológico Nacional de México.

diazpau@hotmail.com

Violeta Guadalupe Clemente Arce (2), Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, violetaguadalupe@hotmail.com

Jorge Amadeo Ortiz Muñiz (3), Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, jorgeamadeoom@gmail.com

Artículo recibido en octubre 30, 2018; aceptado en noviembre 12, 2018.

Resumen.

Un instrumento importante en la medición de energía eléctrica es el sensor de potencia que mide la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento determinado en un electrodoméstico; para monitorear el consumo de energía eléctrica para compararlo con las indicaciones de datos técnicos especificado y corroborarlo en los resultados que permita localizar problemas de consumo excesivo de corriente eléctrica. La presente investigación consiste en el diseño e implementación de un sistema embebido que monitorea la potencia, empleando el principio de inducción electromagnética (Bobinas) para diseñar el sensor de potencia, enviando dicha señal al nano-arduino basado en su programación para buscar el método más económico y eficaz, implementando los componentes electrónicos para enviarlo vía web, utilizando el ESP 8266 que trae integrado una dirección IP, para enviar el dato monitoreado a la página web.

Palabras clave: Sensor de potencia, inducción electromagnética, sistema embebido.

Abstract.

An important instrument in the management of electrical energy is the power sensor that measures the amount of energy delivered by a particular element in an appliance; for monitoring the consumption of electrical energy to compare with the indications of the technical data and corroborate it in the results that are problems of excessive consumption of electric current. The present investigation consists in the design and implementation of an embedded system that monitors the power, using the principle of electromagnetic induction (Coils) for the power sensor, sending the signal to the nano-arduino based on its programming to search the most economic and effective method, implementing the electronic components to send it by web, using the ESP 8266 that brings an integrated IP address to send to the page web.

Keywords: Power sensor, electromagnetic induction, embedded system.

1. Introducción.

Actualmente se ha vuelto imprescindible que las empresas, edificios o cualquier organización cuente con un sistema de monitoreo de consumo eléctrico en las diferentes áreas críticas de funcionamiento.

La información del comportamiento actual de nuestra red eléctrica la generará el sistema de monitoreo de energía, esta información nos ayudará a tomar decisiones para la prevención de fallas que ocasionen el corte parcial o prolongado en áreas críticas, así mismo se podrá diagnosticar que líneas de la red está consumiendo demasiada energía y con base a ello, podemos mejorar nuestra red a partir de esta información, también nos ayuda a administrar mejor nuestras cargas y reducir costos de facturación.

Los sensores de corriente más comúnmente utilizados en medidores de energía son: sensores basados en el efecto Hall, Transformadores de corriente, Resistencias Shunt, Bobinas Rogowski (Armijos & Pesántez, 2016).

La bobina rogowski por poseer un núcleo de aire o de material no magnético le brinda linealidad y baja inductancia; es decir, pueden trabajar en un amplio ancho de banda y medir corrientes muy grandes gracias a su comportamiento sin saturación y pueden responder a tiempos de subida de pocos nanosegundos y entregar una salida proporcional a la derivada temporal de la corriente. También, este tipo de núcleo permite diseñar bobinas más delgadas y flexibles, lo que permite un mayor y fácil uso, sin embargo necesitan un circuito integrador a la salida para obtener una respuesta proporcional a la corriente y no son sensibles a corrientes muy pequeñas (Rojas, 2011).

Bajo esta premisa, nos dimos a la tarea de crear un sensor de potencia usando una bobina rogowski la cual es un transformador de corriente, consiste básicamente en una bobina con núcleo de aire de forma toroidal circulando la corriente a medir. Su uso como medidor de corrientes variables en el tiempo fue planteado por Rogowski y Steinhaus. Se basa, en que la corriente que se pretende medir crea un campo magnético alrededor del conductor por el que circula. Al situar la bobina rodeando este conductor, el campo magnético induce una diferencia de potencial entre los extremos de la bobina (Argüeso, 2005).

Después se desarrolló el algoritmo para conectar el sensor de potencia con el arduino y el ESP 8266 para enviar el monitoreo del sensor a una página web en tiempo real.

2. Métodos.

2.1 Diseño del medidor de potencia.

Para poder desarrollar el medidor de potencia, se buscó la bobina de rogowski a utilizar, en este caso se optó por una bobina T9B032 FALCO transformador de potencia a 5A/2mA -2500:1 (ver Fig. 1) y sus características son las siguientes:

- ACD de la gama actual de 20-150 (hasta 480 amps pico).
- Precisión Clase 1 IEC 10636 Transformador medidor de potencia electrónica.
- Error de amplitud es inferior a 0.1%.
- Error del ángulo de fase es inferior a 1%.
- Tensión nominal de 120/50/60 Hz AC.
- Clase térmica 130 °C.
- Acabado de resina epoxi.

Las ventajas del medidor de potencia electrónica: precisa, rápida adquisición de datos, control remoto y programación de pre-pago.



Figura 1. Bobina T9B032

Diagrama de conexión.

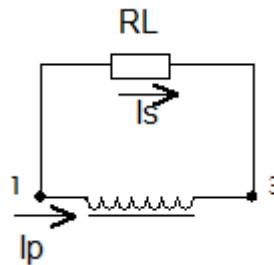


Figura 2. Diagrama de conexión de Bobina T9B032

El diseño del transformador quedó de la siguiente manera:

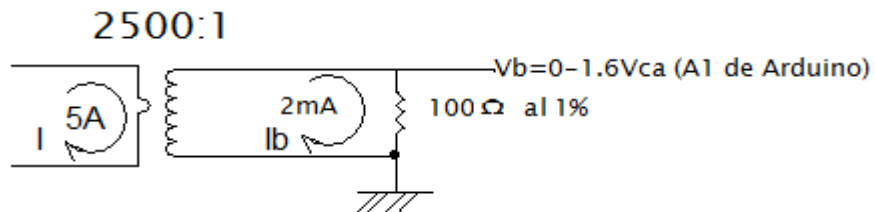


Figura 3. Transformador

Se obtiene la ecuación 1:

$$V_b = I_b(100\Omega) \quad (1)$$

Relación de transformación:

$$\frac{I}{I_b} = 2500$$

Despejando I_b obtenemos la ecuación 2:

$$I_b = \frac{I}{2500} \quad (2)$$

Sustituyendo ecuación 2 en ecuación 1

$$V_b = \frac{I}{2500}(100\Omega) = 0.04 I \quad (1)$$

$$V_b = 0.04I \quad (1)$$

Despejando a I (corriente) queda la ecuación de la siguiente manera:

$$I = 25V_b \quad (2)$$

$$V_b = 0.04 I \quad (1)$$

2.2 Integración del sensor de potencia con el nano-arduino.

Por diseño del circuito en la placa, era más factible poner la salida del V_b en el pin analógico A6, como se ve en la siguiente figura.

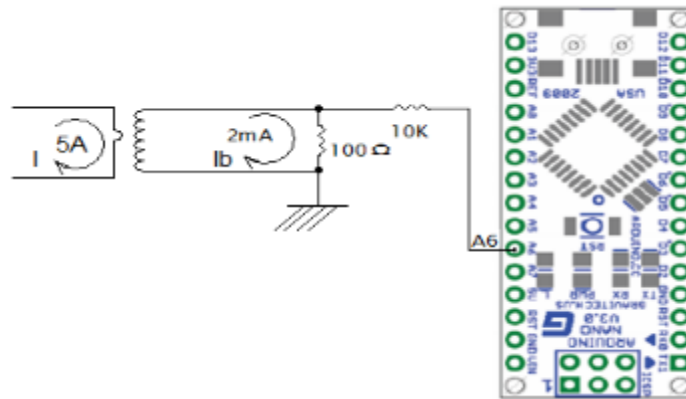


Figura 4. Sensor de potencia conectado al nano-arduino.

2.3 Integración del sensor de potencia con el nano-arduino y el ESP8266.

Consultamos la definición de los pines del nano-arduino en el manual de arduino (Thayer Ojeda, 2012) y en el datasheet del ESP8266 (www.espressif.com, 2018), consultamos la configuración de pines de este, para la integración del nano-arduino con el ESP8266, como se muestra en la siguiente figura.

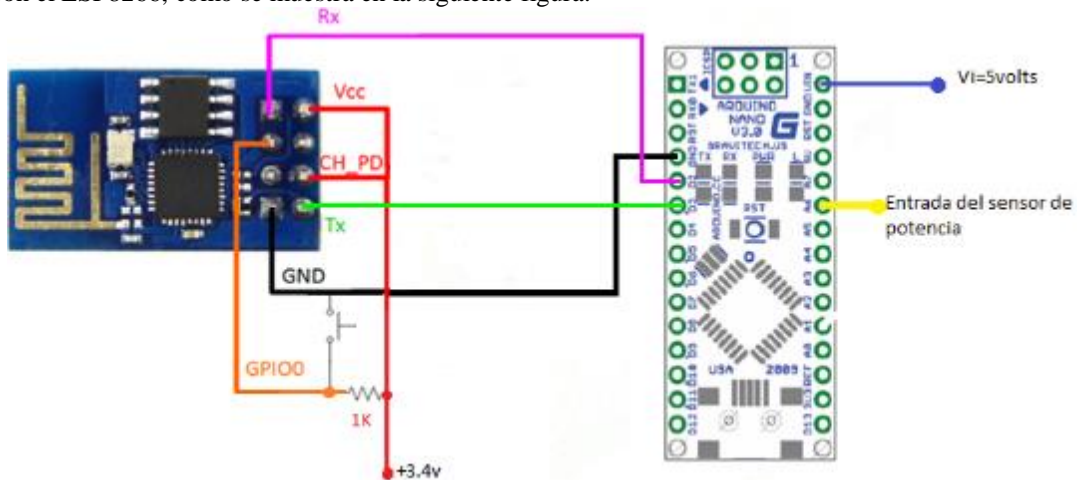


Figura 5. Integración del ESP-8266 con arduino nano

Para enviar la entrada del sensor de potencia, se configuró el ESP8266 con el arduino nano como lo muestra en la figura 5; este se configuró mediante los comandos AT.

2.4 Diagrama de flujo de la aplicación.

Diseño de la app (aplicación para que se pueda ver en la página web).

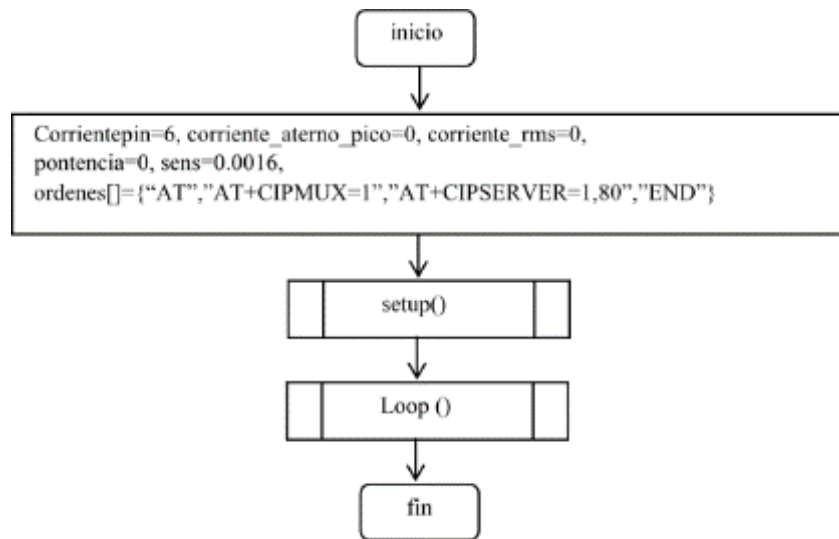


Figura 6. Diagrama de flujo de la aplicación del nano-arduino con el ESP-8266

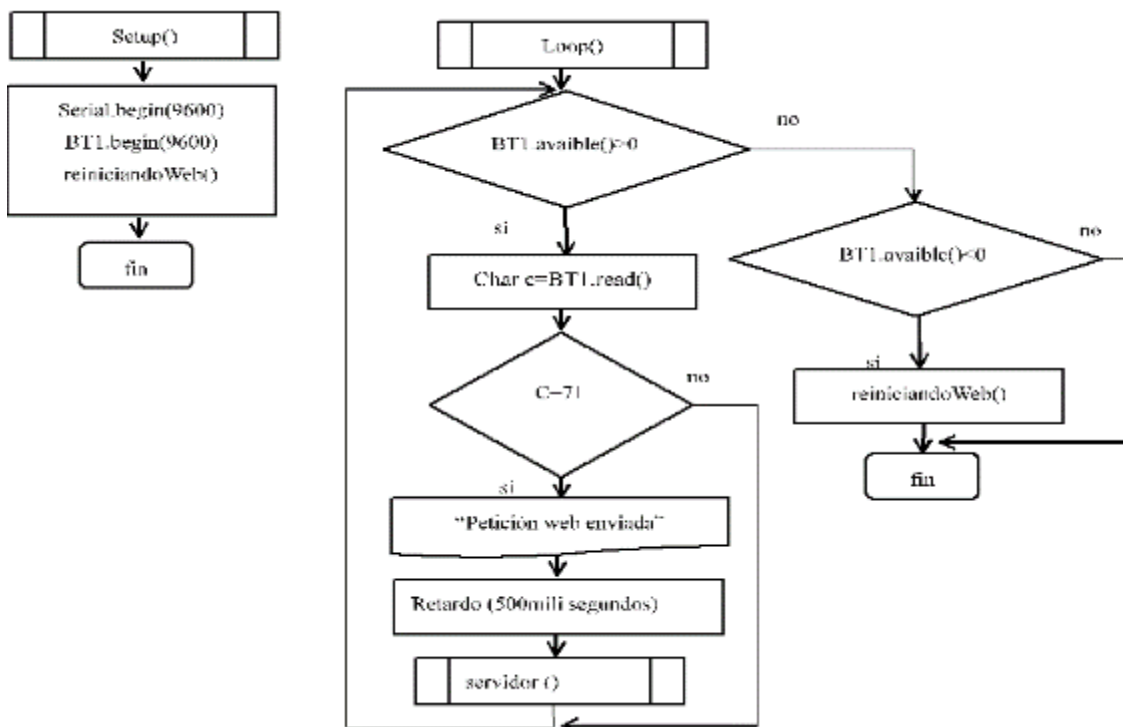


Figura 7. Función Setup () y Loop().

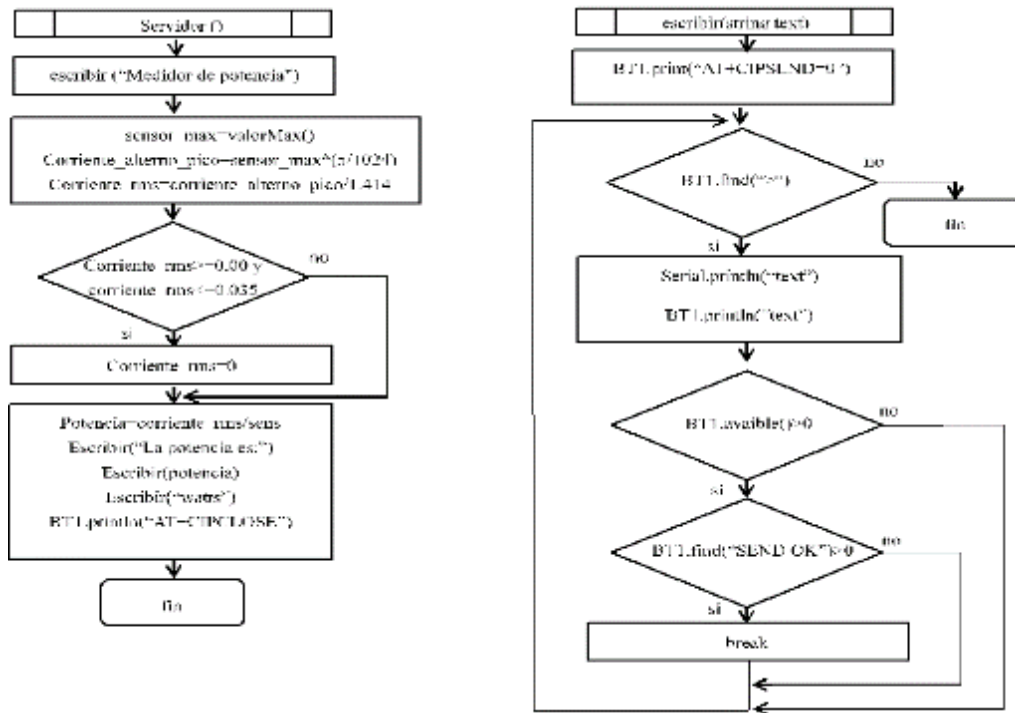


Figura 8. Función Servidor () y escribir().

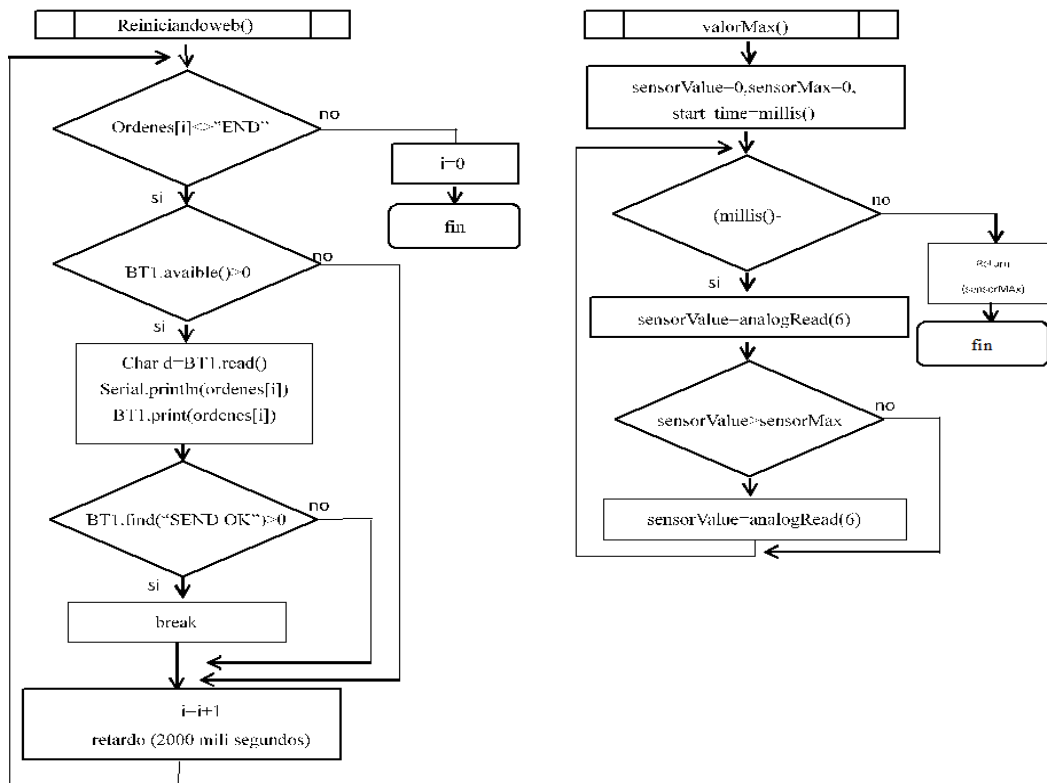


Figura 9. Función Reiniciandoweb () y valorMax().

3. Desarrollo.

3.1 Valores del sensor de potencia.

Al enviar el valor analógico de $V_b = 0.041$ al pin A6 (ver Fig. 4) del nano-arduino que viene de nuestro sensor de potencia, nos arrojó los siguientes datos:

Tabla 1. Datos del Voltaje Vb

Potencia Física	Vb
100 W	0.03
200 W	0.06
300 W	0.09
400 W	0.12
500 W	0.15
600 W	0.18
700 W	0.21
800 W	0.23
900 W	0.27
1000 W	0.30

Se observó que por cada 100W el voltaje incrementaba 0.03 volts; si sacamos la sensibilidad o relación que se encontró de V/W fue de $\frac{0.03V}{100W} = 0.0003$. Es decir, 1Watts=0.0003volts.

Al observar que el voltaje máximo el 0.48, este es muy bajo y al enviar la señal directamente al Arduino, hubo una caída del voltaje, por tal motivo, se decidió agregarle un amplificador para aprovechar la precisión del sensor de voltaje y así obtener el máximo de eficiencia, cambiando el voltaje de 0.48 a 2.2256 Volts.

Cálculos del diagrama del amplificador inversor.

Se observa que del amplificador inversor se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_o = -V_i \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Fórmula que nos indica que la tensión de salida V_o es la tensión V_i multiplicada por una ganancia R_2/R_1 . El signo negativo de la expresión indica la inversión de fase entre la entrada y salida.

Observamos que el voltaje de entrada V_i y el voltaje del sensor V_b es lo mismo, entonces:

$$V_i = V_o, \text{ donde } V_i = 0.48 \text{ volts}$$

Sustituyendo en la ecuación 3,

$$V_o = -0.48 \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Proponiendo que a $R_1 = 10K$ y $R_2 = 47K$, entonces sustituimos y obtenemos:

$$V_o = -0.48 \frac{47K}{10K} \quad (3)$$

$$V_o = -0.48 \left(\frac{47}{10} \right) \quad (3)$$

$$V_o = -0.48(4.7) \quad (3)$$

$$V_o = -2.256 \text{ Volts}$$

La ganancia quedaría expresada en la ecuación 4 de la siguiente manera:

$$G = -\frac{R_2}{R_1} \tag{4}$$

$$G = -\frac{47K}{10K} = -4.7 \tag{4}$$

Al ponerle el amplificador se obtiene una ganancia de $G=4.7$, quedando el circuito de la siguiente manera:

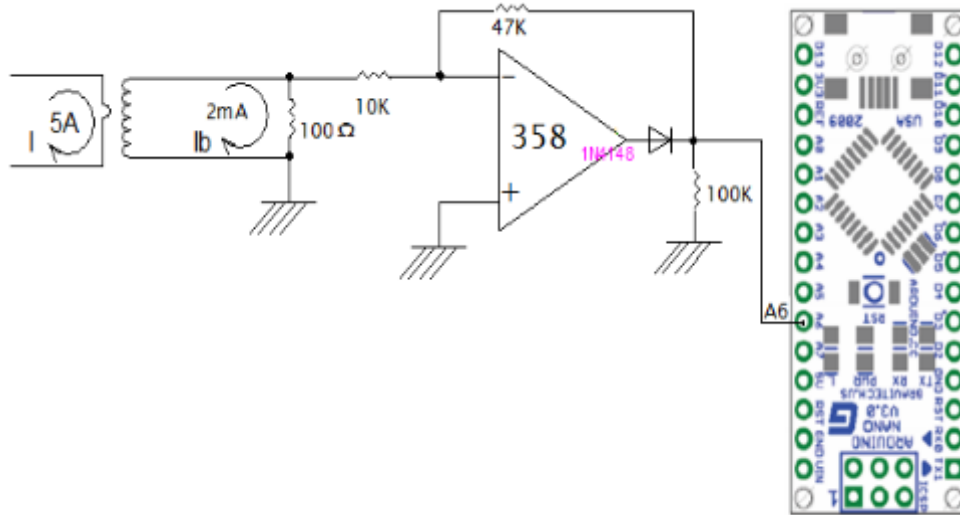


Figura 10. Integración del Sensor de potencia con su amplificador y el arduino nano

Al enviar el valor analógico de V_b al pin A6 del arduino nano con la $G=4.7$, nos arrojó los siguientes datos:

Tabla 2. Datos del Voltaje V_b .

Potencia Física	V_b
100 W	0.14
200 W	0.28
300 W	0.42
400 W	0.56
500 W	0.70
600 W	0.84
700 W	0.98
800 W	1.12
900 W	1.26
1000 W	1.40

Se observó que por cada 100W el voltaje incrementaba 0.14 volts; si sacamos la sensibilidad o relación que se encontró de V/W fue de $\frac{0.14V}{100W} = 0.0014$. Es decir 1Watts=0.0014volts.

Por diseño del circuito en la placa, era más factible poner la salida del V_b en el pin analógico A6 como se mostró anteriormente en la figura 4.

3.2 Código de la unión del sensor de potencia, nano-arduino y el ESP-8266.

Se dispuso a realizar el código para unir el nano-arduino con el ESP-8266 para que funcione la aplicación web con el sensor de potencia.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT1(3, 2); // RX | TX
int n1,i=0;
float temp;

//variables del wattimetro
int corrientePin = 6;
int ledPin = 13;

float corriente_alterno_pico = 0.0;
float corriente_rms = 0.0;
float potencia = 0;
float sens = 0.0016;
float kilow = 0;
float kilowatthora = 0;
////////////////////

String ordenes[]=
{
  "AT",
  "AT+CIPMUX=1",
  "AT+CIPSERVER=1,80",
  "END" // Para reconocer el fin de los comandos AT
};

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  BT1.begin(9600);
  reiniciandoWeb();
}

void loop()
{
  while (BT1.available() > 0 )
  {
    char c = B
    T1.read();
    if (c == 71)
    {
      Serial.println("peticion web enviada");
      delay(500);
      servidor();
    }
  }
  //este código es para hacer la función

  if(BT1.available(< 0 )
  reiniciandoWeb();
}

void escribir(String text)
{
  BT1.print("AT+CIPSEND=0,");
  BT1.println(text.length());
  if (BT1.find(">")) // Si se recibe el mensaje
  {
    Serial.println(text);
    BT1.println(text); //mandamos el mensaje por el wifi
    delay(10);
    while ( BT1.available() > 0 )
    {
      if ( BT1.find("SEND OK")) //buscamos "ok" y luego salimos
        break;
    }
  }
}
```

```

void servidor(void)
{
  escribir("<html>"); //una página web necesita esto <HTML> y </HTML> es el inicio y fin del documento
  escribir("<head><title>lm35 arduino esp8266 html</title>"); //nombre de la pestaña que llevará la página
  escribir("<meta http-equiv='refresh' content='5'></head>"); //tiempo para refrescar la página web
  //instrucciones del sensor de potencia
  int sensor_max;

  sensor_max = valorMaxI(); //llama la función, valor más alto de corriente

  corriente_alterno_pico = (float)sensor_max * (5 / 1024.0);
  corriente_rms = corriente_alterno_pico / 1.414;

  if (corriente_rms >= 0.00 && corriente_rms <= 0.035 )
    corriente_rms = 0.00;

  potencia = corriente_rms / sens; //watts
  kilow = potencia / 1000; //KW
  kilowatthora = kilow * 1; // kilowatthora KWH
  //-----
  //Serial.print("corriente:");
  //Serial.println(corriente_rms*1000);
  analogWrite(13,potencia);
  Serial.print(potencia);
  Serial.println(" watts ");
  Serial.print(kilow);
  Serial.println(" KW ");
  Serial.print(kilowatthora);
  Serial.println(" Kilo-Watts-Hora ");
  //-----
  ////////////////////////////////////////////////////////////////////
  delay(1000);
  escribir("<FONT FACE='Arial' SIZE='5' COLOR='blue'> la potencia es </FONT>");
  //escribimos y cambiamos el tamaño, letra y color
  escribir(String(potencia)); //imprimimos la variable
  escribir(" WATTS <br> <br>");
  escribir("</html>");
  delay(1);
  BT1.println("AT+CIPCLOSE=0");
  delay(1000);
}

void reiniciandoWeb()
{
  while(ordenes[i]!="END")
  {
    if(BT1.available() >0 )
    {
      char d = BT1.read();
      Serial.println(ordenes[i]);
      BT1.print(ordenes[i]);
      if(BT1.find("SEND OK"))
        break;
    }
    i++;
    delay(2000);
  }
  i=0;
}

//Funciones del sensor de potencia
int valorMaxI()
{
  int sensorValue;
  int sensorMax = 0;
  uint32_t start_time = millis();
}

```

```
while ((millis() - start_time) < 1000)
{
  sensorValue = analogRead(6);
  if (sensorValue > sensorMax)
  {
    sensorMax = sensorValue;
  }
}
return sensorMax;
}
```

Conclusiones.

Se obtuvo un medidor de potencia, en el cual se utilizaron resistencias de precisión, para obtener un 95% de precisión en la medición, para realizar dicho medidor de potencia, se buscó obtener un medidor mono fase, motivo por el cual se hicieron los cálculos para obtener el voltaje máximo de 0.48, al enviar la señal directamente al Arduino, se observó que hubo una caída del voltaje, por tal motivo, se decidió agregarle un amplificador para aprovechar la precisión del sensor de voltaje y así obtener el máximo de eficiencia, por ello al hacer nuevamente los cálculos se obtuvo una ganancia $G=4.7$, logrando así que la señal del voltaje se ampliará a 2.2256 Volts.

Así mismo, Se observó que por cada 100W el voltaje incrementaba 0.14 volts; si sacamos la sensibilidad o relación que se encontró de V/W fue de $0.14V/100W=0.0014$. Es decir $1Watts=0.0014volts$. Con base a dicha relación se procedió a hacer la calibración para la entrada del sensor, las lecturas de los sensores durante los primeros cinco segundos de ejecución definen el mínimo y el máximo de los valores esperados unidos a la clavija del sensor, en el caso de nuestro sensor se le dio 1 segundo para buscar el valor máximo y mínimo del sensor, después arroja este valor mediante la interfaz serial del Arduino.

También se configuró el ESP-8266 usando comandos AT, como se conectó al Arduino, se tuvo que configurar a una velocidad de 9,600 y sincronizar el dato que envía el sensor de potencia por medio de la dirección IP a la página web, para ello se tuvo que configurar el servidor de la página web como se muestra en el apartado de desarrollo, en donde se tiene una función de servidor.

Créditos.

Al Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa por financiamiento parcial de éste proyecto.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al cuerpo académico “Tecnología Computacional para el desarrollo regional”, con clave: ITTUXG-CA-4, en donde el líder es el Dr. Héctor Guerra Crespo de la carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por el apoyo otorgado en la realización de este proyecto.

Referencias Bibliográficas.

Argüeso, M. M. (2005). *Estudio de una bobina de Rogowski como zonda detectora de pulsos de alta frecuencia*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid.

Armijos, A. J., & Pesántez, A. Á. (2016). *Diseño de un medidor inteligente con funciones de respuesta a la demanda en infraestructuras de medición avanzada*. Ecuador: Universidad Cuenca.

Rojas, M. M. (2011). *Sensor de acoplamiento inductivo para la medida de pulsos de corriente de alta frecuencia. Aplicación para la medida y detección de descargas parciales*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.

Thayer Ojeda, L. (2012). Mapa de puertos. En L. Thayer Ojeda, *Manual Usuario de Arduino Energy Shield* (pág. 10). Santiago, Chile: MCI Ltda.

www.espressif.com. (24 de 09 de 2018). Obtenido de *www.espressif.com*: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

Información de los autores.



Paulina Díaz Pérez, es Doctora en Educación por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2015, actualmente es profesora investigadora en el área de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, pertenece al cuerpo académico “Tecnologías Emergentes”, Cultiva la línea de investigación “Desarrollo tecnológicos”, su área de interés es el Internet de las cosas.



Violeta Guadalupe Clemente Arce, es egresada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez como Ingeniera en Sistemas computacionales en el año 2005, con Doctorado en Educación por la Universidad Privada del Sur de México, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2016, actualmente es profesora investigadora en el área de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, pertenece al cuerpo académico “Tecnologías Emergentes (ITESCINTA-CA-1)”, Cultiva la línea de investigación “Desarrollo tecnológicos”.



Jorge Amadeo Ortiz Muñiz, es graduado como Ingeniero en Sistemas Computacionales del Instituto de Estudios Superiores de Chiapas, es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, miembro del cuerpo académico “Tecnologías Emergentes” (ITESCINTA-CA-1), LIADT que cultiva el empleo de las tecnologías para elevar el nivel económico de la región, colabora en la línea “Internet de la Cosas IoT”. Su área de interés es el desarrollo de software.

Sistemas de Liénard para la observación de variables.

Liénard systems for the observation of variables.

Carlos Ríos Rojas (1).

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.
crios@ittg.edu.mx.

Laurent Iván Reyes Camaras (2), estudiante. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México, laurentreyesc@gmail.com.

Samuel Gómez Peñate (3), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México, sgomez@ittg.edu.mx.

Elías Neftalí Escobar Gómez (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México, enescobarg@hotmail.com.

Francisco Ronay López Estrada (5), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México, ronaystein@gmail.com.

Joaquín Eduardo Domínguez Zenteno (6), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México, quinolalo@gmail.com.

Artículo recibido en octubre 22, 2018; aceptado en noviembre 05, 2018.

Resumen.

Los sistemas de Liénard han sido usados para estudiar diversos fenómenos mecánicos de segundo orden. Con esto se propone el diseño de un observador para la estimación de variables. Para ejemplificar la aplicación de este método, se estudia el caso del péndulo simple que representa el ejemplo más típico de los sistemas no lineales.

Palabras clave: Liénard, sistemas no lineales, sistemas de control.

Abstract.

The systems of Liénard have been used to study various mechanical phenomena of the second order. With them, the design of an observer for the estimation of variables is proposed. To exemplify the application of this method, the case of the simple pendulum representing the most typical example of non-linear systems is repeated.

Keywords: Liénard, system non-linear, control system.

1. Introducción.

Los sistemas no lineales se representan mediante ecuaciones matemáticas con un comportamiento muy complejo e impredecible. Con la aparición de los sistemas de cómputo, estos se han convertido en un punto de interés de los científicos para tratar de predecir y controlar estos fenómenos, lo cuales pueden ser físicos, económicos y biológicos. Así, muchos de ellos han podido ser estudiados de forma sistemática, aunque falta mucho por estudiar.

La estimación de parámetros está ligada con una condición de excitación acorde al identificador y son muy difícil de cumplir cuando se pretende aplicar a sistemas no lineales.

Las ecuaciones de Liénard han sido estudiadas para mostrar la aplicabilidad del modelo propuesto en la observación de estado y la estimación de parámetros para algunas simulaciones y pruebas experimentales.

Un conjunto de osciladores no lineales que pueden ser utilizados en aplicaciones muy diversas, particularmente en la detección de fallas, son denominadas Sistemas de Liénard de segundo orden y han muy sido estudiadas por diversos autores: [Sastry y Bodson, 1989], [Besançon et al., 1996] y [Besançon et al., 2010].

En el presente trabajo es considerado un sistema de segundo orden denominados sistemas Liénard, [Liénard, 1928]. En particular incluye un conjunto de osciladores no lineales que son de interés para diversas aplicaciones y generaliza el caso de Van der Pol [Besançon et al., 2010].

Un observador de Kalman puede proporcionar una estimación de estado apropiado espacio-tiempo. Para ello se debe proponerse una formulación de excitación [Hammouri y Morales, 1990].

2. Sistema de Liénard.

Una de las ecuaciones diferenciales que muestran el comportamiento de los sistemas mecánicos de segundo orden es el llamado sistema Liénard [Liénard, 1928], la cual se muestra a continuación:

$$\ddot{x}(t) + F_0(x(t))\theta\dot{x}(t) + G_0(x(t))\theta = 0, \quad (2.1)$$

donde x es la variable, θ es un conjunto de parámetros, F y G son funciones suaves de x .

Con la ecuación anterior se puede incluir varios osciladores los más conocidos son el péndulo simple y el oscilador de Van der Pol, en la siguiente expresión se presenta un sistema Liénard:

$$\ddot{x}(t) + F_0(x(t))\theta\dot{x}(t) + G_0(x(t))\theta = B_0(x(t))\theta u(t) \quad (2.2)$$

donde $u(t)$ es el término forzado y B_0 es una función suave de x .

Para estimar los parámetros θ a partir de la única medición de x se utiliza el criterio de los osciladores Van der Pol con el propósito de extender este resultado a cualquier sistema de la forma de la ecuación (2.1).

Para resolver esta ecuación suponga que $x(t)$, $\dot{x}(0)$ y $u(t)$ para $t \geq 0$ son tales que:

$$\beta I \geq \int_t^{t+T} \Gamma(\tau, x(0), \dot{x}(0), u) \Gamma^T(\tau, x(0), \dot{x}(0), u) d\tau \geq \alpha I \quad (2.3)$$

Para algunos $T > 0$, $\alpha, \beta > 0$ y cualquier $t > t_0$ para $t_0 > 0$.

Entonces los parámetros de θ pueden ser estimados asintóticamente.

Finalmente se puede diseñar un observador para la estimación de z y θ [Zhang, 2002].

$$\begin{aligned} \dot{z}(t) &= A\hat{z}(t) + \Phi(y, u)\hat{\theta} + (K + \Lambda\Gamma\Lambda^T C^T)(y - C\hat{x}) \\ \dot{\Lambda} &= (A - KC)\Lambda + \Phi(y - u) \\ \dot{\hat{\theta}} &= \Gamma\Lambda^T C^T(y - C\hat{x}) \end{aligned} \quad (2.4)$$

para cualquier K tales que $A-KC$ sea estable.

Como observador de Kalman para el sistema extendido:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \hat{z} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & \Phi(y-u) \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{z} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix} - K(C\hat{z} - y)$$

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \hat{z} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix} =: (A_e(y-u) - KC_e)z_e \tag{2.5}$$

$$K = S^{-1}C_e^T$$

$$\dot{S} = -\lambda S - A_e^T(y,u)S - SA_e(y,u) + C_e^T C_e$$

3. Aplicación del sistema de Liénard.

Para demostrar la aplicación de los sistemas de Liénard en los sistemas no lineales, se considera el problema clásico del péndulo que ha sido estudiado en diversos libros de textos [Guckenheimer y Holmes, 2002]:

$$\ddot{x} + a_1\dot{x} + a_0 \sin(x) = b u(t) \tag{3.1}$$

donde a_0, a_1, b son parámetros positivos constantes que dependen de las características del péndulo.

En la ecuación (3.1), a_1 está relacionado con el coeficiente de fricción que según las leyes de la física es bastante difícil de estimar, pero en este problema es conocido al igual que a_0 y b .

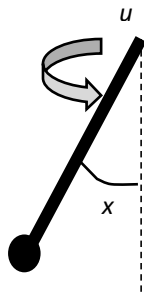


Fig. 1. Ejemplo típico del péndulo.

En ese caso, una señal de entrada sinusoidal puede proporcionar suficiente excitación [Sastry y Bodson (1989)], es decir, para esa señal se cumple la condición (2.3). El punto aquí es que esta condición también puede ser válida para el modelo no lineal (3.1) con una excitación sinusoidal de la forma:

$$u(t) = -ky(t) + G_0 \sin(\omega t) \tag{3.2}$$

para cualquier $k, \omega > 0$, y $G_0 > 0$ lo suficientemente grande para asegurar que la condición (2.3) sea válida para el sistema (3.1) para cualquier condición inicial $x(0), \dot{x}(0)$.

Sustituyendo la ecuación (3.2) en la ecuación (3.1):

$$\dot{X} = A_c X + D \sin(x) + B G \sin(\omega t)$$

con $X = \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \end{pmatrix}$, A_c claramente estable y D, B derivadas fácilmente de (6).

El problema es para demostrar que la solución de este sistema es tal que debe satisfacer la condición (2.3):

$$(\sin(t, x(0), \dot{x}(0), u)) \dot{x}(t, x(0), \dot{x}(0), u)$$

El modelo lineal (con $D=0$) admite una solución periódica de la forma $x(t) = G G_0 \sin(\omega t + \varphi)$, donde G , φ es la ganancia y el cambio de fase del sistema en frecuencia ω .

Conjunto $e := x - x_1$, donde $E := \begin{pmatrix} e \\ \dot{e} \end{pmatrix}$ satisface la ecuación:

$$\dot{E} = A_c E + D \sin(x)$$

Reduciendo los argumentos de x a t para simplificar la notación:

$$x_1(t) - \rho \leq x(t) \leq x_1(t) + \rho \quad (3.3)$$

$$\dot{x}_1(t) - \rho \leq \dot{x}(t) \leq \dot{x}_1(t) + \rho \quad (3.4)$$

Se observa que los límites superiores para (2.3) están satisfechos.

Para $\sin(x(t))$ ahora, observe que de la desigualdad (3.3), $x(t)$ varía al menos entre $-G_0 + \rho$ y $-G_0 - \rho$, con un patrón repetitivo en intervalos de tiempo que no puede ser inferior a algunos T deducido del periodo de x_1 .

A partir de esto, y para t lo suficientemente grande:

$$\int_t^{t+T} \dot{x}(\tau) \sin^2(x(\tau)) d\tau \geq \int_{x(t)}^{x(t+T)} \sin^2(z) dz \geq \int_{-A+\rho}^{A-\rho} \sin^2(z) dz$$

con el límite inferior tomando claramente un valor $\alpha > 0$.

Por otro lado, $|\dot{x}(t)|$ admite claramente algún límite superior X_d , y finalmente:

$$\int_t^{t+T} \sin^2(x(\tau)) d\tau \geq \frac{\alpha}{X_d} > 0$$

la cual es condición de (2.3).

Sobre esta base, un observador para la estimación simultánea de estado y parámetro puede diseñarse siempre que el sistema (3.1) esté excitado por una entrada del formulario (3.2).

4. Resultados.

Se considera un observador de forma la forma (2.4):

$$a_0 = 19.6; a_1 = 0.2; b = 8; k = 1; G_0 = 10; \omega = 1$$

La Figura 2 ilustra el comportamiento de la señal de excitación y su efecto en el comportamiento de salida, mientras que las Figuras 3 y 4 muestran cómo los parámetros a_0 , a_1 son bien estimados.

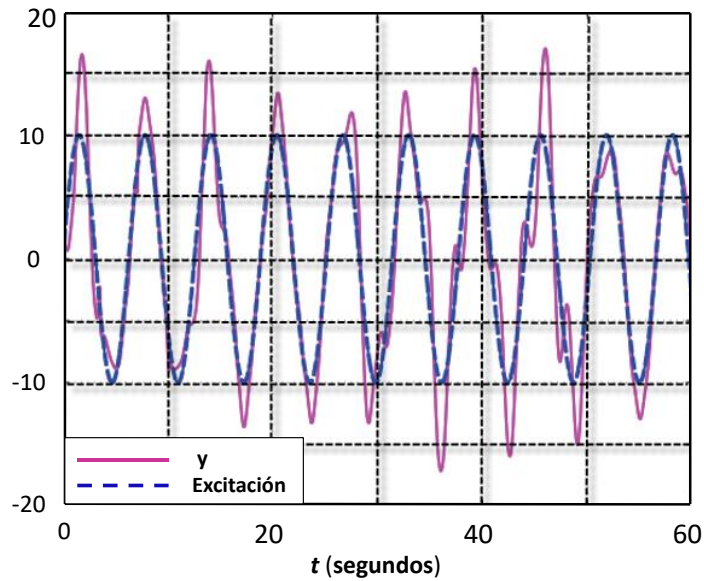


Figura 2. Comportamiento de la señal de excitación.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento del parámetro a_1 con respecto al tiempo. La estimación de este parámetro es 0.2 y según se observa en la simulación converge con su estimación en 36 segundos.

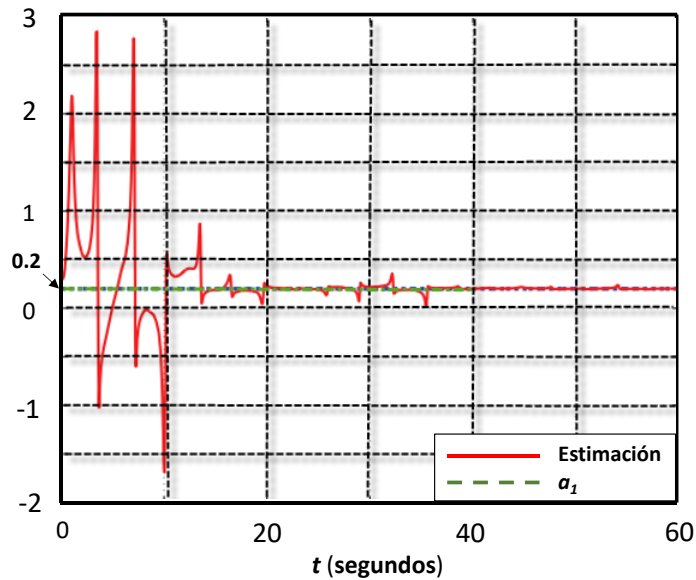


Figura 3. Comportamiento de a_1 respecto a su estimación.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del parámetro a_0 con respecto al tiempo. La estimación de este parámetro es 19.6 y según se observa en la simulación converge con su estimación en 55 segundos.

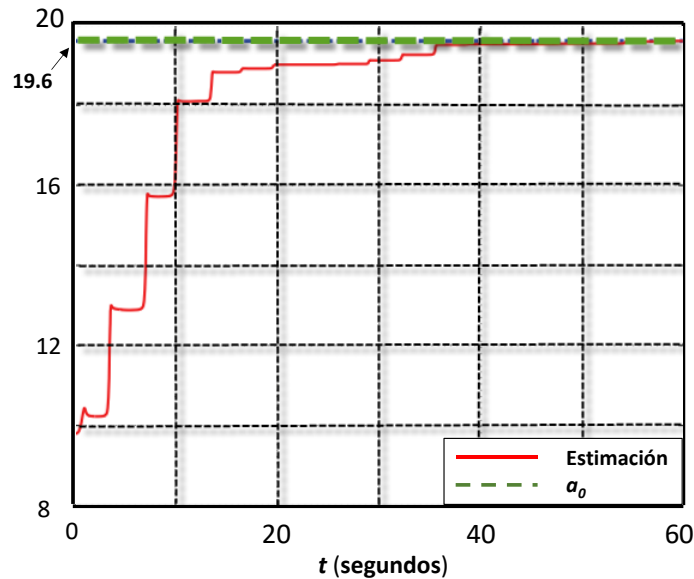


Figura 4. Comportamiento de a_0 respecto a su estimación.

Conclusiones.

Los sistemas de Liénard proporcionan una herramienta muy útil en la estimación de parámetros en sistemas mecánicos de segundo orden a partir de sistemas no lineales. Para ello, debe diseñarse un observador de Kalman.

Aplicado al ejemplo del péndulo se observa que satisface las condiciones aplicando una excitación correcta.

Actualmente, algunos investigadores están estudiando las ecuaciones de Liénard para diversos casos, uno de ellos es la detección de fugas en tuberías que se ha convertido en un problema mundial.

Referencias Bibliográficas.

- Besançon, G., Hammouri, H., and Bornard, G. (1996).** Observer synthesis for a class of nonlinear control systems. *European Journal of Control*, 2, 176–192.
- Besançon, G., Voda, A., and Jouffroy, G. (2010).** A note on state and parameter estimation in Van der Pol oscillators. *Automatica*. To appear.
- Guckenheimer, J. and Holmes, P. (2002).** Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. Springer (3rd Ed).
- Hammouri, H. and Morales, J.D.L. (1990).** Observer synthesis for state-affine systems. *In IEEE Conf. Decision and Control*, HA, USA, 784–785.
- Liénard, A. (1928).** Etude des oscillations entretenues. *Revue générale de l'électricité*. 23, 901–954, 1928.
- Sastry, S. and Bodson, M. (1989).** Adaptive control - stability, convergence and robustness. Prentice Hall Int., NJ.

Zhang, Q. (2002). Adaptive observers for MIMO linear time-varying systems. *IEEE Trans. Automatic Control*, 47(3), 525–29.

Información de los autores.



Carlos Ríos Rojas es Ingeniero Industrial Mecánico (egresado del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla), Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica con especialidad en térmica (egresado del Instituto Tecnológico de Veracruz) y Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica (egresado del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon, Francia). En 2015 realizó el posdoctorado en Energía Solar en el Centro Nacional de investigación y Desarrollo Tecnológico de Cuernavaca, Morelos. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores de Chiapas (SEI de Cocytch, Chiapas) desde 2006. Es Profesor-Investigador desde 1991. Actualmente imparte clases en Ingeniería Eléctrica, en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica (MCIM) y en el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Ha dirigido tesis de Maestría y Doctorado. Tiene 4 solicitudes de patente registradas ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, IMPI. Ha realizado 6 publicaciones en Congresos Internacionales, 2 artículos en revistas arbitradas y 5 artículos en revistas indexadas en JCR. Su área de interés incluye termodinámica, transferencia de calor, refrigeración, energía solar y diseño de mecanismos.



Laurent Iván Reyes Camaras es Ingeniero en Electrónica, egresado de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecatrónica, estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Especialista en sistemas mecatrónicos y desarrollo tecnológico.



Samuel Gómez Peñate es estudiante de Doctorado en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) y Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica (Control Automático) por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el 2016 e Ingeniero Electrónico por ITTG en el 2005. Es profesor en el área de Ingeniería Mecánica del ITTG desde el 2009 donde ha impartido asignaturas de ciencias básicas, controladores lógicos programables, instrumentación industrial y control avanzado. Ha impartido cursos de actualización profesional en el área de ingeniería mecánica. Dentro de las áreas de interés se encuentran el control y el diagnóstico de fallas para sistemas no lineales.



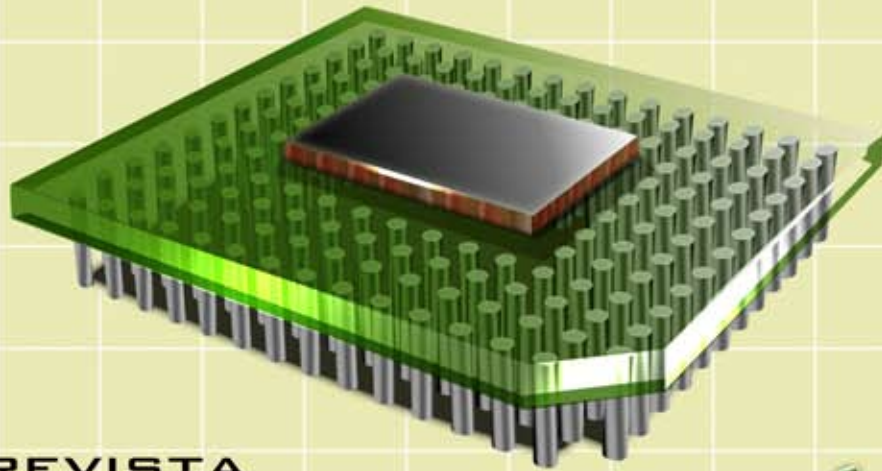
Elías Neftalí Escobar Gómez realizó la Licenciatura en Ingeniería Industrial en Producción en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y la Licenciatura en Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNACH. El Instituto Tecnológico de Orizaba le otorgó el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial y el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial le otorgó el grado de Doctor en Ingeniería. Ha laborado como profesor e investigador en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNACH. Ha colaborado en diversas empresas a través de proyectos de investigación relacionados con optimización, desarrollo de modelos de planeación de operaciones, pronósticos y la aplicación de *soft computing* en áreas relacionadas con Ingeniería Industrial. Actualmente es Jefe de Proyectos de Investigación y profesor investigador del área de Ingeniería Industrial y de la Maestría en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es miembro del IIE (Institute of Industrial Engineers) y del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).



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 fundador y catedrático del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería del I.T. de Tuxtla Gutiérrez desde 2016.



Joaquín Eduardo Domínguez Zenteno, es Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca, Ingeniero en Electrónica con especialidad en Instrumentación y Control por el Instituto Tecnológico de Nuevo León, en Cd. De Guadalupe, Nuevo León. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Vinculación de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 2009 y colabora en la línea de investigación de “Instrumentación” de Ingeniería electrónica.



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

www.revistatecnologiadigital.com