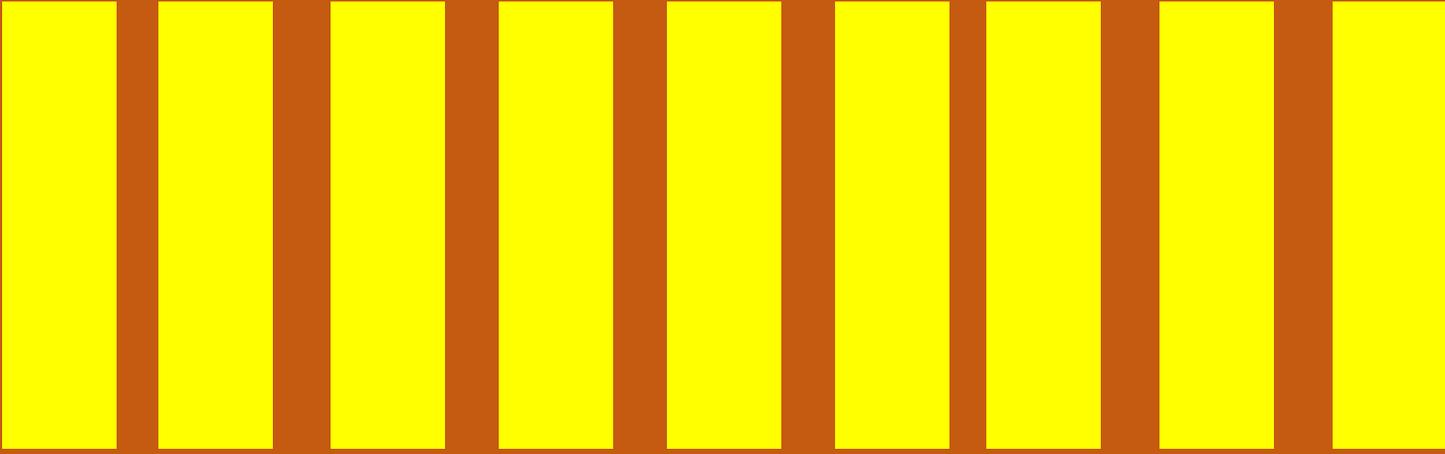


ISSN 2523-6814

# Revista de

## Tecnologías Computacionales

Volumen 2, Número 5 — Enero - Marzo - 2018



**ECORFAN®**

## **ECORFAN-Taiwán**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

VARGAS-DELGADO, Oscar. 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 Tecnologías Computacionales,**

Volumen 2, Número 5, de Enero a Marzo

2018, es una revista editada trimestralmente

por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei.

YongHe district, ZhongXin, Street 69.

Postcode: 23445. WEB:

[www.ecorfan.org/taiwan](http://www.ecorfan.org/taiwan), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org).

Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA,

María, CoEditor: VARGAS-DELGADO,

Oscar. PhD. ISSN-2523-6814. Responsables

de la última actualización de este número de

la Unidad de Informática ECORFAN.

ESCAMILLA- BOUCHÁN, Imelda. PhD,

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD. Actualizado al

31 de Marzo 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 Tecnologías Computacionales**

## **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 Estándares de habilidades digitales para educación, Proyectos de aprendizaje a través del uso de información, Tecnologías y comunicación, Desarrollo de digital, Competencias para la enseñanza de programas de habilidades digitales, Gestión de tecnología y educación, Campos de capacitación tecnológica, Aplicados a la educación

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 Tecnologías Computacionales es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, 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 Estándares de habilidades digitales para educación, Proyectos de aprendizaje a través del uso de información, Tecnologías y comunicación, Desarrollo de digital, Competencias para la enseñanza de programas de habilidades digitales, Gestión de tecnología y educación, Campos de capacitación tecnológica, Aplicados a la educación 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 Neftalí. PhD  
University of Southampton

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

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

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

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

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

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

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

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

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

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

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

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

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

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

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

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

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

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

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

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

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

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

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

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

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

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

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

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

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

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

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

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

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

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

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

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

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

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

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

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

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

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

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

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

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

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

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

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

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

NAVARRO - ÁLVAREZ, 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 Tecnologías Computacionales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan 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 rescindiría 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 homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-África 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 Estándares de habilidades digitales para educación, Proyectos de aprendizaje a través del uso de información, Tecnologías y comunicación, Desarrollo de digital, Competencias para la enseñanza de programas de habilidades digitales, Gestión de tecnología y educación, Campos de capacitación tecnológica, Aplicados a la educación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

## **Presentación del contenido**

En el primer artículo presentamos *Comportamientos Reactivos para Robótica Móvil*, por CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, VARGAS-CRUZ, Juan Javier, REYES-LEON, Ivan y HERNANDEZ-LUNA, Aldo, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huachinango, como segundo artículo presentamos *Sistema para el monitoreo remoto y análisis estadístico de la información energética disponible para optimizar el uso de arreglos de paneles solares*, por SANDOVAL-GIO, Jesus, LUJAN-RAMIREZ, Carlos Alberto, SANDOVAL-CURMINA, Victor y CHAN-SOSA, Irving Agustin, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Mérida, como tercer artículo presentamos *Método genérico de programación para máquinas herramientas de 3 ejes con control numérico computarizado (CNC)*, por HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Leticia, GARCÍA-VANEGAS, Leopoldo, HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos y PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa, con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, como cuarto artículo presentamos *Diseño de material multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM)*, por DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí, DEL CARMEN-MORALES, Heidi, FELIPE-REDONDO, Ana Maria y SALAZAR-CASANOVA, Hermes, con adscripción en el Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense .

## Contenido

Artículo	Página
<b>Comportamientos Reactivos para Robótica Móvil</b> CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, VARGAS-CRUZ, Juan Javier, REYES-LEON, Ivan y HERNANDEZ-LUNA, Aldo <i>Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango</i>	1-9
<b>Sistema para el monitoreo remoto y análisis estadístico de la información energética disponible para optimizar el uso de arreglos de paneles solares</b> SANDOVAL-GIO, Jesus, LUJAN-RAMIREZ, Carlos Alberto, SANDOVAL-CURMINA, Victor y CHAN-SOSA, Irving Agustin <i>Instituto Tecnológico de Mérida</i>	10-17
<b>Método genérico de programación para máquinas herramientas de 3 ejes con control numérico computarizado (CNC)</b> HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Leticia, GARCÍA-VANEGAS, Leopoldo, HERNÁNDEZ- BORJA, Carlos y PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa <i>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez</i>	18-29
<b>Diseño de material multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM)</b> DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí, DEL CARMEN-MORALES, Heidi, FELIPE- REDONDO, Ana Maria y SALAZAR-CASANOVA, Hermes <i>Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense</i>	30-39

## Comportamientos Reactivos para Robótica Móvil

### Reactive Behaviors for Mobile Robotics

CASTILLO-QUIROZ, Gregorio†\*, VARGAS-CRUZ, Juan Javier, REYES-LEON, Ivan y HERNANDEZ-LUNA, Aldo

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango-ITSH-TecNM, Ingeniería Mecatrónica, Av. Tecnológico No 80, 5 de Octubre, Huauchinango, Puebla, México. C.P. 73160*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Gregorio, Castillo-Quiroz / CVU CONACYT ID: 162009

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Juan Javier, Vargas-Cruz / CVU CONACYT ID: 904038

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Ivan, Reyes-Leon / CVU CONACYT ID: 903594

ID 4<sup>to</sup> Coautor: Aldo, Hernandez-Luna / CVU CONACYT ID: 441305

Recibido: Enero 03, 2018; Aceptado: Marzo 02, 2018

#### Resumen

El presente artículo describe algunos comportamientos reactivos que son implementados en la robótica para la interacción del robot y el medio ambiente en el que se encuentra, la programación de estos comportamientos busca dotar al robot de tareas con cierto grado de inteligencia. Bajo la plataforma Pololu y Arduino se desarrolla dicho comportamiento para un robot móvil 3 Pi de configuración diferencial en el cual mediante sensores infrarrojos sea capaz de ejecutar una navegación, evadiendo obstáculos a su paso y evitando cualquier tipo de colisión con su entorno. La comunicación entre los microcontroladores es mediante serial (RS-232), dependiendo uno del otro para llevar a cabo la tarea programada, siendo el pololu el maestro y el arduino el esclavo. El Pololu 3 Pi es el primer encargado de detectar obstáculos a su paso, mediante un sensor infrarrojo colocado en la parte frontal, el cual provoca que el robot se detenga totalmente a una distancia determinada y envíe un dato mediante comunicación serial al arduino quien activa un servomotor con otro sensor infrarrojo para poder realizar un barrido de 0°-180°, tomando cada 20° medidas de distancia esto para determinar en qué ángulo se tiene mayor posibilidad de avanzar.

**Robot, Pololu 3 Pi, Arduino, Navegacion, Comportamiento Reactivo**

#### Abstract

This article describes some reactive behaviors that are implemented in robotics for the interaction of the robot and the environment in which it is located, the programming of these behaviors seeks to give the robot tasks with a certain degree of intelligence. Under the Pololu and Arduino platform, this behavior is developed for a 3 Pi mobile robot of differential configuration in which, using infrared sensors, it is capable of executing navigation, avoiding obstacles in its path and avoiding any type of collision with its surroundings. The communication between the microcontrollers is through serial (RS-232), depending on each other to carry out the scheduled task, being the pololu the master and the arduino the slave. The Pololu 3 Pi is the first one in charge of detecting obstacles in its path, by means of an infrared sensor placed in the front part, which causes the robot to stop completely at a certain distance and send a data through serial communication to the arduino who activates a servomotor with another infrared sensor to be able to carry out a sweep of 0° -180°, taking every 20° distance measurements this to determine in which angle it is more possible to advance.

**Robot, Pololu 3 Pi, Arduino, Navigation, Reactive Behavior**

**Citación:** CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, VARGAS-CRUZ, Juan Javier, REYES-LEON, Ivan y HERNANDEZ-LUNA, Aldo. Comportamiento reactivo para robótica móvil. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-5: 1-9

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gcquiroz1977@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El término “robot” nos resulta muy familiar, ya sea por las películas de ciencia ficción o por las nuevas tecnologías que nos van mostrando a través de internet o la televisión; sin embargo el término nació en 1920 a manos de Karel Capek, un escritor austrohúngaro que asignó este término a los personajes de su obra de teatro “RUR (Robots Universales Rossum)”, la cual obtuvo gran éxito y de ahí que el término se propagara alrededor del mundo.

Existen básicamente dos tipos de robots: los fijos, su giro es principalmente industrial y realizan tareas tales como: ensamble de coches, pintura, embarque, entre otras, trabajando en ambientes altamente controlados para los cuales fueron diseñados. El otro tipo de robots se refieren al caso de la robótica móvil.

Uno de los retos consiste en caracterizar dicho entorno a través de sensores, identificar obstáculos y zonas de paso, e incluso ubicarse con la mayor precisión posible con respecto a un sistema de referencia dado (López García, 2011).

La robótica móvil se considera actualmente un área de la tecnología avanzada. Sus productos se constituyen en aplicaciones de las áreas de control, programación, inteligencia artificial, percepción e instrumentación, y sirven de base para el avance en diversos campos de la industria, aportando soluciones tecnológicas innovadoras orientadas al desarrollo de mejores robots y a la ampliación del abanico de aplicaciones disponibles.

Por lo tanto, planificar sus propios movimientos se vuelve uno de los retos más importantes a ser resuelto en el diseño de robots autónomos móviles.

Quintero P., et al., (2010) aborda el problema de la planificación de trayectorias de robots móviles no holonómicos en ambientes congestionados de objetos. Se basa en una representación de los objetos en el espacio de velocidades del robot, llamada Polígono de Velocidades Admisibles (PVA) del robot y una ley de control para limitar las velocidades que el robot puede alcanzar. Los resultados que presentaron fueron simulados.

Benavides F., (2012) enfoca la planificación de movimientos para robots móviles con dos ruedas y un control diferencial, que se desempeñan en entornos estáticos bidimensionales a partir de la construcción de un mapa de ruta empleando diagramas de Voronoi.

Ying L., (2016) propone una nueva estrategia de seguimiento de muros para robots móviles. Esta estrategia establece el modelo matemático de autoconvergencia que logra ejecutar la actividad de seguimiento de la pared con sólo un único conmutador de proximidad de distancia. Sus ventajas sobre las anteriores son: evitar de la interferencia mutua entre los sensores y la reducción del coste alto del hardware.

El proyecto propuesto en el presente documento, describe algunos comportamientos reactivos que son implementados en la robótica móvil para la interacción del robot y el medio ambiente en el que se encuentra, la programación de estos comportamientos busca dotar al robot de tareas con cierto grado de inteligencia. Bajo la plataforma Pololu y Arduino se desarrolla dicho comportamiento para un robot Pololu 3 Pi de configuración diferencial en el cual mediante sensores infrarrojos sea capaz de ejecutar una navegación, evadiendo obstáculos a su paso y evitando cualquier tipo de colisión con su entorno.

El robot 3 Pi de Pololu es un pequeño robot autónomo de alto rendimiento, alimentado por 4 pilas AAA y un único sistema de tracción para los motores que trabaja a 9.25 V, además es capaz de velocidades por encima de los 100 cm/s mientras realiza vueltas precisas y cambios de sentido que no varían con el voltaje de las baterías.

El robot está totalmente ensamblado con dos micromotores de metal para las ruedas, cinco sensores de reflexión, una pantalla LCD de 8x2 caracteres, un buzzer, tres pulsadores y además, está conectado a un microcontrolador programable. El 3 Pi mide aproximadamente 9.5 cm de diámetro y pesa alrededor de 83 gr. sin baterías.

Se presentan en esta propuesta algunos sistemas para evitar obstáculos en robótica móvil.

Los sensores del robot proveen la información necesaria para generar algún tipo de movimiento. La fusión de los diferentes tipos de sensores determina la acción a realizarse sobre los actuadores y por lo tanto definirá el comportamiento final del robot.

Este tipo de control permite una reacción ante los estímulos procedentes de los sensores en tiempo real. No exige un procesamiento complejo de la información sensorial ya que la fusión se produce en este caso en el nivel de los comportamientos y no de los sensores.

El tipo de comportamiento a desarrollar debe tener la capacidad de navegar en un ambiente desconocido, avanzando y manteniendo una distancia de referencia para no colisionar, esto debe lograrse mediante sensores y actuadores los cuales lo dotarán para tomar decisiones.

El desarrollo de este trabajo de investigación está dividido en las secciones que a continuación se describen:

#### 1. Materiales

Se describen las características de los componentes utilizados en la construcción del prototipo.

#### 2. Metodología

Se describen los pasos que se siguieron para el desarrollo de la investigación.

#### 3. Resultados

En esta sección se analizan los resultados obtenidos para determinar si se ha logrado el objetivo.

#### 4. Conclusiones

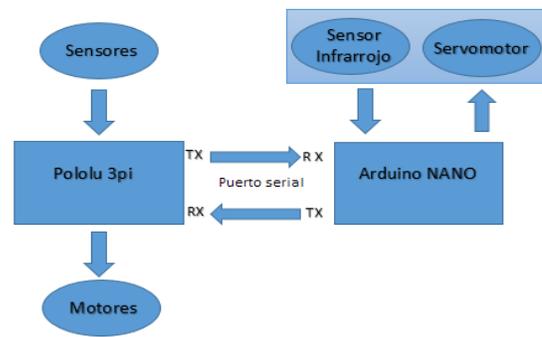
Se habla de los objetivos logrados satisfactoriamente y de cómo contribuye este trabajo en diversas aplicaciones relacionadas con el desarrollo de comportamientos en robots móviles.

#### 5. Agradecimientos

Se agradece a las personas e instituciones que permitieron el desarrollo de esta investigación.

## Materiales

Para la elaboración de este trabajo se precisó de un Robot Pololu 3 Pi, Arduino Nano, sensores infrarrojos, un servomotor, en la Figura 1 se muestra la información necesaria para el esquema de componentes utilizados para el desarrollo del comportamiento del robot.



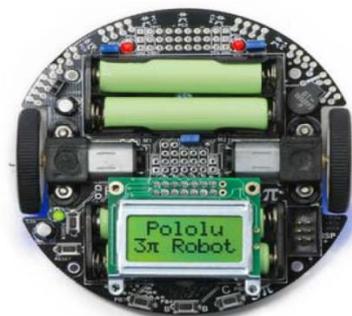
**Figura 1** Esquema de componentes

*Fuente: Elaboración propia*

#### A. Robot Pololu 3 Pi

El encargado de la navegación (MASTER) es un Pololu 3 Pi, el cual es un pequeño robot móvil autónomo de alto rendimiento, diseñado para competencias de seguimiento de líneas, resolución de laberintos y detección de obstáculos. El robot tiene una arquitectura diferencial (ver Figura 2) y algunas aplicaciones interesantes sobre esta plataforma.

Este robot es alimentado por 4 pilas AAA y un único sistema de tracción para los motores que trabaja a 9.25V. Además contiene un microcontrolador Atmel ATmega328a 20 MHz con 32KB de memoria flash, 2KB de RAM, y 1KB de EEPROM. Por la versatilidad de la plataforma asociada al Pololu 3 Pi, se seleccionó a este robot como el primer candidato a ser simulado a través del ambiente gráfico.



**Figura 2** Robot pololu 3 Pi

*Fuente: <http://www.pololu.com/docs>*

### B. Arduino Nano

El esclavo (SLAVE) es un arduino NANO igualmente con un microcontrolador ATmega328a, cuenta 8 pines de entrada análoga y 14 pines de entrada / salida digital (incluyendo 6 puertos PWM), es compatible con accesorios para funciones como Bluetooth, infrarrojo o sensores y su alimentación eléctrica es por micro USB. En la Figura 3 se muestra el Arduino utilizado.

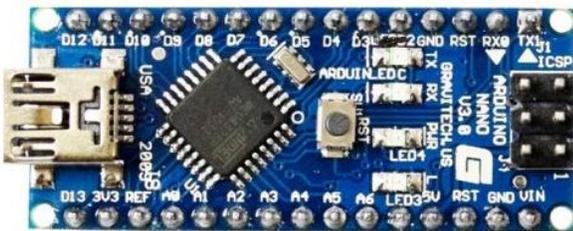


Figura 3 Arduino Nano  
Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

### C. Sensor Infrarrojo

Los sensores que se utilizaron son infrarrojos SHARP GP2Y0A21 análogos que pueden medir distancias de 10 a 80 cm, véase Figura 4.



Figura 4 Sensor Sharp análogo  
Fuente: <http://www.sharpsma.com>

### D. Micro servo

El micro servo SG-90 es el encargado de realizar el barrido para detectar en que ángulo se tiene mayor probabilidad de avanzar con ayuda del sensor infrarrojo como se aprecia en la Figura 5.



Figura 5 Micro servo para barrido  
Fuente: <https://www.helladigital.gr/go-create/servo/servos>

### Metodología

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en base al comportamiento propuesto mostrado en la Figura 6 donde se muestra el diagrama de flujo del algoritmo implementado en el Pololu 3 Pi, el cual siempre está enviando y recibiendo datos por el puerto serial, de igual forma en la Figura 7 se muestra el algoritmo usado en el Arduino nano, la comunicación entre ellos es indispensable para poder actuar conjuntamente dependiendo de la información que cada uno reciba.

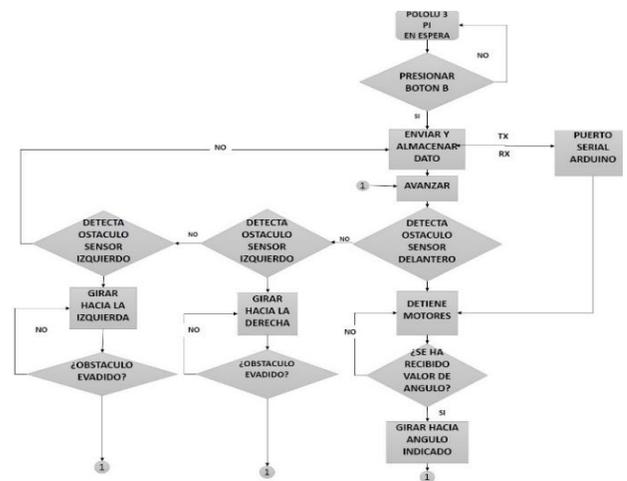


Figura 6 Diagrama de flujo de programación del Pololu 3 Pi  
Fuente: Elaboración propia

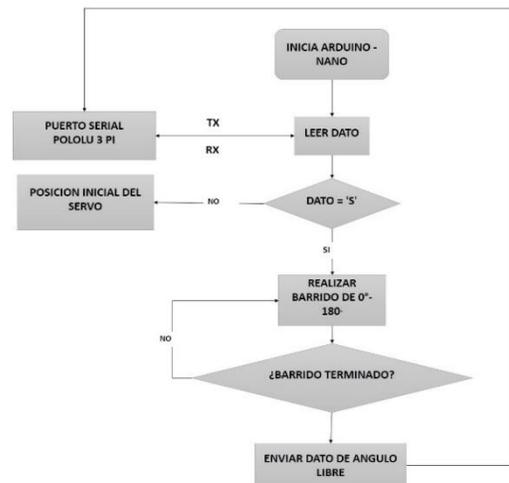


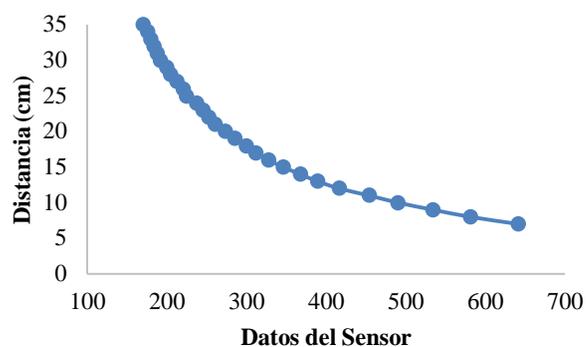
Figura 7 Diagrama de flujo de programación del Arduino nano  
Fuente: Elaboración propia

Los pasos que se efectuaron son los siguientes:

- a. Se realizaron pruebas para obtener los valores de lectura de los sensores de distancia (Ver Tabla 1), estas pruebas del sensado no son lineales.

Por lo que se realizó un ajuste de curvas por aproximaciones mediante una función no lineal para que los valores que detecten los sensores pasen a través de un filtro y se vean reflejados en distancia para una mejor precisión.

En el Gráfico 1 se muestra la aproximación de los valores del ajuste en uno de los sensores utilizados.



**Gráfico 1** Aproximación de los datos de los sensores de distancia

Fuente: *Elaboración propia*

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en base al comportamiento propuesto mostrado en las Figuras 6 y 7.

Este filtro se realizó a los tres sensores restantes utilizados, los cuales están implementados en el pololu 3 Pi para evasión, dando como resultado la Tabla 2.

Análogo Digital (AD)	Centímetros (cm)
642	7
582	8
535	9
491	10
455	11
417	12
390	13
368	14
347	15
328	16
312	17
300	18
286	19
274	20
261	21
253	22
246	23
238	24
225	25
221	26
213	27
205	28
200	29
192	30
188	31
184	32
180	33
176	34
171	35
167	36
163	37
160	38
156	39
155	40

**Tabla 1** Conversión de los datos del sensor a cm

Fuente: *Elaboración propia*

$$y = \frac{11046.1}{x^{1.1459}}$$

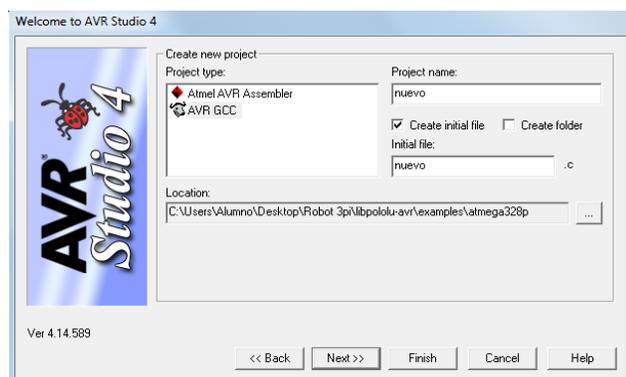
Número de sensor	Ecuación obtenida (x =valor analógico-digital del sensor)
1.-Servo(Pin 8- Arduino)	$16549.5/x^{1.19753}$ (1)
2.-Sensor Izquierdo(AD6-Pololu)	$13884.6/x^{1.17871}$ (2)
3.-Sensor Central(AD7-Pololu)	$11046.1/x^{1.1459}$ (3)
4.-Sensor Derecho (PC5-Pololu)	$12369.0/x^{1.15577}$ (4)

**Tabla 2** Ecuación de los sensores

Fuente: *Elaboración propia*

b. El Pololu 3 Pi es el primer encargado de detectar obstáculos a su paso, mediante un sensor infrarrojo colocado en la parte frontal, el cual provoca que el robot se detenga totalmente a una distancia determinada y envíe un dato mediante comunicación serial al arduino, quien activa un servomotor con otro sensor infrarrojo para poder realizar un barrido de  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ , tomando cada  $20^{\circ}$  medidas de distancia, esto para determinar en qué ángulo se tiene mayor posibilidad de avanzar.

c. Mediante el entorno de desarrollo AVR Studio 4 se realizó la programación para el robot Pololu 3 Pi, este comportamiento está basado en los diagramas de las Figuras 6 y 7.



**Figura 8** Proyecto en AVR Studio 4

Fuente: <http://www.atmel.com/tools/studioarchive.aspx>

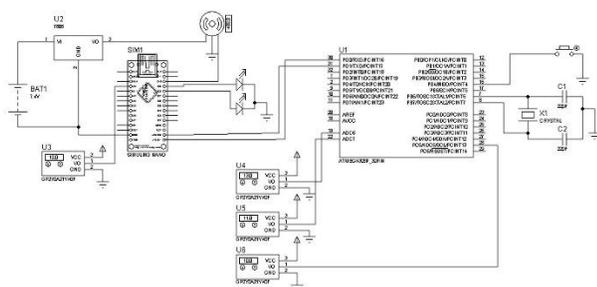
d. La programación para el Arduino Nano fue realizado en el entorno de desarrollo con el mismo nombre (ARDUINO) mostrado en la Figura 9, la razón de usar dos microcontroladores es debido al número de pines que se necesitaban y con los cuales no se contaban si solo se utilizaban los disponibles en el Pololu 3 Pi.



**Figura 9** IDE Arduino.

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

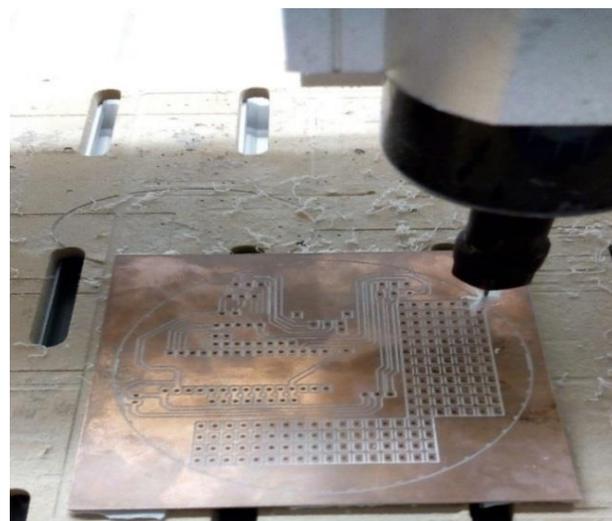
e. Se realiza un esquema de conexiones entre el Pololu y el Arduino Nano, así como los nuevos sensores y dispositivos añadidos el cual se muestra en la Figura 10.



**Figura 10** Esquema de conexión

Fuente: *Elaboración propia*

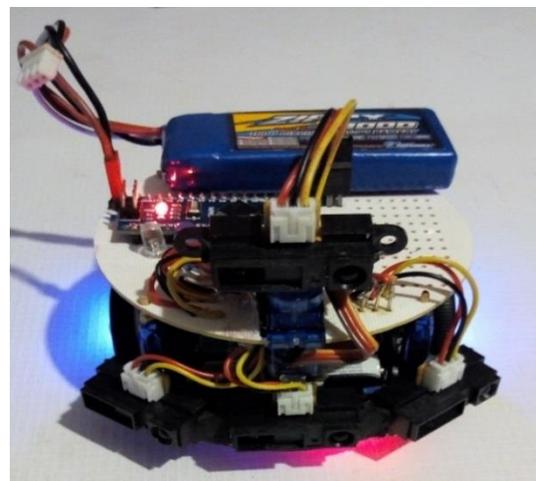
f. Se diseña y se maquina el circuito con la ayuda de un CNC mostrado en la Figura 11, la placa maquinada también es una expansión en la que se le podrán agregar cualquier otro tipo de sensores o actuadores para trabajos futuros en el proyecto.



**Figura 11** Diseño de PCB maquinado en un CNC

Fuente: *Elaboración propia*

g. En la Figura 12 se muestran el montaje de todos los componentes utilizados.



**Figura 12** Robot pololu 3 Pi con componentes añadidos

Fuente: *Elaboración propia*

## Resultados

Se logró desarrollar el comportamiento con la ayuda de dos diferentes tipos de entornos, los cuales son Arduino y Atmel Studio.

El infrarojo colocado sobre el servomotor reduce la cantidad de sensores a utilizar, debido a que este tiene la facilidad de girar, permitiendo saber la dirección libre para avanzar.

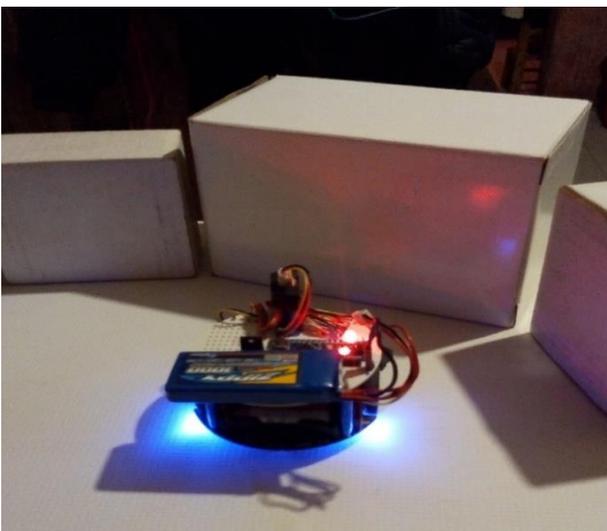
En la Figura 13 muestra como el robot se detiene al momento de detectar un obstáculo a menos de 15 centímetros.



**Figura 13** Robot detenido al detectar obstáculo  
Fuente: Elaboración propia

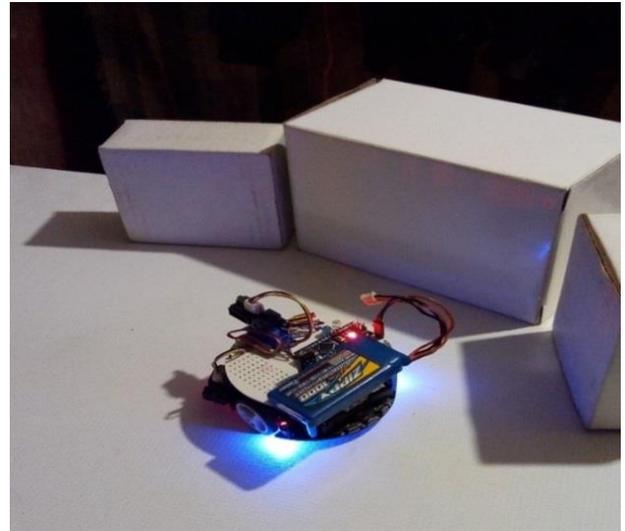
Al momento de detenerse manda un dato al segundo microcontrolador (Arduino), el cual le indica cuando debe ser activado el servomotor e inicia el barrido para detectar dirección de avance.

En la Figura 14 se muestra el momento de inicio de funcionamiento del servomotor, el cual se encarga de detectar ángulos para tomar la decisión en los que es más viable avanzar.



**Figura 14** Momento de inicio de funcionamiento del servomotor  
Fuente: Elaboración propia

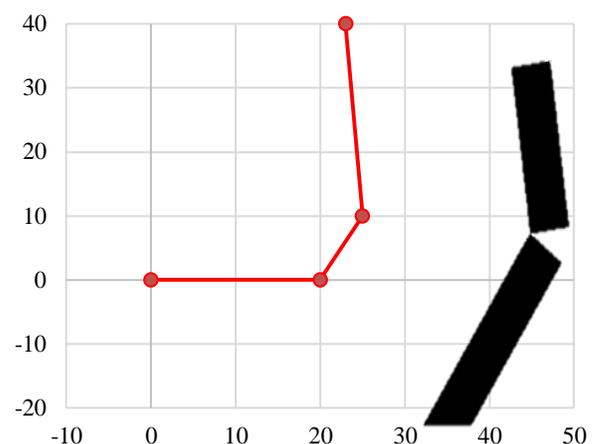
Una vez terminado el barrido, el arduino envía el dato del ángulo al cual debe girar el Pololu. En la Figura 15 se muestra como el robot está girando hacia el sentido de avance, esta decisión la toma al verificar el ángulo más óptimo durante el barrido, descartando cualquier otra dirección con menor distancia, en el cual podría haber otro obstáculo.



**Figura 15** Robot girando hacia dirección de avance  
Fuente: Elaboración propia

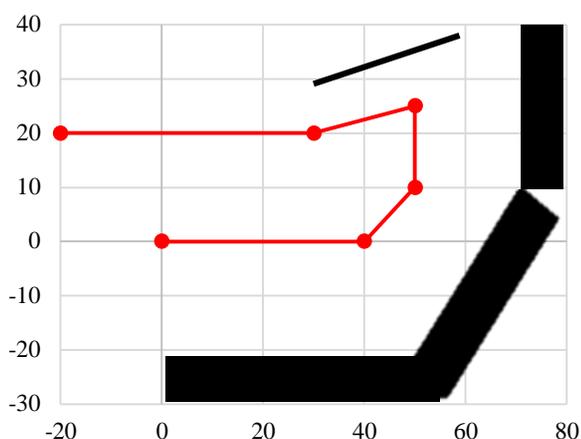
En el Gráfico 2 se observa que la trayectoria seguida del robot ante un obstáculo, en el se puede ver que sigue avanzando hasta evadir el obstáculo tomando encuentra la dirección en la que es mas probable avanzar.

Y en el Gráfico 3 se visualiza la trayectoria seguida del robot al ser encerrado, se puede observar que al llegar a un punto en el cual el robot no puede avanzar más este realiza un giro para volver a realizar un barrido y detectar otra dirección de avance.



**Gráfico 2** Trayectoria seguida del robot ante un obstáculo

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico 3** Trayectoria seguida del robot al ser encerrado  
Fuente: *Elaboración propia*

### Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a la carrera de Ingeniería Mecatrónica y a la carrera de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo.

### Conclusiones

Mediante el comportamiento desarrollado el robot es capaz de dirigirse hacia cualquier dirección sin colisionar, permitiendo la navegación del mismo e interacción con su entorno.

Con la implementación de este proyecto se cumplen todas las expectativas propuestas dado que el objetivo principal es implementar comportamientos reactivos del Pololu 3 Pi, así como la conformación de su estructura dentro del ambiente donde pueda ejecutar diferentes secuencias de movimiento.

Este tipo de comportamientos permite contribuir en el desarrollo de futuros proyectos similares, ya que garantiza una buena detección de obstáculos y ahorro de sensores para optimizar componentes.

### Referencias

Antonio Benitez A. (2011). Programación de Vehículos móviles bajo Plataforma Pololu 3Pi, Revista Visión Politécnica. Año 6/Núm. 1.

Arduino. (04 de Febrero de 2018). Obtenido de Arduino:  
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

Atmel Studio. (Enero de 2018). Obtenido de Atmel:<http://www.atmel.com/tools/studioarchive.aspx>

Benavides F., (2012). Planificación de movimientos aplicada en robótica autónoma móvil. Tesis de maestría ISSN 0797-6410. Universidad de la República, Montevideo. Uruguay.

Benitez A, Mugarte A. (2009) “GEMPA: Graphic Environment for Motion Planning algorithm”, In Research in Computer Science and Engineering. Volumen 42, pag. 225-236.

Bermúdez G. (2002) Robots móviles. Tecnura.

González Acevedo H., Mejia Castañeda C. (2007). Estudio Comparativo de tres Técnicas de Navegación para Robots Mviles. Revista de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.

Haemel W., Lipchak S. (2011). OPpenGL Superbible, Fifth Edition.

López García, D.A. (2011). Nuevas aportaciones en algoritmos de planificación para la ejecución de maniobras en robots autónomos no holónomos. Tesis de maestría. Universidad de Huelva, Huelva, España.

Mathematics (Marzo de 2018). Obtenido de Mathematics: <https://www.wolframalpha.com>

Morales, E. Sucar E. Introducción a la Robótica Movil. Insituto Nacional De Astrofísica, Óptica y Electrónica.

Pololu Corporation. (2009). Pololu 3pi Robot Users Guide. Robot Pololu 3pi Guía de usuario. Con dirección electrónica en: <http://www.pololu.com/docs>.

Quintero P., et al., (2010). Técnicas para evasión de obstáculos en Robótica Móvil. IEEE Publications. Orlando, Florida, USA.

Sensor Sharp. (Marzo de 2018). Obtenido de Datasheet:[http://www.sharpsma.com/webfm\\_send/148](http://www.sharpsma.com/webfm_send/148)

Valencia J, Hernando Rios L. (2009.). Modelo cinemático de un robot móvil tipo diferencial y navegación. Universidad Tecnológica de Pereira

Vazquez Alejandro G, García Ramírez R., Martínez Ramírez V. (2017). Seguimiento de muros con robot koala usando algoritmo bugs. Revista de Ingeniería Eléctrica.

Ying L., Ruiqing F., Jiping W., (2016) Una estrategia de seguimiento de muros para robots móviles basada en la autoconvergencia. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy Science

## Sistema para el monitoreo remoto y análisis estadístico de la información energética disponible para optimizar el uso de arreglos de paneles solares

### A system to remotely monitor and statistically analyze the available energetic information to optimize the use of solar-panel arrays

SANDOVAL-GIO, Jesús†\*, LUJAN-RAMIREZ, Carlos Alberto, SANDOVAL-CURMINA, Victor y CHAN-SOSA, Irving Agustín

*Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mérida*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Jesús Sandoval-Gío* / ORC ID: 0000-0001-5847-3669, Researcher ID Thomson: V-1930-2018, arXiv ID: [jesus.sandoval](https://arxiv.org/abs/1801.03270) CVU CONACYT-ID: 297308.

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Carlos Alberto Luján-Ramírez* / ORC ID: 0000-0002-8978-9188, Researcher ID Thomson: T-6838-2018, arXiv ID: [clujan](https://arxiv.org/abs/1801.03270), CVU CONACYT-ID: 296592.

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Victor Sandoval-Curmina* / ORC ID: 0000-0002-6511-7344, Researcher ID Thomson: T-3408-2018, arXiv ID: [victor.sandoval](https://arxiv.org/abs/1801.03270), CVU CONACYT-ID: 70654.

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Irving Agustín Chan-Sosa* / ORC ID: 0000-0002-8459-295X, Researcher ID Thomson: V-1943-2018, CVU CONACYT-ID: 903270

Recibido: Enero 05, 2018; Aceptado: Marzo 05, 2018

#### Resumen

Uno de los aspectos más importantes a considerar para la toma de decisiones durante el proceso de diseño y control de un sistema fotovoltaico instalado es la disponibilidad de la información de la energía solar presente en el sitio de trabajo. Para ello se utilizan los piranómetros, que son aparatos para la medición de la radiación solar global que incide sobre cierto lugar en la superficie de la Tierra. El presente trabajo reporta el desarrollo de un sistema remoto electrónico para el monitoreo y análisis estadístico de la energía que el sol entrega sobre la península de Yucatán, México. Se propone un diseño de piranómetro basado en semiconductores que, conectado a un sistema con etapas de acondicionamiento de señal y adquisición de datos, envía la información de energía solar disponible a una computadora a través de un enlace inalámbrico. Se muestran los resultados de desempeño en las primeras pruebas de medición del sistema propuesto en comparación con uno comercial. La información obtenida será utilizada en el diseño y control de un sistema que optimiza la operación de un arreglo de paneles solares conectados a la red eléctrica.

**Piranómetro de semiconductor, Irradiancia, Energía fotovoltaica**

#### Abstract

One of the most important aspects to take a decision making throughout the design and control process for an installed photovoltaic system is the availability of the solar energy information on the working site. For this, pyranometers are used, which are devices for measuring the global solar radiation that affects a certain place on the Earth surface. This paper reports the development of an electronic system for the monitoring and statistical analysis of the energy that the sun delivers over the Yucatan peninsula, Mexico. It proposes a semiconductor-based pyranometer design, which connected to a system with stages of signal conditioning and data acquisition, sends the information of available solar energy to a computer through a wireless link. Performance results of the first measurement tests of the proposed system compared to a commercial system are shown. The information obtained will be used in the design and control to optimize the operation of an array of solar panels connected to the electrical grid.

**Semiconductor pyranometer, Irradiance, Photovoltaic power**

**Citación:** SANDOVAL-GIO, Jesús, LUJAN-RAMIREZ, Carlos Alberto, SANDOVAL-CURMINA, Victor y CHAN-SOSA, Irving Agustín. Sistema para el monitoreo remoto y análisis estadístico de la información energética disponible para optimizar el uso de arreglos de paneles solares. *Revista de Tecnologías Computacionales*. 2018. 2-5: 10-17.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [sandoval@itmerida.mx](mailto:sandoval@itmerida.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En el año 2016 se aprobó un proyecto FOMIX para equipar el programa de la Maestría en Ingeniería del Instituto Tecnológico de Mérida con el objetivo de que ingrese al Programa Nacional de Posgrados de Conacyt. En el equipamiento financiado se adquirieron los elementos necesarios para incursionar en el estudio del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica.

El crecimiento exponencial que está teniendo en la región la demanda del uso de este tipo de energía limpia ha propiciado el surgimiento de numerosas empresas dedicadas al diseño e instalación de estos sistemas [1-2]; por lo tanto, los requerimientos de personal calificado que ocupe puestos laborales en el área de energías solares fotovoltaicas han crecido de igual forma.

Para aprovechar al máximo la energía solar fotovoltaica que entrega un arreglo de paneles solares, es necesario contar con un sistema de monitoreo y control que opere sobre los paneles. El piranómetro es un elemento de vital importancia en cualquier sistema de monitoreo que busca aprovechar la energía solar fotovoltaica [3-5]. Este dispositivo realiza la medición de la radiación disponible en el lugar de ubicación del panel, por lo que esta información es de gran relevancia para analizar si la energía que se obtiene de los paneles es la mayor posible, debido a que diversos parámetros afectan esta captación. Ejemplos de estos parámetros son: orientación del panel, condiciones de sombreado parcial, temperatura de operación o fallas en el funcionamiento o interconexión de los microinversores a la red.

El presente proyecto tiene con objetivo principal el diseño y construcción de un sistema de monitoreo remoto de las principales variables que afectan la generación de energía por el arreglo; así como también los datos de la energía entregada a la red y la forma en que es aprovechada a lo largo de un período de tiempo considerado para el estudio.

Además, se realizará un análisis de toda la información generada por el sistema de monitoreo con la finalidad de conocer qué tanto y cómo se aprovecha la energía solar, esto considerando el punto de vista tanto eléctrico como económico.

Con este proyecto también se busca el desarrollo de competencias en el área de energía fotovoltaica en los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y el programa de la Maestría en Ingeniería; así como un sistema que permita investigación orientada al diseño de estrategias para incrementar la eficiencia de estos sistemas.

El desarrollo de este sistema ampliará el conocimiento técnico-científico y formará criterios de índole económico en nuestros estudiantes y profesores para emplearlos en el diseño y optimización de proyectos de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, promoviendo en el mediano y largo plazo un uso más extendido de estos en la región.

El artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se describe la importancia de la medición de la radiación solar disponible y la forma de acceder a esta información para dimensionar un sistema fotovoltaico. En la sección 3 se explica la forma cómo opera un piranómetro de semiconductor. En la sección 4 se presenta el diseño del prototipo con sus características. En la sección 5 se muestran los resultados obtenidos en las mediciones y, por último, en la sección 6 se presentan las conclusiones del trabajo.

## Dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico

Según su funcionamiento con relación a una red eléctrica convencional existen dos tipos fundamentales de sistemas fotovoltaicos: los SF interconectados a la red eléctrica comercial (SFCR) y los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA). Los SFCR necesitan de la conexión a una red eléctrica para realizar su función generadora de electricidad. Al contrario de los anteriores, los SFA no necesitan de una conexión con una red eléctrica, y su funcionamiento es independiente o autónomo de dicha red [6-10].

Los SFA fueron anteriores en el tiempo a los SFCR, y, aunque si bien estos últimos están consiguiendo un crecimiento muy importante, sobre todo en los países que cuentan con un amplio desarrollo de redes eléctricas en todo su territorio, los SFA siguen siendo los más empleados en países con poco desarrollo industrial, en zonas rurales, lugares remotos y poco accesibles [7, 11-13].

La filosofía de dimensionado de un SFA es bastante diferente al de un SFCR [10]. En este último, el criterio que se suele emplear para el diseño y dimensionado es el de conseguir que a lo largo de un año el rendimiento del sistema sea lo más elevado posible o que la aportación energética anual del sistema sea máxima. Puesto que está conectado a la red eléctrica, los posibles fallos del sistema no son tan cruciales como en un SFA [6, 14]. Por el contrario, el criterio que se sigue en el dimensionado de un SFA no considera el producir la máxima energía, sino que aparece el concepto de fiabilidad. El dimensionado en este caso se hace atendiendo más a la fiabilidad del sistema, entendiendo por fiabilidad el asegurar el buen funcionamiento de este y procurando que los fallos en el sistema sean minimizados. En este caso, el sistema deberá diseñarse y dimensionarse de forma que la probabilidad de fallo sea lo más baja posible, dentro de unos márgenes establecidos.

Los pasos para el dimensionamiento energético del sistema de aprovechamiento de energía fotovoltaica son según [9]:

1. Identificación y relación de las cargas del sistema.
2. Relación de las tensiones y potencia nominales de operación de las cargas del sistema.
3. Reconocimiento de los tiempos de utilización de las cargas.
4. Determinar el recurso solar con que se cuenta en el sitio a partir de datos estadísticos de variables meteorológicas y geofísicas.

Se encuentra en la literatura información amplia que incluye el muy importante aspecto económico dentro del diseño y la evaluación del rendimiento en la operación de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Ejemplos de ello son [15-17].

Los datos de recurso solar disponible pueden obtenerse de varias maneras. Una es considerar datos estadísticos como los que ofrecen la NASA o estaciones de medición nacionales en México, como por ejemplo las mediciones proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua.

Sin embargo, estos datos no son tan precisos debido a que, aunque los métodos y dispositivos de medición son de alta calidad, los puntos de observación no corresponden a los sitios en donde se encuentra nuestra instalación fotovoltaica. Además, la rapidez de actualización de la información no es algo que se pueda controlar por el usuario. Otra forma de estimar el recurso solar es mediante la medición in situ usando un dispositivo de aplicación específica como es el caso del piranómetro.

### Piranómetro de semiconductor

Un piranómetro es un dispositivo diseñado para la medición de la radiación solar que incide sobre una superficie en un campo de 180°. La medida se expresa como un flujo de potencia por unidad de área; en el sistema internacional de medida (SI) en Watts/metro cuadrado ( $W/m^2$ ). Se considera toda la radiación incidente a la superficie, no solo la que llega perpendicular al sensor.

Un piranómetro puede contruirse de varias formas siendo dos las más comunes [18-20]:

1. **Térmico.** Se constituye por una pila termoeléctrica contenida en un alojamiento con dos hemiesferas de cristal. La pila termoeléctrica está constituida por una serie de termopares colocados horizontalmente, cuyos extremos están soldados con unas barras de cobre verticales solidarias a una placa de latón maciza. El conjunto está pintado con un barniz negro, para absorber la radiación. El flujo de calor originado por la radiación se transmite a la termopila, generándose una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre los metales de los termopares.

2. **Semiconductor.** El principio de funcionamiento no es térmico como en el caso anterior; sino que tiene como fundamento el efecto fotoeléctrico. La radiación incide sobre un fotodiodo que es capaz de generar una diferencia de potencial y de ese modo, mediante la lectura de voltaje, conocer los datos de radiación. Dada esta naturaleza, en este tipo de piranómetros es posible adosar filtros de ciertas bandas del espectro solar, por medio de algún domo de algún material impregnado con el filtro deseado.

Tienen la ventaja de ser más sensibles a pequeñas y rápidas variaciones en la radiación debido a que no tienen la inercia térmica que sí poseen los térmicos.

La desventaja que presentan con respecto a los térmicos es que la curva de respuesta espectral no es tan amplia ni plana ya que el material semiconductor utilizado en su construcción, generalmente silicio, tiene una absorción no plana en un rango limitado de longitudes de onda. Además, los semiconductores son altamente sensibles a la temperatura por lo que su respuesta también es afectada por las variaciones de ella.

En el ámbito de aplicación en mediciones de sistemas fotovoltaicos, los piranómetros de semiconductor son mucho más ampliamente utilizados gracias a que su precio es significativamente más bajo que su contraparte térmica. Así, se toleran errores de medición en la parte más baja y alta del espectro por el bajo costo de los dispositivos.

El reto es diseñar piranómetros basados en semiconductores que puedan compensar de alguna manera estas deficiencias para mejorar las mediciones [18, 20].

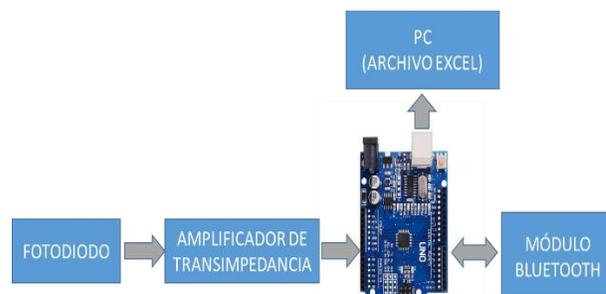
Los piranómetros están estandarizados de acuerdo con la norma ISO 9060, que también es adoptada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Esta norma discrimina tres clases, donde la mejor es llamada "standard secundario", la siguiente es conocida como "primera clase" y la última es llamada "segunda clase". La calibración se realiza de acuerdo con la Referencia Radiométrica Mundial (WRR).

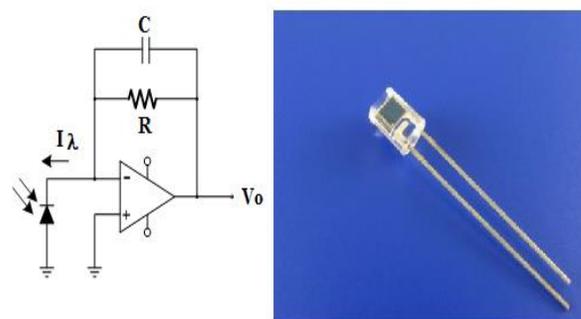
### Diseño del sistema

El sistema de medición de la radiación incidente consta de varias etapas. Se fueron diseñando considerando las características requeridas por el medidor. En la Figura 1 se puede ver la interrelación de los subsistemas.

El fotodiodo seleccionado para la realización del sistema fue el SFH206K de Siemens semiconductor.



**Figura 1** Diagrama a bloques del sistema  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 2** Fotodiodo SFH206K.  
*Fuente: Siemens semiconductor group*

El fotodiodo PIN es uno del tipo donde el fabricante ha añadido una región intrínseca (I) para incrementar la sensibilidad y disminuir la capacitancia de la juntura con intención de hacer más rápida su respuesta.

En la Figura 2 se muestra el fotodiodo utilizado y el diagrama eléctrico de operación. La Tabla 1 muestra algunas características generales descritas por el fabricante en su hoja de datos para el fotodiodo seleccionado.

Un fotodiodo tiene varias regiones de operación con características muy específicas y, por lo tanto, diferentes formas de conexión para su aplicación. Podemos describir básicamente dos modos: el fotoconductor y el fotovoltaico.

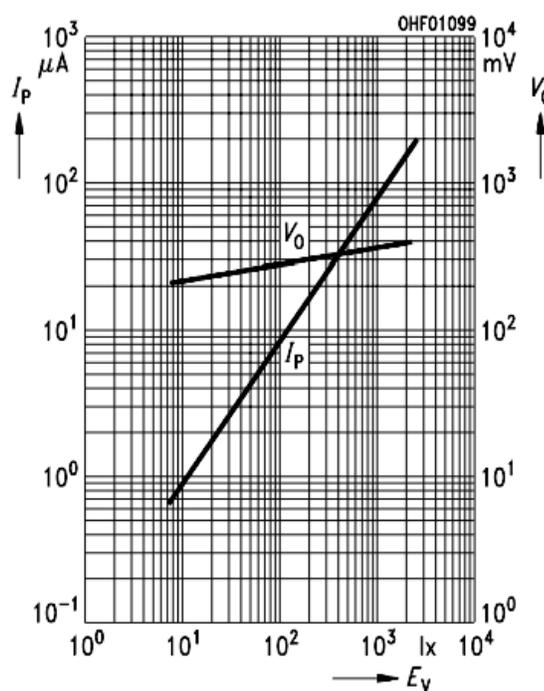
En el modo fotoconductor, el fotodiodo se polariza inversamente mediante una fuente de alimentación externa de energía, comúnmente a tensión constante, para observar las variaciones de la fotocorriente según cambia la irradiancia que llega a la superficie fotosensible del dispositivo.

Parámetro	Valor	Unidad
Sensitividad espectral	$S_{\lambda}=0.62$	A/W
Tensión a circuito abierto ( $E_v=1000lx$ )	$V_o=365$	mV
Coefficiente de temperatura para $V_o$	$TC_v=-2.6$	mV/°K
Corriente de cortocircuito ( $E_v=1000lx$ )	$I_{sc}=80$	$\mu A$
Coefficiente de temperatura para $I_{sc}$	$TC_I=0.18$	%/°K
Área de superficie fotosensible	$A_s=7$	mm <sup>2</sup>

**Tabla 1** Características generales del fotodiodo SFH206K

Fuente: Siemens semiconductor group.

En el modo fotovoltaico, el fotodiodo se conecta a un amplificador de tensión con impedancia de entrada muy alta, siendo la tensión obtenida muy proporcional a la irradiancia o iluminancia recibida. En la Figura 3 se muestra el comportamiento de fotodiodo utilizado para los dos diferentes modos de operación. Se ha elegido para este proyecto el modo fotovoltaico para aprovechar la alta linealidad de la corriente de salida. El circuito de acondicionamiento del fotodiodo del prototipo utiliza un amplificador de transimpedancia. El amplificador de transimpedancia convierte estas variaciones de corriente en tensión para su posterior procesamiento y conversión analógica a digital en el módulo Arduino.

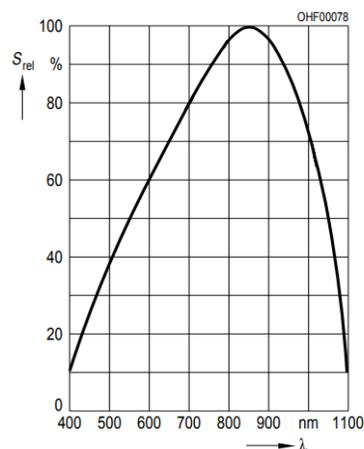


**Figura 3** Comportamiento de los modos fotoconductor y fotovoltaico del fotodiodo SFH206K

Fuente: Siemens semiconductor group

En la Figura 4 se muestra la curva de sensibilidad espectral relativa del fotodiodo de silicio utilizado. Es importante notar que, aunque el ancho de banda espectral del fotodiodo utilizado es más reducido en comparación con el espectro solar, esto no afecta considerablemente en la medición del sistema debido a que los paneles solares están también fabricados de silicio y por tal motivo se trabaja con un ancho de banda espectral similar al del fotodiodo.

Se usó un puerto analógico de la tarjeta Arduino UNO para digitalizar a 10 bits la tensión entregada por el amplificador de transimpedancia. Los datos obtenidos después de la conversión analógica-digital son enviados a un archivo de Excel® usando una macro escrita para Arduino, y a un módulo HC-05 de comunicación serial mediante Bluetooth para tener la información disponible en cualquier dispositivo móvil. Se ha programado el Arduino para tomar y enviar datos periódicamente cada 5 minutos.



**Figura 4** Curva de sensibilidad espectral relativa  $S_{rel}$  del fotodiodo SFH206K

Fuente: Siemens semiconductor group

Dado que se requiere la captación de la energía radiante del sol dentro de un rango que cubre todo el horizonte, es necesario compensar la ley de cosenos [18] mediante un domo colocado inmediatamente frente a la superficie sensible del fotodiodo. Se ensayaron varios materiales y formas resultando un perfil semiesférico de teflón el más conveniente.

## Resultados

Se utilizó un piranómetro comercial para contrastar las mediciones obtenidas con el prototipo desarrollado.

Se usó el LP02® de la empresa Sensovant®. Algunas características de este dispositivo se muestran en la Tabla 2.

El prototipo y el dispositivo comercial de medición se colocaron juntos en la ubicación 20.939,-89.615 dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica Metropolitana, con la misma orientación, y un ángulo de inclinación de 21° dada la posición meridional de la ciudad de Mérida, Yucatán.

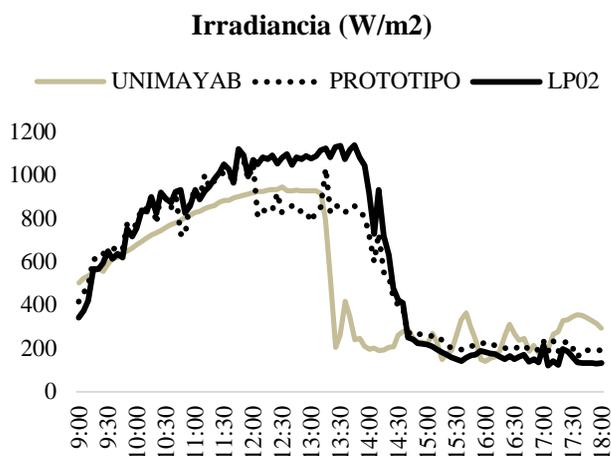
Se dispusieron los aparatos sobre el techo de un edificio de 6 m. de altura y despejado de obstrucciones. Se dio inicio la medición a las 9:00 am y se concluyó a las 18:00 hrs.

Los datos se recabaron posteriormente del archivo Excel® antes mencionado para su graficación e interpretación.

<b>Medición</b>	Radiación solar hemisférica
<b>Clasificación ISO</b>	Piranómetro de 2a clase
<b>Rango espectral</b>	285 to 3000 nm
<b>Sensitividad nominal</b>	$15 \times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
<b>Temperatura de operación</b>	-40 to +80 °C
<b>Respuesta de temperatura</b>	$\pm 3 \%$ (-10 to +40 °C)

**Tabla 2** Características del piranómetro LP02

Fuente: Sensovent LP02 datasheet



**Gráfico 2** Mediciones realizadas el martes 3 de julio de 2018

Fuente: Elaboración propia

En las gráficas 1 y 2 se muestran los resultados de las dos pruebas realizadas una el lunes 2 y la otra el martes 3 de julio de 2018. Se observa la necesidad de compensación por temperatura ya que en el período de mayor radiación incidente se presenta mayor discrepancia al comparar los datos obtenidos mediante el prototipo con los que ofrece el equipo comercial.

Se presentan adicionalmente para comparación las mediciones tomadas de la página de internet de la estación meteorológica UNIMAYAB del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) unidad Mérida [21], ubicada en las coordenadas 21.112, -89.609.

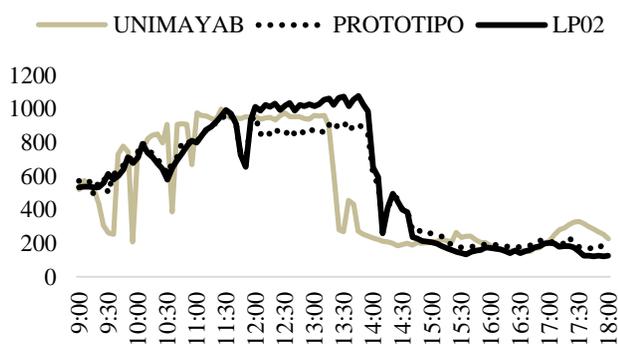
Las diferencias en las mediciones derivan de los siguientes aspectos: la estación meteorológica realiza un muestreo con un medidor que tiene una sensibilidad espectral más amplia y toma las lecturas sobre un plano horizontal, no inclinado como las adquiridas con el prototipo y el medidor comercial.

Los decaimientos en el progreso de la irradiancia se deben a los efectos de nublados y lluvia, que aparecen defasados en las gráficas dada la diferencia en las posiciones geográficas de los sitios de medición.

**Agradecimientos**

Se agradece al Tecnológico Nacional de México y al Conacyt por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

**Irradiancia (W/m2)**



**Gráfico 1** Mediciones realizadas el lunes 2 de julio de 2018

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Se presenta el desarrollo de un prototipo de piranómetro de semiconductor basado en un fotodiodo. Se obtuvieron mediciones muy aproximadas a las de un medidor comercial típico. Estas serán de gran utilidad para el desarrollo de estrategias de optimización de un arreglo de paneles fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. Se observa que se requiere compensación en las medidas ya que el contenido espectral del piranómetro basado en semiconductor es sensible a menos componentes que los recibidos en la radiación solar además de necesitar un control de la temperatura de operación. Como trabajo futuro se plantea construir un sistema de control térmico y diseñar un algoritmo de compensación usando la respuesta espectral que publica el fabricante del fotodiodo en su hoja de datos.

## Referencias

- [1] Instalación de paneles solares en Yucatán, en auge. (27 de junio 2017). Diario de Yucatán. Recuperado de <http://yucatan.com.mx/merida/ciudadanos/instalacion-paneles-solares-yucatan-auge>.
- [2] Cosecha solar, energía poco aprovechada. (8 de septiembre de 2014). El Universal. Recuperado de <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciencia/2014/cosecha-solar-energia-94014.html>.
- [3] Vignola, F., Derocher, Z., Peterson, J., Vuilleumier, L., Félix, C., Gröbner, J., & Kourenmeti, N. (2016). Effects of Changing Spectral Radiation Distribution on the Performance of Photodiode Pyranometers. *Solar Energy*, 129, pp 224-235.
- [4] Sengupta, M., Gotseff, P., & Stoffel, T. (September 2012). Evaluation of Photodiode and Thermopile Pyranometers for Photovoltaic Applications. Proceedings of 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Frankfurt, Germany. Conference Paper NREL/CP-5500-56540.
- [5] Fletes, N., Paredes, C., & Dibene, L. (2016). Eficiencia en la producción de energía de un panel fotovoltaico a diferente inclinación en Nuevo Vallarta, Nayarit. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 3-8: 99-103.
- [6] Roitman, M., Mestrallet, A., Aramburu, M., & Rossi, R. (septiembre 2015). Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de la ciudad de Córdoba. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2, 37-43.
- [7] Cardozo, A., (junio 2014). Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico (tesina de especialista). Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- [8] Neri, J.L., Mateo, J., & Reséndiz, G. (2013). Módulo fotovoltaico para entrenamiento de alumnos del Centro de Desarrollo de Energías Renovables (tesis de maestría). Centro de investigación en materiales avanzados, CIMAV); Chihuahua, México.
- [9] Díaz, T., & Carmona, G. (2011). Instalaciones solares fotovoltaicas. Grado Medio. McGraw-Hill/Interamericana. España.
- [10] Aguilera, J., Hontoria, L. (2011). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos. Grupo IDEA. Departamento de Electrónica. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Jaén. España.
- [11] Mestanza Acosta P., & Verástegui Gubler, A. (2013). Proyecto EnDev/GIZ. Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario. Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ. Lima, Perú.
- [12] Molina, M., & Melchor, C. (2016). Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 3-8: 9-18.
- [13] Sánchez Juárez, A. (2017). Especificación Técnica para Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red eléctrica asociados a proyectos productivos agropecuarios. Fideicomiso de riesgo compartido. México.
- [14] González, R., Jiménez, H., & Lagunas, J. (2003). Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. *Boletín IIE octubre-diciembre del 2003*. México D.F., México.
- [15] Al-Najideen, M. I., & Alrwashdeh, S. S. (2017). Design of a solar photovoltaic system to cover the electricity demand for the faculty of Engineering- Mu'tah University in Jordan.

Resource-Efficient Technologies, 3(4), 440–445.

[16] Sharma, R., & Goel, S. (2017). Performance analysis of a 11.2 kWp roof top grid-connected PV system in Eastern India. *Energy Reports*, 3, 76–84.

[17] Ahsan, S., Javed, K., Rana, A.S., Zeeshan, M. (2016). Design and Cost Analysis of 1 kW Photovoltaic System Based on Actual Performance in Indian Scenario. *Perspectives in Science*, 8, 642–644.

[18] Martínez, M., Andújar, J.M., & Enrique, J.M., (2009). A New and Inexpensive Pyranometer for the Visible Spectral Range. *Sensors*, 9, 4615-4634.

[19] Vignola, F., Peterson, J, Chiu, C, Dooraghi, M., Sengupta, M., & Mavromatakis, F. (2017). Comparison of Pyranometers and Reference Cells on Fixed and One-axis Tracking Surfaces. *ASES National Solar Conference 2017 Proceedings*. Denver, Colorado, USA.

[20] King, D.L., Boyson, W.E., Hansen, B.R., & Bower, W.I. (1998). Improved accuracy for low-cost Solar Irradiance sensors. *2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion*, 6-10, Vienna, Austria.

[21] Weather Underground. UNIMAYAB, IYUCATAN7.

Recuperado de <https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IYUCATAN7#history/tdata/s20180703/e20180703/m> daily.

## Método genérico de programación para máquinas herramientas de 3 ejes con control numérico computarizado (CNC)

### Generic method to programming numerically controlled machine tool with three axis

HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Leticia †\*, GARCÍA-VANEGAS, Leopoldo, HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos y PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, División Académica de Mantenimiento Industrial y Mecatrónica*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Leticia, Hernández-Ramírez* / ORC ID: 0000-0002-0150-3457, Researcher ID Thomson: S-4815-2018, arXiv ID: lhdezram.

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Leopoldo, García-Vanegas* / ORC ID: 0000-0002-3417-7619, Researcher ID Thomson: T-6825-2018, arXiv ID: leo\_1968aaa

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Carlos, Hernández-Borja* / ORC ID: 0000-0002-8138-9016, Researcher ID Thomson: S-4792-2018, arXiv ID: carloshdezborja

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Liliana Eloisa, Pérez-Galindo* / ORC ID: 0000-0001-6016-2595, Researcher ID Thomson: S-4820-2018, arXiv ID: Eloisse

Recibido: Enero 08, 2018; Aceptado: Marzo 07, 2018

#### Resumen

Las Universidades Tecnológicas han incluido asignaturas en sus programas educativos que implican el uso de máquinas herramienta con control numérico computarizado (CNC). Estas máquinas, como los centros de maquinado de 3 ejes, son programables y utilizan herramientas con filos cortantes para la manufactura de gran número de piezas producidas por lote, moldes y troqueles. Este trabajo explica un método de enseñanza para programar máquinas herramienta basado en el estándar ISO 6983. Su ventaja principal es permitir al programador identificar las sintaxis a utilizar en la trayectoria de corte, sin importar la marca y el tipo de control de la máquina. El método combina el sistema cartesiano rectangular de coordenadas absoluta y el sistema cartesiano rectangular de coordenadas relativas, mediante el uso de dos sintaxis para crear trayectorias de corte con movimientos circulares, ya sea usando la magnitud del radio del círculo o de sus coordenadas centrales, obteniéndose seis estructuras ordenadas de programación. Una programación ordenada permitirá que los programas sean fácilmente mantenibles, se vuelvan escalables y su depuración sea más sencilla. Estas características evitarán lesiones en el operador, daños a la maquinaria y altos costos por servicios de reparación.

**Manufactura, CNC, Programación, Sintaxis**

#### Abstract

Technological Universities have included subjects in their educational programs which involve the use of Numerically Controlled Machine Tool (NCMT). These machines like three axis machining centers are programmable and use tools with cuttings edges for the manufacturing a lot of pieces produced per batch, molds and die. This work explains a teaching method to program Numerically Controlled Machine Tool, which is based in standard ISO 6983. Its main advantage is to permit to the programmer identify syntax to create toolpath cut, regardless control's type and machine's brand. Method combines the rectangular cartesian system of absolute coordinates and rectangular cartesian system of relative coordinates through to use two syntax to create toolpaths cut with circular movements either it using radius magnitude or circle's central coordinates, obtaining six ordered structures of programming. Ordered programming will let that programs will be easily maintainable, become scalable and simplify their deputation. These characteristics avoid personal injury, damage to the machinery and high costs associated with services repair.

**Manufacturing, CNC, Programming, Syntax**

**Citación:** HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Leticia, GARCÍA-VANEGAS, Leopoldo, HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos y PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa. Método genérico de programación para máquinas herramientas de 3 ejes con control numérico computarizado (CNC). Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-5: 18-29.

\* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: lhdezram@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Una máquina-herramienta (MH) empleada en procesos de arranque de viruta, es un conjunto de mecanismos impulsado por fuerza motriz para el corte de metales y otros materiales.

El corte se realiza con una herramienta de n filos que remueve capas de un bloque de material hasta obtener una configuración geométrica diferente a la que tenía antes de iniciar.

Este proceso se realiza actualmente en dos tipos de máquinas-herramienta:

- a) Las convencionales donde el operador es el responsable de los desplazamientos de los ejes de la máquina y de otras tareas como el ajuste de piezas y herramientas. De su habilidad depende la precisión de las piezas.
- b) Las que integran un dispositivo de control numérico computarizado (CNC) capaz de controlar todas las acciones de la MH a través de un programa; incluidos los desplazamientos de los ejes, el cambio automático de herramientas y piezas y la activación de dispositivos auxiliares como la bomba de refrigerante, el dispensador de lubricante, entre otros.

Las máquinas herramientas (MH) con control numérico computarizado (CNC) representan en México, la plataforma tecnológica de una gran cantidad de micro y pequeñas empresas dedicadas a la fabricación de piezas para maquinaria y equipo en general, debido a que con un sólo programa es posible fabricar lotes de piezas con precisión estandarizada, que serán utilizadas como parte de un sinnúmero de mecanismos que van desde la cerradura para puerta, llaves para agua hasta maquinaria de gran complejidad como los automóviles.

Asimismo con las CNC empleadas para operaciones de fresado y torneado es posible el maquinado de geometrías complejas que son la base para la fabricación de moldes y troqueles, herramientas fundamentales de los procesos de corte o doblado de lámina e inyección de plástico y otros materiales.

## Justificación

Cuando se enseña programación para controles numéricos, es muy importante tener la conciencia de que a pesar de que todos los controles se basan en un estándar ISO, ningún control numérico es exactamente igual a otro.

Asimismo, es indispensable considerar que el trabajo con máquinas herramientas es una actividad que implica una gran cantidad de riesgos tanto para el que opera y/o programa la MHCNC como para la máquina, que van desde un simple golpe o pequeña cortadura hasta la pérdida de un ojo por incrustación de una viruta.

En lo que se refiere a la máquina, el riesgo principal es el desajuste del cabezal, que pudiera ser ocasionada por el desconocimiento del que opera o por un código mal empleado o con sintaxis incorrecta en el programa, lo que implica un gasto innecesario por reparación que va desde el 5% hasta el 10% del valor de una MHCNC nueva.

El docente para evitar estos riesgos comúnmente hace uso de simuladores computacionales, que desde un punto de vista muy particular limitan el aprendizaje y no permiten que la competencia práctica específica se desarrolle en el estudiante, situación que impacta directamente en el entorno productivo de la región cuando éste realiza su estadía o desempeña un trabajo relacionado con el uso de este tipo maquinaria, por lo que es indispensable que el que enseña lo haga con orden, considerando los posibles riesgos y la responsabilidad social que ello implica.

Por lo que se hace indispensable desarrollar prácticas en laboratorio que sean “una herramienta metodológica efectiva que permita a los estudiantes fijar e integrar los conocimientos con la práctica con la finalidad de enfrentar problemáticas similares a las que encontrarán en su vida profesional” (Guaman Alarcon & Camacho Camacho, 2009).

## Metodología

La metodología propuesta se apoya en los siguientes elementos: el tipo de información requerida para programar una máquina herramienta CNC con tres ejes para operaciones de fresado, la estructura del programa, la secuencia de movimientos que debe realizar la máquina, el sistema de coordenadas (absoluto y relativo) y las sintaxis que aplican a los movimientos para posicionamiento y corte de la herramienta sobre la pieza de trabajo.

### 1. Información requerida para la programación de una máquina CNC de 3 ejes

Existen tres tipos de información requerida para la programación de máquinas CNC (González Núñez, 1990):

La *información geométrica* que corresponde esencialmente a:

- Las dimensiones de la pieza a maquinar, delimitando los movimientos en los ejes X, Y y Z (largo, ancho y alto) para el maquinado y que permiten el establecimiento de la posición cero pieza.
- Las longitudes de desplazamiento máximo de los ejes de la máquina.
- Las longitudes de herramienta como el largo total, el largo de corte y su diámetro.

La *información tecnológica* que depende del material con que se va a fabricar la pieza y partir del cual se selecciona la herramienta de corte y se calculan la velocidad de avance (F), la velocidad de rotación de la herramienta(S) y la profundidad de corte.

La *información de movimiento* que corresponde a la secuencia de las operaciones de corte.

### 2. Estructura de un programa de control numérico

Independientemente del tipo de control numérico que tenga adaptada la máquina herramienta, un programa de control numérico tiene tres elementos:

**Encabezado.** En los primeros bloques (renglones de instrucciones), se definen con palabras (códigos) las condiciones iniciales del programa, como el sistema de coordenadas inicial (comúnmente absoluto G90), el sistema de unidades (milímetros o pulgadas), plano de trabajo, ubicación del cero pieza y se definen códigos de cancelación de funciones que pudieran mantenerse activas en la memoria del control de la máquina herramienta, como la compensación de radio y la cancelación de ciclos de barrenado. En esta sección también se define la herramienta inicial, su sentido de giro, las revoluciones por minuto a las que girará, la activación del refrigerante, entre otras acciones.

**Cuerpo del programa.** Corresponde a las trayectorias de posicionamiento y corte de la pieza; y en su definición se utilizan los sistemas de coordenadas absoluto y relativo.

En el *sistema absoluto (G90)*, las coordenadas se definen tomando como referencia un cero único ubicando su posición cero en los ejes XY al centro de la pieza de trabajo y en el eje Z, en su cara superior. A esta posición se le denomina *cero pieza*.

En el *sistema relativo (G91)*, las coordenadas se definen tomando como referencia la última posición que se utilizó.

Para la definición de la trayectoria se utilizan principalmente dos tipos de movimientos o interpolaciones: *lineales* (G00 y G01) y *circulares* (G02 y G03).

Para una máquina-herramienta de 3 ejes como un centro de maquinado vertical, las sintaxis para estos 4 movimientos se describen y analizan a continuación:

- a) La palabra G00 es utilizada para posicionamiento rápido de la herramienta, sin corte de la pieza.

Sintaxis G00 X\_\_ Y\_\_ Z\_\_;

Donde

X, Y, Z corresponden a los valores de las coordenadas de la posición que se desea alcanzar con el movimiento.

Es importante considerar que:

- Cuando se emplee la palabra G00, las posiciones inicial y final se determinan en sistema absoluto, lo que evitará colisiones entre la herramienta y la pieza.
  - Las máquinas herramientas dependiendo de la antigüedad de su control permiten de diversas maneras, la variación de la velocidad a la que se realiza este movimiento. Sin embargo, éste se considera como movimiento rápido y de su empleo depende en gran medida el tiempo de fabricación de la pieza teniendo mayor impacto cuando se realiza por lote.
- b) La palabra G01 es utilizada para corte en trayectoria lineal con velocidad controlada de los ejes.

Sintaxis G01 X\_\_ Y\_\_ Z\_\_ F\_\_;

Donde

X, Y, Z corresponden a los valores de las coordenadas de la posición que se desea alcanzar con el movimiento.

F es la velocidad de avance o alimentación de los ejes.

Es importante considerar que:

- Es deseable que se emplee un G01 para el primer corte en el eje Z.

- c) Las palabras G02 y G03 son utilizadas para corte en trayectoria circular con velocidad controlada de los ejes. La palabra G02 se emplea para trayectoria en sentido de las manecillas del reloj y la G03 para trayectoria contraria a este sentido. Dependiendo el tipo de control, en ambas palabras es posible utilizar dos sintaxis.

**Sintaxis 1.** Con magnitud del radio del arco o círculo

G02 X\_\_ Y\_\_ R\_\_ F\_\_;

Donde

X,Y corresponden a los valores de las coordenadas de la posición que se desea alcanzar con el movimiento.

R corresponde al valor del radio del arco o círculo.

F es la velocidad de avance o alimentación de los ejes.

Es importante considerar que:

- Se emplean las coordenadas X,Y cuando el plano de corte principal corresponde a la vista superior de la pieza de trabajo. En algunos controles se determina este plano de corte a través de la palabra G17.

- La sintaxis en función del valor del radio es la más antigua para este tipo de movimientos, encontrándose descrita en la primera versión del estándar ISO publicada en el año de 1982, por lo que los controles que se fabricaron de esta fecha hasta que aparece la segunda versión en el año 2009, sólo empleaban esta sintaxis, con las siguientes restricciones o variantes:

- 1) Para trayectorias circulares con ángulo menor o igual a 180 grados
- 2) Para trayectorias circulares con ángulo menor a 360 grados; con R (en valor absoluto), cuando el ángulo del arco es menor o igual a 180 grados y con R- (con valor negativo para el radio) cuando el ángulo es mayor a 180 y menor a 360 grados.

**Sintaxis 2.** Con posición central del arco o círculo

G02 X\_\_ Y\_\_ I\_\_ J\_\_ F\_\_;

Donde

X,Y corresponden a los valores de las coordenadas de la posición que se desea alcanzar con el movimiento

I,J corresponden a los valores de las coordenadas en los ejes X,Y de la posición del centro del arco o círculo.

F es la velocidad de avance o alimentación de los ejes.

Es importante considerar que:

- Se emplean las coordenadas I, J cuando el plano de corte principal corresponde a la vista superior de la pieza de trabajo.
- Esta sintaxis se empieza a incluir en los controles hasta que aparece la segunda versión del estándar ISO 6983 (2009).
- Además proporciona una gran ventaja sobre la programación que utiliza el valor del radio, debido a que con ella es posible programar una trayectoria circular completa en un solo bloque (renglón) de instrucciones y en el caso de la sintaxis con el valor del radio es necesario utilizar como mínimo 2 bloques.

Comentarios adicionales en el caso de los movimientos para corte:

- Es indispensable la colocación del punto decimal en valores que no tienen posiciones decimales.
- Las palabras G00 al G03, pueden utilizarse sin el cero intermedio.
- El valor de la velocidad de avance (F) dependiendo el tipo de control puede establecerse en dos unidades: mm o pulgadas/minuto o en mm o pulgadas/vuelta.
- El valor de la velocidad de avance (F) debe calcularse porque depende del tipo de material a mecanizar y el tipo de herramienta de corte.

**Fin de programa.** Se restablecen las condiciones iniciales de trabajo, como la detención del giro de la herramienta o pieza, lo que depende del proceso de maquinado, la desactivación de la bomba de refrigerante, se cancela compensación de radio y/o altura, se cancelan ciclos y se establece el fin de programa.

### 3. Secuencia de movimientos en centro de maquinado vertical de 3 ejes

Se define a través de las posiciones iniciales, intermedias y finales que deben tener tanto la herramienta como la pieza con el propósito de evitar colisiones que dañen el cabezal de la máquina y ruptura de herramienta y dentro de la estructura del programa *corresponden al cuerpo del programa.*

**Posiciones iniciales.** Al realizar un programa para un centro de maquinado vertical es importante definir dos posiciones iniciales de seguridad en el eje Z que corresponde a la herramienta de corte:

- A la altura donde se encuentra el carrusel de herramientas para facilitar el cambio de herramienta inicial.
- En un valor cercano a la superficie de la pieza (punto de seguridad), posición que servirá para iniciar un corte con velocidad controlada.

Estas posiciones pueden y deben ser programadas con el código G00.

**Posiciones intermedias.** Estas posiciones deben ser programadas con códigos G01, G02 Y G03, debido a que con ellas se efectúan los cortes en la pieza de trabajo a una velocidad controlada (F).

Si se va a programar con sistema relativo (G91) éste se activará en la posición absoluta donde Z es igual a cero, que corresponde a la cara superior de la pieza de trabajo; tomando en cuenta que para llegar ella desde el punto de seguridad es recomendable utilizar el código G01, lo que evitará una colisión en caso de que la superficie sea irregular.

**Posiciones finales.** Una vez que se termina el corte de la pieza es importante definir dos posiciones finales, considerando el sistema de coordenadas en que se realizó y la profundidad final del corte.

Si el sistema es absoluto y la profundidad final es muy cercana a la altura de corte de la herramienta, es recomendable que se emplee el código G00 y si la profundidad es cercana a la altura de corte de la herramienta es recomendable que se emplee G01 porque permite controlar la velocidad de retracción y evita tracción en caso de que la viruta tenga forma de espiral.

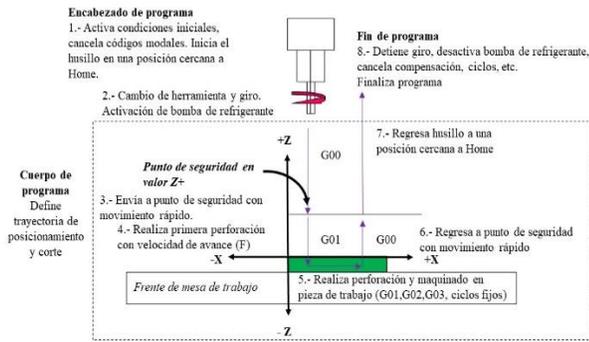


Figura 1 Esquema que combina estructura del programa con secuencia de programación

Fuente: Propia

#### 4. Estructuras de programación resultantes

Si se combinan la estructura de programación y la secuencia de movimientos para máquinas de 3 ejes sincronizables, considerando que las posiciones iniciales y finales deben calcularse en sistema de coordenadas absoluto, las posiciones intermedias en sistema absoluto o relativo, empleando movimientos circulares con dos sintaxis de programación es posible generar 6 estructuras que se muestran en la Tabla 1.

Sistema de corte	Sistema de arcos y/o círculos	Sintaxis para posicionamiento inicial y final	Sintaxis para centros de círculo	Inconvenientes para las estructuras
1	Absoluto	Absoluto	R (Radio), arcos menores o iguales a 180 grados*	No aplica Se requieren al menos 2 bloques de instrucciones para un movimiento circular de 360° * En algunos controles sólo aplica a movimientos menores a 180°
2	Absoluto	Absoluto	R (Radio), donde R+ para arcos cuyo ángulo es ≤180° R- para arcos cuyo ángulo es >180° y <360	No aplica Se requieren al menos 2 bloques de instrucciones para un movimiento circular de 360°
3	Absoluto	Relativo	R (Radio), donde R+ para arcos cuyo ángulo es ≤180° R- para arcos cuyo ángulo es >180° y <360	No aplica
4	Absoluto	Relativo	Coordenadas centro (I,J)	Relativo
5	Absoluto	Absoluto	Coordenadas centro (I,J)	Relativo
6	Absoluto	Absoluto	Coordenadas centro (I,J)	Absoluto Modificación en encabezado p. ej. en Control Boss se agrega G75 o en bloque de instrucciones p. ej. en Control Fagor se agrega G6 al principio del bloque

Tabla 1 Características de las 6 estructuras de programación genérica para máquinas CNC de 3 ejes.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla un ejemplo con las 6 estructuras descritas en la Tabla 1. La secuencia programada corresponde a dos trayectorias de corte de ranuras a una profundidad de 0.020”, sin compensación de radio, con una herramienta de 2 filos de 1/8” de diámetro en un bloque de material de 4x4x1”.

**Estructura 1.** Sistema de coordenadas absoluto para posicionamientos inicial, corte (intermedias) y final, empleando la sintaxis basada en R≤180° para movimientos circulares.

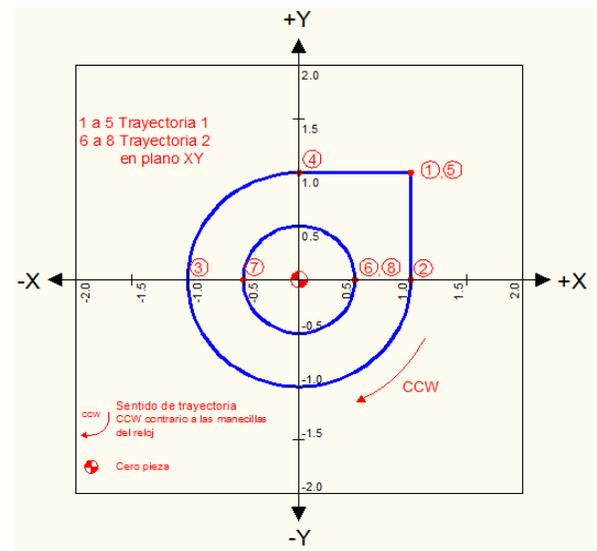


Figura 2 Plano XY con secuencia de puntos que identifican la trayectoria de posicionamiento y corte para la estructura 1 de programación CNC

Fuente: Elaboración propia

Sistema	No. punto	X	Y	Z	R	Restricción
Absoluto	1	1	1			
Absoluto	2	1	0			
Absoluto	3	-1	0		1	Arco ≤180°
Absoluto	4	0	1		1	Arco ≤180°
Absoluto	5	1	1			
Absoluto	6	.5	0			
Absoluto	7	-.5	0		0.5	Arco ≤180°
Absoluto	8	.5	0		0.5	Arco ≤180°

Tabla 2 Posiciones en el plano XY para la estructura 1 de programación CNC

Fuente: Elaboración propia

;(SISTEMA ABSOLUTO PARA POSICIONAR)  
 ;(SISTEMA ABSOLUTO PARA CORTE)  
 ;(SINTAXIS CON RADIO PARA ARCOS Y CIRCULOS)  
 ;(R+ para arcos ≤ 180 grados)

;(INICIA ENCABEZADO)  
 N10 G90 G70 G17 G54 G94 G80 G40  
 N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)  
 N30 M3 S1500; (GIRO HTA)  
 N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)  
 ;(TERMINA ENCABEZADO)

;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)  
 N50 G0 X1. Y1.; (1, INICIO CONTORNO EXTERIOR)  
 N60 Z1.;(BAJA HERRAMIENTA A PTO DE SEGURIDAD)

```
N70 G1 Z-0.020 F3.; (PERFORA EN PUNTO 1)
N80 X1. Y0.; (2)
N90 G2 X-1. Y0. R1.; (3 ARCO DE 180 GRADOS)
N95 G2 X0. Y1. R1.; (4 COMPLEMENTO ARCO 270 GRADOS)
N100 G1 X1. Y1.; (5)
N110 G0 Z1.;(SUBE HERRAMIENTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
N120 X0.5 Y0.; (6, INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N130 G1 Z-0.020 F3.;(PERFORA EN PUNTO 6)
N140 G2 X-0.5 Y0. R0.5; (7, ARCO DE 180 GRADOS)
N150 X0.5 Y0. R0.5; (8, ARCO DE 180 GRADOS)
N160 G0 Z1.;(SUBE HERRAMIENTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)

;(FIN DE PROGRAMA)
N170 M9
N180 M5
N190 M30
```

```
;(INICIA ENCABEZADO)
N10 G90 G70 G17 G54 G94 G80 G40
N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)
N30 M3 S1500; (GIRO HTA)
N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)
;(TERMINA ENCABEZADO)

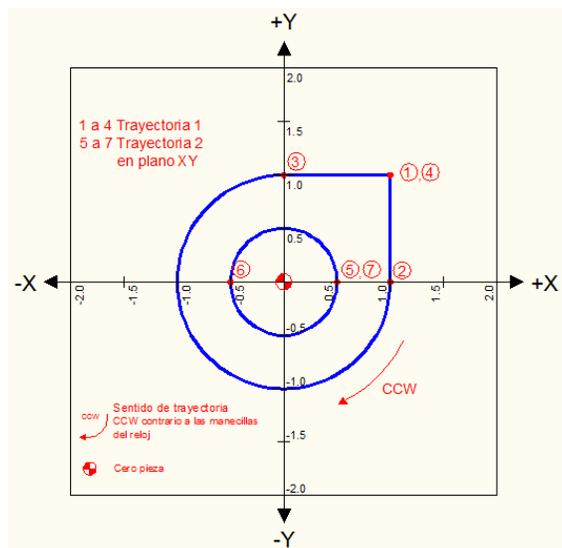
;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)
N50 G0 X1. Y1.; (1, INICIO CONTORNO EXTERIOR)
N60 Z1.;(BAJA HERRAMIENTA A PTO DE SEGURIDAD)
N70 G1 Z-0.020 F3.;(PERFORA EN PUNTO 1)
N80 X1. Y0.; (2)
N90 G2 X0. Y1.0 R-1.; (3, ARCO DE 270 GRADOS)
N100 G1 X1. Y1.; (4)
N110 G0 Z1.
N120 X0.5 Y0.; (5, INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N130 G1 Z-0.020 F3.;(PERFORA EN PUNTO 5)
N140 G2 X-0.5 Y0. R0.5; (6, ARCO DE 180 GRADOS)
N150 X0.5 Y0. R0.5; (7, ARCO DE 180 GRADOS)
N160 G0 Z1.;(SUBE HERRAMIENTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)

;(FIN DE PROGRAMA)
N170 M9
N180 M5
N190 M30
```

**Estructura 2.** Sistema de coordenadas absoluto para posicionamientos inicial, corte (posiciones intermedias) y final, empleando la sintaxis basada en R positivo  $\leq 180^\circ$  y R negativo para arcos  $< 360^\circ$  para movimientos circulares.

**Estructura 3.** Sistema de coordenadas absoluto para posicionamientos inicial y final, relativo para corte (posiciones intermedias), empleando la sintaxis basada en R positivo  $\leq 180^\circ$  y R negativo para arcos  $< 360^\circ$  para movimientos circulares.

En esta estructura existe una variación en el posicionamiento del eje Z antes de iniciar el corte con posiciones relativas.



**Figura 3** Plano XY con secuencia de puntos que identifican la trayectoria de posicionamiento y corte para las estructuras 2 y 3 de programación CNC  
Fuente: Elaboración propia

- Se inicia ubicando la herramienta de corte en el punto de seguridad que corresponde a un valor positivo en el eje Z.

- Posteriormente este eje se desplaza a la posición Z0., con un movimiento lineal G01 para controlar la velocidad, lo que tiene dos propósitos:

- a) Evitar una colisión en una superficie irregular
- b) Igualar la posición Z0.0 tanto en sistema relativo como absoluto, lo que permitirá calcular sin problema la posición relativa de corte.

- Se activa el código G91 y se programan las posiciones de corte en sistema relativo, incluida la profundidad de éste.

Sistema	No. punto	X	Y	Z	R	Restricción
Absoluto	1	1.0	1.0			
Absoluto	2	1.0	0			
Absoluto	3	0	1.0	-1.0		Arco $> 180^\circ$ y $< 360^\circ$
Absoluto	4	1.0	1.0			
Absoluto	5	0.5	0			
Absoluto	6	-0.5	0		0.5	Arco $\leq 180^\circ$
Absoluto	7	0.5	0		0.5	Arco $\leq 180^\circ$

**Tabla 3** Posiciones en el plano XY para la estructura 2 de programación CNC  
Fuente: Elaboración propia

```
;(SISTEMA ABSOLUTO PARA POSICIONAR)
;(SISTEMA ABSOLUTO PARA CORTE)
;(SINTAXIS CON RADIO PARA ARCOS Y CIRCULOS)
;(R+ arcos  $\leq 180$  grados)
;(R- arcos  $> 180$  y  $< 360$  grados)
```

- Una vez que se termina el corte, antes de levantar la herramienta al punto de seguridad es recomendable que se active el código G90, lo que evitará calcular de forma imprecisa la distancia relativa entre la posición en que se encuentra perforando la herramienta de corte y la posición de seguridad y permitirá la reutilización de la trayectoria de corte en subprogramas y subrutinas.

Los puntos de la trayectoria están indicados en la Figura 3.

Sistema	No. punto	X	Y	Z	R	Restricción
Absoluto	1	1.0	1.0			
Relativo	2	0	-1.0			
Relativo	3	-1.0	1.0		-1.0	Arco >180° y < 360°
Relativo	4	1.0	0			
Absoluto	5	.5	0			
Relativo	6	-1.0	0		0.5	Arco < 180°
Relativo	7	1.0	0		0.5	Arco < 180°

**Tabla 4.** Posiciones en el plano XY para la estructura 3 de programación CNC

Fuente: Elaboración propia

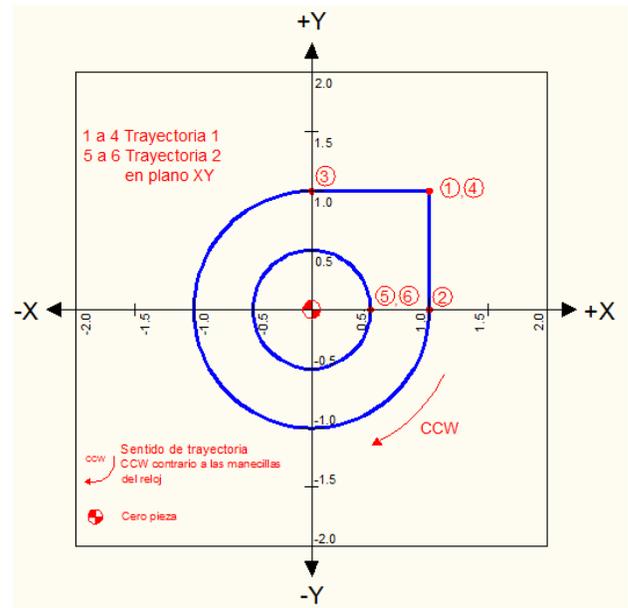
```
;(SISTEMA ABSOLUTO PARA POSICIONAR)
;(SISTEMA RELATIVO PARA CORTE)
;(SINTAXIS CON RADIO PARA ARCOS Y CIRCULOS)
;(R+ arcos <= 180 grados)
;(R- arcos > 180 y < 360 grados)
```

```
(INICIA ENCABEZADO)
N10 G90 G70 G17 G54 G94 G80 G40
N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)
N30 M3 S1500; (GIRO HTA)
N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)
;(TERMINA ENCABEZADO)

;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)
N50 G0 X1. Y1.;(1 INICIO CONTORNO EXTERIOR)
N60 Z1. (BAJA HTA A PUNTO DE SEG EN SIST ABS)
N65 G1 Z0. F3.; (IGUALA Z0 ABS CON Z0 RELATIVO)
N66 G91; (ACTIVA SISTEMA RELATIVO)
N70 G1 Z-0.020 F3. ;(PERFORA EN PUNTO 1)
N80 Y-1.;(2)
N90 G2 X-1. Y1. R-1.;(3 ARCO DE 270 GRADOS)
N100 G1 X1. ;(4)
N105 G90 ;(RETORNA A SISTEMA ABSOLUTO)
N110 G0 Z1. ;(LEVANTA HTA A PTO DE SEG EN SIST ABS)
N120 G0 X0.5 Y0. ;(5 INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N65 G1 Z0. F3. ;(IGUALA Z0 ABS CON Z0 RELATIVO)
N66 G91; (ACTIVA SISTEMA RELATIVO)
N130 G1 Z-0.020 F3. ;(PERFORA EN PUNTO 6)
N140 G2 X-1. Y0. R0.5 ;(6 ARCO DE 180 GRADOS)
N150 X1. Y0. R0.5 ;(7 ARCO DE 180 GRADOS)
N105 G90 ;(RETORNA A SISTEMA ABSOLUTO)
N160 G0 Z1. ;(LEVANTA HTA A PTO DE SEG EN SISTEMA ABS)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)
```

```
;(FIN DE PROGRAMA)
N170 M9
N180 M5
N190 M30
```

**Estructura 4.** Sistema de coordenadas absoluto para posicionamientos inicial y final, relativo para corte (posiciones intermedias), empleando la sintaxis basada en las coordenadas relativas del centro de arco o círculo (I,J).



**Figura 4** Plano XY con secuencia de puntos que identifican la trayectoria de posicionamiento y corte para las estructuras 4,5 y 6 de programación CNC

Fuente: Elaboración propia

Sistema	No. punto	X	Y	Z	I	J	Restricción
Absoluto	1	1.0	1.0				
Relativo	2	0	-	1.0			
Relativo	3	-	1.0		-	0	Arco de 270°
Relativo	4	1.0	0				
Absoluto	5	0.5	0				
Relativo	6	0	0		-	0	Círculo completo (360°)

**Tabla 5** Posiciones en el plano XY para la estructura 4 de programación CNC

Fuente: Elaboración propia

```
;(SISTEMA ABSOLUTO PARA POSICIONAR)
;(SISTEMA RELATIVO CORTE)
;(SINTAXIS I,J ARCOS Y CIRCULOS)
;(SISTEMA RELATIVO PARA COORD I,J)
;(INICIA ENCABEZADO)
N10 G90 G70 G17 G54 G94 G80 G40
N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)
N30 M3 S1500; (GIRO HTA)
N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)
;(TERMINA ENCABEZADO)
```

```
;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)
N50 G0 X1. Y1.;(1, INICIO CONTORNO EXTERIOR)
N60 Z1.;(BAJA HERRAMIENTA A PTO DE SEGURIDAD)
N70 G1 Z0. F3.; (IGUALA Z0 ABS CON Z0 RELATIVO)
N80 G91; (ACTIVA SISTEMA RELATIVO)
```

```

N90 G1 Z-0.020 F3.; (PERFORA EN PUNTO 1 EN SIST. REL)
N100 Y-1.;(2)
N110 G2 X-1. Y1. I-1. J0.;(3, IJ SON RELATIVAS A 2)
N120 G1 X1.;(4)
N130 G90 ; (RETORNA A SISTEMA ABSOLUTO)
N140 G0 Z1. ;(SUBE HTA A PUNTO DE SEG EN SIST ABS)
N150 X0.5 Y0. ;(5, INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N160 G1 Z0. F3.; (IGUALA Z0 ABS CON ZO RELATIVO)
N170 G91; (ACTIVA SISTEMA RELATIVO)
N180 G1 Z-0.020 F3.; (PERFORA EN PUNTO 1)
N190 G2 X0. Y0. I-0.5 J0. ;(6, IJ SON RELATIVAS A 5)
N200 G90; (RETORNA A SISTEMA ABSOLUTO)
N210 G00 Z1. ;(SUBE HTA A PUNTO DE SEG EN SIST ABS)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)

;(FIN DE PROGRAMA)
N220 M9
N230 M5
N240 M30
    
```

```

N160 M9
N170 M5
N180 M30
    
```

**Estructura 6.** Sistema de coordenadas absoluto para posicionamientos inicial, corte y final, empleando la sintaxis basada en las coordenadas absolutas del centro de arco o círculo.

Los puntos de la trayectoria están indicados en la Figura 4.

Los programas con esta estructura requieren códigos especiales para su ejecución en la mayoría de los controles.

**Estructura 5.** Sistema de coordenadas absoluto para posicionamientos inicial, corte y final, empleando la sintaxis basada en las coordenadas relativas del centro de arco o círculo. Los puntos de la trayectoria están indicados en la Figura 4.

Sistema	No. punto	X	Y	Z	I	J	Sistema
Absoluto	1	1.0	1.0				
Absoluto	2	1.0	0				
Absoluto	3	0	1.0		-1.0	0	Relativo a punto 2
Absoluto	4	1.0	1.0				
Absoluto	5	0.5	0				
Absoluto	6	0.5	0		-0.5	0	Relativo a punto 5

Sistema	No. punto	X	Y	Z	I	J	Restricción
Absoluto	1	1.0	1.0				
Absoluto	2	1.0	0				
Absoluto	3	0	1.0		0	0	Arco de 270°
Absoluto	4	1.0	1.0				
Absoluto	5	0.5	0				
Absoluto	6	0.5	0		0	0	Círculo completo (360°)

**Tabla 6** Posiciones en el plano XY para la estructura 5 de programación CNC  
Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 7.** Posiciones en el plano XY para la estructura 3 de programación CNC  
Fuente: *Elaboración propia*

```

;(SISTEMA ABSOLUTO PARA POSICIONAR)
;(SISTEMA ABSOLUTO CORTE)
;(SINTAXIS I,J ARCOS Y CIRCULOS)
;(SISTEMA RELATIVO PARA COORD I,J)

;(INICIA ENCABEZADO)
N10 G90 G70 G17 G54 G94 G80 G40
N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)
N30 M3 S1500; (GIRO HTA)
N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)
;(TERMINA ENCABEZADO)

;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)
N50 G0 X1. Y1.;(1 INICIO CONTORNO EXTERIOR)
N60 Z1.; (BAJA HERRAMIENTA A PTO DE SEGURIDAD)
N70 G1 Z-0.020 F3. ; (PERFORA EN PUNTO 1)
N80 Y0.;(2)
N90 G2 X0. Y1. I-1. J0.;(3, IJ SON RELATIVAS A 2)
N100 G1 X1.;(4)
N110 G0 Z1.;(SUBE HTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
N120 X0.5 Y0.;(5 INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N130 G1 Z-0.020 F3.; (PERFORA EN PUNTO 5)
N140 G3 X0.5 Y0. I-0.5 J0.;(6, IJ SON RELATIVAS A 5)
N150 G0 Z1.;(SUBE HTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)

;(FIN DE PROGRAMA)
    
```

```

;(SISTEMA ABSOLUTO PARA POSICIONAR)
;(SISTEMA ABSOLUTO CORTE)
;(SINTAXIS I,J ARCOS Y CIRCULOS)
;(SISTEMA ABSOLUTO PARA COORD I,J)

;(INICIA ENCABEZADO CONTROL BOSS)
N10 G90 G70 G17 G54 G94 G75 G80 G40
;(G75 ACTIVA MOV. CIRCULARES MULTICUADRANTE)
N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)
N30 M3 S1500; (GIRO HTA)
N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)
;(TERMINA ENCABEZADO)

;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)
N50 G0 X1. Y1.;(1 INICIO CONTORNO EXTERIOR)
N60 Z1. ;(BAJA HERRAMIENTA A PTO DE SEGURIDAD)
N70 G1 Z-0.020 F3.; (PERFORA EN PUNTO 1)
N80 Y0. ;(2)
N90 G2 X0. Y1. I0. J0.;(3)
N100 G1 X1. ;(4)
N110 G0 Z1. ;(SUBE HTA A PTO DE SEGURIDAD)
N120 X0.5 Y0. ;(5 INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N130 G1 Z-0.020 F3.; (PERFORA EN PUNTO 5)
N140 G3 X0.5 Y0. I0. J0.;(6)
N150 G0 Z1. ;(SUBE HTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)

;(FIN DE PROGRAMA)
N160 M9
N170 M5
N180 M30

;(INICIA ENCABEZADO CONTROL FAGOR)
N10 G90 G70 G17 G54 G94 G80 G40
N20 M6 T1; (HTA D=.125INCH H=1INCH)
    
```

```

N30 M3 S1500; (GIRO HTA)
N40 M8; (ACTIVACIÓN DE REFRIGERANTE)
;(TERMINA ENCABEZADO)

;(INICIA TRAYECTORIA POSICIONAMIENTO Y CORTE)
N50 G0 X1.Y1.:(1 INICIO CONTORNO EXTERIOR)
N60 Z1.:(BAJA HTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
N70 G1 Z-0.020 F3.:(PERFORA EN PUNTO 1)
N80 Y0.:(2)
N90 G6 G2 X0. Y1. I0. J0.:(3 SE AGREGA G6)
;(PARA RECONOCIMIENTO DE SINTAXIS)
N100 G1 X1.:(4)
N110 G0 Z1.:(SUBE HTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
N120 X0.5 Y0.:(5 INICIO DE CIRCULO INTERIOR)
N130 G1 Z-0.020 F3.:(PERFORA EN PUNTO 5)
N140 G6 G3 X0.5 Y0. I0. J0.:(6 SE AGREGA G6)
;(PARA RECONOCIMIENTO DE SINTAXIS)
N150 G0 Z1.:(SUBE HTA A PUNTO DE SEGURIDAD)
;(TERMINA TRAYECTORIA DE CORTE)

;(FIN DE PROGRAMA)
N160 M9
N170 M5
N180 M30
    
```



**Figura 5** Ejecución de programa ejemplo en máquina de 3 ejes marca Guss & Roch  
Fuente: Elaboración propia

**Resultados**

Los 6 programas se probaron en 3 máquinas de control numérico de 3 ejes:

Marca Bridgeport Torq cut 22

Marca Guss & Roch VMC 640

Marca Fagor CNC 8037 M

Los resultados de ejecución se visualizan en la Tabla 8 y las ejecuciones en las Figuras 5,6 y 7.



**Figura 6.** Ejecución de programa ejemplo en máquina de 3 ejes marca Bridgeport  
Fuente: Elaboración propia

Estructura/Máquina CNC	Guss & Roch	Bridgeport	Fagor
1	Sí	Sí	Sí
2	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	Sí
4	Sí	Sí	Sí
5	Sí	No	Sí
6	No	Sí (con G75 en bloque de encabezado)	Sí (Con G6 en bloque de interpolación circular)

**Tabla 8** Lista de cotejo de ejecución de las 6 estructuras de programación en 3 centros de maquinado CNC con 3 ejes  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 7.** Ejecución de programa ejemplo en máquina de 3 ejes marca Fagor  
Fuente: Elaboración propia

Las estructuras 1 a la 4 se ejecutan en los tres controles.

La estructura 6 se ejecuta en dos de las máquinas, agregando códigos que permiten su ejecución como el G75 que se agrega en el encabezado del programa o un G06 en cada uno de los bloques donde se utilice una interpolación circular.

La estructura 5 no es ejecutable en la máquina Bridgeport, debido a que ese control no permite la combinación de los sistemas absoluto y relativo para la codificación de una interpolación circular, por lo que en ese control sólo es posible utilizar uno de los dos sistemas para calcular la posición final y central de la interpolación circular.

La estructura 6, no es ejecutable en la máquina Guss & Roch, debido a que ese control no reconoce la sintaxis para interpolaciones circulares que utilizan coordenadas absolutas en la posición central del arco o círculo.

Es importante mencionar que las pruebas no pretenden demostrar si las estructuras se ejecutan o no en las máquinas, sino que es posible utilizarlas en diversos tipos de controles basados en el estándar ISO y las variantes que podrían existir al emplear las estructuras propuestas.

### Agradecimiento

A la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, por el apoyo para los gastos de publicación y presentación de este trabajo.

### Conclusiones

A nivel mundial, México se está consolidando como un mercado importante de máquinas herramientas con control numérico computarizado (MHCNC), así lo refleja la adquisición de centros de maquinado vertical de tres o más ejes (Tovar, 2017) por parte de las empresas proveedoras de la industria automotriz y aeroespacial, debido a que permiten la reducción en los costos de fabricación y tiempos de ciclo. Lo anterior, abre una amplia área de oportunidades para los estudiantes cuyas carreras están relacionadas con los procesos de manufactura que involucran la eliminación de material a través del arranque de viruta, pues dichas empresas tienen la imperiosa necesidad de contar con personal capacitado y especializado para la operación y programación de dicha maquinaria.

En este sentido, las Universidades Tecnológicas deben darse a la tarea de formar a los estudiantes con las competencias necesarias para satisfacer las demandas de personal de este pujante sector industrial.

Ante la dificultad de contar con cada uno de los tipos de control numérico vigentes en el mercado, el docente debe conjugar su experiencia y creatividad para explorar con detenimiento cada una de las posibilidades de programación de sus máquinas disponibles, pensando en la responsabilidad social que conlleva el diseñar programas que al ejecutarse lo hagan en orden, resguardando la integridad física del estudiante y de la máquina.

Con esta idea en mente, en el presente trabajo se han desarrollado seis estructuras de programación que conjuntan las similitudes existentes en por lo menos 5 marcas de controles numéricos para tres ejes con sus posibles variantes. En ellas se refleja la importancia del sistema de coordenadas absoluto para el posicionamiento inicial y final de la herramienta de corte, que combinada con una interpolación lineal de velocidad rápida (G00) optimiza y reduce el tiempo de fabricación de un lote de piezas.

Asimismo, el manejo de las posiciones intermedias en sistema absoluto o relativo, considerando que para ambos sistemas debe existir la misma posición cero, evita colisiones entre herramienta y pieza, permitiendo el cálculo exacto de la posición de la herramienta de corte lo que disminuye el riesgo de accidente al operador o el daño en el cabezal de la máquina.

Por otra parte, el uso de las sintaxis de los movimientos circulares basadas en el radio o en las coordenadas centrales, permite al programador identificar de inmediato la que puede emplear cuando se enfrente a un control numérico diferente al que se utilizó para su capacitación.

Una de las ventajas que se observan en las estructuras basadas en las coordenadas centrales para movimientos circulares es que disminuyen la cantidad de bloques a emplear para la fabricación de una pieza, lo que permite disminuir su tiempo de desarrollo y el tiempo de ciclo.

Con las características y ventajas de método planteado, una vez que el estudiante se integre en el sector productivo, en uno de los tantos talleres o empresas dedicadas a la fabricación de piezas o moldes que existen en México, se disminuirán de forma importante los costos derivados de capacitación, los gastos de reparación de daños en la máquinas por una programación desordenada, los tiempos de ciclo de producción por lotes y, lo más importante; los riesgos en su integridad física a los que se ve expuesto cuando no posee una capacitación escolar real y práctica.

## Referencias

- Aramcharoen, A., & Mativenga, P. T. (2014). Critical factors in energy demand modelling. *Journal of Cleaner Production*.
- Bridgeport Machines Inc. (1994). *Bridgeport CNC DX32 Manual de programador*.
- Cruz Teruel, F. (2011). *Control numérico y programación II*. México, D.F. : Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.
- Fagor Automation. (2012). *CNC 8037 M Manual de programación*. Arrasate-Mondragon España: Fagor Automation S. Coop.
- González Núñez, J. (1990). *El control numérico en la máquinas herramienta*. México, Distrito Federal: CECSA.
- Groover, M. D. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: Mc Graw Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Guaman Alarcon, M., & Camacho Camacho, M. (2009). *Implementación de guía de prácticas para la enseñanza de la fabricación de elementos maquinados (Tesis de grado)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Guss & Roch División CNC. (s.f.). *Smart VMC 640 User's Guide*.
- International Standard Organization. (1982). *ISO 6983/1 Numerical control of machines. Program format and definitions of address words*.
- International Standard Organization. (2009). *ISO 6983-1 Automation systems and integration numerical control of machines*.
- Program format and definitions of address words.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México: Pearson Educación de México S.A. de C.V.
- Ortiz, S. (2017). México, un mercado para maquinaria de alta tecnología. Recuperado el 3 de 9 de 2018, de Vanguardia industrial: <https://www.vanguardia-industrial.net/mexico-un-mercado-para-maquinaria-de-alta-tecnologia/>
- Shultz, H., & Spath, D. (1996). Integration of operator's experience into NC manufacturing. *CIRP Annals Manufacturing Technology*, 415-418.
- Tovar, E. (2017). ¿Qué tipo de máquinas se están comprando en México? Recuperado el 3 de Septiembre de 2018, de Modern Machine Shop México: <https://www.mms-mexico.com/art%C3%ADculos/qu%C3%A9-tipo-de-mquinas-se-estn-comprando-en-m%C3%A9xico>

## Diseño de material multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM)

### Design of multimedia material for the development of didactic resources in the learning of the Mexican Sign Language (LSM)

DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí†\*, DEL CARMEN-MORALES, Heidi, FELIPE-REDONDO, Ana Maria y SALAZAR-CASANOVA, Hermes

*Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Yucels Anaí, Del Carmen-Morales* / ORC ID: 0000-0003-2738-4780, Researcher ID Thomson: I-6613-2018, CVU CONACYT ID: 905179

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Heidi, Del Carmen-Morales* / ORC ID: 0000-0002-9686-1838, Researcher ID Thomson: O6682-2018, CVU CONACYT ID: 926525

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Ana Maria, Felipe-Redondo* / ORC ID: 0000-0002-8579-6532, CVU CONACYT ID: 835952

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Hermes, Salazar-Casanova* / ORC ID: 0000-0002-8444-6186, Researcher ID Thomson: O-6647-2018, CVU CONACYT ID: 926456

Recibido: Enero 10, 2018; Aceptado: Marzo 09, 2018.

#### Resumen

De acuerdo con los resultados de la (INEGI, 2014), de los 119.9 millones de personas en el país, el 6% (7.2 millones) tienen discapacidad, el 33% (2.4 millones) tienen problemas auditivos. La LSM posee su propia sintaxis, gramática y léxico; se compone de signos visuales con estructura lingüística propia, con la cual se identifican y expresan las personas sordas en México. (CONADIS, 2016). La finalidad de esta investigación fue "diseñar material multimedia con contenidos del Lenguaje de Señas Mexicano para que las personas con Hipoacusia, sordera, deficiencia auditiva o afonía, puedan contar con un recurso didáctico que permita mejorar su autonomía de comunicación. La metodología seleccionada fue "desarrollo de proyectos multimedia", fases: idea, diseño, prototipo, producción, testeo y distribución. Como resultado se generó material (López, Rodríguez, Zamora, & Esteban, 2006) desarrollando imágenes de ideogramas y dactilológicas en las categorías de abecedario, aprende (familia, frutas, números, escuela, casa, meses, días, juguetes, animales y colores), en la sección de práctica (memorama y escríbelo), y en conversa un traductor, este material fue incorporado a una aplicación móvil para mejorar la calidad de comunicación, inclusión e impulsar la mejora de su autonomía, fue evaluada por estudiantes del centro de Atención Múltiple (CAM) Huejutla No.8.

**Inclusión, Multimedia, Comunicación, Lenguaje, Señas**

#### Abstract

According to the results of the (INEGI, 2014), of the 119.9 million people in the country, 6% (7.2 million) have disabilities, 33% (2.4 million) have hearing problems. The MSL has its own syntax, grammar and lexicon; it consists of visual signs with its own linguistic structure, with which deaf people in Mexico are identified and expressed. (CONADIS, 2016). The purpose of this research was "to design multimedia material with contents of the Mexican Sign Language so that people with deafness, hearing loss or aphonia can have a didactic resource that allows them to improve their communication autonomy. The selected methodology was "development of multimedia projects", phases: idea, design, prototype, production, testing and distribution. As a result, multimedia material was generated (López, Rodríguez, Zamora, & Esteban, 2006) developing images of ideograms and signatures in the categories of alphabet, learn (family, fruits, numbers, school, house, months, days, toys, animals and colors), in the section of practice (memorama and write it down), and in the Conversa a translator, this material was incorporated into a mobile application to improve the quality of communication, inclusion and boost the improvement of its autonomy, it was evaluated by students from the Multiple Care center (CAM) Huejutla No. 8.

**Inclusion, Multimedia, Communication, Language, Signs**

**Citación:** DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí, DEL CARMEN-MORALES, Heidi, FELIPE-REDONDO, Ana Maria y SALAZAR-CASANOVA, Hermes. Diseño de material multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM). Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-5: 30-39.

\* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: yucels.delcarmen@uthh.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Con las manos hablamos y con los ojos escuchamos, fundación nacional para sordos María Sosa (FUNAPAS) (Universal, 2017).

El lenguaje es el medio de acceso humano al mundo, tienen la virtud de abrir formas alternativas de pensar y entender el lugar que habitamos, relacionarnos con él, ampliarlo y modificarlo (García, 2013).

El Centro de Atención Múltiple (CAM) Huejutla No. 8, ubicado en la ciudad de Huejutla de Reyes Hidalgo, recibe a todas las personas que representen una discapacidad intelectual, auditiva, motriz, visual, múltiple o trastornos generalizados del desarrollo, es una instancia educativa que ofrece educación básica (preescolar y primaria) y capacitación laboral para niños y jóvenes desde los 45 días de nacidos y hasta los 23 años de edad, la atención que ofrece en estos centros tiene un carácter transitorio, ya que pretende la integración de los menores a los servicios educativos regulares, los programas buscan el desarrollo de autonomía, el autocuidado y el aprendizaje de los conceptos escolares básicos, esta institución atiende actualmente a 63 estudiantes.

Actualmente los docentes del CAM se comunican con personas que presentan problemas de hipoacusia, sordera o deficiencia auditiva mediante expresiones no verbales, faciales y gestos utilizando las manos basado en el lenguaje Mexicano de señas, pero familiares, psicólogos y algunos educadores no están relacionados con esta forma transmisión de información, como consecuencia presentan barreras de comunicación que obstaculizan la inclusión y dificultad del aprendizaje, por lo que el presente proyecto tiene como objetivo “Diseñar material multimedia con contenidos del Lenguaje Mexicano de Señas, mediante la asesoría especializada de educadores y colaboradores para que las personas con hipoacusia, sordera, deficiencia auditiva, docentes y familiares tengan una herramienta que les permita mejorar la comunicación y su autonomía”.

Una de las dificultades de nuestra sociedad es la inclusión de personas sordas o con dificultades auditivas y de lenguaje para poder comunicarse, actualmente las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) ofrecen beneficios como el desarrollo de aplicaciones interactivas, eficientes y accesibles por lo que se propone la producción de material multimedia con contenidos en las categorías de: abecedario, aprende (familia, colores, números, animales, juguetes, frutas, casa, escuela, días de la semana y meses), practica (desafíos) y conversa (texto y audios) basado en el Lenguaje Mexicano de Señas para lograr así que los usuarios y las personas de su entorno puedan disminuir las barreras de inclusión y comunicación.

## Fundamentos teóricos

### a) Situación actual y los datos estadísticos

Según datos obtenidos de diversas organizaciones como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO) dan a conocer la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) 2014 que de acuerdo con los resultados de los 119.9 millones de personas en el país, el 6% (7.2 millones) tienen discapacidad, de las cuales el 33% (2.4 millones) tienen problemas auditivos; del total de personas con discapacidad auditiva, el 13.4% (320,000) tiene entre 0-14 años de edad, es decir están en edad escolar. (INEGI, 2014).

En el 2010 se realizó el censo de población con limitación en la actividad en relación a discapacidad para cada entidad federativa; el resultado para Hidalgo fue caminar y moverse 56%, ver 28.4%, escuchar 15.6%, hablar o comunicarse 8.3%, atender el cuidado personal 5.5%, poner atención o aprender 4.3% y mental 7.3%.

Según (INEGI, 2014) los motivos que producen discapacidad se clasifican en enfermedad, edad avanzada, nacimiento, accidente, violencia y otras causas, de acuerdo con los datos rescatados las causas de las discapacidades son las siguientes.

Tipo de discapacidad	Causa de la discapacidad					
	Enfermedad	Edad avanzada	Nacimiento	Accidente	Violencia	Otra causa
Total	41.3	33.1	10.7	8.8	0.6	5.5
Caminar, subir o bajar usando sus piernas	49.0	25.1	5.8	16.2	0.3	3.6
Ver (aunque use lentes)	44.3	36.7	9.1	5.6	0.2	4.1
Mover o usar sus brazos o manos	47.8	29.2	6.1	14.1	0.5	2.3
Aprender, recordar o concentrarse	27.5	48.7	13.2	3.3	1.0	6.3
Escuchar (aunque use aparato auditivo)	28.9	49.6	9.3	6.3	0.8	5.1
Bañarse, vestirse o comer	45.6	25.9	10.1	9.5	0.4	8.5
Hablar o comunicarse	34.6	19.9	31.8	3.6	0.6	9.5
Problemas emocionales o mentales	45.5	16.9	18.1	4.2	2.4	12.9

**Figura 1** Causa de la discapacidad

Fuente: (INEGI, 2014)

### b) La comunicación con señas

Las lenguas de señas, al igual que las lenguas orales, están sujetas al proceso universal de cambio lingüístico, que hace que evolucionen con el tiempo, y eventualmente una misma lengua puede evolucionar en lugares diferentes hacia variedades distintas. (revistademisantojos, 2015).

En la actual situación en México existe un sector de la población el cual se encuentra rezagado que son las personas con discapacidad auditiva y/o de habla, El Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad dice que la Lengua de Señas Mexicana (LSM), es la lengua que utilizan las personas sordas en México. Como toda lengua, posee su propia sintaxis, gramática y léxico.

El ser humano en la actualidad no podría entender la vida sin la facultad de acceder a la información que a cada momento se está generando en los todos los ámbitos.

Existen diversas enunciaciones sobre la composición y estructura de la Lengua de Señas Mexicanas, según la (CONADIS, 2016) señala que se compone de signos visuales con estructura lingüística propia, con la cual se identifican y expresan las personas sordas en México. Para la gran mayoría de quienes han nacido sordos o han quedado sordos desde la infancia o la juventud, ésta es la lengua en que articulan sus pensamientos y sus emociones, la que les permite satisfacer sus necesidades comunicativas así como desarrollar sus capacidades cognitivas al máximo mientras interactúan con el mundo que les rodea.

Además la (CONAPRED, 2011), afirma que la Lengua de Señas Mexicana está compuesta de la dactilología y los ideogramas. Se conoce como dactilología a la representación manual de cada una de las letras que componen el alfabeto, a través de ella la persona sorda puede transmitir cualquier palabra que desee comunicar. Los ideogramas representan una palabra con una sola configuración de la mano.



**Figura 2** Abecedario Lenguaje de Señas Mexicano

Fuente: (Serafín de Fleischmann & González Pérez, 2011)

### c) Centros de ayuda para personas con discapacidades en la zona de estudio.

La inclusión aspira al desarrollo de una escuela plural en la que todos los niños de la comunidad tengan cabida, sea cual fuere su origen social y cultural y sus características individuales.

El acceso a la educación, si bien es el primer paso, no asegura una verdadera inclusión, ya que muchos alumnos terminan abandonando la escuela porque no encuentran una respuesta adecuada a sus necesidades (Blanco, 2009).

No sólo los niños sordos deben iniciar el aprendizaje de la lengua de señas, también sus padres, hermanos, cuidadores primarios, sus maestros y compañeros de clase, con el fin de que puedan comunicarse con él y simultáneamente lograr la comunicación escrita y en algunos casos la oralización.

Es por eso que en el país se creó la generación de escuelas inclusivas que atiendan a la diversidad de los alumnos, representa un reto de cambios conceptuales y culturales profundos de los sistemas educativos, debido a que implica que todo el personal de la escuela lleve a cabo acciones que favorezcan prácticas educativas de atención a la diversidad, para combatir estas limitaciones (SEP, 2012)

La Educación Especial es una modalidad de la Educación Básica con servicios educativos escolarizados y de apoyo. Ofrece atención educativa en los niveles de Inicial, Preescolar, Primaria, Secundaria, además de Formación para la Vida y el Trabajo, a los niños, niñas, jóvenes y adultos que enfrentan barreras para el aprendizaje y la participación, por presentar una condición de discapacidad, capacidades y aptitudes sobresalientes o dificultades en el desarrollo de competencias de los campos de formación del currículo.

La educación especial incluye la asesoría, orientación y acompañamiento a docentes y directivos de educación básica así como la orientación a las familias.

Los servicios educativos escolarizados se brindan en: Centro de Atención Múltiple (CAM), Centro de Rehabilitación Integral Regional (CRIR), Unidad Básica de Rehabilitación (UBR), Unidad de Servicios de Apoyo a la Educación Regular (USAER), Centro de Recursos, de Información y Orientación (CRIO).

Los Centros de Atención Múltiple Son una instancia educativa que ofrece educación básica (preescolar y primaria) y capacitación laboral para niños y jóvenes desde los 45 días de nacidos y hasta los 23 años de edad, la atención que ofrece en estos centros tiene un carácter transitorio, ya que pretende la integración de los menores a los servicios educativos regulares, los programas buscan el desarrollo de autonomía, el autocuidado y el aprendizaje de los conceptos escolares básicos.

La secretaría de educación pública de Hidalgo (SEPH) atiende en 28 centros de atención múltiple (CAM), los municipios que tienen este servicio son: Pachuca (5 sedes), Ixmiquilpan, Chapantongo, Tulancingo (2 sedes), Huejutla, Tula, Tepeji del Río, Ajacuba, Atitalaquia, Atotonilco El grande, Zacualtipán.

Actopan, Progreso de Obregón, Tepeapulco, Apan, Almoloya, Tezontepec de Aldama, Tizayuca, Huichapan, Tlanchinol, Molango, Calnali y Cuauhtepic (SEPH, 2016).

Concentrándose con mayor número de personas con discapacidad en Pachuca con el 8.5%, Tulancingo con el 4.3% y Huejutla con el 3.1%.

En el CAM Huejutla, se brinda atención escolarizada integral a niños, niñas y jóvenes con discapacidad, discapacidad múltiple o trastornos graves de desarrollo, condiciones que dificultan su ingreso en escuelas regulares, se realiza una práctica educativa en base al plan y los programas de estudio vigentes de Educación Inicial, Educación Básica (Preescolar, Primaria, y Secundaria) y se atiende a población desde los 43 días de nacidos hasta los 18 años. En el CAM Laboral se promueve la formación para la vida y el trabajo de jóvenes entre 15 y 22 años de edad, a través del desarrollo de competencias laborales en las siguientes especialidades:

- Costura, confección y bordado
- Preparación de alimentos y bebidas
- Panadería y repostería
- Servicios de apoyo a labores de oficina

Actualmente atiende a 63 alumnos repartidos en diferentes niveles escolares y con diversas discapacidades.



**Figura 3** Salón de niños a nivel preescolar en el Centro de Atención Múltiple (CAM Heuejutla).

*Fuente: Elaboración propia*

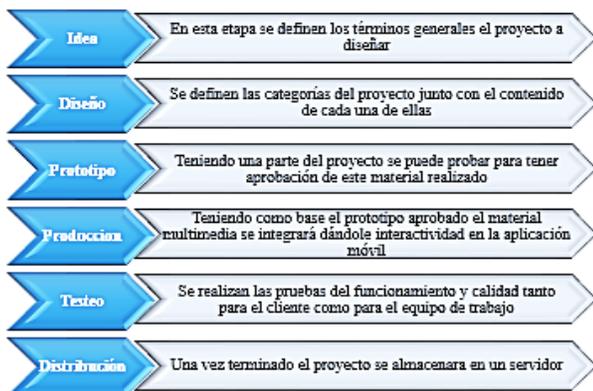
En el CAM Huejutla hay grupos organizados por nivel de escolaridad en el que un solo docente imparte clases y actividades para todos los alumnos que presentan diversas discapacidades, por lo que no hay un tratamiento particular para cada una de ellas. Además de acuerdo a observaciones y entrevistas realizadas a docentes de esta institución se obtuvo la siguiente información:

Solo los docentes que imparten clases conocen el lenguaje de señas mexicano pero minimamente, sin embargo las áreas administrativas y los padres y madres de familia no lo entienden lo que provoca deficiencia en la comunicación y su autonomía.

Analizando las necesidades del CAM Huejutla, el cuerpo académico en tecnologías de la información (CATI), determino desarrollar una herramienta que permita conocer y practicar la Lengua de Señas Mexicana en el CAM Huejutla, orientado a estudiantes, familiares y los integrantes de esta institución, por lo que en esta etapa del proyecto se realizó el diseño del Material Multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM)

**Metodología a desarrollar**

En el proyecto denominado Desarrollo de Material Multimedia del Lenguaje Mexicano de Señas se usa la “metodología de desarrollo de proyectos multimedia” propuesta por (Saeed, 2004), cuyas cualidades son la combinación de texto, imágenes pero especialmente animaciones, video, sonido e interactividad, además que proporciona una visión global para diseñar proyectos cuyo eje es la multimedia.



**Figura 4** Metodología para el desarrollo de proyectos multimedia  
Fuente: (Saeed, 2004)

**a) Idea**

Se realizó un análisis preliminar basado en información estadística sobre la población con capacidades diferentes a nivel nacional, regional y una visita al Centro de Atención Múltiple No. 8 Huejutla de Reyes Hidalgo, esta institución atiende a alumnos con diferentes discapacidades, entre ellos problemas de deficiencia auditiva e *hipoacusia*; la finalidad de este acercamiento fue interactuar con docentes y alumnos, como se pudo observar cada tipo de servicio cuenta con diferentes materiales didácticos generalmente laminas, dibujos y cuadernillos de trabajo.



**Figura 5** Momento en el cual nos saludaban con una canción en el Centro de Atención Múltiple (CAM)  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6** Material didáctico que se utiliza en la enseñanza de los pequeños en el Centro de Atención Múltiple (CAM)  
Fuente: Elaboración propia

Además se elaboró un estudio de la factibilidad técnica en la que determino los requerimientos de hardware y software; En la económica, se realizó un análisis costo beneficio; en la factibilidad operativa se determinó que los usuarios ya sean alumnos, docentes, familiares o su entorno deben tener un *smartphone*, conocimientos básicos sobre el manejo del celular y extremidades (manos). Debido a que la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense posee los recursos necesarios se determinó la viabilidad.

**b) Diseño**

En esta etapa el equipo de trabajo y docentes del CAM No. 18 determinaron que las categorías en el diseño de material multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM) serían: Abecedario, Aprende, Practica y Conversa, siguiendo la recomendación de los especialistas son los componentes básicos para una comunicación inicial.

Categorías	Contenido
<b>Abecedario</b>	Letras
<b>Aprende</b>	Familia Colores Números Frutas Juguetes Animales Casa Escuela Días de la semana Meses
<b>Practica</b>	Memorama Escríbelo
<b>Conversa</b>	Escribir texto Sonido

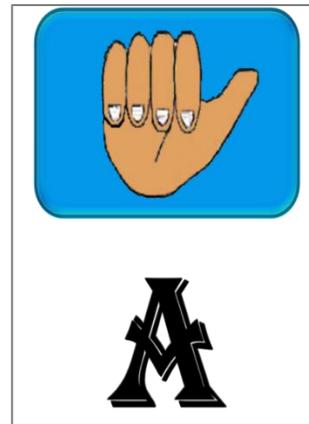
**Tabla 1** Contenido de las categorías  
*Fuente: Elaboración propia*

Se definieron dos tipos imágenes a diseñar Gif y estáticas, los tamaños que se definieron en las imágenes estáticas fueron de 220 x 260 pixeles. Para las imágenes Gif no se tiene un estándar específico para definir el tamaño de las dimensiones, ya que en la configuración de las manos varían cuando se realizan los ideogramas de las subcategorías y en algunas señas se ocupa las dos manos, este contenido se realizó en el software Light Image Resizer 5 y Gimp (OLMO.PNTIC, 2010).

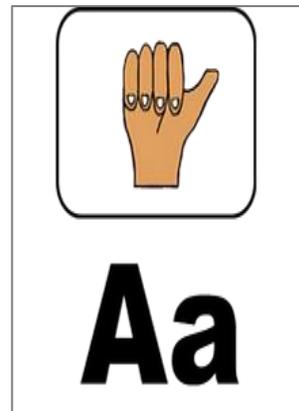
Para el diseño del contenido de las subcategorías del proyecto se basó en los libro *Manos con Voz* (Serafín de Fleischmann & González Pérez, 2011) y el libro *Mis Manos que Hablan* (López García, Rodríguez Cervantes, Zamora Martínez, & San Esteban Sosa, 2006), estos fuentes fueron de gran utilidad para la realización del proyecto ya contiene información sobre el uso del lenguaje de señas Mexicano con el que interactúan las personas con deficiencia auditiva e *hipoacusia*.

**c) Prototipo**

Esta etapa se garantiza que el desarrollo está dentro de lo planeado considerando la etapa de diseño y a su vez verificar que los ideogramas propuestas correspondan con el Lenguaje de Señas Mexicano para poder comprobar una parte de la aplicación.



**Figura 7** Diseño Inicial de Abecedario  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 8** Diseño final de Abecedario  
*Fuente propia*

**d) Producción**

En esta etapa se inició con el desarrollo de las grabaciones para las imágenes Gif, se crearon los contenidos de todas las subcategorías, las grabaciones se realizaron en forma de Ideogramas “con una o varias configuraciones de la mano que representan el mismo significado”, por lo que el contenido se muestra a continuación.



**Figura 9** Ideograma

Fuente: Elaboración propia

### e) Testeo

En esta etapa se realizaron las pruebas de funcionamiento, calidad y el tamaño de los elementos que contiene el material multimedia, con la finalidad de corregir los errores o mejoras.

Se analizó el contenido de las imágenes estáticas y dinámicas (imágenes Gif), se detectaron los siguientes elementos a mejorar:

- Las imágenes Gif cuando se insertaba a la aplicación ocupaban un espacio considerable y esto ocasionaba que el usuario no tuviera una interacción rápida y eficiente, por lo que se optimizó con la finalidad de que el peso fuera menor a 300 *kilobytes*.
- Para la grabación de las imágenes dinámicas se consideraron aspectos de iluminación, posturas, color de vestuario, color de fondo.

### f) Distribución

Una vez terminado el desarrollo del material multimedia del proyecto y las mejoras realizadas resultado del testeo, se integrarán en la “Aplicación Móvil Dilo con Señas” para que los docentes, familia y alumnos del Centro de Atención Múltiple (CAM) puedan interactuar y contar con una herramienta de comunicación con este lenguaje.



**Figura 10** Momento en el cual se proba la aplicación con el alumno en el Centro de Atención Múltiple (CAM)

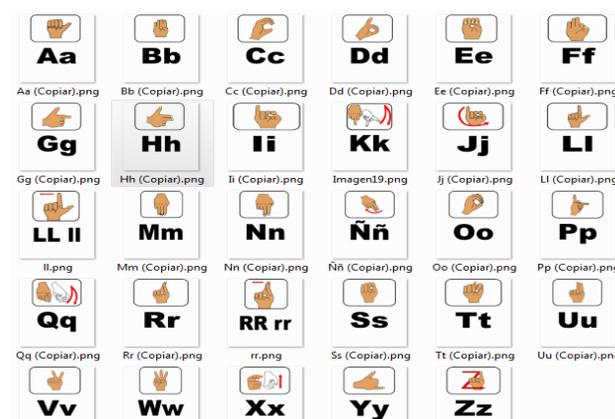
Fuente: Elaboración propia

### Resultados

Son muchos los problemas a los que las personas con Sordera, Deficiencia Auditiva e *Hipoacusia*, se tienen que enfrentar en su día a día, pero con el paso del tiempo las TIC's avanzan a pasos agigantados, y son muchos los beneficios que traen consigo.

Las complicaciones de comunicación son una lucha constante, las cuales se combaten con el desarrollo de nuevas aplicaciones, *software* y *hardware* que se adaptan a las necesidades de cada persona, estos avances tecnológicos han puesto un antes y un después en su forma de vivir.

- Como resultado se diseñó material multimedia de la categoría abecedario que contiene letras del alfabeto A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, LL, M, N, Ñ, O, P, Q, R, RR, S, T, U, V, W, X, Y, Z, para esta categoría se diseñaron imágenes estáticas e imágenes Gif;



**Figura 11** Diseño de imágenes dactilológicas categoría abecedario

Fuente: Elaboración propia

- En la categoría aprende se realizaron diseños orientados a:
  - Familia
  - Colores
  - Números
  - Frutas
  - Juguetes
  - Animales
  - Casa
  - Escuela

Se crearon 10 imágenes dactilológicas, 10 representaciones de ideogramas y 10 ideogramas gif para cada diseño orientado.

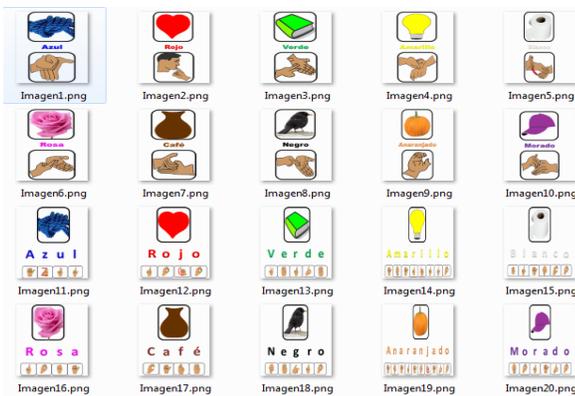
- Días de la semana y
- Meses

Se crearon el número de imágenes dactilológicas, representaciones de ideogramas e ideogramas gif que corresponden para cada diseño orientado. Para esta categoría se tomó como referencia al autor (López García, Rodríguez Cervantes, Zamora Martínez, & San Esteban Sosa, 2006) del libro Mis manos Que Hablan sobre el lenguaje de señas mexicano

- En la categoría practica se elaboraron diseños para un memorama y escribelo, en este apartado se especificaron dos juegos, el de Memorama que cuenta con todos los contenidos de la categoría “aprende” por niveles para identificar los aprendizajes logrados; En la sección Escribelo cuenta con solo dos contenidos el de Días de la semana y Meses del año para verificar si el usuario relaciona seña y frase.

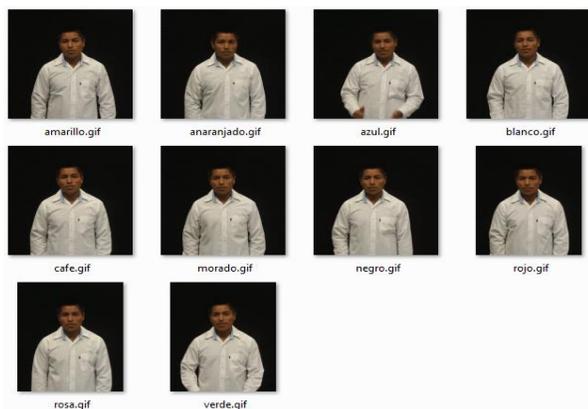


**Figura 14** Diseño de ideogramas para categoría práctica  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 12** Diseño de ideogramas (colores)  
Fuente: Elaboración propia

- Para la categoría conversa se agregaron diseños multimedia y sonidos, en esta categoría se creó una interacción para que el usuario exprese mediante el lenguaje de señas Mexicanas un mensaje, y el receptor aún sin conocer el lenguaje pueda escuchar el texto escrito.



**Figura 13** Diseño de ideogramas dinámicos (colores)  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 15** Diseño de ideogramas y audios para categoría conversa  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 16** Presentación del proyecto por el Cuerpo Académico en Tecnologías de la información y colaboradores a personal y exalumnos del CAM

Fuente: *Elaboración propia*

El material multimedia diseñado se incorporó a la aplicación móvil Dilo con Señas y el cuerpo académico en Tecnologías de la Información lo presentó al Centro de Atención Múltiple (CAM) No. 8 de Huejutla de Reyes Hidalgo, ante directivos, padres de familia y exalumnos.

En esta investigación alcanzó el objetivo planteado cuya finalidad en esta etapa del proyecto fue “Diseñar material multimedia con contenidos del Lenguaje Mexicano de Señas, mediante la asesoría especializada de educadores y colaboradores para que las personas con hipoacusia, sordera, deficiencia auditiva, docentes y familiares tengan una herramienta que les permita mejorar la comunicación y su autonomía, basado en las siguientes aportaciones:

- Las persona con discapacidad auditiva, sordera o hipoacusia, podrán prescindir de la necesidad de un traductor para comunicarse, ya que se realizaron pruebas de la aplicación con alumnos que presentan este problema.
- Los docentes cuentan con una herramienta didáctica para la enseñanza en su aula.
- La familia podrá comunicarse, ya que el material producido permite que se visualicen textos en forma de ideogramas y audio.

Dentro de los trabajos futuros que se pretenden realizar basado en las pruebas aplicadas a la aplicación por personal del CAM, alumnos y padres de familia se agregaran contenidos de aprendizaje para incluir elementos del entorno que sean importantes para el usuario y el personal experto.

## Agradecimientos

Se agradece toda la atención, participación del Centro de Atención Múltiple (CAM) No. 8 Huejutla de Reyes Hidalgo, al alumnado que con su apoyo y conocimientos fortalecieron el desarrollo del proyecto, a todos los integrantes del Cuerpo Académico en Tecnologías de la información y comunicación por su compañerismo y trabajo colaborativo en beneficio de esta noble causa.

## Referencias

Blanco, R. (2009). La inclusión en educación: una cuestión de justicia y de igualdad. *Revista Electrónica Sinéctica*, 19-27.

CONADIS. (10 de 08 de 2016). [www.gob.mx](http://www.gob.mx). Recuperado el 20 de 06 de 2017, de [www.gob.mx: http://www.gob.mx/conadis/articulos/lengua-de-senas-mexicana-lsm](http://www.gob.mx/conadis/articulos/lengua-de-senas-mexicana-lsm)

CONAPRED. (2011). [conapred.org.mx](http://www.conapred.org.mx). Obtenido de [http://www.conapred.org.mx/documentos\\_cedoc/DiccioSenas\\_ManosVoz\\_ACCS\\_S.pdf](http://www.conapred.org.mx/documentos_cedoc/DiccioSenas_ManosVoz_ACCS_S.pdf)

DIF, H. (07 de 08 de 2010). Junta de Gobierno del sistema para el desarrollo integral. Obtenido de [www.dif.org.mx](http://www.dif.org.mx)

Fleischmann, M. E. (14 de enero de 2011). *Manos con voz*. Obtenido de libre acceso: <http://www.conapred.org.mx>

Garcia, K. (02 de Noviembre de 2013). [blogspot.mx](http://blogspot.mx). Recuperado el 22 de Mayo de 2017, de [blogspot.mx: http://karenka201.blogspot.mx/2013/11/introduccion-el-lenguaje-es-el-medio-de\\_2.html](http://karenka201.blogspot.mx/2013/11/introduccion-el-lenguaje-es-el-medio-de_2.html)

INEGI. (2014). Obtenido de [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2015/especiales/especiales2015\\_07\\_1.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2015/especiales/especiales2015_07_1.pdf)

INEGI. (2014). Obtenido de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825090203.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090203.pdf)

INEGI. (04 de marzo de 2010). Porcentaje de la población con discapacidad según causa de la misma. Obtenido de Estadísticas, población: <http://www.inegi.com.mx>

INEGI. (04 de marzo de 2010). Porcentaje de la población con discapacidad según causa de la misma. Obtenido de Estadísticas, población: <http://www.inegi.com.mx>

López García, L. A., Rodríguez Cervantes, R. M., Zamora Martínez, M. G., & San Esteban Sosa, S. (2006). Mis manos que hablan. México: Trillas.

López, Rodríguez, Zamora, & Esteban, S. (2006). Mis Manos Que Haban. México: Trillas.

OLMO.PNTIC. (2010). Obtenido de <http://olmo.pntic.mec.es/~pmai0016/GIMPTutorial/gimp-tutorial.htm>

ONU. (25 de 11 de 2012). Parametria. Recuperado el 08 de 06 de 2017, de Parametria: [http://www.parametria.com.mx/carta\\_parametria.php?cp=4441](http://www.parametria.com.mx/carta_parametria.php?cp=4441)

Revistademisantojos. (26 de marzo de 2015). Obtenido de <http://revistademisantojos.blogspot.mx/2015/03/la-lengua-de-senas-origen-y.html>

Saeed, D. (2004). fido.palermo.edu. Obtenido de fido.palermo.edu: [http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/publicacionesdc/archivos/120\\_libro.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/archivos/120_libro.pdf)

SEP. (2012). Orientaciones para la atención educativa de alumnos sordos que cursan la Educación. En S. d. Pública, Orientaciones para la atención educativa de alumnos sordos que cursan la Educación (pág. 138). México.

SEPH. (03 de 11 de 2016). SEPH. Obtenido de SEPH: <https://agendahidalguense.com/2016/11/03/en-los-centros-de-atencion-multiple-la-seph-educa-para-la-vida/>

Serafín de Fleischmann, M. E., & Gonzáles Pérez, R. (2011). Manos Con Voz. México D.F: CONAPRED y Libre Acceso, A.C.

Universal, E. (2017). Sordos en México. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/periodismo-de-datos/2017/04/2/sordos-en-mexico-sin-educacion-ni-trabajo>

# 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 Tecnologías Computacionales. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

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

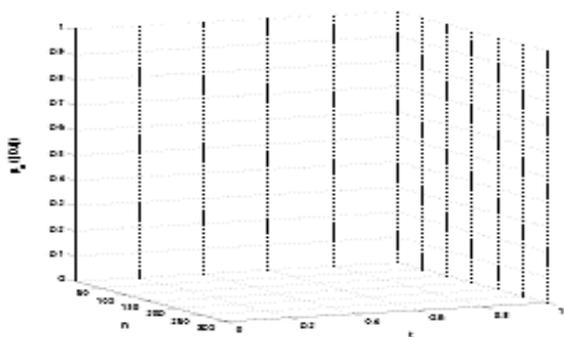
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

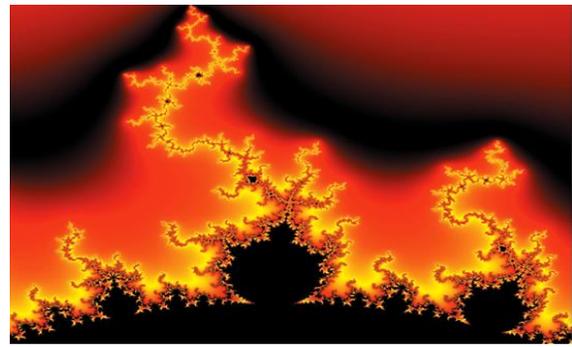
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el 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 Tecnologías Computacionales 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 Tecnologías Computacionales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan 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 Taiwan para su Revista de Tecnologías Computacionales, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

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

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

### Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

### Responsabilidades del Consejo Editorial

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

### Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

### **Responsabilidades de los Autores**

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

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

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

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

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

### **Servicios de Información**

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

RESEARCH GATE	(Alemania)
GOOGLE SCHOLAR	(Índices de citas-Google)
MENDELEY	(Gestor de Referencias bibliográficas)
REDIB	(Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)
HISPANA	(Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.  
Administración del Formato de Originalidad y Autorización.  
Testeo de Artículo con PLAGSCAN.  
Evaluación de Artículo.  
Emisión de Certificado de Arbitraje.  
Edición de Artículo.  
Maquetación Web.  
Indización y Repositorio.  
Traducción.  
Publicación de Obra.  
Certificado de Obra.  
Facturación por Servicio de Edición.

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

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

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Publicidad y Patrocinio**

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

### **Licencias del Sitio**

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

## **Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

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

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

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - 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 Tecnologías Computacionales

“Comportamientos Reactivos para Robótica Móvil”

**CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, VARGAS-CRUZ, Juan Javier, REYES-LEON, Ivan y HERNANDEZ-LUNA, Aldo**

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango*

“Sistema para el monitoreo remoto y análisis estadístico de la información energética disponible para optimizar el uso de arreglos de paneles solares”

**SANDOVAL-GIO, Jesus, LUJAN-RAMIREZ, Carlos Alberto, SANDOVAL-CURMINA, Victor y CHAN-SOSA, Irving Agustin**

*Instituto Tecnológico de Mérida*

“Método genérico de programación para máquinas herramientas de 3 ejes con control numérico computarizado (CNC)”

**HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Leticia, GARCÍA-VANEGAS, Leopoldo, HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos y PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa**

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez*

“Diseño de material multimedia para el desarrollo de recursos didácticos en el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM)”

**DEL CARMEN-MORALES, Yucels Anaí, DEL CARMEN-MORALES, Heidi, FELIPE-REDONDO, Ana María y SALAZAR-CASANOVA, Hermes**

*Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense*

