

ISSN 2531-2952

Volumen 2, Número 6 — Abril — Junio - 2018

# Revista de Cómputo Aplicado

**ECORFAN®**

## **ECORFAN-Spain**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Revista de Cómputo Aplicado,**

Volumen 2, Número 6, de Abril a

Junio - 2018, es una revista editada

trimestralmente por ECORFAN-Spain.

Calle Matacerquillas 38, CP: 28411.

Moralzarzal -Madrid. WEB:

[www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain),

[revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe:

RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-

Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta.

PhD. ISSN-2531-2952. Responsables

de la última actualización de este número

de la Unidad de Informática ECORFAN.

ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda,

LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al

30 de Junio 2018.

Las opiniones expresadas por los

autores no reflejan necesariamente las

opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la

reproducción total o parcial de los

contenidos e imágenes de la publicación

sin permiso del Centro Español de

Ciencia y Tecnología.

# **Revista de Cómputo Aplicado**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Teoría de Sistemas, Redes, Interconectividad de Empresas, Gobierno Corporativo, Comunicación por satélite, Conectividad, Emisores de tv y transmisión, Enlaces de microondas, Radio comunicaciones y receptores de radio, Radiocomunicación, Receptores de radio, Receptores de TV, Telefonía, Transmisores de radio y TV.

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

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

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Cómputo Aplicado es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Teoría de Sistemas, Redes, Interconectividad de Empresas, Gobierno Corporativo, Comunicación por satélite, Conectividad, Emisores de tv y transmisión, Enlaces de microondas, Radio comunicaciones y receptores de radio, Radiocomunicación, Receptores de radio, Receptores de TV, Telefonía, Transmisores de radio y TV con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

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

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

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

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

LAGUNA, Manuel. PhD  
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD  
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Nefthalí. PhD  
University of Southampton

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

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

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

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

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

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

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

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

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

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

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

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

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD  
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

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

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD  
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD  
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD  
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

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

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

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

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

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Cómputo Aplicado emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

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

## **Declaración de Autoría**

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

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

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

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

## **Detección de Plagio**

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

## **Proceso de Arbitraje**

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

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

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Teoría de Sistemas, Redes, Interconectividad de Empresas, Gobierno Corporativo, Comunicación por satélite, Conectividad, Emisores de tv y transmisión, Enlaces de microondas, Radio comunicaciones y receptores de radio, Radiocomunicación, Receptores de radio, Receptores de TV, Telefonía, Transmisores de radio y TV y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Evaluación de la tarjeta Raspberry Pi como herramienta en sistemas de rehabilitación motriz*, por BAUTISTA-BAUTISTA, Alberto Nicolas, SANCHEZ-CORONADO, Eduardo Mael, HERRERA-ARELLANO, María De Los Ángeles y GALVÁN-CHÁVEZ, Jorge Moisés, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, como segundo artículo presentamos, *Software Intérprete para la Interfaz Gráfica (Arduino Blocks)*, por VERA-ESPINOZA, Francisco Aurelio, BELTRÁN-LÓPEZ, Francisco, LUGO-LUGO, Juan De Dios y GONZÁLEZ-LEÓN, Mario Benedicto, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Nogales, como tercer artículo presentamos, *Algoritmo Perceptrón de Reconocimiento de Imágenes para Detección de Problemas en Cultivos de la Uva*, por RUIZ-AVILA, Luis Fernando, SIERRA-LEYVA, José Luis, FUENTES-VÁZQUEZ, Jhonnathan Alexis y MENDIVIL-REYES, Cinthia Valeria, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Nogales, como cuarto artículo presentamos, *Clasificación de microcalcificaciones mediante la red neuronal Inception V3*, por RODRIGUEZ-RAMIREZ, Rodrigo & SÁNCHEZ, María Guadalupe, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Evaluación de la tarjeta Raspberry Pi como herramienta en sistemas de rehabilitación motriz</b> BAUTISTA-BAUTISTA, Alberto Nicolas, SANCHEZ-CORONADO, Eduardo Mael, HERRERA-ARELLANO, María De Los Ángeles y GALVÁN-CHÁVEZ, Jorge Moisés <i>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz</i>	1-5
<b>Software Intérprete para la Interfaz Gráfica (Arduino Blocks)</b> VERA-ESPINOZA, Francisco Aurelio, BELTRÁN-LÓPEZ, Francisco, LUGO-LUGO, Juan De Dios y GONZÁLEZ-LEÓN, Mario Benedicto <i>Instituto Tecnológico de Nogales</i>	6-10
<b>Algoritmo Perceptrón de Reconocimiento de Imágenes para Detección de Problemas en Cultivos de la Uva</b> RUIZ-AVILA, Luis Fernando, SIERRA-LEYVA, José Luis, FUENTES-VÁZQUEZ, Jhonnathan Alexis y MENDIVIL-REYES, Cinthia Valeria <i>Instituto Tecnológico de Nogales</i>	11-19
<b>Clasificación de microcalcificaciones mediante la red neuronal Inception V3</b> RODRIGUEZ-RAMIREZ, Rodrigo & SÁNCHEZ, María Guadalupe <i>Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán</i>	20-26

## Evaluación de la tarjeta Raspberry Pi como herramienta en sistemas de rehabilitación motriz

### Evaluation of the Raspberry Pi card as a tool in motor rehabilitation systems

BAUTISTA-BAUTISTA, Alberto Nicolas†\*, SANCHEZ-CORONADO, Eduardo Mael, HERRERA-ARELLANO, María De Los Ángeles y GALVÁN-CHÁVEZ, Jorge Moisés

*Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Departamento de Mecatrónica, Av. Universidad 350, C.P. 94910, Cuitláhuac Veracruz, México.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Alberto Nicolas, Bautista-Bautista* / ORC ID: 0000-0002-7742-7200, Researcher ID Thomson: H-2039-2018, arXiv Author ID: alberto\_nicolas, CVU CONACYT ID: 662045

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Eduardo Mael, Sanchez-Coronado* / ORC ID: 0000-0002-7593-4524, Researcher ID Thomson: H-1668-2018, arXiv Author ID: EduardoSanchez, CVU CONACYT ID: 308648

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *María De Los Ángeles, Herrera-Arellano* / ORC ID: 0000-0001-8893-7882, Researcher ID Thomson: H-1779-2018, arXiv Author ID: Mariaherrera, CVU CONACYT ID: 630325

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Jorge Moisés, Galván-Chávez* / ORC ID: 0000-0003-1739-2971, Researcher ID Thomson: H-6028-2018, arXiv Author ID: JorgeGalvan, CVU CONACYT ID: 482786

Recibido Marzo 30, 2018; Aceptado Junio 30, 2018

#### Resumen

El presente artículo presenta los resultados del desarrollo de una interfaz gráfica aplicada a un sistema de rehabilitación motriz para muñeca de la mano, utilizando un sistema de cómputo mínimo basado en una tarjeta Raspberry Pi 3. La programación de la tarjeta Raspberry Pi 3 se realiza en un lenguaje de programación bajo un sistema de licencia de software libre con la ventaja de ser utilizado, modificado y distribuido a necesidad del programador. Además, se realiza y presenta una evaluación comparativa del procesador y hardware de la tarjeta con respecto a otros dispositivos que incorporan procesadores de diferente arquitectura para validar sus capacidades en adquisición y procesamiento de señales. Así mismo se utiliza un actuador inercial acoplado a un diseño electrónico capaz de convertir los movimientos físicos a señales eléctricas mostradas a través de una aplicación computacional a disposición del operador, lo anterior se realiza de manera interactiva.

**Microprocesadores, Rehabilitacion, Programación orientada a objetos**

#### Abstract

This article presents the results of the development of a graphic interface (GI) applied to a motor rehabilitation system for hand wrist using a minimal computer system based on a Raspberry Pi 3 card. The programming of the Raspberry Pi 3 card is done in a programming language under a free software license system with the advantage of being used, modified and distributed to the programmer's needs. In addition, a comparative evaluation of the processor and hardware of the card is made and presented with respect to other devices that incorporate processors of different architecture to validate their capabilities in acquisition and signal processing too. Likewise, an inertial actuator coupled to an electronic design capable of converting physical movements to electrical signals online shown through a computer application is used at the operator's disposal, the former is performed interactively.

**Microcomputer, Graphical user interfaces, Monitoring**

**Citación:** BAUTISTA-BAUTISTA, Alberto Nicolas, SANCHEZ-CORONADO, Eduardo Mael, HERRERA-ARELLANO, María De Los Ángeles y GALVÁN-CHÁVEZ, Jorge Moisés. Evaluación de la tarjeta Raspberry Pi como herramienta en sistemas de rehabilitación motriz. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-6: 1-5.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alberto.bautista@utcv.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En el ámbito médico la rehabilitación de pacientes para recuperar las funciones motoras que perdieron o se degradaron es un área emergente. El seguimiento y evaluación durante el proceso de rehabilitación del paciente es un aspecto muy delicado, complejo y de gran relevancia. De acuerdo con datos proporcionados por la INEGI existen en México una gran cantidad de personas que sufren algún tipo de discapacidad motriz. Una solución innovadora para ayudar a resolver este tipo de discapacidades es el tratamiento por medio de sistemas de rehabilitación innovadores.

El desarrollo de este tipo de sistemas se basa en los componentes del mismo, que determinan la función que ha de realizar, pero como todo sistema, debe contener un dispositivo que se encargue de dirigir las actividades o funcionamiento de todos los demás. Para este trabajo se considera la utilización de la tarjeta Raspberry Pi, un sistema de cómputo mínimo comercialmente fácil de adquirir. Se espera que, por medio de la implementación de sistemas de procesamiento y control, sea posible realizar una evaluación de las prestaciones de la tarjeta Raspberry Pi 2 modelo B, para su aplicación como herramienta en sistemas de rehabilitación. Este documento se divide en tres secciones, la primera llamada Desarrollo donde se da explicación del trabajo realizado resaltando los aspectos técnicos tanto a nivel software y hardware, la segunda sección son los Resultados donde se presentan los datos obtenidos de acuerdo con los objetivos planteados al principio del proyecto y la última sección llamada Conclusiones.

## Desarrollo

Se diseñaron y desarrollaron tres diferentes prototipos de sistemas de rehabilitación enfocados a realizar la misma función; el primero utilizando solo la tarjeta Raspberry Pi en conjunto con un sensor inercial, el segundo utilizando una computadora en serie con la tarjeta Arduino y el sensor inercial y el tercero utilizando la tarjeta Raspberry Pi en conjunto con la tarjeta Arduino y el sensor inercial. Con esto se pretende comparar y validar las diferentes propuestas de diseño para verificar que los resultados alcancen los objetivos propuestos para el desarrollo del sistema de rehabilitación motriz.

La interfaz de estos prototipos de sistemas está creada sobre Python un lenguaje de código abierto con altas prestaciones; por lo tanto, pueden ser reprogramados a nivel software adaptándose fácilmente a las necesidades particulares del paciente bajo rehabilitación. Esto permite diseñar sistemas versátiles, multipropósito y aplicables a casi todo proceso en cualquier ámbito. En Python se creó un programa que muestra una interfaz gráfica donde el usuario puede interactuar con el sistema y practicar diferentes rutinas, esto es moviendo el sensor mediante el uso de su mano. En la Figura 1 se muestra la pantalla que observa el usuario al ejecutar el programa; en esta pantalla se da la opción de iniciar la sesión o salir de la aplicación.



**Figura 1** Pantalla principal  
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente pantalla que se muestra en la Figura 2 se le pide al usuario seleccionar la dificultad del ejercicio que realizara, las opciones que puede seleccionar son fácil, normal y difícil.



**Figura 2** Pantalla secundaria  
Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se ha seleccionado ingresar a la aplicación y se ha seleccionado la dificultad con que se realizará la sesión, se establece la comunicación entre Arduino el cual servirá de esclavo recibiendo solamente los datos provenientes del sensor y la computadora que fungirá como maestro procesando y mostrando la información, esto por medio del puerto USB "COM5" a una velocidad de transmisión de 115200 baudios.

BAUTISTA-BAUTISTA, Alberto Nicolas, SANCHEZ-CORONADO, Eduardo Mael, HERRERA-ARELLANO, María De Los Ángeles y GALVÁN-CHÁVEZ, Jorge Moisés. Evaluación de la tarjeta Raspberry Pi como herramienta en sistemas de rehabilitación motriz. Revista de Cómputo Aplicado. 2018

Los datos recibidos por Python (*roll*, *pitch* y *yaw*) son separados y almacenados en variables de tipo “float”, estas variables son “xx”, “yy” y “zz”; se establecen límites inferiores y superiores (+5 y -5) para “xx” y “yy” para determinar si el usuario se está moviendo hacia abajo o hacia arriba; también se establecen condicionantes que permiten saber si el objeto dependiendo de los movimientos que realice con su mano está llegando a los límites de la pantalla y si es así, detenga el avance de la imagen del personaje y no traspase los límites.

Cada movimiento que realice con su mano mueve al sensor, el sensor inercial manda los datos (*roll*, *pitch* y *yaw*) que percibe por cada movimiento y estos son interpretados por Python; Python procesa dichos datos y mueve una imagen mostrada en pantalla en la misma dirección que el usuario mueve su mano, permitiéndole practicar diferentes movimientos con sus manos. Estos movimientos se realizan siguiendo determinados mapas creados en Python; los mapas tienen diferentes formas que permiten al usuario realizar una gran variedad de movimientos.

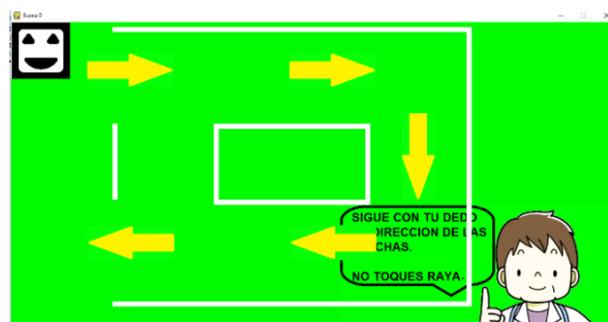
Otra parte de la programación del sistema consiste en detectar las colisiones entre el personaje y las líneas que forman los senderos a seguir; esto se logra mediante el comando “collidirect” de la librería Pygame, aquí se establece que objeto del tipo “rect” se encuentra en contacto con otro objeto de tipo “rect” y si es que existe alguna colisión entre ellos el programa muestra en pantalla una imagen de advertencia, obsérvese la Figura 3.



**Figura 3** Imagen de advertencia

Fuente: *Elaboración Propia*

Todo lo anterior se repite al seleccionar cada una de las dificultades que se presentan en la segunda pantalla de la aplicación; primero se realiza la conexión serial, posteriormente se separa la información obtenida en diferentes variables, se establecen los valores que determinan el movimiento del objeto del personaje, se programan límites de la pantalla para que el personaje no salga de ella. Después si es que existe alguna colisión entre el personaje y los senderos se muestra una imagen de advertencia. La aplicación funciona así hasta que se decida Salir de ella. A continuación, se muestra la figura 4 de la aplicación funcionando.



**Figura 4** Aplicación en ejecución

Fuente: *Elaboración Propia*

## Resultados

Se experimenta con el sensor minIMU9-v3 y v5 para realizar el movimiento de una imagen (personaje) en pantalla; se optó por construir una misma aplicación varias veces, pero con la característica que cada prototipo de sistema utilizará una tarjeta diferente, uno cuenta con la tarjeta Arduino, otro con la tarjeta Raspberry Pi 2 y uno más con ambas tarjetas las cuales fungieron en cada sistema como unidades de control para la recepción y procesamiento de la información.

En los tres casos se logró mover la imagen (personaje) en el área de la pantalla, dirigiendo correctamente el desplazamiento de la imagen en todas las direcciones establecidas en el programa ya sea arriba, abajo, izquierda o derecha, incluyendo movimientos intermedios, los cuales se generan de la combinación entre los movimientos ya establecidos.

Se crearon tres circuitos o pistas representativas de cómo podrían ser los recorridos del personaje en una sesión de rehabilitación, el choque entre el personaje y el circuito marcado es correctamente indicado por una imagen de advertencia y el usuario se pueda percatar cuando se ha salido del circuito o se ha acercado demasiado a los límites de él.

El sensor MinIMU9-v5 se montó sobre una peña plataforma móvil para poder manipularlo desde la extremidad de la mano; el sensor queda sobre el dedo índice, esto para que el usuario pueda dirigir fácilmente el movimiento del sensor y éste sea lo menos invasivo con la extremidad del usuario.

Este prototipo de sistema se diseñó de manera que fuera del tipo pasivo, solo nos permite sentir el movimiento del paciente sin ejercer alguna fuerza externa sobre el mismo.

Con ello se valida el prototipo de sistema de rehabilitación que tiene como eje central de funcionamiento un sensor inercial y principalmente el objetivo de recrear esta misma aplicación de tres diferentes maneras con base a la implementación de diferentes tipos de tarjetas y así poder controlar el movimiento de una imagen. Se logró mover una imagen (personaje) en el área de una pantalla teniendo como único control el sensor inercial.

Se simuló satisfactoriamente los movimientos principales de subir, bajar, ir a la izquierda, ir a la derecha y movimientos combinados en cada una de las aplicaciones de los prototipos de rehabilitación de extremidad superior.

La implementación de la aplicación con base a sensor inercial utilizando la tarjeta Arduino proporcionó resultados satisfactorios con la desventaja de que debe ser utilizada una computadora, ya que en sí de manera individual, Arduino no podría implementar correctamente la aplicación ya que solo es capaz de mostrar datos por medio del monitor serial, si no fuera por la utilización de la computadora, ya que sobre Arduino no pueden ejecutarse aplicaciones gráficas complejas y amigables con el usuario.

La implementación de la aplicación de sensor inercial utilizando la tarjeta Raspberry Pi 2 modelo B proporcionó resultados satisfactorios ya que se logró implementar correctamente la aplicación creando un sistema mínimo dedicado a la recepción y procesamiento de la información, sin necesidad de conectar dispositivos innecesarios al sistema, solo utilizando los periféricos necesarios para el buen funcionamiento del prototipo, un monitor, teclado y el sensor MinIMU9, incluyendo la ventaja que la tarjeta cuenta con tecnología Ethernet incorporada, salida de video digital hasta de 1080p, de un tamaño mínimo haciéndola totalmente portátil y si velocidad de trabajo de hasta 1Ghz.

La implementación de la aplicación con sensor inercial utilizando la tarjeta Raspberry Pi y Arduino nos proporcionó resultados satisfactorios, ya que al estar trabajando en conjunto las dos tarjetas una dedica su funcionamiento a la recepción de datos provenientes del sensor y la otra funcionando como unidad de procesamiento de la información. El aspecto que cabe destacar en esta parte del trabajo es que se tiene una pequeña desviación en los movimientos realizados por el sensor y la imagen mostrada en pantalla; el desplazamiento hacia la izquierda y derecha son correctos, pero el desplazamiento de la imagen hacia arriba y hacia abajo sufre una pequeña desviación no siendo correcto el movimiento y provocando errores no deseados al recorrer los carriles de cada sesión.

## Conclusiones

Se diseñó en base a sensores inerciales; esta aplicación consiste en el control del movimiento de una imagen mostrada en un monitor, comunicación serial con la tarjeta Arduino, recepción y tratamiento de datos provenientes del sensor minIMU9-v3 y muestra en pantalla todo lo mencionado anteriormente por medio de un monitor. La implementación de un sistema que basa su funcionamiento en un sensor inercial y sumando esto a una interfaz gráfica amigable con el usuario, permite imaginar un sinnúmero de implementaciones en el campo de rehabilitación, no solo en el área de extremidades inferiores o superiores sino también en la rehabilitación visual incluso vincular el procesamiento de imágenes con la utilización de implantes neuroestimuladores.

La implementación de tarjetas DAQ en este caso la tarjeta de desarrollo Raspberry-Pi trabajando en conjunto con la tarjeta Arduino en algunos casos, permitió crear sistemas de rehabilitación y selección eficientes al trabajar con señales digitales en el área de procesamiento de imágenes, sensores inerciales y control. Como conclusión principal de este trabajo se puede decir que después de evaluar a la tarjeta Raspberry Pi 2 modelo B como herramienta en sistemas de rehabilitación:

- Posee las características necesarias para funcionar como dispositivo central de control.
- Es eficiente al realizar operaciones de control, procesamiento y análisis de información.
- Es capaz de trabajar con procesamiento de señales digitales, lo cual permite trabajar con un amplio campo de situaciones presentes en la medicina principalmente en el área de rehabilitación.
- Incluso si es necesario disponer de un mayor número de pines con los que cuenta la tarjeta, está se puede conectar fácilmente con la tarjeta Arduino y satisfacer las diversas necesidades del programador o diseñador.
- También por su gran facilidad de añadir periféricos externos, permite trabajar con una mayor diversidad de señales, como en este caso el procesamiento de imágenes por medio de una cámara, el control del movimiento de una imagen en pantalla por medio de un sensor inercial y el control de motores CD o motores paso a paso.
- Pero también se debe mencionar que sistemas donde se requiera una gran exactitud y velocidad de respuesta en cuanto a señales de salida y procesamiento de información, podrían presentarse inconvenientes a la hora de trabajar en conjunto con la tarjeta Raspberry Pi, ya que se encuentra limitada por sus características técnicas, que no le permiten funcionar correctamente en estas condiciones específicas.

En función de lo anterior presentado en este trabajo se puede concluir que la tarjeta Raspberry Pi 2 modelo B es recomendable para fungir como unidad de control en diversos sistemas, tanto como de rehabilitación como en otras áreas, esto tomando en cuenta que los requerimientos de los sistemas no precisen una alta de velocidad de respuesta y procesamiento.

### Referencias

Akshay, M., Latt, W., Tan, H., Tan, U., Shee, C., & Ang, W. (2007). Design and Implementation of a Mechatronic Device for Wrist and Elbow Rehabilitation. 1st international convention on Rehabilitation engineering & assistive technology.

Aventaño, J., Arias, M. & Guzmán, E. (2017). Development of a Mechatronic System for Rehabilitation of Injuries in the Radial Nerve. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 38(1), 589-601.

Liu, W., Mukherjee, M., Tsaur, Kim, M., Liu, H., Natarajan, P. & Agah, A. (2009). Development and feasibility study of a sensory-enhanced robot-aided motor training in stroke rehabilitation. Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.

Nadas, I., Vaida, C., Gherman, B., Pisla, D. & Carbone, G. (2017). Considerations for desining robotic upper limb rehabilitation devices. AIP Conference Proceedings.

## Software Intérprete para la Interfaz Gráfica (Arduino Blocks)

### Software Interpreter for the Graphic Interface (Arduino Blocks)

VERA-ESPINOZA, Francisco Aurelio†\*, BELTRÁN-LÓPEZ, Francisco, LUGO-LUGO, Juan De Dios y GONZÁLEZ-LEÓN, Mario Benedicto

*Instituto Tecnológico de Nogales / Tecnológico Nacional de México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Francisco Aurelio, Vera-Espinoza* / **ORC ID:** 0000-0002-3473-8156, **Researcher ID Thomson:** H-7986-2018, **CVU CONACYT ID:** 903394

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Francisco, Beltrán-López* / **ORC ID:** 0000-0002-1592-7760, **arXiv Author ID:** Francisco\_Beltran, **CVU CONACYT ID:** 700327

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Juan De Dios, Lugo-Lugo* / **ORC ID:** 0000-0001-5980-3607, **Researcher ID Thomson:** I-2888-2018, **CVU CONACYT ID:** 665853

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Mario Benedicto, González-León* / **ORC ID:** 0000-0002-4832-6486, **Researcher ID Thomson:** I-3447-2018, **CVU CONACYT ID:** 904518

Recibido Mayo 30, 2018; Aceptado Junio 30, 2018

#### Resumen

El Software Intérprete para la Interfaz Gráfica Arduino Blocks, es una aplicación web que cuenta con una interfaz gráfica, visual; funciona como una herramienta de programación interprete entre usuario y dispositivo Arduino, la idea se basa en un sistema de arrastre de piezas de rompecabezas que van ensamblándose, lo que facilita el desarrollo y automatización de procesos, que pueden ser aplicados a diferentes áreas de los sectores productivo y educativo. Por otra parte, motiva a aprender jugando, fomentando el desarrollo de conocimientos y habilidades, ofreciendo un sinnúmero de posibilidades, ya que hace factible la creación y desarrollo de ideas innovadoras sin ser un experto programador. Se llevaron a cabo pruebas con usuarios que arrojaron que la aplicación les permitió comprender qué es un Arduino y programar dispositivos, con Arduino Blocks se aplica código para materializar proyectos a través de la comunicación entre la interfaz y el Arduino por medio de un puerto USB.

**Arduino, Blocks, Interfaz, Intérprete**

#### Abstract

The Graphic Interface Software Interpreter, Arduino Blocks, is a web application that has a graphical, visual interface; it works as a programming tool, and works as an interpreter between user and the Arduino device, the main idea is based on a system of dragging puzzle pieces that can be assembled, this makes easier to program and processes automation, which can be applied to different areas of the different sectors, such as productive and educational. Also, Arduino Blocks can help learning process, by playing, fostering the development of knowledge and skills, offering endless possibilities, since it makes feasible the creation and development of innovative ideas without being an expert programmer. Tests were carried out with different users, and prove that the application allowed them to understand what an Arduino is, and to program devices, with Arduino Blocks you can apply code to materialize projects through communication between the interface and the Arduino through a USB port.

**Arduino, Blocks, Interface, Interpreter**

**Citación:** VERA-ESPINOZA, Francisco Aurelio, BELTRÁN-LÓPEZ, Francisco, LUGO-LUGO, Juan De Dios y GONZÁLEZ-LEÓN, Mario Benedicto. Software Intérprete para la Interfaz Gráfica (Arduino Blocks). Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-6: 6-10.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: unclermorth@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El Software Intérprete para la Interfaz Gráfica Arduino Blocks, es una aplicación web que cuenta con una interfaz gráfica, visual; funciona como una herramienta de programación – interprete entre usuario y dispositivo Arduino.

Existen intentos de utilizar las placas de Arduino como bloques de construcción (Milan Matijevic, 2016), también hay aplicaciones que utilizan entornos pero conservan las estructuras imperativas de los lenguajes de programación textuales, que no son fácilmente comprensibles para estudiantes, LAWRIS aborda este problema adoptando un enfoque basado en reglas: un sistema preespecificado basado en Arduino programado construyendo reglas con piezas intuitivas del rompecabezas, en un entorno visual basado en la web (S. Arakliotis, 2016).

A diferencia de otros trabajos escritos acerca del uso de arduino como recurso didáctico, la mayoría hacen uso de la tecnología Arduino para que los estudiantes aprendan algún lenguaje de programación (Rubio, Mañoso Hierro, & Pérez de Madrid y Pablo, 2013) o a programar C++ con prácticas con elementos físicos reales (Triana Barreda, 2017), otros basados en tecnología arduino, son utilizados como soporte para el control automático de objetos y modelado matemático (Hanafy M., 2017). Arduino Blocks tiene como propósito que el estudiante aprenda a utilizar arduino propiamente, de la siguiente manera:

Arduino Blocks es una aplicación web que se actualiza de forma transparente para el usuario y almacena datos de manera segura en la nube, teniendo disponibilidad sin importar donde se encuentre o el dispositivo desde donde se acceda, los usuarios deben crear una cuenta con su correo electrónico y datos básicos para crear su propio espacio en la nube de Arduino Blocks, también es posible utilizar el código generado y modificarlo a la medida de sus necesidades.

Durante el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica (ENEIT) del Tecnológico Nacional de México (TecNM, 2018), se tuvo la oportunidad de mostrar el prototipo y de poner a disposición de muchos estudiantes el utilizarlo, tomando diferentes opiniones y encontrando oportunidades para reforzar el proyecto.

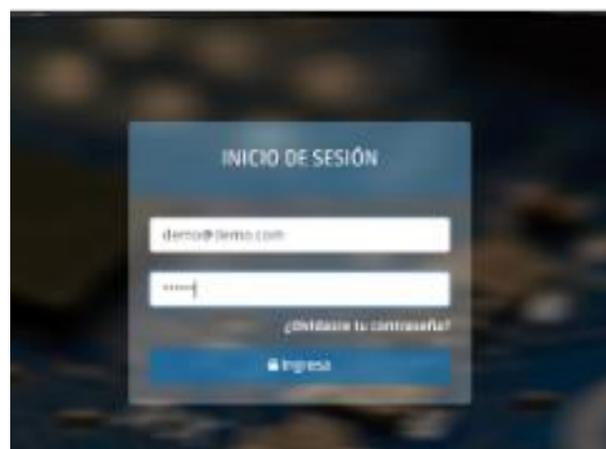
Con Arduino Blocks, los estudiantes se mostraron motivados a aprender Arduino jugando, fomentando el aprendizaje y la adquisición de habilidades, lo que se piensa que hará factible la creación y desarrollo de ideas innovadoras sin ser un experto programador. En las secciones siguientes, en primera instancia se explica cómo acceder a Arduino Blocks, seguido de realización de proyectos, diseño de proyectos y área de programación. Posteriormente en las secciones de código, guardar y transferir se explica cómo utilizar el código generado en otras aplicaciones y finalmente se muestra cómo cerrar sesión y concluir un proyecto.

## Descripción de Arduino Blocks

Arduino Blocks es una aplicación de ámbito educativo que está diseñada en una plataforma web, en su programación se utilizó PHP Versión 7.1 Javascript, jQuery y Google Blockly, de esta manera puede ser accesible desde cualquier dispositivo, ya sea una tableta, un Smartphone o un ordenador cualquiera sin importar el sistema operativo que utilice, como único requisito es que tenga acceso a internet y tener como navegador web Mozilla Firefox o Google Chrome en sus versiones más actualizadas. La idea se basa en un sistema de arrastre de piezas de rompecabezas que se ensamblan, lo que facilita el desarrollo y automatización de procesos, que pueden ser aplicados a diferentes áreas de los sectores productivo y educativo.

## Acceso a la plataforma

Para acceder a Arduino Blocks es necesario estar registrado, se teclea correo y contraseña y se hace clic en “Ingresar” (Figura 1).



**Figura 1** Acceso a Arduino Blocks

*Fuente: Elaboración Propia*

## Proyectos

En esta sección se enlistan todos los proyectos existentes en la nube de Arduino Blocks y las plantillas disponibles, una plantilla es un proyecto ya iniciado con el objetivo de instruir.

## Área de Diseño

En esta sección encontrará:

- Menú de Navegación: Disponible en la parte superior, cuenta con botones de acceso a las diferentes secciones de la aplicación, así como regresar al área de proyectos y cerrar sesión para salir de la aplicación.
- Barra de herramientas: Del lado izquierdo de la pantalla (Figura 2) donde tenemos acceso a los componentes más comunes que se compatibles con Arduino, mismos que serán constantemente actualizados.



**Figura 2** Barra de herramientas

*Fuente: Elaboración Propia*

- Arduino: Muestra el modelo del Arduino, mismo que está posicionado para que coincida con las siguientes 2 áreas (Puertos Analógicos y Digitales).
- Puertos Analógicos: Se muestran los puertos analógicos disponibles en cada modelo de Arduino, numerados y prefijados con la letra A.
- Puertos Digitales: Muestra numerados los puertos digitales disponibles en cada modelo.

En esta área el usuario puede seleccionar el componente que desee conectar a su Arduino, de manera muy intuitiva y visual, de esta forma se identificarán los puertos donde se puede conectar el componente genérico.

Así como, otros componentes específicos que se pueden conectar, evitando posibles errores del usuario.

## Área de Programación

Esta área está dividida en 3 secciones. En la primera sección se encuentran todas las posibles operaciones que se pueden realizar, en la segunda las herramientas para crear funciones y variables y en la tercera los componentes agregados en el área de diseño, junto con las posibles operaciones con dichos componentes.

## Área de Código

En esta área tiene se puede ver materializado un trabajo en código fuente, mostrando la estructura e instrucciones que se utilizan para programar un Arduino, aunque dicho código no puede ser modificado, se ofrece la opción de descargarlo en un archivo (.ino) compatible con la IDE Oficial de Arduino.

## Metodología a desarrollar

La metodología a aplicar es la explicación de los diferentes apartados que contiene la aplicación, de tal suerte que el usuario pueda visualizar el uso que puede darse a Arduino Blocks y cómo utilizarlo. Esto pudo realizarse, como se comentó, en el ENEIT, en donde se solicitó a los estudiantes de diferentes carreras que se ofrecen en los diversos planteles del TecNM, que utilizaran Arduino Blocks, en dicho evento se recopilaron comentarios, sugerencias y retroalimentación de los usuarios así como datos de uso, especialmente a los estudiantes detectados como de las carreras de Sistemas Computacionales, Mecatrónica y Electrónica, que son las áreas donde más se utiliza arduino.

También se realizó una prueba en una clase de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, del Instituto Tecnológico de Nogales, específicamente en la materia “Sistemas Programables”, para la realización de las prácticas que contempla dicho plan de estudios, buscando la mejora del proceso de enseñanza del tema de microcontroladores, su programación y arquitectura: se pudo ver la estructura externa, los registros internos, se practicó el uso de accesorios de entrada, tales como, sensores para entradas de voltajes, actuadores para el control o activación de los dispositivos de control.

## Resultados

Como se muestra en el punto “Acceso a la plataforma”, el acceder es muy sencillo ya que se basa en usuario y contraseña, lo que es ya muy popular. Posteriormente en las secciones de Proyectos, Área de diseño, Área de programación, y Área de código, se muestra cómo materializar tu proyecto utilizando Arduino Blocks, y todas las herramientas que contiene. En dichas secciones se explica cómo el diseño de una aplicación es comprensible gracias a los diferentes elementos que la conforman, el programar diferentes dispositivos y aplicar diferente código a aplicaciones de Arduino, de los usuarios, y todo se hace cómo si se estuviese jugando con la aplicación, lo que permite materializar proyectos a través de la comunicación entre la interfaz y el Arduino.

Finalmente en las secciones de Guardar y Transferir se muestran herramientas para almacenar y transferir diferente código a aplicaciones de Arduino de los usuarios y finalmente Cerrar Sesión muestra cómo concluir tu trabajo en Arduino Blocks.

La retroalimentación de los usuarios es fundamental, ya que en las pruebas, durante el evento, el 90% de los estudiantes opinaron que uso es bastante simple, el 85% que las secciones de la aplicación son intuitivas y el 100% de los estudiantes de las carreras afines comentaron o que les gustaría haber tenido esta aplicación antes o que les gustaría tenerla. El 95% de los estudiantes que opinaron que les fue un poco complicada o que no le entendieron pertenecían a programas poco o nada afines al uso de arduino.

Durante la implementación en clases, se redujo el tiempo en la elaboración del total de 20 prácticas de la materia. El tiempo se redujo en un 60%. Las prácticas se realizaron en un 40% de tiempo en el que normalmente se realizan. El interés de los alumnos por la materia fue mayor y no se tuvo ninguna deserción. En una encuesta el 100% indicó que le gusto la materia contra un 50% en encuestas anteriores. El tiempo de asesoría de alumnos en la elaboración de prácticas se redujo en un 80% con respecto a las anteriores en la que no se usó la plataforma. El tiempo de uso del equipo de laboratorio se redujo en un 60%. La cantidad de componentes dañados se redujo en un 95% con respecto a lo visto en anteriores cursos.

## Agradecimiento

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, en especial al plantel: Instituto Tecnológico de Nogales, por las facilidades brindadas, tanto para la construcción de la aplicación, como para el financiamiento para la presentación del artículo.

## Conclusiones

Durante el evento pudo observarse que la mayoría de los estudiantes que lo utilizaron, encontraron a Arduino Blocks: intuitivo, fácil de usar, y que les gustaría tener disponible la aplicación en las clases de sus materias. De la misma forma, durante la clase donde se implementó Arduino Blocks se buscó la mejora del proceso de enseñanza, los comentarios de los estudiantes fueron que se les facilitó mucho comprender qué es Arduino y la programación de los dispositivos fue muy sencilla para ellos. Con lo cual se concluye que Arduino Blocks es una plataforma Web amigable que permite que un usuario poco experimentado pueda desarrollar aplicaciones utilizando arduino.

## Referencias

- Hanafy M., O. (2017). Enhancing automatic control learning through Arduino-based projects. *European Journal of Engineering Education* .
- Milan Matijevic, V. C. (2016). Descripción general de arquitecturas con placas Arduino como bloques de construcción para adquisición de datos y sistemas de control. *Ingeniería Remota e Instrumentación Virtual IEEE* .
- Rubio, M. A., Mañoso Hierro, C., & Pérez de Madrid y Pablo, Á. (2013). Using Arduino to Enhance Computer Programming Courses in Science and Engineerin. *Proceedings of EDULEARN13 Conference* , 5127 - 5133.
- S. Arakliotis, D. G. (2016). LAWRI: un sistema de programación arduino basado en reglas para jóvenes estudiantes. *Circuitos modernos y tecnologías de sistemas (MOCAS) IEEE* .

TecNM. (23 de Abril de 2018). *Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2018*. Recuperado el 06 de Junio de 2018, de <http://institutos.acad-tecnm.mx/eventos/innovacion/estudiantes/>

Triana Barreda, E. (2017). *Desarrollo de un equipo para la realización de prácticas de Fundamentos de Informática utilizando CODEBLOCKS y la plataforma Arduino*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales.

## Algoritmo Perceptrón de Reconocimiento de Imágenes para Detección de Problemas en Cultivos de la Uva

### Perceptron Algorithm of Recognition of Images for Detection of Problems in Grape Cultivation

RUIZ-AVILA, Luis Fernando†\*, SIERRA-LEYVA, José Luis, FUENTES-VÁZQUEZ, Jhonnathan Alexis y MENDIVIL-REYES, Cinthia Valeria

*Instituto Tecnológico de Nogales / Tecnológico Nacional de México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Luis Fernando, Ruiz-Avila* / ORC ID: 0000-0002-9085-3693, Researcher ID Thomson: I-3595-2018, arXiv Author ID: FernandoR, CVU CONACYT ID: 904555

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *José Luis, Sierra-Leyva* / ORC ID: 0000-0003-0782-3547, arXiv Author ID: Jose\_Sierra, CVU CONACYT ID: 904333

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Jhonnathan Alexis, Fuentes-Vázquez* / ORC ID: 0000-0002-9273-4014, Researcher ID Thomson: I-1196-2018, arXiv Author ID: jhonyalex11, CVU CONACYT ID: 903928

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Cinthia Valeria, Mendivil-Reyes* / ORC ID: 0000-0001-9796-1665, Researcher ID Thomson: I-4336-2018, CVU CONACYT ID: 904697

Recibido Abril 20, 2018; Aceptado Junio 30, 2018

#### Resumen

En la actividad agrícola se presentan daños causados por enfermedades, falta o exceso de riego o humedad, mal control de plagas, entre otros factores. Diversos estudios han permitido registrar y clasificar información que permita encontrar soluciones a esta problemática. Se propone la implementación de un algoritmo perceptrón de reconocimiento de imágenes para detección de problemas en cultivos de la uva, el cual es un sistema de procesamiento de imágenes del cultivo, que utiliza una cámara de alta resolución en un vehículo aéreo no tripulado (dron), que toma imágenes cuyos tonos RGB de: colores particulares, arrugas en las hojas, u otros datos, de esta forma es posible establecer parámetros de entrenamiento e implementar un algoritmo IA perceptrón de reconocimiento de imágenes para comparar con datos ya conocidos y tomar la acción más conveniente. Se han hecho pruebas con un prototipo a escala y una cámara Arduino a un cultivo de uva, que arrojó con éxito que contenía necrosis en la epidermis, una plaga que produce desecación en sarmientos, reduciendo su desarrollo.

#### Perceptrón, Cultivos, Dron

#### Abstract

At agriculture you can find damages caused by diseases, lack of water or excess of irrigation, poor pest control, among other factors. Several studies registered and classify information that allows finding solutions to such problem. We propose the implementation of an Image Recognition Perceptron Algorithm to detect problems in grape crops. This is a crop image processing system, that uses a high resolution camera in an unmanned aerial vehicle (drone), which takes images in RGB, observing tones of particular colours, wrinkles in the sheets, among other data, that helps us to establish training parameters and implement an Artificial Intelligence algorithm for recognizing images to compare them with known data and take the most convenient action. We have performed tests with a scaled Arduino prototype equipped with a camera in a grapes crop, the test showed that the sheets contained necrosis in the epidermis, a plague that produces desiccation in shoots, reducing growing.

#### Perceptron, Crops, Drone

**Citación:** RUIZ-AVILA, Luis Fernando, SIERRA-LEYVA, José Luis, FUENTES-VÁZQUEZ, Jhonnathan Alexis y MENDIVIL-REYES, Cinthia Valeria. Algoritmo Perceptrón de Reconocimiento de Imágenes para Detección de Problemas en Cultivos de la Uva. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-6: 11-19.

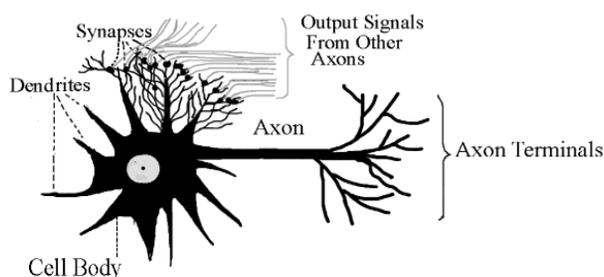
\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: luis.fernando.ruiz\_avila.1995.\_@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El cerebro procesa información y partir de ella, es capaz de dar una respuesta, es un modelo perfecto de aplicar en las técnicas de software y todo sucede en las neuronas (Szeliski, 2010).

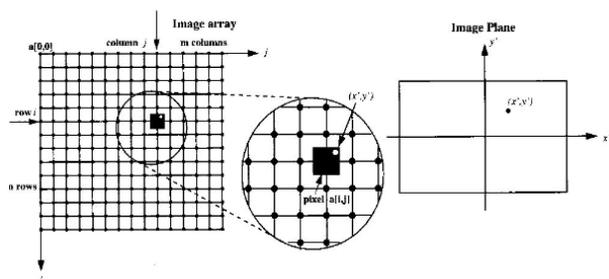
La neurona por el proceso de sinapsis es capaz de emitir una respuesta por axones, en analogía, una función matemática con ciertas entradas es capaz de producir diversas respuestas. (Ramesh, Rangachar, & Brian G., 1995).



**Figura 1** Neurona Biológica

Recuperado de: *Intelligent Control Systems...* Pág. 43

La visión artificial por computadora + en base a redes neuronales, modela mediante técnicas matemáticas la forma tradicional y apariencia de los objetos para recuperar la forma física y de color de los objetos (González G. F., 2009).



**Figura 2** Visión de máquina

Recuperado de *Relationship between image plane and image array indices*.

Usando visión artificial se adquieren las imágenes, se hace el procesamiento previo, segmentación, representación y descripción de los datos obtenidos, que servirán a su vez como las entradas de datos para ser reconocidas e interpretadas por nuestro modelo de réplica del cerebro que es un perceptrón multicapa que será ajustado para proveernos de información útil. (Giraldo, 2011)

En la actividad agrícola se presentan daños causados por enfermedades, falta o exceso de humedad, mal control de plagas, entre otros factores. Diversos estudios han permitido registrar y clasificar información que permita encontrar soluciones a esta problemática, como el detectar plagas al tener el conocimiento de la plaga es posible redimensionarla en datos que en nuestro caso son patrones de color y textura que pueden ser obtenidos de una imagen.

Se propone un perceptrón de reconocimiento de imágenes para detección de problemas en cultivos, que utiliza una cámara de alta resolución en un vehículo aéreo no tripulado (dron), que toma imágenes cuyos tonos RGB de: colores particulares, arrugas en las hojas, u otros datos, con las que es posible establecer parámetros de entrenamiento e implementar un algoritmo IA perceptrón de reconocimiento de imágenes para comparar con datos ya conocidos y tomar la acción más conveniente.

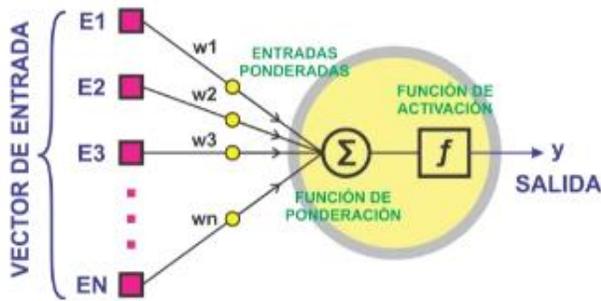
Se han hecho pruebas con un prototipo a escala y una cámara Arduino a un cultivo de uva, que arrojó con éxito que contenía necrosis en la epidermis, plaga que produce desecación en sarmientos, reduciendo su desarrollo.

## El Perceptrón Multicapa

Un perceptrón multicapa tiene tres diferentes zonas en las cuales procesa la información de diferentes maneras, en las capas de entrada, se reciben las variables de entrada, capas ocultas donde ocurre la mayor parte del procesamiento y la capa de salida que es la obtención de resultados. (García, 2006)

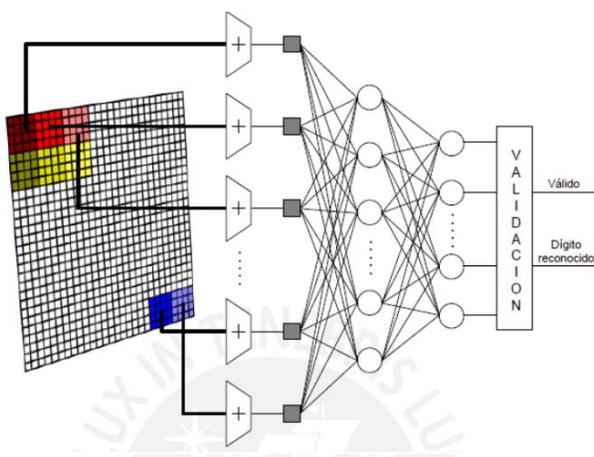
Se ha modelado una Neurona N que permite recoger las dendritas, entradas de datos, el axón la salida de datos y el cuerpo, se produce el proceso de sinapsis, una función de activación que produce una salida. Cada entrada se asocia a un peso correspondiente, de esta forma se representa en (1) donde  $n$  es la función y de salida y  $w$  son los pesos por cada entrada. (Aurelio, Humberto, & Serguei, 2002)

$$n = x_1w_1 + x_2w_2 + x_3w_3 + \dots + x_iw_i \quad (1)$$



**Figura 3** Modelo De Neurona Artificial  
 Recuperado de: *Redes Neuronales Artificiales*. Morse Blas, et al. Santa Fe 2015

Así, se establece una relación con otras neuronas donde las entradas se representan por patrones de un determinado color en la imagen y se procesa para obtener datos específicos, con los cuales se forman conexiones entre las entradas de una neurona y las salidas de otras para tener un procesamiento más óptimo, en base a conocimientos previos de las afecciones que pueden presentarse en un cultivo de uva.



**Figura 4** Representación De Colores  
 Recuperado de: (Hernández, 2014)

Como se aprecia en (2) y (3), Y es el resultado y f es una función de h y h es la actividad de la neurona, la sumatoria de n el número de entradas que posee el modelo, w indica el peso de la neurona y x es la entrada de valor de umbral asignado. (González P. J., 2015), el peso sináptico en ese punto, es la fuerza en que se unen dos neuronas, las entradas son señales del entorno, el umbral es un excedente de voltaje en la neurona, para que ocurra la activación y que se produzca una señal de salida.

$$y = f(h(\{Actividad\ Neuronal\})) \quad (2)$$

$$h = \sum_{xi \in X}^n w_i x_i + 0 \quad (3)$$

**Procesamiento De La Imagen**

La capa de entrada solo recibirá los datos obtenidos en el procesamiento de la imagen con sus respectivos patrones para el aprendizaje e incluye los siguientes puntos.

**Preprocesado De La Imagen**

Tratamiento sistemático de los píxeles de la imagen con filtros y transformaciones geométricas para realzar datos específicos, incluyen la mejora del contraste, eliminar el brillo, iluminación y restauración de la imagen (La Serna Palomino & Román Concha, 2009)

**Píxeles: Vecindad**

Estas son las relaciones que forman los píxeles en una matriz de píxeles contiguos dependiendo de los datos que estén aportando, en la vecindad para todo punto P de coordenadas (x, y) se dice que un pixel q pertenece a sus cuatro vecinos y se describe como en (4) si y solo si q tiene coordenadas como en (5).

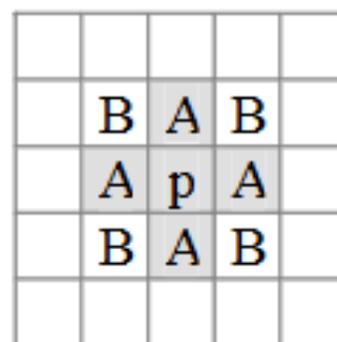
$$q = q \in N_4(p) \quad (4)$$

$$(x - 1y) \text{ o } (xy - 1) \text{ o } (x + 1y) \text{ o } (xy + 1) \quad (5)$$

Para todo punto p de coordenadas (x, y) se dice que un pixel q pertenece a sus ocho vecinos si se describe en (6) si y solo si q tiene coordenadas como en (7). (Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Sánchez-Marín, 2003)

$$q = q \in N_8(p) \quad (6)$$

$$(x - 1y) \text{ o } (xy - 1) \text{ o } (x + 1y) \text{ o } (xy + 1) \text{ o } (x - 1y - 1) \text{ o } (x + 1y - 1) \text{ o } (x + 1y + 1) \quad (7)$$



**Figura 5** Vecindario del punto p  
 Recuperado de: *Visión Artificial*. José F. Vélez S., et al. Madrid. 2003

## Relaciones De Distancia

La distancia euclidiana entre píxeles (8), distancia entre el punto P de coordenadas (x, y) y el punto q de coordenadas (s, t) (Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Sánchez-Marín, 2003)

$$d(p, q) = \sqrt{(x - s)^2 + (y - t)^2} \quad (8)$$

## Detección de Patrones De Color

Para la detección de zonas de color y otros patrones de toma de datos existe el modelo de color RGB (Red, Green, Blue), de los cuales se toma cada uno de los píxeles, para detectar patrones de color en grupo (Alegre, Pajares, & de la Escalera, 2016)

## Detección De Patrones: Transformada De Fourier De Imágenes Digitales

Herramienta que describe fenómenos que ocurren a menudo y aproximar fenómenos de funciones no lineales, en este caso, patrones de color a escala de grises distintivos en la imagen. En niveles de gris  $I(x, y)$ , así los niveles para una función bidimensional, los factores  $I_c(n, m)$ , que teniendo en cuenta las bases trigonométricas de las series de Fourier donde los coeficientes  $\{a_n\}$  y  $\{b_n\}$ , son una serie funcional de la forma (9) de la función definida para  $f(x)$  con intervalos  $[-\pi, \pi]$  a la serie trigonométrica que tiene de coeficientes (10) y (11):

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(mx) \quad (9)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(nx) dx \quad V_n = 0,1,2 \dots \quad (10)$$

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(mx) dx \quad V_m = 0,1,2 \dots \quad (10)$$

La suma del conjunto de funciones sinusoidales de diferencias frecuencias promedia por unos coeficientes con la finalidad de converger a  $f(x)$  el conjunto de señales sinusoidales es una base para el dominio de la frecuencia, los coeficientes de que corresponden la serie Fourier de una función son la transformada de Fourier de la función.

En un conjunto de N valores que en nuestro caso son patrones de color distintivos con relaciones de distancia y vecindad entre los colores de cada pixel de la imagen que formarían una señal discreta o muestreada de la imagen, implican tomar en cuenta la resolución y calidad de la imagen. Estos estarán dados por 11:

$$F = \{f(0), (f1), \dots f(N - 1)\} \quad (11)$$

Cambiando las integrales por sumatorias se consigue pasar de una definición continua a discreta y es necesario hacer los cambios de variables sobre los coeficientes  $(a_n, b_m)$ , para que la función en un intervalo general se defina como  $[0, N-1]$  en vez del intervalo  $[-\pi, \pi]$ , y utilizando la fórmula de Euler se puede compactar la notación transformando el coeficiente  $(a_n, b_m)$ , en un numero complejo, así para una señal temporal  $f(k)$  el coeficiente enésimo ab de la serie de Fourier discreta es (12):

$$ab(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) e^{-j \frac{2\pi}{N} kn} \quad V_n = 1, N - 1 \quad (12)$$

Formando así una señal discreta en el dominio de la frecuencia de (11) a (13):

$$F = \{ab(0), ab(1), \dots ab(N - 1)\} \quad (13)$$

Para el tratamiento de imágenes se amplía la fórmula para imágenes cuadradas en escalas de grises, así los coeficientes  $I_c(n, m)$  se calculan según la ecuación (14) normalizando de 0 a 255. (Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Sánchez-Marín, 2003)

$$I_c(n, m) = F(I(x, y)) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x, y) e^{-j \frac{2\pi x n}{N}} e^{-j \frac{2\pi m y}{N}} \quad V_{n,m} = 0,1, N - 1 \quad (14)$$

## Preprocesado de la imagen

De la información tomada de la imagen, se determina si a una planta le hace falta agua o se excede, o presenta alguna plaga; se requiere un preprocesado que arroje una matriz de datos para establecer patrones, que conjuntan la base de aprendizaje para el perceptrón multicapa, mediante la generación hacia atrás del error que se pueda producir (Giraldo, 2011). Al final de estos pasos se obtiene una matriz de datos, arrojando patrones distintivos de la imagen.



Figura 6 Captura. Etapa De Preprocesamiento

Fuente: Elaboración Propia

## Segmentación

En la segmentación se obtienen bordes, líneas, curvas, que indican patrones de datos, que realzan la falta de humedad en las hojas, comparando con los datos de color obtenidos en el procesamiento inicial. (La Serna Palomino & Román Concha, 2009). Se dividen en zonas y se etiquetan los datos, pixel por pixel. La segmentación se adecua a medida.

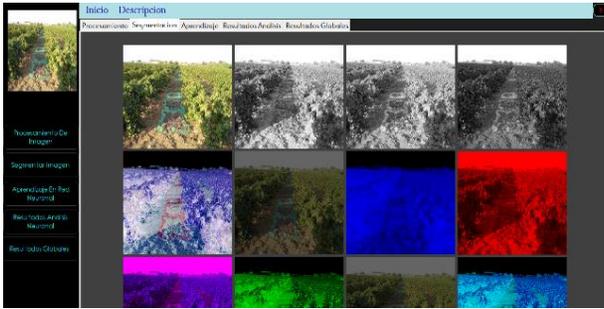


Figura 7 Captura. Etapa De Segmentación

## Método De Entrada De Datos

Una vez obtenidos los datos se crea un patrón, clasificando los patrones de acuerdo a si tienen la afección distintiva, al ser procesada, la neurona definirá el patrón de error y la correlación con la función de activación definida por la constante variante de umbral en cada neurona generalizando y disminuyendo el error hasta un mínimo aceptable.

## Función De Activación

Es la función que activa o inhibe las señales recibidas y muestra resultados, utiliza la función de tangente hiperbólica (15) se adecua a la forma de entrenamiento (Ali & Mohammad, 2001).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}} \quad 0 \leq f(x) \leq 1 \quad (15)$$

## Aprendizaje, Backpropagation y Descenso Del Gradiente

Este algoritmo se basa en la función de error, arroja datos en una curva, que deben alcanzar un mínimo y un máximo de error, el propósito, mediante el descenso del gradiente, es evitar mínimos locales de la curva. (Anil K., Jianchang, & K. M., 1996).

1<sup>ro</sup>, se define una amplitud del error para determinar el grado de aceptabilidad que se desea tener, valores desde 0.1 a 0.9. 2<sup>do</sup>, se elige un patrón de entrada, la matriz de datos, para que cumpla con los requerimientos, a esto se le conoce como aprendizaje asistido, donde se determinan una serie de valores que se desea alcanzar. 3<sup>ro</sup>, las capas ocultas del perceptrón comienzan a propagar las señales adentro de la red. 4<sup>to</sup>, se procede a calcular  $\delta_i^L$  para la capa de salida que es como se define la fórmula de activación en (16).

$$\delta_i^L = f'(\text{net}_i^L)[d_i^L - o_i^L] \quad (16)$$

Donde  $\text{net}_i^L$  y  $o_i^L$  representan la entrada y salida (respectivamente) de la  $i$ -ésima unidad en la  $L$ -ésima capa y  $f'$  es la derivada de la función de activación  $f(x)$  en este caso (17).

$$f(x) = f(x)[1 - f(x)] \quad (17)$$

5<sup>to</sup>, ahora para el Perceptrón multicapa en la función de activación se tendría (18)

$$\delta_j^L = [z_j^{(q)}(1-z_j^{(q)})] (t_j^{(q)} - z_j^{(q)}) \quad (18)$$

6<sup>to</sup>, se procede a calcular las deltas ( $\delta$ ) para las capas previas por propagación del error hacia atrás la ecuación (19).

$$\delta_i^L = f'(\text{net}_i^L) \sum_k v_{ik}^{L+1} \delta_k^{L+1} \quad (19)$$

Para  $l = (L - 1) \dots, 1$ , donde los  $u_{ik}$  representan los parámetros libres de la red o pesos. Una vez hecho esto, se actualizan los pesos (20) y (21):

$$\nabla v_{ki}^L = \eta \delta_i^L o_k^{L-1} \quad (20)$$

$$u_{mj}^{(r+1)} = u_{mj}^{(r)} + \eta \delta_j^L y_n^{(q)} \quad (21)$$

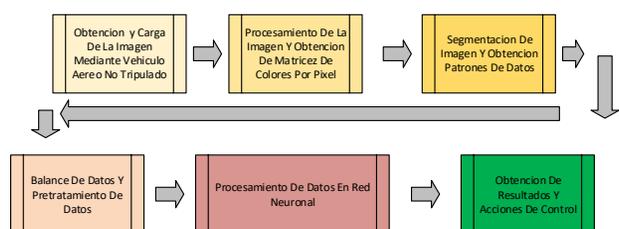
y para las capas ocultas ecuación (22)

$$w_{nm}^{(r+1)} = w_{nm}^{(r)} + \eta \delta_m^L x_n^{(q)} \quad (22)$$

Posteriormente se itera hasta el segundo paso y se repite para el siguiente patrón hasta alcanzar el mínimo de error (fijado a priori) o hasta alcanzar el número máximo de iteraciones.

**Metodología A Desarrollar**

En base a un perceptrón multicapa, y la descripción biológica de una neurona, se puede aplicar la misma relación a un modelo matemático de conexiones. Definiendo primeramente cuáles serán las entradas de los datos, que en este caso son las técnicas visión artificial. El procesamiento en esta etapa de los datos y la obtención de los resultados iniciales para el procesamiento en la etapa de reconocimiento ocupa la mayor parte del proceso este proceso es descrito a continuación en la siguiente imagen.



**Tabla 1** Diagrama de bloques  
Fuente: *Elaboración Propia*

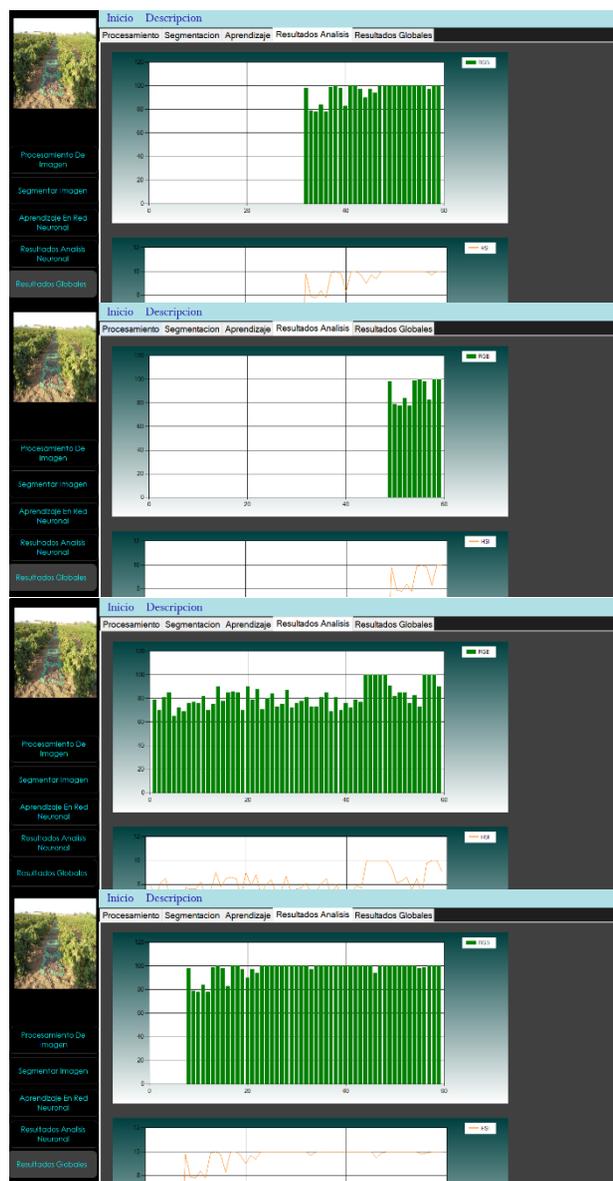
La primera fase del proceso consiste en la obtención de las capturas del cultivo, por medio del vehículo aéreo no tripulado, el cual es imprescindible para la toma de fotogramas que abarquen un área más grande del terreno y en consecuencias más datos son registrados en la red neuronal permitiendo una mayor cantidad de datos, que son más confiables y se pueden tomar como muestras representativas del cultivo. Estas fotografías son guardas en una SD-CARD (Secure Digital Card), para su posterior análisis. La segunda fase se basa en la aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes digitales para la obtención por filtros de color, vecindad, relaciones de distancia y posición, pixel por pixel, para obtener matrices de datos, las cuales serán clasificado para determinar las entradas de datos de la red neuronal.

```

for (int i = 0; i < mapa.Height; i++)
{
    for (int j = 0; j < mapa.Width; j++)
    {
        colores = mapa.GetPixel(j, i);
        f.Add(new int[] {colores.R,colores.G,colores.B});
        f2.Add(new int[] { Convert.ToInt32(mapa.GetPixel(j, i).GetSaturation()),
            Convert.ToInt32(mapa.GetPixel(j, i).GetBrightness()),
            Convert.ToInt32(mapa.GetPixel(j, i).GetHue()) });
        Color nuevo = colores;
        nuevo = Color.FromArgb(205,nuevo);
        nuevo = Color.FromArgb(100,nuevo.B,nuevo.B,nuevo.B);
        mapa.SetPixel(j, i, nuevo);
        mapa.SetResolution(10f,10f);
        mapa.MakeTransparent();
    }
}
    
```

**Figura 8** Obtención de color natural de la imagen, para la aplicación de técnicas de procesamiento de donde formaremos matrices de datos  
Fuente: *Elaboración Propia*

La tercera fase consiste en aplicar segmentación de imágenes a partir transformada de Fourier de imágenes digitales con los datos obtenidos y registrados en las matrices de datos formando así un análisis más completo de las capturas tomadas en escalas de grises, y comparando los resultados con las frecuencias de muestras ya almacenadas formando así un conjunto de N valores de las muestras tomadas, que en nuestro caso son patrones de color distintivos con relaciones de distancia y vecindad entre los colores de cada pixel de la imagen que formarían una señal discreta o muestreada de la imagen, para determinar variaciones en picos altos y bajos de frecuencia y así determinar las zonas más conflictivas para el análisis.



**Figura 8** Resultados de datos obtenidos por patrón de color  
Fuente: *Elaboración Propia*

La cuarta fase consiste en sacar un balance general de los datos obtenidos, generalizando datos a partir de los tomados para meterlos al análisis neuronal como otro factor de análisis, como ejemplo de esto el porcentaje de color en RGB por pixel, frecuencias relativas en color por pixel y el cambio de color de un pixel vecindad a otro.

Pixel	RGB	HSL	HSB	CMYK	Porcentaje RGB	Frecuencias Relativas	Cambios De Tipo En Píxeles
0.0	(53, 17, 8)	(12, 73%, 12%)	(19, 100%, 21%)	(0%, 68%, 85%, 79%)	0.23%	0.25%	0.14%

**Figura 8** Imagen representativa de resultados obtenidos en la cuarta fase  
Fuente: *Elaboración Propia*

La quinta fase consiste en aplicar a los datos ya recolectados el algoritmo perceptron, consiste en, primer paso otorgar los pesos sinápticos a las neuronas según el conocimiento y datos ya obtenidos anteriormente, se procede a analizar estos datos contenidos en archivos .txt en los cuales se han guardado valores y determinaran el facto de activación de la función de activación para cada neurona.

```

5.0,3.3,1.4,0.2,0
7.0,3.2,4.7,1.4,1
6.4,3.2,4.5,1.5,1
6.9,3.1,4.9,1.5,1
5.5,2.3,4.0,1.3,1
6.5,2.8,4.6,1.5,1
5.7,2.8,4.5,1.3,1
6.3,3.3,4.7,1.6,1
4.9,2.4,3.3,1.0,1
6.6,2.9,4.6,1.3,1
5.2,2.7,3.9,1.4,1
5.0,2.0,3.5,1.0,1
5.9,3.0,4.2,1.5,1
6.0,2.2,4.0,1.0,1
6.1,2.9,4.7,1.4,1
5.6,2.9,3.6,1.3,1
6.7,3.1,4.4,1.4,1
    
```

**Figura 9** Archivo datos.txt de una de las pruebas obtenidas  
Fuente: *Elaboración Propia*

```

static void LeerPatrones()
{
    string data = System.IO.File.ReadAllText(dataPath).Replace("\n", "");
    string[] row = data.Split(Environment.NewLine.ToCharArray());
    for (int i = 0; i < row.Length; i++)
    {
        string[] rowData = row[i].Split(',');

        double[] inputs = new double[inputCount];
        double[] outputs = new double[outputCount];

        for (int j = 0; j < rowData.Length; j++)
        {
            if (j < inputCount)
            {
                inputs[j] = Normalizacion(double.Parse(rowData[j]), inputMin, inputMax);
            }
            else
            {
                outputs[j - inputCount] = Normalizacion(double.Parse(rowData[j]), outputMin, outputMax);
            }
        }

        input.Add(inputs);
        output.Add(outputs);
    }
}
    
```

**Figura 10** Obtención de valores de los archivos  
Fuente: *Elaboración Propia*

Estos datos son normalizados para obtener valores aceptables dentro de la muestra tomada, ya que cada archivo es una muestra.

```

4 referencias
static double Normalizacion(double value, double min, double max)
{
    return (value - min) / (max - min);
}
    
```

**Figura 11** Normalización de valores  
Fuente: *Elaboración Propia*

Una vez hecho esto se procede a iterar con los campos y con el algoritmo de backpropagation para determinar un nuevo aprendizaje a partir de detectar máximos y mínimos en la evaluación de los datos generalizados en las distintas neuronas. Así disminuyendo el grado de error para las capas de neuronas internas y a su vez mejorando el conocimiento.

```

public bool AprendizajeBackPropogation(List<double>[] input, List<double>[] desiredOutput, double alpha, double maxerror, int maxiterations)
{
    double err = 9999;
    log = new List<string>();
    while (err > maxerror)
    {
        maxiterations--;
        if (maxiterations <= 0)
        {
            return false;
        }

        if (Console.KeyAvailable)
        {
            System.IO.StreamWriter w = new StreamWriter(@"C:\Users\User\Desktop\bin\Debug\log.txt");

            string pasar = "";
            foreach (var item in log)
            {
                pasar = item + "\n";
                w.WriteLine(pasar);
            }
            return true;
        }

        AplicarBackPropogation(input, desiredOutput, alpha);
        err = ErrorGenerico(input, desiredOutput);
        log.Add(err.ToString());
        Console.WriteLine(err);
    }

    System.IO.File.WriteAllLines(@"C:\Users\User\Desktop\bin\Debug\log.txt", log.ToArray());
}
    
```

**Figura 12** Método genérico para actualizar valores en las funciones de cada neurona de la red neuronal  
Fuente: *Elaboración Propia*

```

1 referencia
void AplicarBackPropogation(List<double>[] input, List<double>[] desiredOutput, double alpha)
{
    GuardarDeltas();
    for (int i = 0; i < input.Count; i++)
    {
        Activacion(input[i]);
        GuardarSigmas(desiredOutput[i]);
        ActualizarBias(alpha);
        AgregarDeltas();
    }
    ActualizarPesos(alpha);
}
    
```

**Figura 13** Aplicación del algoritmo  
Fuente: *Elaboración Propia*

```

1 referencia
double ErrorIndividual(double[] realOutput, double[] desiredOutput)
{
    double err = 0;
    for (int i = 0; i < realOutput.Length; i++)
    {
        err += Math.Pow(realOutput[i] - desiredOutput[i], 2);
    }
    return err;
}

1 referencia
double ErrorGenerico(List<double>[] input, List<double>[] desiredOutput)
{
    double err = 0;
    for (int i = 0; i < input.Count; i++)
    {
        err += ErrorIndividual(Activacion(input[i]), desiredOutput[i]);
    }
    return err;
}
    
```

**Figura 14** Calculo del error  
Fuente: *Elaboración Propia*

En cada iteración además de delimitar con el grado de error y las funciones de activación, también se actualizan la estructura central de la red, es decir los pesos sinápticos las neuronas, así como los valores de la sumatoria de cada capa, para delimitar más aun el error.

```
void ActualizarPesos(double alpha)
{
    for (int i = 0; i < Capas.Count; i++)
    {
        for (int j = 0; j < Capas[i].numberOfNeurons; j++)
        {
            for (int k = 0; k < Capas[i].neurons[j].weights.Length; k++)
            {
                Capas[i].neurons[j].weights[k] -= alpha * deltas[i][j, k];
            }
        }
    }
}
```

**Figura 16** Actualización de pesos

Fuente: *Elaboración Propia*

```
void ActualizarBias(double alpha)
{
    for (int i = 0; i < Capas.Count; i++)
    {
        for (int j = 0; j < Capas[i].numberOfNeurons; j++)
        {
            Capas[i].neurons[j].bias -= alpha * sigmas[i][j];
        }
    }
}
```

**Figura 17** Actualización de vías

Fuente: *Elaboración Propia*

```
void GuardarSigmas(double[] desiredOutput)
{
    sigmas = new List<double>();
    for (int i = 0; i < Capas.Count; i++)
    {
        sigmas.Add(new double[Capas[i].numberOfNeurons]);
    }
    for (int i = Capas.Count - 1; i >= 0; i--)
    {
        for (int j = 0; j < Capas[i].numberOfNeurons; j++)
        {
            if (i == Capas.Count - 1)
            {
                double y = Capas[i].neurons[j].lastActivation;
                sigmas[i][j] = (Neurona.Functions.Sigmoide(y) - desiredOutput[j]) * Neurona.SigmoidDerivated(y);
            }
            else
            {
                double sum = 0;
                for (int k = 0; k < Capas[i + 1].numberOfNeurons; k++)
                {
                    sum += Capas[i + 1].neurons[k].weights[j] * sigmas[i + 1][k];
                }
                sigmas[i][j] = Neurona.SigmoidDerivated(Capas[i].neurons[j].lastActivation) * sum;
            }
        }
    }
}
```

**Figura 18** Guardar sigmas de la función por capa.

Fuente: *Elaboración Propia*

Todos estos datos se guardan para disminuir el grado de error que tiene el algoritmo.

```
1,48131520186361
1,48015323947896
1,47899016906586
1,47782599485472
1,47666072113586
1,47549435225941
1,47432689263537
1,47315834673347
1,47198871908317
1,47081801427358
1,46964623695346
1,46847339183109
1,46729948367424
1,46612451731009
1,46494849762518
1,46377142956531
```

**Figura 19** Disminución del grado de error al inicio de entrenamiento, iteración 2513

Fuente: *Elaboración Propia*

## Resultados

Los resultados obtenidos en la simulación de aprendizaje del perceptrón y en la utilización del programa, fueron satisfactorios, al probarlo con imágenes a un cultivo de uva, arrojó con éxito la diferencia entre fotografías de hojas que padecían necrosis en la epidermis y las que no lo tenían, con una eficiencia del 95 %.

También se pudo predecir a cuáles de las plantas les faltaba humedad o les sobraba y establecer un parámetro de por qué, en base a fechas de riego, haciendo posible que se logre detectar si las plantas necesitan agua o no la necesitan.

## Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, en especial al plantel: Instituto Tecnológico de Nogales, por las facilidades brindadas, tanto para la construcción del prototipo, como para el financiamiento para la presentación del artículo.

## Conclusiones

A través de la investigación desarrollada, en la simulación del prototipo de la implementación del software, pruebas concluyentes a partir de imágenes tomadas a cultivos de uva se obtuvo la disminución del error, obtenido de 2.123 que resulta de la evaluación de la función cálculo de error con el aprendizaje obtenido en 30 pruebas, se redujo a 0.70 el grado de error lo que da una aceptabilidad del 93% para el algoritmo, que puede disminuir mucho más a través del aprendizaje.

Herramientas como estas son fiables y seguras en su utilización, su aplicabilidad es basta en diversos cultivos de uva, al poder determinar si la planta tiene plagas en nuestro caso necrosis en la epidermis, seria de vital importancia para el productor en etapas tempranas de desarrollo, para poder combatir la plaga.

```
0,709669736987337
0,709669731248186
0,709669725509032
0,709669719769872
0,709669714030711
0,709669708291545
0,709669702552374
0,7096696968132
0,709669691074021
0,709669685334839
0,709669679595653
0,709669673856464
0,709669668117268
0,709669662378071
0,709669656638868
0,709669650899663
```

**Figura 19** Disminución del grado de error  
Fuente: Elaboración Propia

Se observó que la red neuronal alcanzaba o disminuía su grado de error hasta 0.5% después de tener un aprendizaje de 100000 iteraciones de una serie de 1036 datos el error se normaliza y no disminuye más.

## Referencias

Alegre, E., Pajares, G., & de la Escalera, A. (2016). *Conceptos y Métodos en Visión por Computador*. España.

Ali, Z., & Mohammad, J. (2001). *Intelligent Control Systems Using Soft Computing Methodologies*. Boca Raton London New York Washington, D.C.: Crc Press Llc.

Anil K., J., Jianchang, M., & K. M., M. (1996). *Artificial Neural Networks: A Tutorial*. *IEEE*, 37.

Aurelio, V., Humberto, S., & Serguei, L. (2002). Reconocimiento Eficiente De Caracteres Alfanumericos Provenientes De Mapas Raster Por Medio De Clasificadores Neuronales. *Computacion Y Sistemas*, 040-041.

García, J. F. (2006). *Fundamentos para la Implementación de Red Neuronal Perceptrón Multicapa Mediante Software*. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería.

Giraldo, F. N. (2011). Algoritmo de procesamiento de imagenes satelitales con transformada de Hugh. *Vision Electronica*, 1-16.

González, G. F. (2009). *Redes Neuronales Aplicadas Al Análisis De Imágenes Para El Desarrollo De Un Prototipo De Un Sistema De Seguridad*. Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira: Programa De Ingeniería En Sistemas Pereira.

González, P. J. (2015). *Reconocimiento de patrones proyectivo-invariantes mediante redes neuronales de variable compleja*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

Hernández, S. N. (2014). *Implementación de un Sistema de Información para el Reconocimiento de Caracteres Basado en la Red*. Lima, Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú - Facultad de Ciencias e Ingeniería.

La Serna Palomino, N., & Román Concha, U. (2009). Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital De Imagenes. *Revista De Ingenieria De Sistemas E Informatica*, 9-16.

Ramesh, J., Rangachar, K., & Brian G., S. (1995). *Machine Vision*. McGraw-Hill.

Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: Algorithms And Applications*. Springer.

Vélez Serrano, J. F., Moreno Díaz, A. B., Sánchez Calle, Á., & Sánchez-Marín, J. L. (2003). *Visión por computador*. Madrid, España: S.L. - Dykinson.

## Clasificación de microcalcificaciones mediante la red neuronal Inception V3

### Classification of microcalcifications usign the Inception V3 neural network

RODRIGUEZ-RAMIREZ, Rodrigo† & SÁNCHEZ, María Guadalupe\*

*Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán / Tecnológico Nacional de México Departameteo de Sistemas y Computación, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Rodrigo, Rodriguez-Ramirez* / ORC ID: 0000-0001-8347-8795, Researcher ID Thomson: I-5904-2018, CVU CONACYT ID: 842738

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *María Guadalupe, Sánchez* / ORC ID: 0000-0002-5517-9816, CVU CONACYT ID: 544127, SNI-CONACYT ID: 64957

Recibido Marzo 30, 2018; Aceptado Junio 30, 2018

#### Resumen

El cáncer de mama es el cáncer más común entre las mujeres en todo el mundo, es la segunda causa principal de muerte en América, donde se estima que 2.8 millones de personas son diagnosticadas con esta enfermedad y 1.3 millones mueren cada año. La mejor manera de prevenirlo es su detección temprana. Una mamografía puede arrojar datos útiles para conocer si la persona tiene o no indicios de cáncer. Existen muchos avances en la Inteligencia Artificial, específicamente en el área de reconocimiento de imágenes y en problemas de clasificación. El objetivo principal de este artículo es clasificar las imágenes mamográficas con y sin microcalcificaciones, mediante el uso de la red neuronal convolucional Inception V3, con la finalidad de apoyar al médico a dar un diagnóstico fiable de esta patología. Para las pruebas se utilizaron imágenes mamográficas de la base de datos MIAS. Se entrenó la red neuronal con imágenes originales y con imágenes pre-procesadas. Los resultados muestran mejores aproximaciones en la clasificación cuando se pre-procesa la imagen aplicando las operaciones morfológicas con una exactitud del 80%.

**Cáncer de mama, Microcalcificaciones, Redes neuronales**

#### Abstract

Breast cancer is the most common cancer among women worldwide; it is the second leading cause of death in America. It is estimated that 2.8 million people are diagnosed with this disease, and 1.3 million dies from cancer each year. The best way to prevent it is its an early detection. A mammogram can yield useful data to know if the person has or not signs of cancer. There are many advances in Artificial Intelligence, specifically in the area of image recognition and classification problems. The main aim of this article is to classify mammographic images with and without microcalcifications, through the use of Inception V3 convolutional neural network, with the goal of supporting the doctor to a reliable diagnosis of this pathology. Mammographic images are used from MIAS database. The neural network was trained with original and pre-processed images. The results show better approximations in the classification when the image is pre-processed using morphological operations with a accuracy of 80%.

**Breast cancer, Microcalcifications, Neural networks**

**Citación:** RODRIGUEZ-RAMIREZ, Rodrigo & SÁNCHEZ, María Guadalupe. Clasificación de microcalcificaciones mediante la red neuronal Inception V3. Revista de Cómputo Aplicado. 2018, 2-6: 20-26.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: msanchez@itcg.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El cáncer de mama es el cáncer más común entre las mujeres en todo el mundo, sobre todo en países en desarrollo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se estima que el cáncer es la segunda causa principal de muerte en América, donde 2,8 millones de personas son diagnosticadas cada año y 1,3 millones mueren por esta enfermedad. Aproximadamente el 52% de los nuevos casos de cáncer y el 35% de las muertes por esta enfermedad ocurren en personas de 65 años o menos. La incidencia es 25 por cada 100,000 personas, de los cuales el 99% de los casos son mujeres. En ausencia de una efectiva prevención, el diagnóstico precoz es un importante medio para reducir la mortalidad. Se estima que la tasa de mortalidad con esta enfermedad va del 10 % en el primer año al 80% en 5 años, una vez realizado el diagnóstico (Gordo, JM Alonso, 2000).

La mamografía es una de las herramientas principales a la hora de hacer un examen detallado de las mamas. Es un procedimiento indoloro y lo único que se requiere es tomar como mínimo dos imágenes por mama, y dependiendo de los resultados el especialista pedirá más mamografías en algún tiempo determinado. Estas imágenes brindan un gran panorama a la hora de detectar el cáncer de mama en etapas tempranas del desarrollo. Al llevarse a cabo estos estudios se puede observar en las imágenes microcalcificaciones y masas.

Las microcalcificaciones son pequeños depósitos de minerales que aparecen como puntos blancos en las mamografías y las masas son visualmente caracterizados por medio de regiones blancas y grises en el área del pecho de la mamografía (Breastcancer, 2018). Detectar depósitos de calcio (microcalcificaciones) es una buena opción para el tratamiento temprano de cáncer, debido a que sólo 55% de los cánceres de mama no palpables presentan microcalcificaciones visibles (Arancibia, P, et al., 2013). Gracias al avance de la tecnología es posible desarrollar poderosas herramientas para la manipulación de las imágenes, permitiendo mostrar información que normalmente no es visible. Una de las herramientas muy utilizadas son las redes neuronales, las cuales se usan para muchas aplicaciones, entre las que se encuentran, aplicaciones de clasificación, procesamiento de la información, demostración de teoremas, entre otras.

En (Guerra, Aníbal & Rivas, Joel, 2011) se describe el desarrollo de un software para la detección de microcalcificaciones, através del estudio de imágenes mamográficas. El software trabaja a partir de una mamografía digitalizada, la cual es procesada para ingresarla como dato de entrada a una Red Neuronal Artificial (RNA) del tipo perceptrón multicapa; ésta se encarga de detectar si la imagen presenta o no microcalcificaciones. La efectividad alcanzada fue de un 94.4% de aciertos en su predicción.

Martínez Rodríguez, F. C., (2016) presenta una serie de pasos para detectar el cáncer de mama mediante una mamografía digital. Estos pasos incluyen el tratamiento digital de imágenes, segmentación, extracción de características y clasificación. Se utilizó la base de datos MIAS. El autor muestra un porcentaje de 85% de exactitud en la clasificación.

En (Bhowmick, B. et al., 2006), proponen un sistema para la detección de microcalcificaciones en mamografías digitalizadas. Los experimentos se llevan a cabo con la base de datos MIAS. Usan 87 características por cada píxel seleccionado y con ellas se entrena un Perceptrón Multicapa (MLP, por sus siglas en inglés). El sistema es capaz de clasificar una imagen como normal o anormal, y también señalar la zona sospechosa con microcalcificaciones en imágenes anormales.

En (Pratiwi, M., et al., 2015), hacen uso de redes neuronales de base radial (RBFNN, por sus siglas en inglés ) para clasificar las mamografías en normales, anormales, benignas y malignas. Para la extracción de características se basan en las matrices de co-ocurrencia de los niveles de grises. Se utilizan las imágenes de la base de datos MIAS. Ellos demuestran que el uso de RBFNN es mejor que las redes neuronales back-propagation (BPNN), teniendo una exactitud de 93.89%, 14% más que las BPNN para la clasificación de las imágenes en normal y anormal. Mientras que el promedio de benigno y maligno es de 94.29%, 2% más que las BPNN. Para realizar este proceso ellos lo llevan a cabo en tres etapas: el procesamiento, extracción de características y la clasificación.

A diferencia de las anteriores investigaciones, en el presente trabajo se utilizó la red neuronal convolucional Inception-V3 para la clasificación de las imágenes, debido a su alto rendimiento en la clasificación.

El objetivo de este trabajo fue realizar una clasificación de las imágenes mamográficas que contienen o no microcalcificaciones, por medio del uso y entrenamiento de la red neuronal convolucional Inception V3, con la finalidad de apoyar al médico a dar un diagnóstico fiable de esta anomalía.

La clasificación en el presente trabajo se lleva a cabo a través de las etapas de: segmentación, pre-procesamiento, entrenamiento de la red neuronal y clasificación.

### Redes Neuronales

Las Redes Neuronales Artificiales o RNAs, son pequeñas “máquinas” que tratan de emular ciertas características del cerebro humano, tales como: clasificación, asignación, detección, reconocimiento y predicción, entre otras. Se basan en el funcionamiento biológico de las neuronas del cerebro (Sánchez, E. & Alanís, A., 2006). Existen diferentes tipos de redes neuronales, entre los que se encuentran las convolucionales, el perceptrón de capas múltiples, autoencoder, jerárquica, entre otras (Li, F. & Jhonson, J. & Karpathy, A., 2015).

Las Redes Neuronales Convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) son parecidas en muchos aspectos a las redes neuronales ordinarias. Cada neurona recibe algunas entradas, realiza un producto escalar y luego aplica una función de activación. Las redes neuronales convolucionales suponen explícitamente que las entradas son imágenes, lo que permite codificar ciertas propiedades en la arquitectura y permite ganar eficiencia y reducir parámetros en la red (Li, F. & Jhonson, J. & Karpathy, A., 2015).

Algunas arquitecturas de CNN son: LeNet-5, AlexNet, Inception y MobileNets (Gèron, A, 2017). Inception su uso es factible en escenarios con procesamiento de datos grandes. En este tipo de red, solo se re-entrena la capa final, encargada de proporcionar los resultados para las clases en las que se clasifican las imágenes.

### Procesamiento digital de imágenes

El procesamiento digital de imágenes es un campo de la computación que se encarga de aplicar técnicas a imágenes tales como, rotación, segmentación, extracción de características, realzado de contraste, filtrado, etc., con la finalidad de preparar las imágenes para un posterior procesamiento.

El ruido impulsivo es el tipo de ruido más frecuente en las imágenes digitales, se genera principalmente al momento de la transmisión de las imágenes (Cervantes, M.G.S, 2013). Existen muchos filtros para la eliminación de ruido impulsivo, uno de ellos se basa en el concepto de peer-group y métrica euclídea (Sánchez, M.G, 2014). En este trabajo se utilizó este tipo de filtro.

Entre las operaciones morfológicas más comunes que se aplican en el pre-procesamiento de imágenes se encuentran:

- Binarización
- Ecuilizado del histograma
- Dilatación
- Erosión

La binarización consiste en convertir el valor de los píxeles de una imagen a valores 0 y 1, haciendo que la imagen luzca en colores blanco y negro (Cuevas, E. & Zaldívar, D. & Pérez, M.,2010). El ecualizado del histograma son las distribuciones que describen la frecuencia con la que se presentan los valores de intensidad (píxeles) de la imagen. Ecuilizar el histograma significa, cambiar mediante la utilización de una operación de píxel la imagen de tal forma que muestre un histograma en la mejor medida distribuidos a lo largo de todos los niveles de intensidad (Cuevas, E. & Zaldívar, D. & Pérez, M.,2010).

Las operaciones de dilatación y erosión no pueden ser consideradas inversas, debido a que no es posible reconstruir completamente una imagen erosionada mediante la aplicación sucesiva de dilataciones. Sin embargo, presentan una relación, ya que una dilatación de los píxeles con valor 1 de una imagen puede llevarse a cabo realizando una erosión del fondo o de los píxeles en 0 (Cuevas, E. & Zaldívar, D. & Pérez, M.,2010).

## Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del presente proyecto fue la siguiente:

- Segmentación manual
- Pre-procesamiento de las imágenes
- Conexión y entrenamiento con la red neuronal
- Clasificación

La base de datos que se utilizó para los experimentos fueron las imágenes de la Sociedad de Análisis de Imágenes Mamográficas (MIAS, por sus siglas en inglés) (Suckling, J., 2015) que contiene 322 imágenes de mamografías en formato PGM (Portable Graymap Format). Las imágenes tienen una resolución de 1024x1024 píxeles.

Las imágenes de la base de datos se separan en dos conjuntos: de entrenamiento y de pruebas. Se utilizaron 100 imágenes para entrenar la red neuronal (50 pertenecen a mamografías sin microcalcificaciones y 50 con microcalcificaciones) y 10 imágenes para las pruebas. A continuación se explica en que consiste cada una de las fases de la metodología.

### Segmentación

El área que ocupa el seno en la mamografía es menor al total del tamaño de la imagen a analizar. Por lo tanto, es necesario seleccionar (reducir) sólo la parte del seno (área de interés), ya que es la zona que se utiliza para entrenar la red neuronal. El tamaño de la imagen una vez que se realizó este proceso fue de 512x180 píxeles en lugar de 1024x1024 píxeles. La imagen reducida se guarda en formato JPG, ya que la red neuronal solo acepta imágenes con formato JPG o PNG.

### Pre-procesamiento

Se lleva a cabo una etapa de pre-procesamiento de las imágenes donde se considera la supresión de ruido impulsivo y se aplican algunas operaciones morfológicas con la finalidad de conservar las principales características de forma de los objetos.

Una vez que las mamografías están reducidas al área de interés, se pasan por el filtro de eliminación de ruido impulsivo, con la finalidad de remover el ruido presente en la imagen que pueda perjudicar los resultados finales.

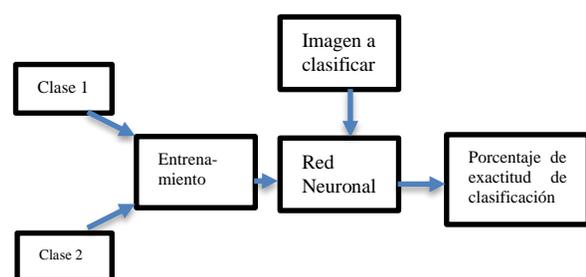
Después de que la imagen está libre de ruido, se lleva a cabo el tratamiento de las imágenes con las operaciones morfológicas, con la finalidad de resaltar las características más relevantes de éstas y así obtener mejores resultados en la clasificación. Estas operaciones son:

- Binarización
- Ecuilibrado del histograma
- Dilatación
- Erosión
- Erosión - Dilatación

### Entrenamiento de la red Neuronal

Las imágenes resultantes del pre-procesamiento, son evaluadas en esta etapa. Para llevar a cabo el entrenamiento de la red neuronal, primero se tiene que realizar la conexión a ella, en la que se especifica la ruta de las imágenes con las que se trabajará.

La figura 1 muestra el diagrama de seguimiento del proceso de entrenamiento y clasificación.



**Figura 1** Diagrama de seguimiento del proceso de entrenamiento y clasificación de imágenes

*Fuente: Elaboración propia*

La clase 1 y clase 2 de la figura 1, se refiere a las dos clases de imágenes que vamos a clasificar: con y sin microcalcificaciones. Estas dos clases son las que se introducen a la red neuronal para su entrenamiento.

## Clasificación

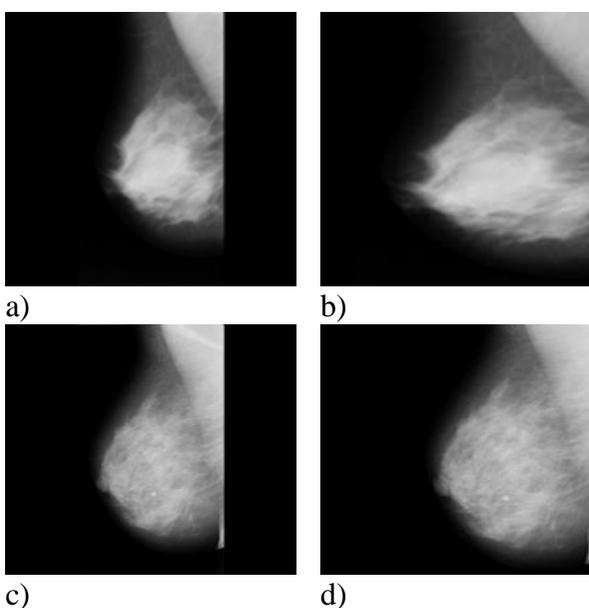
Para probar la exactitud de la clasificación con la red entrenada, se introducen algunas imágenes de prueba para clasificarlas, arrojando como resultado una probabilidad para cada una de las clases definidas: con microcalcificaciones y sin microcalcificaciones.

## Resultados

Las pruebas experimentales se realizaron en una computadora con las siguientes características: CPU Intel Core i7 Octa Core a 3,5 GHz y con 16 GB de capacidad de la memoria RAM. La eliminación del ruido se llevó a cabo en el lenguaje C y con el uso de la biblioteca OpenMP. Se utilizó Python para realizar la conexión, entrenamiento de la red neuronal y la clasificación y Matlab para aplicar las operaciones morfológicas a las imágenes.

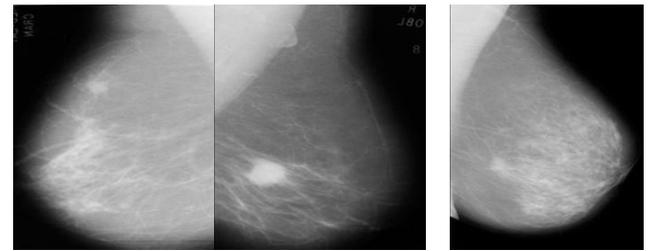
En la Figura 2 se muestran dos de las imágenes que se utilizaron en los experimentos, por un lado se encuentra las imágenes originales (Figura 2a y 2c), y por otro lado, las imágenes reducidas al área de interés (Figura 2b y 2d). Algunas de las imágenes resultantes de la etapa de filtrado se muestran en la Figura 3.

La Figura 4 presenta los resultados obtenidos al aplicar las operaciones morfológicas a una de las imágenes utilizadas en las pruebas.



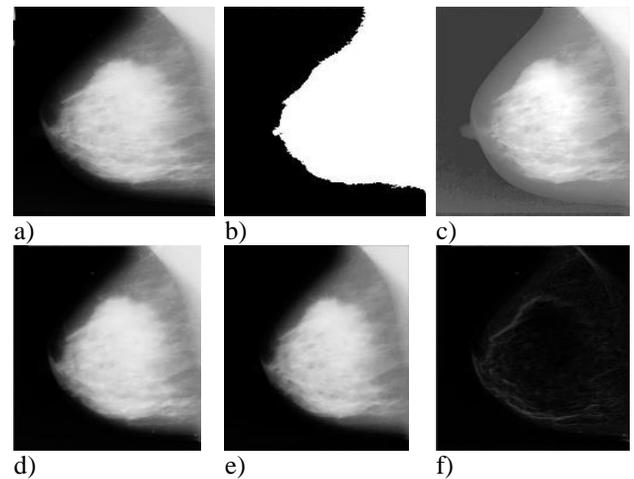
**Figura 2** Mamografía, a) Original, b) Reducida, c) Original, d) Reducida

Fuente: <http://peipa.essex.ac.uk/pix/mias/>



**Figura 3** Imágenes de mamografías filtradas después de la etapa de pre-procesamiento

Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 4** Resultados de las imágenes con operaciones morfológicas: a) Original, b) Binarizada, c) Ecuilizado, d) Dilatación, e) Erosión, f) Erosión-Dilatación

Fuente: *Elaboración Propia*

En la Figura 4b se puede observar la imagen binarizada, la cual es descartada para la etapa de entrenamiento de la red neuronal debido a que no muestran ninguna característica visible que pueda ayudar al buen entrenamiento de la red neuronal. Por el mismo motivo las imágenes con erosión-dilatación (ver Figura 4f) han sido descartadas.

Con la finalidad de verificar que la red neuronal se haya entrenada correctamente para realizar la clasificación de las imágenes que contienen microcalcificación de las que no. Una de las pruebas fue introducir 10 imágenes originales sin ningún tratamiento morfológico y obtener la probabilidad de que contenga microcalcificación o no. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos. La nomenclatura utilizada en las tablas posteriores es: CM (Con Microcalcificación) y SM (Sin Microcalcificación).

Imagen	Clase candidata	Probabilidad CM	Probabilidad SM	Clasif. correcta
1	CM	0.61736	0.27622	Si
2	CM	0.76234	0.20123	Si
3	CM	0.61023	0.30012	Si
4	CM	0.70230	0.24323	Si
5	CM	0.69290	0.24978	Si
6	SM	0.72023	0.20989	Si
7	SM	0.26909	0.70232	Si
8	SM	0.34982	0.60025	Si
9	SM	0.29012	0.69989	Si
10	SM	0.31098	0.61034	Si

**Tabla 1** Clasificación de las imágenes originales de la base de datos mini-MIAS

Fuente: *Elaboración Propia*

Como puede observarse en la Tabla 1, en todas las imágenes de prueba se realizó una correcta clasificación. Además, se puede observar que la probabilidad de estar clasificado en la clase correcta es el doble de la de no pertenecer a esa clase.

Otras pruebas fueron introducir 10 imágenes para cada tratamiento morfológico: histograma ecualizado, dilatación y erosión. La tabla 2 muestra los resultados de la exactitud de la clasificación utilizando la operación morfológica de erosión. Como puede observarse, para todas las imágenes coincide la clasificación, además solo en un caso probabilidad de clasificación no es muy significativo, sin embargo, se hace la clasificación correcta.

Estos resultados fueron similares en las pruebas con las operaciones morfológicas de histograma ecualizado y dilatación (ver Tabla 3 y 4).

Imagen	Clase candidata	Probabilidad CM	Probabilidad SM	Clasif. correcta
1	CM	0.51092	0.48902	Si
2	CM	0.71023	0.27092	Si
3	CM	0.65792	0.30872	Si
4	CM	0.70234	0.25656	Si
5	CM	0.60979	0.38279	Si
6	CM	0.67802	0.39799	Si
7	SM	0.20893	0.79023	Si
8	SM	0.36098	0.61098	Si
9	SM	0.24837	0.71982	Si
10	SM	0.34823	0.62912	Si

**Tabla 2** Clasificación de las imágenes con erosión

Fuente: *Elaboración Propia*

Imagen	Clase candidata	Probabilidad CM	Probabilidad SM	Clasif. correcta
1	CM	0.75673	0.24734	Si
2	CM	0.74234	0.25233	Si
3	CM	0.77435	0.21323	Si
4	CM	0.73123	0.25343	Si
5	CM	0.70912	0.27097	Si
6	SM	0.23892	0.73921	Si
7	SM	0.18900	<b>0.80312</b>	Si
8	SM	0.19072	0.79823	Si
9	SM	0.19907	0.78907	Si
10	SM	0.19232	0.79667	Si

**Tabla 3** Clasificación de las imágenes con histograma ecualizado

Fuente: *Elaboración Propia*

Imagen	Clase candidata	Probabilidad CM	Probabilidad SM	Clasif. correcta
1	CM	0.70736	0.23622	Si
2	CM	0.80232	0.18123	Si
3	CM	0.69023	0.20012	Si
4	CM	0.71238	0.24323	Si
5	CM	0.66276	0.20978	Si
6	SM	0.24989	0.73573	Si
7	SM	0.19239	0.69232	Si
8	SM	0.22982	0.65025	Si
9	SM	0.22837	0.70238	Si
10	SM	0.33432	0.64034	Si

**Tabla 4** Clasificación de las imágenes con dilatación

Fuente: *Elaboración propia*

Como conclusión de los experimentos se puede decir que los datos de entrenamiento fueron suficientes para una buena clasificación. Para finalizar, se realizó el promedio de las probabilidades de clasificación con y sin microcalcificaciones para cada una de los experimentos realizados, con la finalidad de conocer en cual de las operaciones morfológicas se obtiene mejor la clasificación. La tabla 5 muestra dicho promedio. En esta tabla se puede visualizar que la operación morfológica "Histograma ecualizado" obtuvo los mejores resultados al momento de clasificar las imágenes con un promedio de probabilidad de 0.78526.

Tipo de imagen	Promedio de las probabilidades de coincidencia CM	Promedio de las probabilidades de coincidencia SM
Originales	0.6842	0.6532
Histograma ecualizado	0.742754	<b>0.78526</b>
Dilatación	0.71501	0.684204
Erosión	0.64487	0.6875375

**Tabla 5** Promedio de probabilidad de clasificación de microcalcificaciones

Fuente: *Elaboración Propia*

## Conclusiones

Para obtener mejores resultados en la clasificación de las microcalcificaciones es necesario aplicar operaciones morfológicas a las mamografías para obtener realces de sus características, lo que permite un mejor entrenamiento y por lo tanto una mejor clasificación de las imágenes. El histograma ecualizado es la operación morfológica con la que se obtuvo mejores resultados, logrando una exactitud del 80%.

## Agradecimientos

Agradecemos al CONACYT por la beca Nacional PNP: 626527 y ID SNI: 64957.

## Referencias

Arancibia, P., Taub, T., De Grazia, K., José, A., Díaz, C., Lorena, M., ... & Cermentati, T. (2013). Microcalcificaciones mamarias: revisión de los descriptores y categorías BI-RADS. *Revista chilena de obstetricia y ginecología*, 78(5), 383-394.

Bhowmick, B., Pal, N. R., Pal, S., Patel, S. K., & Das, J. (2006, April). Detection of Microcalcification with Neural Networks. *In Engineering of Intelligent Systems, 2006 IEEE International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.

Breastcancer.org. (2018). Qué revelan las mamografías. [online] Available at: [https://www.breastcancer.org/es/sintomas/analisis/tipos/mamografias/revelan\\_mamografias](https://www.breastcancer.org/es/sintomas/analisis/tipos/mamografias/revelan_mamografias) [Accessed 27 Sep. 2018].

Cervantes, M. G. S. (2013). *Algoritmos de detección y filtrado de imágenes para arquitecturas multicore y manycore (Doctoral dissertation)*.

Cuevas, E. & Zaldívar, D. & Pérez, M., (2010). *Procesamiento digital de imágenes con Matlab y simulink*. México: RA-MA Editorial.

Géron, A. (2017). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*. " O'Reilly Media, Inc."

Gordo, JM Alonso, (2000). Cáncer de mama. Manejo desde atención primaria, *SEMERGEN Medicina de Familia*, Elsevier Doyma.

Guerra, A., & Rivas, J. (2011). Detección de microcalcificaciones en imágenes mamográficas usando redes neuronales. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 26(3), 7-14.

Li, F. & Jhonson, J. & Karpathy, A.. (2015). Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. 2016, de Stanford Sitio web: <http://cs231n.stanford.edu/>

Martínez Rodríguez, F. C. (2016). Detección automática de anomalías presentes en mamografías digitales.

Pratiwi, M., Harefa, J., & Nanda, S. (2015). Mammograms classification using gray-level co-occurrence matrix and radial basis function neural network. *Procedia Computer Science*, 59, 83-91.

Suckling, J. (2015). The mini-MIAS database of mammograms. Society TMIA, editor. *Digital Mammography Database ver, 1*.

Sánchez, E. & Alanís, A., (2006). *Redes neuronales: conceptos fundamentales y aplicaciones a control automático*. Madrid : Pearson Educación.

Sanchez, M. G., Gimeno, V. E. V., Arnal, J., & Meló, A. V. (2014). Image Noise Removal on Heterogeneous CPU-GPU Configurations.

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

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

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

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

### International Identification of Science - Technology and Innovation

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

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

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

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

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

---

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

---

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

---

---

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

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

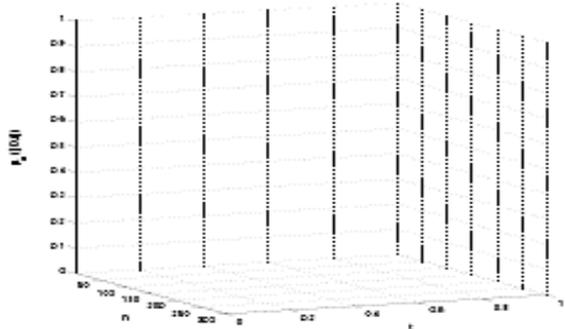
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

## Metodología a desarrollar

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

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

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

## Conclusiones

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

## Referencias

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

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

## Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

## **Reserva a la Política Editorial**

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Cómputo Aplicado emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

### Responsabilidades del Consejo Editorial

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

### Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

### **Responsabilidades de los Autores**

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

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

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

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

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

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

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

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

#### **Política Editorial y Administración**

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

## **ECORFAN®**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Publicidad y Patrocinio**

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

### **Licencias del Sitio**

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

**Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

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

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

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas 1 - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

# Revista de Cómputo Aplicado

“Evaluación de la tarjeta Raspberry Pi como herramienta en sistemas de rehabilitación motriz”

**BAUTISTA-BAUTISTA, Alberto Nicolas, SANCHEZ-CORONADO, Eduardo Mael, HERRERA-ARELLANO, María De Los Ángeles y GALVÁN-CHÁVEZ, Jorge Moisés**

*Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz*

“Software Intérprete para la Interfaz Gráfica (Arduino Blocks)”

**VERA-ESPINOZA, Francisco Aurelio, BELTRÁN-LÓPEZ, Francisco, LUGO-LUGO, Juan De Dios y GONZÁLEZ-LEÓN, Mario Benedicto**

*Instituto Tecnológico de Nogales*

“Algoritmo Perceptrón de Reconocimiento de Imágenes para Detección de Problemas en Cultivos de la Uva”

**RUIZ-AVILA, Luis Fernando, SIERRA-LEYVA, José Luis, FUENTES-VÁZQUEZ, Jhonnathan Alexis y MENDIVIL-REYES, Cinthia Valeria**

*Instituto Tecnológico de Nogales*

“Clasificación de microcalcificaciones mediante la red neuronal Inception V3”

**RODRIGUEZ-RAMIREZ, Rodrigo & SÁNCHEZ, María Guadalupe**

*Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán*

