

ISSN 2523-6857

Volumen 3, Número 10 — Octubre — Diciembre - 2019

Revista de Ingeniería  
Biomédica y  
Biotecnología



## **ECORFAN-Taiwán**

### **Editor en Jefe**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

**Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología**, Volumen 3, Número 10, de Octubre a Diciembre 2019, 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). Editor en Jefe: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC. ISSN: 2523-6857. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2019.

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

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

# **Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología**

## **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 Ciencias Agropecuarias y Biotecnología, en las Subdisciplinas de ciencia forestal, fitopatología, horticultura, pesca y acuicultura, biotecnología agrícola.

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

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

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

Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología 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 ciencia forestal, fitopatología, horticultura, pesca y acuicultura, biotecnología agrícola 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 Ciencias Agropecuarias y Biotecnología. 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**

FLORES - PACHECO, Juan Asdrúbal. PhD  
Universidad de Valladolid

CAUICH - KUMUL, Roger Gaspar. PhD  
University of Kentucky

SANDOVAL – SALAS, Fabiola. PhD  
Universidad de Castilla

GONZALEZ - TORRIVILLA, Cesar Castor. PhD  
Universidad Central de Venezuela

HERNÁNDEZ - MARTINEZ, Rufina. PhD  
University of California

MEDAL, Julio C. PhD  
University of Arkansas

ARAUJO - BURGOS, Tania. PhD  
Universita Degli Studi di Napoli Federico II

GARCÍA - DE SOTERO, Dora Enith. PhD  
Universidad de Sao Paulo

TAPIA - VARGAS, Luis Mario. PhD  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

LIZARDI - MENDOZA, Jaime. PhD  
Queen's University of Belfast

## **Comité Arbitral**

**PÉREZ - PÉREZ, Jefferson Uvaldo. PhD**  
Universidad Autónoma Chapingo

**NÚÑEZ - NALDA, José Víctor. PhD**  
Universidad Politécnica de Sinaloa

**CORTES - SANCHEZ, Alejandro de Jesús. PhD**  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

**BELTRAN - MIRANDA, Claudia Patricia. PhD**  
Universidad de Guadalajara

**MÉNDEZ - MEDINA, Rubén Danilo. PhD**  
Universidad Nacional Autónoma de México

**TERREROS - MECALCO, Jesús. PhD**  
Instituto Tecnológico de Toluca

**MARTINEZ - SCOTT, Marcia Maribel. PhD**  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

**CHAVEZ - SANTOSCOY, Rocío Alejandra. PhD**  
Universidad Autónoma de Baja California

**LEYVA - MIR, Santos Gerardo. PhD**  
Colegio de Postgraduados

**ROSAS - ACEVEDO, José Luis. PhD**  
Universidad Autónoma de Guerrero

**RAMIREZ, Eustacio. PhD**  
Universidad del Mar

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología 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 rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

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

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

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de ciencia forestal, fitopatología, horticultura, pesca y acuicultura, biotecnología agrícola y a otros temas vinculados a las Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

## **Presentación del Contenido**

En el primer artículo se presenta *Desarrollo de prototipo, bastón para la asistencia de personas débiles visuales* por JUÁREZ-SANTIAGO, Brenda, ZEPEDA-FAJARDO, Elizabeth, FLORES-BOCANEGRA, Kenia y OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael con adscripción Universidad Tecnológica de San Juan del Río como siguiente artículo está *Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente* por CRUZ-GARRIDO, Arnulfo, CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, GONZAGA-LICONA, Elisa y PEREZ-LUNA, Juan Alfonso con adscripción Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, como siguiente artículo está *Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas* por CRUZ-MATIAS, Franklin, BAUTISTA-SANTOS, Horacio, SÁNCHEZ-GALVÁN, Fabiola y SOTO-NUÑEZ, Antonio con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca y el Instituto Tecnológico Superior de Chicontepic, como siguiente artículo está *Desarrollo de prótesis electromecánica de miembro superior* por LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro & ROSAS-ACOSTA, Daniel con adscripción Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Desarrollo de prototipo, bastón para la asistencia de personas débiles visuales</b> JUÁREZ-SANTIAGO, Brenda, ZEPEDA-FAJARDO, Elizabeth, FLORES-BOCANEGRA, Kenia y OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael <i>Universidad Tecnológica de San Juan del Río</i>	1-6
<b>Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente</b> CRUZ-GARRIDO, Arnulfo, CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, GONZAGA-LICONA, Elisa y PEREZ-LUNA, Juan Alfonso <i>Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango</i>	7-15
<b>Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas</b> CRUZ-MATIAS, Franklin, BAUTISTA-SANTOS, Horacio, SÁNCHEZ-GALVÁN, Fabiola y SOTO-NUÑEZ, Antonio <i>Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca</i> <i>Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec</i>	16-22
<b>Desarrollo de prótesis electromecánica de miembro superior</b> LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro & ROSAS-ACOSTA, Daniel <i>Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco</i>	23-30



**Desarrollo de prototipo, bastón para la asistencia de personas débiles visuales****Development of prototype, walking stick for the assistance of the visually impaired**

JUÁREZ-SANTIAGO, Brenda†, ZEPEDA-FAJARDO, Elizabeth, FLORES-BOCANEGRA, Kenia y OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Brenda, Juárez-Santiago* / ORC ID: 0000-0001-9071-9243, Researcher ID Thomson: F-7396-2017, CVU CONACYT ID: 511613

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Elizabeth, Zepeda-Fajardo* / ORC ID: 0000-0002-3590-9148, Researcher ID Thomson: E-4296-2019

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Kenia, Flores-Bocanegra* / ORC ID: 0000-0002-5974-9687, Researcher ID Thomson: E-4302-2019

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Ocampo-Martínez, Rafael* / ORC ID: 0000-0002-5201-9040, Researcher ID Thomson: S-476-2018, CVU CONACYT ID: 288191

DOI: 10.35429/JBEB.2019.10.3.1.6

Recibido 12 de Octubre, 2019; Aceptado 07 Diciembre, 2019

**Resumen**

Las tecnologías de la información se han hecho necesarias en el área del sector de la salud, con las nuevas tendencias que van surgiendo, este trabajo tiene como objetivo desarrollar un prototipo de un bastón inteligente para mejorar el desplazamiento, permitiendo esquivar obstáculos que obstruyan el camino de personas débiles visuales. La metodología utilizada fue tradicional mediante las etapas de análisis, planeación, diseño, desarrollo, testeo e implementación, para el desarrollo de este prototipo se utilizó el software Arduino IDE, utilizando como controlador un ARDUINO UNO, para el control de las distancias, se utilizó sensores ultrasónicos HC-04, transmitiendo señales por medio del motor vibrador y un buzzer que emite un sonido distinto dependiendo de la programación de los sensores ultrasónicos. Todas estas conexiones se enlazaron a una tabla de experimentación llamada Protoboard, que van dirigidas a la placa de ARDUINO UNO. El producto final, permitió tener un bastón que fue probado en personas con debilidad visual, se midió la funcionalidad con un cuestionario que evaluó la función de movilidad y los resultados fueron mayores al 80% de aceptación.

**Arduino, Tecnología, Débiles visuales, Bastón, Motor vibrador**

**Abstract**

Information technologies have become necessary in the area of the health sector, with the new trends that are emerging, this work aims to develop a prototype of a smart cane to improve travel, allowing to avoid obstacles that obstruct the path of visually impaired people. The methodology used was traditional through the stages of analysis, planning, design, development, testing and implementation, for the development of this prototype the Arduino IDE software was used, using as controller an ARDUINO ONE, for the control of distances, it was used HC-04 ultrasonic sensors, transmitting signals through the vibrating motor and a buzzer that emits a different sound depending on the programming of the ultrasonic sensors. All these connections were linked to an experimental table called Protoboard, which are directed to the ARDUINO ONE board. The final product allowed to have a cane that was tested with, people with visual weakness, the functionality was measured with a questionnaire that evaluated the mobility function and the results were greater than 80% of acceptance

**Arduino, Technology, Weak visual, Staff, Vibrating motor**

**Citación:** JUÁREZ-SANTIAGO, Brenda, ZEPEDA-FAJARDO, Elizabeth, FLORES-BOCANEGRA, Kenia y OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael. Desarrollo de prototipo, bastón para la asistencia de personas débiles visuales. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 2019 3-10: 1-6

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

El mayor problema para las personas débiles visuales es la movilidad ya sea dentro y fuera de sus hogares.

A nivel mundial, se calcula que aproximadamente 1300 millones de personas viven con alguna forma de deficiencia de la visión de lejos o de cerca. (ONU, 2018)

En este artículo se muestra una alternativa para la mejora del desplazamiento de las personas débiles visuales fuera de sus hogares. Para esto se diseñó un prototipo de un bastón que sirva para la movilidad de las personas débiles visuales.

La finalidad del bastón es de mandar alertas mediante un micromotor de vibración y un buzzer; el cual manda diferentes sonidos de acuerdo a la distancia que se encuentre un obstáculo ya sea objetos, animales o personas. Para detectar los obstáculos se utilizó dos sensores ultrasónicos los cuales mandan las señales al micromotor de vibración y buzzer.

## Antecedentes

La Universidad Miguel Hernández de Elche, diseño un bastón electrónico, que ayuda a los ciegos a detectar obstáculos en altura, tales como ramas de árboles o retrovisores de vehículos, que no son detectados por los bastones normales. La detección de los objetos se realiza mediante un conjunto de sensores que se adaptan a un bastón blanco tradicional y mejoran su funcionalidad. Al detectar los objetos manda alertas a través de un sistema de vibración colocado en la muñeca. (Universidad Miguel Hernández de Elche, 2013) La universidad autónoma del Caribe, diseño un bastón con un Arduino nano, sensores ultrasónicos un módulo de Bluetooth y un módulo de vibración. (Nieto Martelo & Vidal Padilla Cerda, 2015)

El Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro y el Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, construyeron un bastón para personas débiles visuales, el cual se basa en detección de peligros como obstáculos y desniveles, se utilizaron dos tipos de sensores; el ultrasónico y de infrarrojo. (Martínez-Núñez, Molina-Tinoco, Peñaloza-Mendoza, Hernández-Sánchez, & Guizar-Rojas, 2017)

## Objetivo

Diseñar un prototipo de un bastón para personas débiles visuales, mediante la utilización de dos sensores ultrasónicos, un micromotor y buzzer.

## Marco Teórico

A continuación, se mencionarán los materiales que se utilizaron para la elaboración del bastón "SMART CANE".

### Placa de Arduino Uno

Es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteo. (JADIAZ, 2016)

### Software Arduino IDE

El software de código abierto Arduino (IDE) facilita escribir código y cargarlo en la pizarra. Se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y se basa en Procesamiento y otro software de código abierto. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino. (Arduino.cl, s.f.)

### Sensor ultrasónico HC-04

Es un módulo que incorpora un par de transductores de ultrasonido que se utilizan de manera conjunta para determinar la distancia del sensor con un objeto colocado enfrente de este. (GEEK FACTORY, 2014)

### Micromotor de vibración

Micromotor DC de Vibración plano 3 Vdc, 8\*3.4 mm, tipo moneda.

### Buzzer

Zumbador, buzzer en inglés, es un transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. (Carrod Electronica, s.f.)

## Cables macho-hembra

Conectan dispositivos electrónicos unos con otros y los nombres distinguen los tipos de conectores.

## Protoboard

Es una placa que posee unos orificios conectados eléctricamente entre sí siguiendo un patrón horizontal o vertical. Es empleada para realizar pruebas de circuitos electrónicos, insertando en ella componentes electrónicos y cables como puente. (Tuelectronica.es, 2016)

## Descripción de metodología

El presente proyecto se realizó en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, En el cual se utilizó la metodología tradicional que conlleva las siguientes etapas: Análisis, Planeación, Diseño, Desarrollo y Testeo.

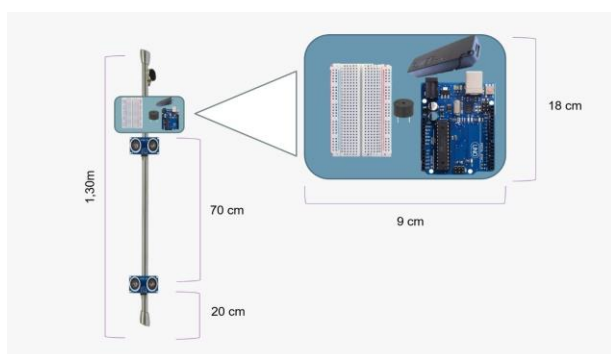
## Análisis

Se observó una necesidad, ¿Cómo apoyar a las personas débiles visuales a tener un mejor desplazamiento dentro y fuera de sus hogares? Para esto se tomó la decisión de desarrollar un bastón inteligente, el cual permita detectar obstáculos.

## Planeación

Se generó un prototipo para llevar a cabo el desarrollo del bastón, se ubicó los sensores ultrasónicos a ciertas distancias; en la parte superior e inferior, para que detectara objetos.

## Diseño



**Figura 1** Prototipo de bastón  
Fuente: Elaboración Propia

## Desarrollo

Lo primero que se realizó fue la programación en el software Arduino IDE, el cual se utilizó para cargar el código a la placa de Arduino UNO. Mediante este software se realizaron varias pruebas para comprobar que la placa de Arduino UNO mandara las alertas de los sensores ultrasónicos. La conexión de cada uno de los materiales hacia la placa de Arduino UNO son las siguientes:

### Sensor 1

Pin Echo está conectado en el puerto 3 de la placa de Arduino UNO.

Pin Trig está conectado en el puerto 2 de la placa de Arduino UNO.

Pin VCC está conectado a la protoboard y de ahí se dirigen a los 5 volts de la placa de Arduino UNO.

Pin GND está conectado a la protoboard y de ahí se dirige al puerto GND de la placa de Arduino UNO.

### Sensor 2

Pin Echo está conectado en el puerto 5 de la placa de Arduino UNO.

Pin Trig está conectado en el puerto 4 de la placa de Arduino UNO.

Pin VCC está conectado a la protoboard y de ahí se dirige a los 5 volts de la placa de Arduino UNO.

Pin GND está conectado a la protoboard y de ahí se dirige al puerto GND de la placa de Arduino UNO.

### Micromotor de Vibración

El cable de color azul está conectado al puerto GND de la placa de Arduino UNO.

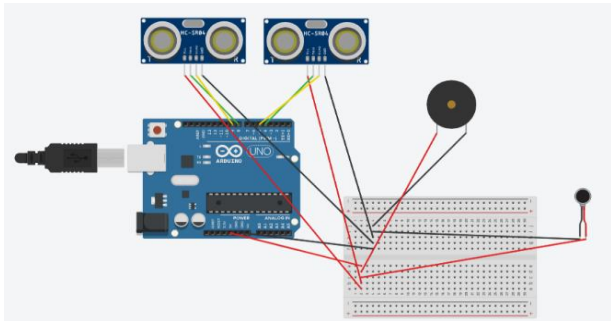
EL cable de color rojo se conectó al puerto 6 de la placa de Arduino UNO.

### Buzzer

El lado negativo (–) se conectó a la protoboard y de ahí se vinculó a un puerto GDN de la placa de Arduino UNO.

El lado positivo (+) se conectó al puerto 9 de la placa de Arduino UNO.

Para todas estas conexiones se utilizaron cables macho-macho y macho-hembra, en la imagen 2 se muestran las conexiones realizadas.



**Figura 2** Conexiones del prototipo bastón  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Testeo

Para la verificación de las conexiones se realizaron varias pruebas para saber que cada uno de los materiales utilizados hacia su función. Al finalizar las pruebas necesarias, se inició el armado del bastón, el cual consta de colocarle los sensores uno en la parte de en medio y otra en la parte inferior del bastón, seguimos con el micromotor de vibración que se colocó abajo del mango del bastón para que fuera cómodo y sentir las alertas que mandara si es que detecta un obstáculo, de ahí se ajustó una caja al bastón para poder introducir la placa de Arduino UNO, la pila recargable, protoboard y el buzzer y de igual manera se realizó sus respectivas pruebas para finalizar con su elaboración, en la imagen 3 se muestra el armado del bastón.



**Figura 3** SMART CANE, San Juan del Río, Qro

La programación se realizó en un software llamado Arduino con un lenguaje de programación C++, para ello se declararon variables las cuales son representados por los puertos de la placa Arduino UNO, para dar las instrucciones adecuadas a los sensores ultrasónicos, así como también en micromotor de vibración y buzzer.

```

1
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Pecho, INPUT);
  pinMode(Ptrig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(6,1);
}
void loop() {
  Serial.print("Valor distancia: ");
  Serial.print(distancia);
  Serial.print("\n");
  delay(100);
  int frecuencia;
  int dur;
  int frecuencia_2;
  int duracion_2;
  digitalWrite(Ptrig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(Ptrig, HIGH); // genera el pulso de trigger por 10ms
  delayMicroseconds(10);
}

```

**Figura 4** Programación, San Juan del Río, Qro  
Fuente: *Elaboración Propia*

### Resultados

Se obtuvo un prototipo de un bastón inteligente, que se probó con personas débiles visuales, y se realizó una encuesta, para verificar si el bastón fue de su agrado, las preguntas que se realizaron fueron para conocer si el bastón funcionaría para el desplazamiento de las personas débiles visuales, fuera de sus hogares. Algunas de las preguntas realizadas son ¿Se sintió cómodo al utilizar el bastón?, ¿El peso es el correcto?, ¿Las alertas que manda el buzzer y el micromotor de vibración fueron de ayuda?, en la siguiente imagen se muestra el funcionamiento del bastón con personas débiles visuales.



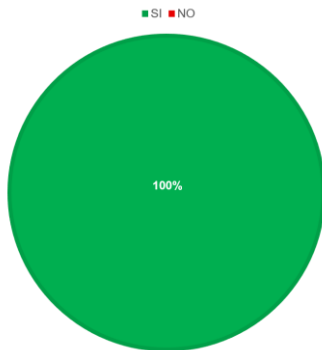
**Figura 5** Función del bastón estudiante con discapacidad



**Figura 6** Función del bastón, persona de la 3ra. Edad en San Juan del Río

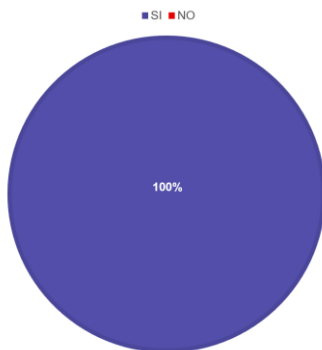
En las siguientes graficas se muestran los resultados obtenidos en la encuesta.

Se obtuvo como resultado un 100%, de que el bastón realizaba su funcionamiento correctamente.



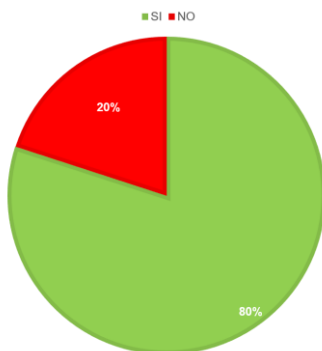
**Figura 7** Grafica que muestra el funcionamiento correcto, San Juan del Río, Qro

La siguiente grafica muestra e 100% de que el bastón es placentero y cómodo.



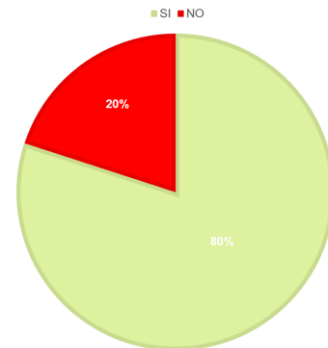
**Figura 8** Grafica que muestra la comodidad del bastón, San Juan del Río, Qro

En esta grafica se muestra un 80% de porcentaje donde se especifica el tamaño del bastón, en él se aportó que podría ser menos robusto y podría realizarse mejoras en la tecnología actual.



**Figura 9** Grafica que muestra si el peso del bastón es el ideal

En esta grafica se muestra un 80% en cuanto a la alerta que manda el buzzer, ya que el sonido que manda no es demasiado alto para que pueda ser escuchado por la persona.



**Figura 10** Grafica que muestra la alerta del buzzer es el adecuado

Como resultado final se obtuvo que el bastón funciona correctamente, pero las alertas, en cuanto al buzzer se tendría que elevar el sonido, ya que fuera de sus hogares se generan sonidos y esto ocasiona que el sonido que produce el buzzer no se escuche.

## Conclusiones

Al realizar varias pruebas del bastón inteligente con personas débiles visuales nos dimos cuenta de que a la mayoría les convención el funcionamiento del bastón ya que no es muy pesado y realiza sus funciones adecuadas que son mandar las alertas para evitar obstáculos, se considera que el prototipo de "SMART CANE" es de gran apoyo para ellas, ya que con este bastón pueden realizar la detección de obstáculos, así impidiendo que las personas que lo utilicen no sufran algún tropiezo y pueda desplazarse con mayor facilidad dentro y fuera de sus hogares.

El bastón inteligente es funcional siempre y cuando se sujete en la posición correcta con la caja hacia arriba en forma recta, esto se debe a la posición que debe mantener el sensor ultrasónico.

## Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, por el apoyo recibido para la construcción del prototipo, y la gestión para presentar en congreso los resultados.

## Referencias

- Arduino. (2018). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/main/software>
- Arduino.cl. (s.f.). Obtenido de <http://arduino.cl/programacion/>
- Carrod Electronica. (s.f.). Obtenido de <https://www.carrod.mx/products/buzzer-12-v-23-cm-qsi-2610t>
- GEEK FACTORY. (16 de Mayo de 2014). Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino/>
- Gonzalez Ruiz, M. Y. (2019). Bullying y el procesamiento sensorial en estudiantes del primer y segundo grado de primaria en la Institución Educativa Regular Particular Alma América Lima. 2017.
- Hernández Sánchez, A., & Sánchez Torre, C. E. (2018). Accesibilidad al patrimonio cultural para débiles visuales y ciegos en el Centro Histórico de Puebla. Una experiencia táctil. Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/2126/2018>
- JADIAZ. (21 de Enero de 2016). MiArduino. Obtenido de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- LARA, M. D. (2019). Método de validación para experiencia de usuario en prototipos. Obtenido de <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1071/1/IG-0030-M%20c3%b3nica%20Dessire%20a9%20Mart%20c3%adnez%20Lara.pdf>
- Martínez-Núñez, L. B., Molina-Tinoco, J. A., Peñaloza-Mendoza, G. R., Hernández-Sánchez, N. K., & Guizar-Rojas, E. (14 de Agosto de 2017). Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. Obtenido de <http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/81>
- Nieto Martelo, L. A., & Vidal Padilla Cerda, C. (2015). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE. Obtenido de <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1654/TMCT%200024C.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- ONU. (11 de Octubre de 2018). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Paredes Sanchez, A. A. (30 de Abril de 2019). Influencia de las experiencias sensoriales de la arquitectura en la accesibilidad de un centro de formación integral para personas invidentes en Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21845>
- Salazar, R., & Mesa, A. (2019). Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica. REVISTA POLITÉCNICA, 107-116. Obtenido de REVISTA POLITECNICA: <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1534/1161>
- Tuelectronica.es. (04 de Febrero de 2016). Obtenido de <https://tuelectronica.es/que-es-la-protoboard/>
- Universidad Miguel Hernandez de Elche. (02 de Julio de 2013). Tendencias 21. Obtenido de [https://www.tendencias21.net/Nuevo-baston-inteligente-ayuda-a-los-ciegos-a-evitar-obstaculos\\_a20626.html](https://www.tendencias21.net/Nuevo-baston-inteligente-ayuda-a-los-ciegos-a-evitar-obstaculos_a20626.html)

## Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente

### Physical rehabilitation system with 2 CH, based on electrotherapy with patient tracking and control software

CRUZ-GARRIDO, Arnulfo†\*, CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, GONZAGA-LICONA, Elisa y PEREZ-LUNA, Juan Alfonso

*Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango-ITSH-TecNM, Av. Tecnológico No 80, 5 de Octubre, Huauchinango, Puebla, México. C.P. 73173*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Arnulfo, Cruz-Garrido* / ORC ID: 0000-0001-9366-8525, arXiv Author ID: 0000-0001-9366-8525, CVU CONACYT ID: 320172

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Gregorio, Castillo-Quiroz* / ORC ID: 0000-0002-1904-4172, arXiv Author ID: 0000-0002-1904-4172, CVU CONACYT ID: 162009

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Elisa, Gonzaga-Licona* / ORC ID: 0000-0001-5745-6330, arXiv Author ID: 0000-0002-7970-7855 CVU CONACYT ID: 904035

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Juan Alfonso, Perez-Luna* / ORC ID: 0000-0002-6123-3567, arXiv Author ID: 0000-0002-6123-3567, CVU CONACYT ID: 972095

DOI: 10.35429/JBEB.2019.10.3.7.15

Recibido 18 de Octubre, 2019; Aceptado 04 Diciembre, 2019

#### Resumen

El Fisioterapeuta utiliza equipos especiales para electroterapia, basados en la generación y manejo de corrientes interferenciales, voltaje y frecuencias (ondas sinusoidales, diente de sierra y cuadradas), aplicando energía procedente del espectro electromagnético al organismo humano, generando sobre los tejidos, respuestas biológicas deseadas y terapéuticas. En el presente artículo se desarrolló una propuesta viable de reingeniería a equipos dedicados a la aplicación de electroterapia como medio de rehabilitación física, basada en el análisis, haciendo hincapié en las mejoras a implementar, para dar seguimiento puntual al paciente y apoyo fundamental al fisioterapeuta. Se contempló el diseño e integró un sistema para rehabilitación física (2 CH), basado en electroterapia y termoterapia, con software para control y seguimiento puntual de paciente, creando una carpeta de historial clínico desde que llega el paciente, graficando los progresos o retrocesos para la generación de reportes, permitiendo al software la sugerencia de cambios o continuación con los tratamientos siempre con la autorización médica correspondiente. Los equipos profesionales existentes para esta área son carísimos, los más completos incorporan una interfaz en el instrumento, pero no existe software que relacione al paciente con la parte médica, tampoco aportan seguimiento de paciente y mucho menos sugiere en base al historial algún tratamiento específico.

#### Sistema, Electroterapia, Paciente

#### Abstract

The Physiotherapist uses special equipment for electrotherapy, based on the generation and management of interferential currents, voltage and frequencies (sine waves, sawtooth and square), applying energy from the electromagnetic spectrum to the human organism, generating on the tissues, desired biological responses and therapeutic. In the present article, a viable reengineering proposal was developed for teams dedicated to the application of electrotherapy as a means of physical rehabilitation, based on the analysis, emphasizing the improvements to be implemented, to give timely follow-up to the patient and fundamental support to the physiotherapist. The design was contemplated and integrated a system for physical rehabilitation (2 CH), based on electrotherapy and thermotherapy, with software for control and punctual patient follow-up, creating a folder of clinical history since the patient arrives, plotting the progress or setbacks for the generation of reports, allowing the software to suggest changes or continuation with the treatments always with the corresponding medical authorization. The existing professional teams for this area are very expensive, the most complete incorporate an interface in the instrument, but there is no software that relates the patient to the medical part, they do not provide patient follow-up, much less suggest a specific treatment based on the history.

#### System, Electrotherapy, Patient

**Citación:** CRUZ-GARRIDO, Arnulfo, CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, GONZAGA-LICONA, Elisa y PEREZ-LUNA, Juan Alfonso. Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 2019 3-10: 7-15

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: arnulfocruz2003@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La Electroterapia por definición se trata del uso con fines terapéuticos de la corriente eléctrica. Esta modalidad terapéutica ha estado experimentando un nuevo auge en los últimos años. El desarrollo científico-técnico, el desarrollo de nuevas tecnologías, el desarrollo de microprocesadores, están marcando un salto evolutivo en las posibilidades terapéuticas, que sin dudas seguirán teniendo un impacto positivo en la recuperación de los pacientes y en la disminución de los gastos sanitarios.

En esta era moderna se pone de manifiesto la integración entre todas las áreas del conocimiento científico (física, química, fisiología y patología) dando como resultado la posibilidad de tratamientos cada vez más específicos y personalizados. Este proceso se enriquece cada día con la bioingeniería y la electrofisiología.

Una revisión histórica de los sistemas eléctricos de estimulación que se requieren para entender su funcionamiento de la electroterapia. El uso de electricidad como fuente para obtener una respuesta controlada del cuerpo humano es una práctica que data de tiempos muy antiguos.

Desde la época de los egipcios existen referencias pintadas sobre las propiedades eléctricas del denominado pez lobo que habitaba el río Nilo. Siglos después, en la antigua Grecia el filósofo Thales de Mileto (640-546 a.C.) describía el efecto que observaba al frotar el ámbar y que atraía pequeños objetos. Platón y Aristóteles escriben sobre el entumecimiento y la rigidez que causa sobre las articulaciones el contacto con el pez torpedo.

El primer documento romano en el que queda descrita la influencia terapéutica de la electricidad, en él muestran las propiedades del pez torpedo para eliminar los dolores de cabeza.

En 1798 Galvani publicó una obra titulado *De viribus electricitatis in motu muscularis* (Sobre la acción de la electricidad en el movimiento muscular), en el que sostenía que los seres vivos eran productores de electricidad, éste utiliza un generador de corriente para forzar un movimiento. Sin embargo Volta, analizando las experiencias de Galvani, intuyó la posibilidad de producir electricidad por medios químicos.

Faraday durante el siglo XIX, hizo el descubrimiento del fenómeno de la inducción, introdujo en el área de terapia el primer tipo de corrientes variables, con el nombre de corrientes farádicas, comprobó cómo el cambio de corriente en una bobina, induce sobre otra bobina un voltaje, el cual es aplicado como estímulo eléctrico.

En 1844 Carlo Matteucci descubrió una solitud voluntaria que genera una corriente eléctrica proveniente de los músculos. Posteriormente en 1849 Du bois-Reymond observó que cuando sumergimos en solución salina las manos y brazos contraídos el galvanómetro deflectaba (La impedancia de la piel reduce la corriente) inicio de la electromiografía (descubrimiento del potencial de acción).

Estos primeros investigadores observaron como la estimulación se producía al comienzo del paso de la corriente. Experimentos posteriores demostraron que es necesario un tren de pulsos para mantener la acción generada por la estimulación eléctrica.

En 1881 D'Arsonval, experimentando con corrientes alternas senoidales, aumentando progresivamente su frecuencia, llegó a la conclusión de que la excitabilidad celular está íntimamente relacionada con la frecuencia.

Demostró, que la excitabilidad varía significativamente, según la frecuencia de la corriente utilizada. Así, entre 0 y 2.500 Hz, la excitabilidad celular aumenta de forma progresiva.

Entre 2.500 Hz, permanece estacionaria. A partir de esta frecuencia, va decreciendo hasta desaparecer.

Años más tarde en 1890 Bernstein realizó una contribución fundamental al exponer como las membranas del nervio se polarizan y despolarizan durante el desarrollo del potencial de acción.

Posteriormente en 1900 Nernst y Goldman mediante su ecuación, demostraron que en el potencial transmembrana el gradiente eléctrico es igual y opuesto al gradiente de concentraciones, de modo que la suma algebraica de estas dos fuerzas es igual a cero.



En la presente investigación se presenta el diseño y desarrollo de un sistema de rehabilitación física electrónico portátil de bajo costo, electroestimulación nerviosa y muscular, dedicado a la aplicación de electroterapia como medio de rehabilitación física, basada en el análisis, haciendo hincapié en las mejoras a implementar, dando un seguimiento puntual al paciente y apoyo fundamental al fisioterapeuta. Teniendo como objetivo principal diseñar e integrar un sistema para rehabilitación física (2 CH), basado en electroterapia, con software para control y seguimiento puntual de paciente, creando una carpeta de historial clínico del paciente.

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

#### 1. Materiales y métodos

Se describen las características de los componentes utilizados en la construcción del sistema de rehabilitación física (dispositivo).

#### 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

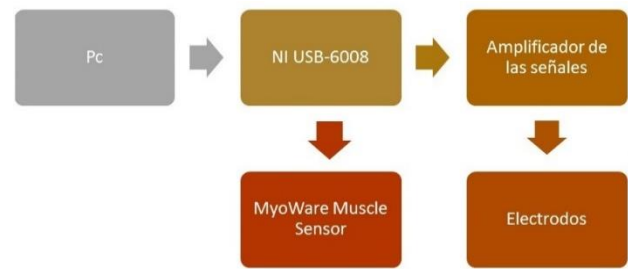
Se habla de los objetivos logrados satisfactoriamente y de cómo contribuye este trabajo en el área de la electroterapia.

#### 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 del NI USB-6008 para la generación de las señales y para la obtención de los datos para el dispositivo como se muestra en el esquema de la Figura 1.



**Figura 1** Esquema de componentes para el dispositivo  
Fuente: *Elaboración Propia*

#### A. NI USB-6008

El dispositivo National Instruments USB-6008 proporcionan ocho canales de entrada analógica (AI) de un solo extremo, dos canales de salida analógica (AO), 12 canales DIO y un contador de 32 bits con interfaz USB de velocidad completa. En la Figura 2 se muestra el componente utilizado.



**Figura 2** NI USB-6008

Fuente: [http://sine.ni.com/images/products/us/040716\\_us\\_b6008\\_1.jpg](http://sine.ni.com/images/products/us/040716_us_b6008_1.jpg)

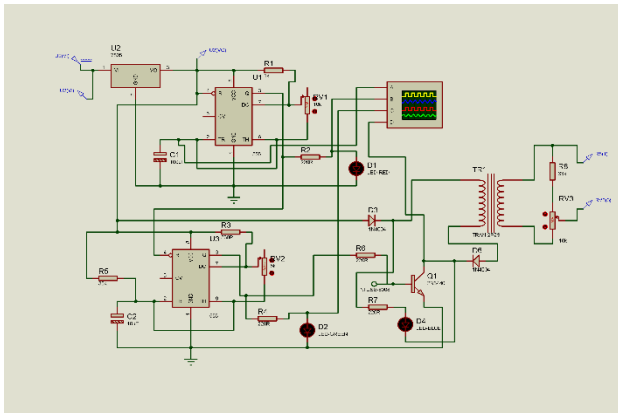
#### A. Amplificador de señales

El amplificador que utilizamos para las señales está compuesto por el transistor 2n3440 que nos proporciona una potencia máxima de 10w con una corriente de 0.5a, para el incremento mayor de la potencia se utilizó un transformador corriente alterna de 120vac a 9vac.

La intención de utilizar un amplificador de 10 w es para no tener una carga mayor en el músculo y no dañarlo. Este amplificador tiene la característica de poderlo trabajar en modo analógico, cuenta con 2 circuitos integrados NE555 que generan una onda cuadrada que puede ser controlada con los potenciómetros, con ellos podemos controlar el ancho de los pulsos, así como también la frecuencia de estos.

El circuito fue simulado en Proteus véase Figura 3.

CRUZ-GARRIDO, Amulfo, CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, GONZAGA-LICONA, Elisa y PEREZ-LUNA, Juan Alfonso. Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 2019



**Figura 3** Amplificador de señal

Fuente: *Elaboración Propia*

## B. MyoWare Muscle Sensor

Este es el MyoWare Muscle Sensor, un sensor electromiográfico (EMG) todo en uno de Advancer Technologies que funciona con Arduino. La tarjeta MyoWare actúa al medir la señal eléctrica, ya filtrada y rectificadora, de un músculo. La salida de 0 a Vs volts depende de la cantidad de actividad en el músculo seleccionado, donde vs significa el voltaje de la fuente, véase Figura 4.



**Figura 4** MyoWare Muscle Sensor

Fuente: <https://www.330ohms.com/products/myoware-muscle-sensor>

## C. Electrodo

En el campo de la medicina, un electrodo es un dispositivo con una placa metálica o una aguja pequeña que conduce la electricidad desde un instrumento hasta un paciente sometido a un tratamiento o una operación quirúrgica. Los electrodos también pueden llevar las señales eléctricas de los músculos, el cerebro, el corazón, la piel u otras partes del cuerpo hasta los aparatos de registro para ayudar a diagnosticar ciertas afecciones.



**Figura 5** Electrodo

Fuente: <https://totalmedic.com.mx/pub/media/catalog/product/cache/image/1000x1320/249a04e11078a485979b671cc312a5a7/p/a/par-electrodos-para-electroestimulacion-parches.jpg>

## Metodología

El sistema de rehabilitación que lleva por nombre “Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente”, permitirá resolver el problema planteado al inicio de este trabajo, va a disponer de las siguientes características:

Diseño e integración de algoritmos de generación de señales sinusoidales, cuadradas y diente de sierra con celdas para programación de amplitud de voltaje, corriente y frecuencias, así como sus ráfagas de suministro.

Diseño e integración de gráficas puntuales por canal para observar el proceso realizado en el paciente en tiempo real.

Diseño e integración de software de seguimiento y control de paciente con liga a software administrativo como Word, Excel, Access o cualquier base de datos o SQL.

Diseño e integración de un gabinete integrado con los dispositivos diseñados basados en cableado estructurados normados.

Se ha realizado un diagrama de flujo, que muestra de forma general el desarrollo del sistema de rehabilitación, ver Figura 6.



**Figura 6** Proceso de construcción

### A. Diseño

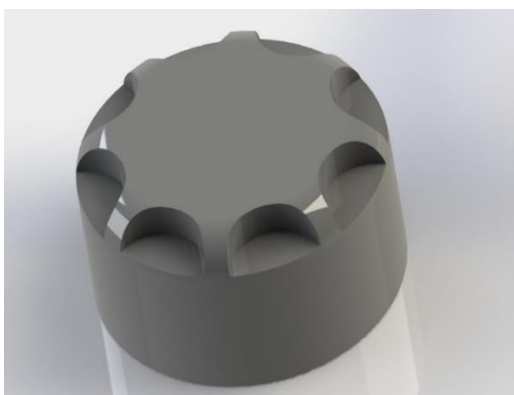
Para el diseño del prototipo se utilizaron dos programas.

Solidworks se utilizó para el diseño de la cubierta o case del prototipo, el diseño del case se realizó por partes, posteriormente se hizo la impresión 3D de cada una de las piezas. Para el diseño del case se optó por realizar una caja donde pudiera contener todos los componentes y obtener una mejor presentación, como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7** Diseño del case

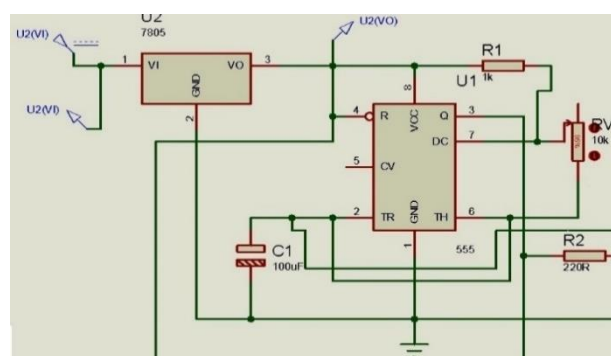
También se realizó en diseño de perillas para los potenciómetros para control de la forma analógica Figura 8.



**Figura 8** Perillas para potenciómetros

El software para poder realizar y simular los circuitos electrónicos es Proteus. En él se diseñó y simuló los circuitos que se requieren para el prototipo.

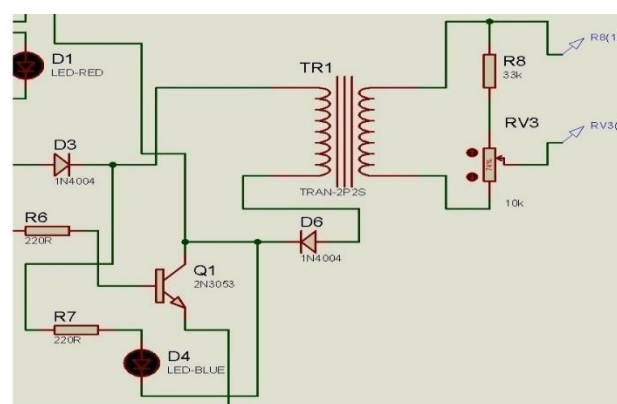
El circuito que se realizó cuenta con dos tipos de control, digital y analógico. Para el control analógico se realizó un generador de pulsos con 2 circuitos integrados NE555. Con ellos podemos generar ondas cuadradas, la frecuencia y el ancho del pulso de los pulsos se pueden controlar con la ayuda de los potenciómetros en la Figura 9 podemos observar el circuito de generación de los pulsos.



**Figura 9** Circuito para la generación de los pulsos

Fuente: *Elaboración Propia*

Para el circuito de amplificación se realizó la simulación de éste. Como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10** Circuito para amplificación

Fuente: *Elaboración Propia*

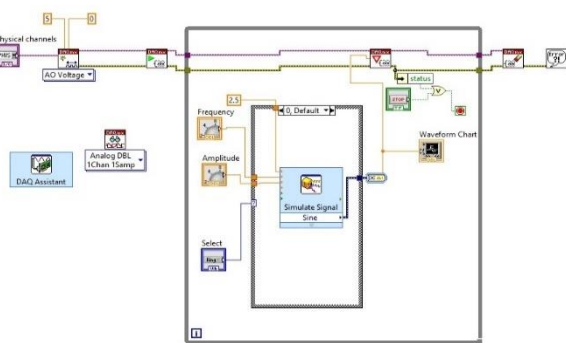
### B. Programación

Para la programación de la tarjeta NI USB-6008 se utilizó el software LABVIEW.

LABVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de la aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración.

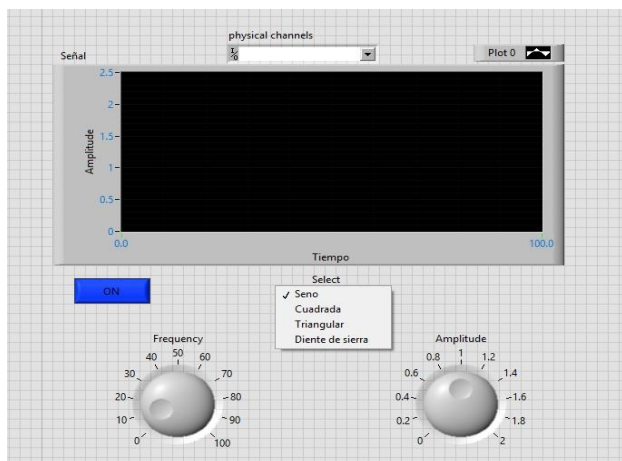
Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas. Se realizó una programación y una interface que genera los diferentes tipos de ondas. En el software se realizaron 4 tipos de ondas y también se realizó la obtención de los pulsos eléctricos que el cuerpo genera.

A continuación, se muestra la generación de la programación de la onda senoidal ver Figura 11.



**Figura 11** Programación de la onda senoidal  
Fuente: Elaboración Propia

Una vez hecha la programación se procedió a realizar la interface del programa. En el cual se puede hacer el cambio del tipo de onda con un seleccionador. Además se puede cambiar la frecuencia y la amplitud, ver Figura 12.



**Figura 12** Interface de la onda seno  
Fuente: Elaboración Propia

**C. Manufactura.**

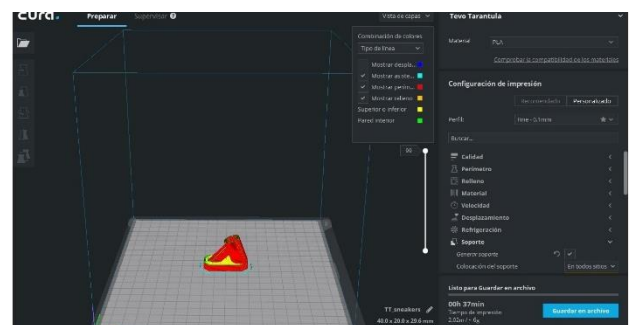
Para realizar el dispositivo en su forma física, se utilizó un proceso de manufactura en impresión 3D.

La impresión 3D, también conocida como manufactura por adición, es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto.

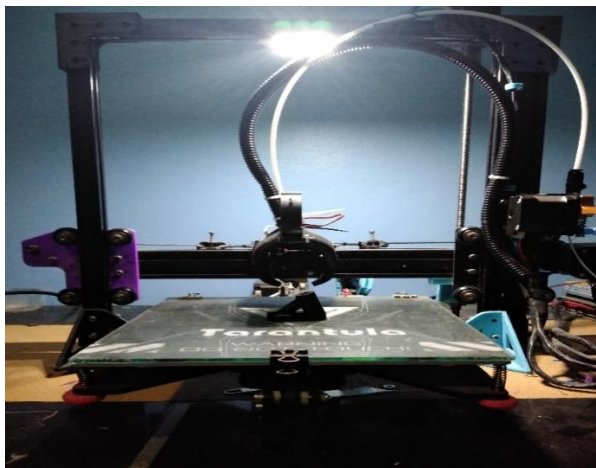
En este caso trabajamos con la impresión FFF (Fabricación con filamento fundido) También conocida como modelado por deposición fundida (MDF). Este método de impresión 3D calienta y extrude materiales plásticos. Es común tanto en impresoras 3D domésticas como profesionales.

El material que se utilizó para imprimir las piezas es el PLA (ácido poliláctico o poliácido láctico) es un polímero constituido por moléculas de ácido láctico, con propiedades semejantes a las del tereftalato de polietileno (PET) que se utiliza para hacer envases, pero que además es biodegradable.

El software que se utilizó para la generación de los códigos fue CURA que es una aplicación diseñada para impresoras 3D, en la que se pueden modificar los parámetros de impresión y después transformarlos a código G. Con base al diseño que se realizó anteriormente se procedió a generar los códigos de cada pieza, ver Figura 13, que posteriormente se le aplicaron a la máquina, la cual realizó cada una de las piezas como se muestra en la Figura 14.

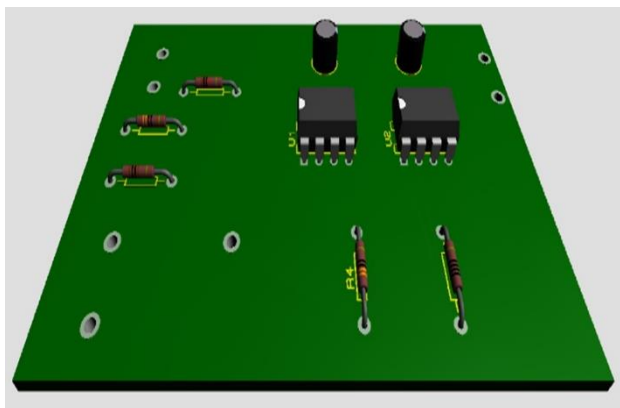


**Figura 13** Generación del código G  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 14** Pieza Impresa  
Fuente: *Elaboración Propia*

Para la realización de la placa del amplificador esta se efectuó en una placa fenólica universal, a la cual se le colocaron los componentes que se utilizaron en la simulación, también se hicieron las conexiones del regulador de corriente, el amplificador y los potenciómetros, ver Figura 15. Como el amplificador tendía a calentarse se procedió a colocarlo en un disipador de aluminio que mantenía estable al transistor.

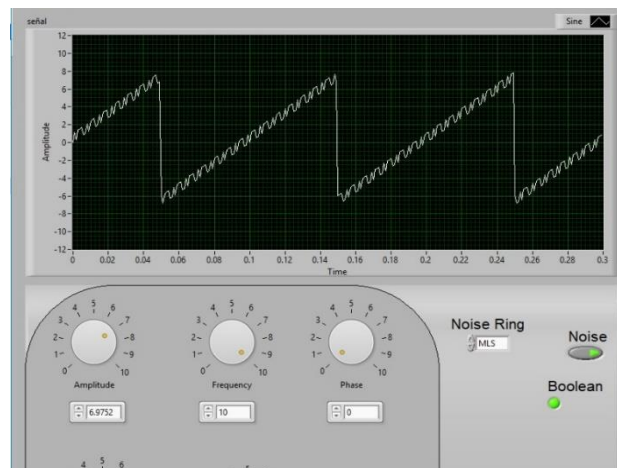


**Figura 15** Conexiones a la placa  
Fuente: *Elaboración Propia*

## Resultados

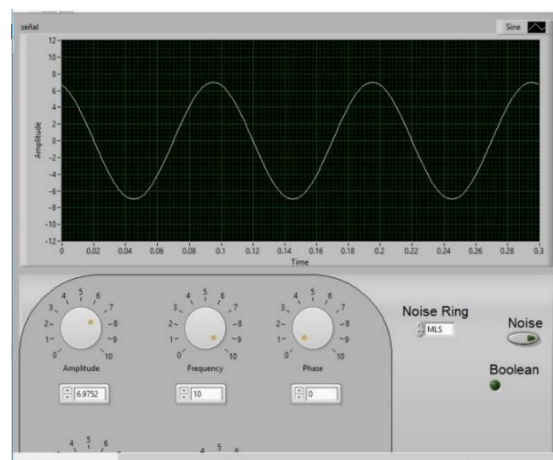
Una vez ensamblada el sistema de rehabilitación física, se procede a comprobar el correcto funcionamiento. Al momento de realizar la prueba se obtuvieron los resultados deseados de las dos maneras tanto analógica como digitalmente. El músculo ejerce un movimiento dependiendo al tipo de onda que le aplica.

En la interface gráfica realizado en LABVIEW se grafica la señal antes de introducir al músculo para verificar la frecuencia y la amplitud. En la Figura 16, se muestra la onda diente de sierra.



**Figura 16** Gráfica diente de sierra  
Fuente: *Elaboración Propia*

En este tipo de onda se obtuvo una respuesta del músculo con un movimiento que aumentaba de forma proporcional, el músculo se tensa proporcionalmente dependiendo la frecuencia de la onda, lo que provoca la amplitud era cambiar la fuerza con la que destensa el músculo y al finalizar la onda del músculo se relaja, de una forma rápida. Es decir sigue los patrones de la onda. En la Figura 17, muestra la señal la onda senoidal.



**Figura 17** Grafica Onda senoidal  
Fuente: *Elaboración Propia*

Para este tipo de onda, la respuesta del músculo es totalmente diferente, ésta onda hace que el músculo se tensa y se destensa poco a poco por el tipo de onda y la sensación del músculo es más suave y se asimila más a un masaje muscular. La onda diente de sierra la fuerza con la que el músculo se tensa depende de la amplitud de la onda, pero con la señal senoidal la onda se requiere de una mayor amplitud.

En la Figura 18 se muestra el resultado visual del prototipo manufacturado con tecnología 3d.



**Figura 18** Prototipo final  
Fuente: Elaboración Propia

Finalizado el proyecto se hicieron varias pruebas para su validación del sistema propuesto. Las pruebas realizadas mostraron que el sistema para rehabilitación física (2 CH), basado en electroterapia con software para control permite un seguimiento puntual de paciente.

Finalmente falta por hacer mejoras en el software y en los amplificadores de señal para darle una mayor resolución y así poder alcanzar mayores frecuencias con una mayor variedad de formas de onda.

### Agradecimiento

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

### Conclusiones

Se diseñó y se desarrolló un sistema de rehabilitación física electrónico portátil siguiendo la normativa de seguridad eléctrica en dispositivos médicos, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente. Este sistema funciona de manera eficiente y de bajo costo.

El diseño de la interfaz es fundamental para que el operario del sistema pueda programar, configurar y ejecutar las secuencias de sistema de rehabilitación.

### Referencias

B. Gschiel, H. Kager, W. Pipam, K. Weichart (2010) Analgetische Effizienz von transkutaner elektrischer Nervenstimulation (TENS-Therapie) bei Patient mit Gonarthrose.» Springer Medizin Verlag, pp 494-500.

Bruce-Brand, R a, R J Walls, J C Ong, B S Emerson, J M O'Byrne, and N M Moyna (2012). "Effects of HomeBased Resistance Training and Neuromuscular Electrical Stimulation in Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial." BMC Musculoskelet Disord pp 13, 118

Chang K, Kim JW, et al. 2011. Biphasic electrical current stimulation promotes both proliferation and differentiation of fetal neural stem cells.

Durand, Dominique M. 2006. Electric stimulation. Biomedical engineering fundamentals. CRC Press.

Grill, Warren, M. 2006. Electrical stimulation, The biomedical engineering handbook. CRC Press.

OM Giggins, BM Fullen, GF Coughlan (2011) neuromuscular electrical stimulation in the treatment of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Clinical Rehabilitation 26, n° 10, pp 867 – 88.

UNE 20-613-92, Parte 2-10 "Equipos Electromédicos, Requisitos particulares de seguridad para estimuladores nerviosos y musculares.

Moncada Arcila, S. A., & Pantoja Rivas, Y. M. (2019). Efecto de un programa de intervención basado en reaprendizaje motor sobre la discapacidad en adultos con hemiparesia.

Plasencia, R., Milagros, L. C., & Angel Garcia, M. L. (2019). Efectividad de un programa de ergonomía para la prevención y control del dolor lumbar en el personal de enfermería.

Sosa Guzmán, A. L. (2019). Eficacia de un nuevo programa de intervención temprana en recién nacidos pretérmino en el Instituto Nacional de Pediatría para mejoría en el desarrollo psicomotor (Estudio longitudinal experimental prospectivo).

Araujo Freitas Moreira, K. L. (2019). Intervención fisioterapéutica y ergonómica a domicilio y su impacto en la calidad de vida de los pacientes con secuelas de ictus cerebral y de sus cuidadores.

Biagetti, G. G., Luján, M. I. S., & López-Liria, R. (2019). Tratamiento en pacientes con espondilitis anquilosante mediante dos modalidades de corriente galvánica: una serie de casos. Salud y ciclo vital.

## Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas

### Prototype design therapeutic for pain treatment in musculoskeletal diseases

CRUZ-MATIAS, Franklin†<sup>1</sup>, BAUTISTA-SANTOS, Horacio\*<sup>2</sup>, SÁNCHEZ-GALVÁN, Fabiola<sup>1</sup> y SOTO-NUÑEZ, Antonio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Desviación Lindero Tametate S/N Colonia La Morita, Tantoyuca, Veracruz, México. C.P. 92100

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec. Calle Barrio Dos Caminos No. 22. Colonia Barrio Dos Caminos. C.P. 92709. Chicontepec, Veracruz, Mexico

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Franklin Cruz-Matías* / **ORC ID:** 0000-0002-3323-6891, **CVU CONACYT ID:** 791522

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Horacio, Bautista-Santos* / **ORC ID:** 0000-0002-3925-2438, **CVU CONACYT ID:** 733743

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Fabiola, Sánchez-Galván* / **ORC ID:** 0000-0002-6534-3210, **CVU CONACYT ID:** 200276

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Antonio, Soto-Núñez* / **ORC ID:** 0000-0001-8895-5730, **CVU CONACYT ID:** 642020

**DOI:** 10.35429/JBEB.2019.10.3.16.22

Recibido 12 de Octubre, 2019; Aceptado 07 Diciembre, 2019

#### Resumen

Los trastornos músculo-esqueléticos son problemas de salud que afectan huesos, músculos y tendones; éstos abarcan desde molestias leves hasta lesiones irreversibles e incapacitantes, también presentan síntomas como dolor y disminución de la movilidad articular. Este artículo presenta el diseño e implementación de un dispositivo auxiliar terapéutico que utiliza Estimulación Eléctrica Nerviosa Transcutánea (TENS por sus siglas en inglés) como herramienta auxiliar en el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos. El dispositivo electrónico es controlado por un microcontrolador Arduino Nano que se comunica inalámbricamente (Bluetooth) con un dispositivo móvil para seleccionar la intensidad de la terapia TENS. Para el desarrollo del dispositivo se realizó un diagrama de bloques, un diagrama esquemático de circuito electrónico, y una interfaz de usuario para dispositivo móvil. Como resultado se demuestra la funcionalidad del prototipo mediante la implementación y validación del prototipo en casos de estudios del módulo de rehabilitación del DIF Municipal de Tantoyuca, Veracruz, México.

**Arduino Nano, Electro-estimulación, Dispositivo electrónico**

#### Abstract

Musculoskeletal disorders are health problems that degenerate bones, muscles, and tendons; they range from mild discomfort to irreversible and disabling injuries, they also have symptoms such as pain and decreased joint mobility. This article presents the design and implementation of a therapeutic auxiliary device that uses Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) as an auxiliary tool in the treatment of pain caused by skeletal muscle disorders. The electronic device is controlled by an Arduino Nano microcontroller that communicates wirelessly (Bluetooth) with a mobile device to set up the intensity of TENS therapy. For the development of the device, a block diagram, an electronic circuit schematic diagram, and a user interface for a mobile device were made. Moreover, a survey instrument was designed to assess the level of pain. As a result, the prototype functionality is demonstrated through the implementation and validation prototype in case studies of the rehabilitation module of the Municipal DIF of Tantoyuca, Veracruz, Mexico.

**Arduino Nano, Electrostimulation, Electronic device**

**Citación:** CRUZ-MATIAS, Franklin, BAUTISTA-SANTOS, Horacio, SÁNCHEZ-GALVÁN, Fabiola y SOTO-NUÑEZ, Antonio. Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 2019 3-10: 16-22

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: horacio.bautista@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

Los trastornos músculo-esqueléticos adquieren su importancia en la salud de las personas (Casados *et al.*, 2018); son causa de ausentismo laboral en países de América Latina con repercusiones económicas relevantes en el trabajador, en las organizaciones e instituciones de salud (Arenas-Ortiz y Cantú Gómez, 2013; Lázaro *et al.*, 2014). Los trastornos músculo-esqueléticos comprenden al conjunto de lesiones que afectan huesos, músculos y tendones que representan la principal causa de enfermedad profesional en la población laboral; abarcan desde molestias leves y pasajeras hasta lesiones irreversibles e incapacitantes (Armstrong y Silverstein, 1987; León y López, 2006; Luttmann *et al.*, 2004).

El dolor, rigidez y la disminución de la movilidad articular, así como los diferentes grados de discapacidad representan manifestaciones clínicas cuya importancia radica en la incidencia y prevalencia con la que ocurren en la población general, la morbilidad (cantidad de personas que adquieren la enfermedad) y mortalidad (cantidad de personas que fallecen), discapacidad, invalidez temporal y permanente que produce en los pacientes (Mould-Quevedo *et al.*, 2008).

Las condiciones músculo-esqueléticas representan el 21.3% del total de años vividos con discapacidad (Pineda, 2015), de ahí la importancia de generar hábitos para una vida saludable y de velar el cuidado de la vida laboral (Martínez *et al.*, 2019). Las consecuencias funcionales y el elevado impacto socioeconómico han convertido los trastornos músculo-esqueléticos en un problema de salud pública (Nemegyei *et al.*, 2005).

Existen métodos para atender las enfermedades músculo-esqueléticas, los cuales requieren tratamiento con medicamentos, fisioterapia y ejercicio (férulas o dispositivos ortopédicos, tratamientos con calor y frío o estimulación eléctrica), además de tratamientos nutricionales y cirugías (Starkebaum, 2016). En cualquiera de los casos un diagnóstico y tratamiento oportuno en fase inicial dará los mejores resultados al paciente, limitando el grado de discapacidad de la enfermedad (Novo *et al.*, 2007).

Los tratamientos terapéuticos para los trastornos músculo-esqueléticos (fisioterapias y

ejercicio) se basan en dispositivos que estimulan los músculos mediante ejercicios de rango o de amplitud de movimiento que ayudan a retardar la pérdida de la función articular. Para reducir el dolor y mejorar la movilidad articular se aplica calor, estimulación eléctrica, frío, férulas o dispositivos ortopédicos para apoyar y alinear las articulaciones con períodos frecuentes de descanso entre las actividades (Starkebaum, 2016).

La electro estimulación transcutánea (TENS) ha sido utilizada para el tratamiento de problemas musculares y procesos dolorosos (Moya *et al.*, 2013), por ejemplo, para el tratamiento de rehabilitación neuromuscular enfocado a pacientes con parálisis facial (Muñoz, 2015), también se ofrecieron terapias de rehabilitación en pacientes con artrosis de rodilla y artritis reumatoide, la terapia busca aliviar el dolor, producir analgesia y bienestar al paciente, así como estimular los tejidos relacionados con la movilidad para prevenir el deterioro de articulaciones y retardar la enfermedad (Ortiz y Ruiz, 2014).

Arazola y Fuentes (2015) desarrollaron un prototipo generador de corriente para estimulación nerviosa eléctrica transcutánea para utilizarlo en rehabilitación terapéutica mediante electroterapia en pacientes con dolor muscular. El prototipo cuenta con once diferentes modos de aplicación de terapia, definidas desde un microcontrolador, interfaz LCD simple y un regulador de intensidad de corriente.

Los dispositivos mecatrónicos son utilizados para la rehabilitación terapéutica que coadyuvan a la recuperación del paciente después de haber sufrido alguna lesión en alguna parte del cuerpo (Burgar *et al.*, 2000); estos dispositivos son herramientas beneficiosas en la recuperación y mantenimiento del movimiento corporal (Hillman, 2004).

En este artículo se presenta el diseño de un dispositivo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos, como una alternativa de fácil implementación mediante un método no invasivo, en contraste con los dispositivos mencionados anteriormente.

Se planteó la hipótesis de que la terapia de estimulación eléctrica contribuirá a disminuir el nivel de dolor en pacientes que presentan trastornos músculo-esqueléticos.

CRUZ-MATIAS, Franklin, BAUTISTA-SANTOS, Horacio, SÁNCHEZ-GALVÁN, Fabiola y SOTO-NUÑEZ, Antonio. Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 2019

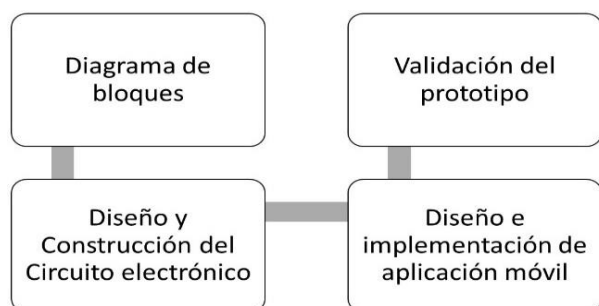
El presente documento consta de cuatro secciones: introducción, materiales y métodos, resultados y conclusiones. La sección de materiales y métodos describe la metodología utilizada para el desarrollo del dispositivo electrónico, así como los casos de estudio para la validación del prototipo. La sección de resultados muestra el diagrama de bloques, el diagrama del circuito electrónico del prototipo, el diagrama de flujo para la programación de una interfaz de usuario que permita la interacción del prototipo con un dispositivo Android. También se muestra la medición de la intensidad del dolor en cada terapia realizada para cada caso de estudio. La última sección describe las conclusiones de este artículo.

## Materiales y métodos

### Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se propuso una metodología de cuatro etapas: 1) diseño del diagrama de bloques de las partes que integran prototipo, 2) diseño y construcción del circuito electrónico, 3) diseño e implementación de una aplicación Android y 4) validación del prototipo en diferentes casos de estudio.

La figura 1 muestra la metodología para el diseño del dispositivo auxiliar terapéutico en el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos.



**Figura 1** Metodología para diseñar un prototipo auxiliar terapéutico en el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos

- El diseño de un diagrama de bloques permite identificar los elementos que integran el prototipo, además permite visualizar la interacción entre cada una de sus partes (Rondón *et al.*, 2014).
- El diseño del circuito electrónico permite identificar la interconexión de los componentes electrónicos con los que se construye el prototipo.

- La aplicación móvil se desarrolló en sistema operativo Android, esta aplicación permite que el usuario interactúe con el prototipo para configurar la intensidad de la electroterapia. La interfaz gráfica de usuario se desarrolló con la aplicación Bluetoothelectronics.apk, la cual está orientada a controlar proyectos electrónicos con un dispositivo Android comunicándose a través de un módulo Bluetooth.
- Para la validación del prototipo se identificaron diferentes casos de estudio; con ayuda del fisioterapeuta tratante se diseñó la terapia (intensidad de la terapia TENS, la duración, el número de repeticiones). La medición del nivel del dolor se realizó con un instrumento de medición tipo encuesta (Figura 2). Para la valoración del nivel de dolor, el paciente debe asignar un valor numérico al dolor definido entre dos puntos extremos (0-10), donde 0 representa ausencia de dolor y 10 un dolor de máxima intensidad (Downie *et al.*, 1978). Para cada caso de estudio se realizaron 20 terapias divididas en tres sesiones por semana.

Nombre: \_\_\_\_\_ Terapia Numero: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Terapia Aplicada				
Tipo de Terapia	Duración	Repeticiones	Nivel de Terapia	Zona de Aplicación

**Escala de valoración del dolor**

Escala Numérica (0 = Ausencia de Dolor, 10 = Dolor de Máxima intensidad) (Downie, 1978)											Escala Descriptiva Simple o Verbal (Keele, 1984)			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ausencia de Dolor	Dolor Leve	Dolor Moderado	Dolor Intenso

**Escala Visual Analógica (Huskinson, 1976)**

Ausencia de Dolor ————— Dolor Insoportable

Comentarios del Paciente: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Figura 2** Encuesta para medir el nivel del dolor

### Caso de estudio

Se presenta el caso de estudio de cinco pacientes con trastornos músculo-esqueléticos del DIF Municipal ubicado en la ciudad de Tantoyuca, Veracruz.

La tabla I describe las características del caso de estudio y las características de la terapia TENS sugerida por el fisioterapeuta tratante.

Caso de estudio	Terapia TENS
<b>Caso de estudio 1:</b> Fémica de 57 años de edad, diagnosticada con esguince de tobillo. Presenta hinchazón, ardor y dolor en el tobillo y planta del pie.	Nivel: Medio Duración: 15-20 min. Repeticiones: 2 Zona: Tobillos
<b>Caso de estudio 2:</b> Varón de 30 años de edad, diagnosticado con un caso de lesión de tendón en el dorso de la mano derecha. Presenta dolor, rigidez articular e inflamación.	Nivel: Medio. Duración: 20 min. Repeticiones: 1 Zona: Mano derecha
<b>Caso de estudio 3:</b> Varón de 67 años de edad, diagnosticado con un caso de Artritis reumatoide. Presenta dolor, rigidez articular y pérdida de sensibilidad.	Nivel: Alto/Muy Alto. Duración: 20-25 min. Repeticiones: 2 Zona: Ambas Manos.
<b>Caso de estudio 4:</b> Fémica de 9 años de edad, diagnosticada con un caso de secuelas de Pie Equino Varo. Presenta dolor al caminar y rigidez de articulaciones en la rodilla.	Nivel: Medio Duración: 10-20 min. Repeticiones: 2 Zona: Rodillas.
<b>Caso de estudio 5:</b> Fémica de 57 años de edad, diagnosticada con un caso de Sinovitis. Presenta dolor intenso en corvas y rodillas, entumecimiento y rigidez.	Nivel: Alto/Muy Alto. Duración: 15-25 min. Repeticiones: 2 Zona: Rodillas y Corvas.

Tabla 1 Características del caso de estudio y terapia

Resultados

Diagrama de bloques

El dispositivo electrónico auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos se muestra en la figura 3.



Figura 3 Dispositivo electrónico auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama de bloques del dispositivo electrónico auxiliar terapéutico se muestra en la figura 4, el cual está integrado por un microcontrolador (4) que conecta a un electromiógrafo (3) y un electroestimulador TENS (7). El microcontrolador (4) interactúa con un dispositivo móvil (1) enlazado inalámbricamente vía bluetooth (2). El microcontrolador (4) se energiza de un sistema de alimentación de 5 volts (5). El electroestimulador TENS (7) cuenta con un electrodo positivo (6) y un electrodo negativo (8) que son colocados en la superficie epidérmica más cercana al músculo (9). El electromiógrafo (3) también debe colocarse en la superficie epidérmica más cercana al músculo (9).

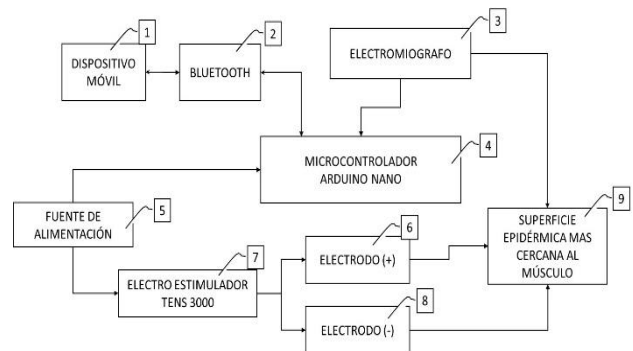


Figura 4 Diagrama de bloques del dispositivo electrónico para el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esquelético

Circuito electrónico

El diagrama esquemático del dispositivo se muestra en la figura 5 y la lista de componentes se detalla en la Tabla II.

El dispositivo electrónico es alimentado mediante un eliminador de corriente de 12V (17) y un fusible de protección de 0.5A (14) contando con un LED indicador de voltaje 12V (16) con su respectiva resistencia de 1 KΩ (15). Cuenta además con un interruptor de encendido general (13) y a partir de este punto la alimentación del dispositivo se divide en dos: una de 9V para alimentación del TENS y otra de 5V para alimentación de microcontrolador arduino nano y de los demás componentes.

Alimentación 9V: cuenta con un propio interruptor (22), un capacitor electrolítico de 47μF (21) para limpiar la señal a la entrada del regulador 7805 de 9V (11) y un capacitor cerámico de 100 nF a su salida (23), además cuenta con un LED indicador de voltaje (25) con su respectiva resistencia de 1KΩ (24).

El TENS 3000 (7) es alimentado por este circuito de 9V y su respectiva conexión a GND y su terminal de salida + va conectada al Pin 3 del Optoacoplador (4) y el Pin 4 es conectado directamente a los electrodos (8), al igual que la terminal – del TENS 3000.

Alimentación 5V: cuenta también con un capacitor electrolítico (12) y un capacitor cerámico (18) a la entrada y salida del Regulador 7805 de 5V (10) respectivamente, además de un LED indicador de voltaje (20) con su respectiva resistencia de 220Ω (19). Con este voltaje es alimentado el Arduino Nano (1), el Modulo Micro SD (2) y el Modulo Bluetooth HC-05 (3) con su respectiva conexión a GND. El Arduino Nano; alimenta al Electromiógrafo (9) mediante el puerto D10 y recibe la señal de este por el canal analógico AO; es conectado también al Modulo Micro SD por sus puertos D13 SCK, D12 MISO, D11 MOSI y D2 CS; es conectado al Módulo HC-05 con los puertos D0 Tx y D1 Rx; el puerto D3 es conectado al Pin 1 del optoacoplador con una resistencia de 1KΩ (27) y el Pin 4 a GND; el puerto D8 excita la base del transistor NPN BC547 (6) mediante una resistencia de 1KΩ (26) para amplificar la señal proveniente del arduino.

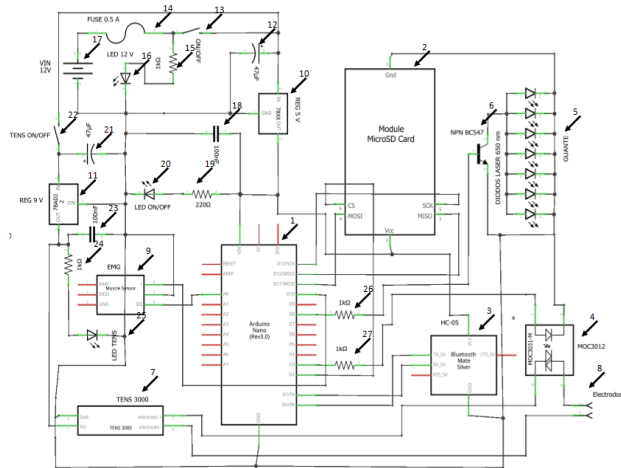


Figura 5 Diagrama esquemático del circuito electrónico del dispositivo

Componente	Descripción
Arduino Nano	Microcontrolador Atmel con 14 puertos de entrada/salida, 8 puertos analógicos y alimentación de 5V.
Modulo Micro SD	Modulo lector de tarjetas Micro SD con alimentación de 5V.
Bluetooth HC-05	Modulo Bluetooth configurado como Maestro/Esclavo.
Optoacoplador	MOC3012 de "Fairchild Semiconductor": 6 pines y optoaislador con salida TRIAC y diodo IR para protección.
Diodos Laser	Diodos Laser de 650nm 5mW 20mA
Transistor	Transistor NPN BC547 de 625 mW.

TENS 3000	De "ROSCOE MEDICAL", generador de pulsos eléctricos cuya intensidad, duración, numero por segundo y modulación pueden ser modificados con los controles/interruptores. Funciona con batería de 9 V.
Electrodos	Conductor eléctrico especialmente para contacto con la piel, autoadherentes de gel con alta conductividad, suave y toleradas por la piel.
Electromiógrafo	Electromiógrafo "MyoWare AT-04-001" con alimentación de 2.9 a 5.7 V e indicadores LED especialmente diseñados para microcontroladores con ganancia ajustable.
Regulador 5 V	Regulador de voltaje positivo 7805 de 5V a 1A de corriente.
Regulador 9 V	Regulador de voltaje fijo positivo 7809 de 9V a 1A de corriente
Capacitor 47 μF	Capacitor electrolítico de 47μF a 16V.
Switch ON/OFF	Interruptor.
Fusible 0.5 A	Fusible de protección del circuito a 1A máximo.
Resistencia 1 KΩ	Resistencia de 1KΩ a 1/2W.
LED Indicador 12 V	LED indicador rojo.
Alimentación	Mediante eliminador de corriente de 12 V a 2.1 A
Capacitor 100 nF	Capacitor cerámico 100nF.
Resistencia 220 Ω	Resistencia de 220Ω a 1/2W.
LED Indicador 5 V	LED indicador rojo.
Capacitor 47μF	Capacitor electrolítico de 47μF a 16V.
Switch TENS OF/OFF	Interruptor.
Capacitor 100 n	Capacitor cerámico 100 nF
Resistencia 1 KΩ	Resistencia de 1KΩ a 1/2W.
LED Indicador 9 V	LED indicador rojo.
Resistencia 1 KΩ	Resistencia de 1KΩ a 1/2W.
Resistencia 1 KΩ	Resistencia de 1KΩ a 1/2W.

Tabla 2 Lista de componentes

Interfaz gráfica de usuario

La interfaz gráfica de usuario se muestra en la figura 6, fue desarrollada con la aplicación Bluetoothelectronics.apk orientada a controlar proyectos electrónicos con un dispositivo Android comunicándose a través de un módulo Bluetooth (HC-05).



Figura 6 Interfaz gráfica de usuario de la aplicación móvil

La aplicación con paneles en la que se puede crear la interfaz agregando texto, botones, gráficas, indicadores, entre otros; cabe destacar que cada elemento en la interfaz gráfica de usuario corresponde al código que debe escribirse en lenguaje Arduino. La interfaz de usuario permite modificar la intensidad de la terapia TENS por medio de un botón deslizante (slider). Además, incluye una gráfica en tiempo real que muestra las lecturas leídas por el electromiógrafo y que indican la respuesta a la terapia de cada paciente.

La tabla III muestra las características de los niveles de terapia: bajo, medio, alto y muy alto.

Intensidad TENS	Frecuencia	Nivel
1-2 (10-20 mA)	1-5 (máx. 150 Hz)	Bajo
3-4 (30-40 mA)	1-5 (máx. 150 Hz)	Medio
5-6 (50-60 mA)	1-5 (máx. 150 Hz)	Alto
7-8 (70 a 80 mA)	1-5 (máx. 150 Hz)	Muy Alto

Tabla 3 Intensidad de la terapia TENS

El diagrama de flujo para que el arduino interactúe con la interfaz gráfica de usuario se muestra en la figura 7.

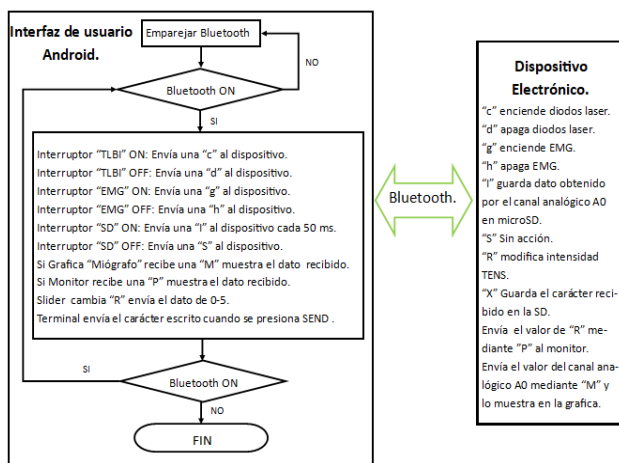


Figura 7. Diagrama de flujo de interacción del microcontrolador arduino con el dispositivo móvil

### Valoración del dolor

La valoración del dolor para los cinco casos de estudio se muestra en el gráfico 1. La escala numérica del dolor va desde ausencia de dolor (valor 0) hasta máxima intensidad de dolor (valor 10), los datos mostrados en el gráfico 1 se recabaron mediante una encuesta durante las veinte terapias para cada caso de estudio. Se observa que la intensidad del dolor fue en descenso.

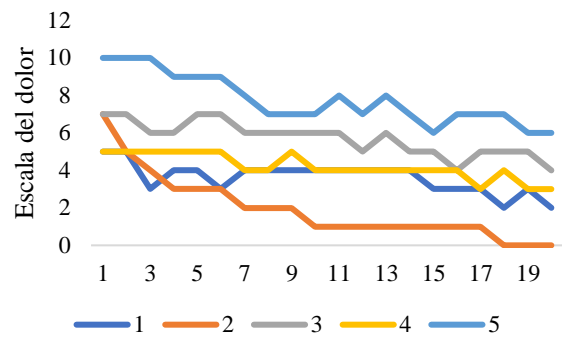


Gráfico 1 Valoración de la escala numérica del dolor para las 20 terapias de los cinco caso de estudio. Escala numérica: 0 ausencia de dolor, 10 dolor de máxima intensidad

### Conclusiones

En el presente artículo, un dispositivo electrónico para el tratamiento del dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos fue diseñado e implementado.

Se demuestra que el dispositivo electrónico y una adecuada terapia de estimulación eléctrica TENS contribuyen a disminuir el nivel de dolor provocado por trastornos músculo-esqueléticos.

El diseño del dispositivo electrónico es funcional y reproducible para su aplicación como herramienta auxiliar para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas.

### Referencias

Acedo Sánchez, J. (2006). Instrumentación y Control Básico De Procesos. España: Diaz de Santos. ISBN: 978-847-9787-54-7

Arenas-Ortiz, L. y Cantú-Gómez, O. (2013). Factores de riesgo de trastornos músculo-esqueléticos crónicos laborales. *Medicina Interna de México*, 29(4), 370-379.

Armstrong, T. J. y Silverstein, B. A. (1987). Upper-extremity pain in the workplace-Role of usage in causality. *Clinical concepts in regional musculoskeletal illness*, 19, 333-352.

Arrazola Herrera, N. y Fuentes Fonseca, J. A. (2015). Diseño de un generador de corrientes para estimulación nerviosa eléctrica transcutánea.

- Burgar, C. G., Lum, P. S., Shor, P. C. y Van der Loos, H. M. (2000). Development of robots for rehabilitation therapy: The Palo Alto VA/Stanford experience. *Journal of rehabilitation research and development*, 37(6), 663-674.
- Casado Morales, M., Moix Queraltó, J. y Vidal Fernández, J. (2008). Etiología, cronificación y tratamiento del dolor lumbar. *Clínica y Salud*, 19(3), 379-392.
- Downie, W., Leatham, P., Rhind, V., Wright, V., Branco, J. y Anderson, J. (1978). Studies with pain rating scales. *Annals of the rheumatic diseases*, 37(4), 378.
- Hillman, M. (2004). Rehabilitation robotics from past to present—a historical perspective *Advances in Rehabilitation Robotics* (pp. 25-44): Springer.
- Huskisson, E. (1974). Measurement of pain. *The Lancet*, 304(7889), 1127-1131.
- Keele, K. (1948). The pain chart. *The Lancet*, 252(6514), 6-8.
- Lázaro, P., Parody, E., García-Vicuna, R., Gabriele, G., Jover, J. Á. y Sevilla, J. (2014). Coste de la incapacidad temporal debida a enfermedades músculoesqueléticas en España. *Reumatología Clínica*, 10(2), 109-112.
- León Martínez, N. y López Chagín, A. (2006). Lesiones músculo esqueléticas en el personal odontológico. *Acta odontológica venezolana*, 44(3), 413-418.
- Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., Caffier, G., Liebers, F. y Organization, W. H. (2004). Prevención de trastornos músculoesqueléticos en el lugar e trabajo.
- Martínez Muñoz, G.D.P. y Arias Saldarriaga, J. H. (2019). SSSPORT" servicios en seguridad y salud en el trabajo con énfasis en el ejercicio seguro y el deporte. Universidad Católica de Manizales.
- Mould-Quevedo, J., Peláez-Ballestas, I., Vázquez-Mellado, J., Teran-Estrada, L., Esquivel-Valerio, J., Ventura-Rios, L. y Burgos-Vargas, R. (2008). El costo de las principales enfermedades reumáticas inflamatorias desde la perspectiva del paciente en México. *Gac Méd Méx*, 144(3), 255-231.
- Moya, R., Rosales, J. y Flores, C. (2013). Efecto de la estimulación eléctrica neural transcutánea (TENS) a nivel Lumbar Segmentario. *Revista El Dolor*, 60(23), 20-25.
- Muñoz, J.E.Q. (2015). Desarrollo de equipo prototipo para aplicación de estimulación eléctrica transcutánea en procesos de neurorehabilitación de personas con parálisis facial periférica. *Revista ESAICA*, 1(1), 4-8.
- Nemegyei, Á., Bertha, L., Gutiérrez, N., Andrés, J. y Sánchez, A. (2005). Enfermedades reumáticas y discapacidad laboral en población adulta rural. *Rev Med IMSS*, 43(4), 287-292.
- Novo, J.P., González, J.F., Toledano, M.G. y Llerena, G.R. (2007). Enfoque rehabilitador en la Artritis Reumatoide. *Revista Cubana de Reumatología*, 9(9 y 10).
- Núñez, A.S. (2016). *Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico en el tratamiento de artritis reumatoide y su logística de comercialización internacional*. Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Tantoyuca, Veracruz.
- Ortiz, J.P.M. y Ruiz, A.T. (2014). *Diseño de un equipo de electroterapia para tratamiento de gonartrosis controlado desde un smarthphone*. Paper presented at the XXIV Congreso Brasileiro de Engenharia Biomédica-CBEB, Bogota, Colombia.
- Pacheco, D. (2008). Medición del dolor en enfermedades músculoesqueléticas. *Medwave*, 8(11).
- Pineda, C. (2015). Retos y oportunidades de la Liga Internacional de Asociaciones para la Reumatología (ILAR). *Reumatol Clin*, 11(5), 267-268.
- Rondón, H., Delgadillo, E. y Vargas, W. (2014). Diseño, construcción y funcionamiento de un prototipo para medir cargas vehiculares en un pavimento flexible. *Revista ingeniería de construcción*, 29(1), 71-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000100005>
- Starkebaum, G.A. (2016). Artritis Reumatoidea. Medline Plus Institutos Nacionales de la salud/Biblioteca Nacional de Medicina de los EE. UU

**Desarrollo de prótesis electromecánica de miembro superior****Development of upper limb electromechanical prosthesis**

LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro†\* &amp; ROSAS-ACOSTA, Daniel

*Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco*ID 1<sup>er</sup> Autor: *Alejandro, Linares-Enríquez* / **ORC ID:** 0000-0002-2250-0730, **Researcher ID Thomson:** F-8123-21018, **CVU CONACYT ID:** 607628ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Daniel, Rosas-Acosta* / **ORC ID:** 0000-0002-1796-8259**DOI:** 10.35429/JBEB.2019.10.3.23.30

Recibido 01 de Octubre, 2019; Aceptado 28 Noviembre, 2019

**Resumen**

Se presenta un proyecto de una prótesis de miembro superior, donde la innovación que se pretende alcanzar es la fabricación de una prótesis basada en el análisis de movilidad, la ergonomía y el funcionamiento, se establece el análisis dinámico de los diferentes componentes que serán los que permitan a la persona tomar objetos de acuerdo a la misión de la mano y a cada dedo, dando el bienestar que busca la persona para este tipo de prótesis, analizando la evolución que ha llevado estos equipos, definiendo la forma y generando un mecanismo para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que han perdido una extremidad o han nacido sin estas, pero todas apuntan a un solo futuro, la implementación de aditamentos electromecánicos para su operación, desde servomotores, baterías e impresión en 3D. El proyecto va en parte a estas aplicaciones aumentando el uso de señales mioeléctricas para el control de la prótesis de antebrazo y mano, finalmente para desarrollarlo se aplicará los conocimientos de bioingeniería, mecánica, electrónica, robótica y electromecánica. La investigación del proyecto establece mejorar componentes de las estructuras existentes, sin dejar de tomar en cuenta las ventajas y desventajas que pueden generar nuestra propuesta.

**Señales, Prótesis, Brazo****Abstract.**

A project of a prosthesis of superior member is presented, where the innovation that is tried to reach is the manufacture of a prosthesis based on the analysis of mobility, the ergonomics and the operation, it is established the dynamic analysis of the different components that will be those that allow the person to take objects according to the mission of the hand and each finger, giving the well-being that the person seeks for this type of prosthesis, analyzing the evolution that has led these teams, defining the form and generating a mechanism for the improvement of the quality of life of people who have lost a limb or were born without them, but all point to a single future, the implementation of electromechanical attachments for its operation, from servomotors, batteries and 3D printing. The project goes partly to these applications increasing the use of myoelectric signals for the control of the forearm and hand prosthesis, finally to develop it will apply the knowledge of bioengineering, mechanics, electronics, robotics and electromechanics. The research of the project establishes to improve components of the existing structures, without taking into account the advantages and disadvantages that our proposal can generate.

**Signs, Prosthesis, Arm**


---

**Citación:** LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro & ROSAS-ACOSTA, Daniel. Desarrollo de prótesis electromecánica de miembro superior. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 2019 3-10: 23-30

---

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: alejandro.linares@test.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La ingeniería biónica si se combina con la ingeniería mecánica es actualmente uno de los campos más importantes de desarrollo científico ya que estas áreas se encargan del estudio y desarrollo de mecanismos y materiales que pueden suplir, funcionar como la mayor parte de órganos, partes del cuerpo y tendones.

Desde tiempos antiguos la mano es considerada el órgano principal de manipulación ya que tiene las funciones de presión, trabajo y tacto que permiten realizar movimientos y manipulación de objeto, la pérdida de este elemento es traumático y difícil de superar, el desarrollo de prótesis de mano, brazo y antebrazo tiene como finalidad recuperar algunas funciones pero jamás remplazar el miembro faltante del cuerpo humano, otra de las funciones por lo cual se desarrollan estos tipos de prótesis, es para que las personas que sufren de esta pérdida puedan tener una calidad de vida mejor.

En México el concepto de ingeniería biónica con la ingeniería mecánica se ha generado muy lentamente y su desarrollo hasta la fecha es muy pobre, por lo que este tipo de proyectos dependen totalmente del desarrollo extranjero.

En el 2010 el INEGI publico la distribución de la población en México que es derechohabiente en alguna institución de salud y la población que no lo es, donde solo el 44% no tiene derecho a asistencia.

Otro ejemplo es el IMSS, en la unidad de medicina física y rehabilitación región norte mensualmente se atienden a 8600 pacientes, de los cuales el 5% ha sufrido alguna amputación.

El ejemplo más claro es el desarrollo de prótesis apendiculares que en el país es casi nulo su desarrollo, por lo cual solo se hacen modificaciones a las que se compran en el extranjero, haciendo este proceso de adopción por parte del afectado que se incrementen los costos, además si la persona no es un derechohabiente, es difícil de adquirir, es por esta causa que se quiere implementar este proyecto que conlleva un sustento en el campo de la ingeniería mecánica [1].

En el cuerpo humano se generan diferentes tipos de señales bioeléctricas presentes en todas sus partes, que permiten el correcto funcionamiento y cada una estas reciben su nombre dependiendo del órgano en el que se originan, en el proyecto utilizaremos las señales mioeléctricas (EMG) originadas en los músculos cuando se contraen o distorsionan, desarrollando un análisis basado en la movilidad, dinámica y sistemas eléctricos por lo que nos centramos en el desarrollo de un prototipo de una prótesis que su movimiento se diera a partir de estas señales desarrollando la estructura funcional de movimiento, los elementos que formarán la mano a través de impresión 3D de material plástico del área de la ingeniería, desarrollando las piezas que la conforman [7].

## Desarrollo

En México la principal causa de amputación es por la diabetes, ya que es una enfermedad en la que se presentan amputaciones tardías que afectan vasos sanguíneos, nervios craneales y periféricos, piel y cristalino; estas lesiones originan la amputación de extremidades entre otras complicaciones, otra causa es que las personas tengan algún accidente y por esta causa puedan perder un miembro superior parcial o totalmente.

El avance del diseño de prótesis está totalmente enlazado con el desarrollo de materiales manejables, el análisis de la cinemática y cinética de funcionamiento y el estudio del movimiento del cuerpo mecánico a través de la biomecánica e ingeniería.

Una prótesis es un aditamento desarrollado para que la persona afectada recupere algunas de las funciones perdidas con el miembro amputado, pero también ayuda a la recuperación psicológica de la pérdida del miembro creando una percepción de totalidad al recobrar movilidad y aspecto.

Las primeras prótesis datan del año 2000 A. C. desarrolladas en Egipto, en los posteriores siglos no se ve una gran mejora ya que solo eran estéticas y fijas, no se contaba con una movilidad, solo durante las guerras se fueron modificando para uso de los soldados que les llegaba a faltar una mano, se modificaban de forma que pudiera sostener su arma si se necesitaba que luchara.



En el siglo XVI vemos los primeros avances desarrollados en conjunto con los desarrollos médicos, en esta época se comenzó a ver la utilización de materiales como cuero, polímeros naturales y madera en el desarrollo de prótesis [2].

Para el siglo XIX comenzamos a ver las prótesis con adaptaciones para la transmisión de fuerza y sujeción de objetos, en el siglo XX el desarrollo se dio para que los trabajadores que sufrían de alguna amputación pudieran regresar a trabajar, estos resultados es lo que motiva al desarrollo de investigaciones, generar e implementar diversas modificaciones para dar una propuesta en la que se recuperan las funciones necesarias para su trabajo o actividad [5].

El desarrollo de las prótesis activadas por los músculos del muñón lo vemos en Alemania donde a base de unas varillas de marfil que se introducían al cuerpo a través de túneles cutáneos se utilizará la contracción muscular para su movilidad durante el primer cuarto de siglo, para 1946 es cuando se comienza con el desarrollo de las prótesis neumáticas donde el movimiento es activado por un agente externo. Para 1960 comienza el desarrollo del mando a través de señales mioeléctricas esto lo realizan al extraer las pequeñas señales eléctricas generadas al realizar la contracción muscular en la parte del muñón ampliándolas para su utilización.

En la actualidad las prótesis se dividen en base a su funcionalidad y estética, diversos institutos están estudiando y desarrollando nuevas formas para su activación desde movimientos faciales, comandos verbales y señales cerebrales.

Para el diseño y construcción de una prótesis de mano se involucran varias áreas de la ingeniería mecánica y eléctrica, como diseño de mecanismos, mecanizado de materiales, diseño del control, programación del control con la interfaz entre hombre máquina, todo ello aprovechando la tecnología actual [4].

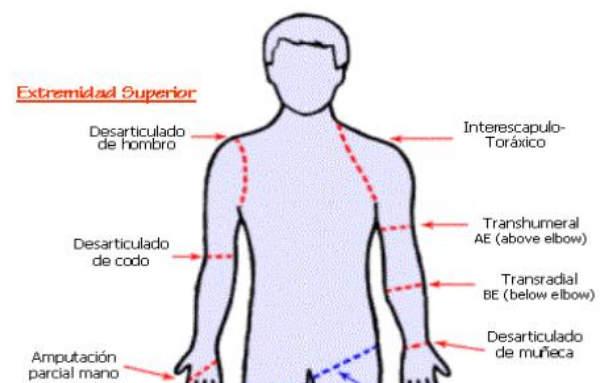
### Estado del Arte

El movimiento de la mano es dinámico pero se considera estático porque aquí las fuerzas de inercia se puede decir que son insignificantes con las fuerzas estáticas durante su respectivo montaje.

Han sido muchos años de esfuerzo para lograr consolidar un diseño, construcción y control de prótesis de mano, con otros tipos de mecanismos y control manipulando una gran variedad de materiales recientes aprovechados por la tecnología actual.

En muchos institutos de investigación de todo el mundo existen las nuevas manos robóticas desarrolladas con el avance de la teoría y la tecnología en este ámbito ya que se necesitan diferentes estrategias y conocimientos acerca del tema.

El objetivo del proyecto es analizar el comportamiento de cada elemento del brazo de acuerdo al grado de amputación que a la vez se dividen de acuerdo a la figura 1, [11].



**Figura 1** Grado de Amputación

Con este análisis, se estructuran los elementos que formaran parte de la prótesis, considerando la movilidad y la dinámica, en base a lo anterior se desarrolla los modelos de los sistemas para su simulación analizando las cargas, fuerzas y momentos presentes en el equipo para desarrollar el proyecto.

Los tipos de prótesis depende del tipo de amputación, el tipo de displasia de la que se trate, la funcionalidad de la misma y el factor económico, se tiene prótesis estéticas, mecánicas, eléctricas, neumáticas, mioeléctricas, híbridas, hasta llegar a las prótesis biónicas.

La mano realiza principalmente 2 funciones, la presión y el tacto, estas son de vital importancia para el desarrollo total de la mano, es trascendental mencionar que el dedo pulgar representa el miembro más importante de la mano y sin él, la funcionalidad total se reduce en un 40%.

Los tipos de presión de la mano son de gran importancia para el diseño de la prótesis ya que debe cumplir con estos, para el desarrollo de proyectos se tomaron en cuenta los movimientos realizados por esta, los cuales son: presión en pinza fina con la punta de los dedos, presión en puño, gruesa o en superficie, presión en gancho presión en llave. Con este análisis necesitamos ver las habilidades y las capacidades de la diversidad de manos, tanto de materiales, recubrimientos y dinámicas, sus características pueden dar la diferencia de movimiento, fuerza o condición de trabajo, sobre todo sus limitaciones de las mismas para con esas particularidades comenzar a desarrollar nuestro prototipo que llegara a ser usada en la vida real.

Se debe analizar los mecanismos de ayuda, los mecanismos de prótesis, que estos son comprobados con una fuerza muscular. Que tienen como propósito ayudar a facilitar cualesquiera de las funciones, pero nunca remplazar una parte faltante del cuerpo humano que pudo haber ser pérdida por cualquier situación.

## Metodología

### Objetivo General

Diseño y desarrollo de una prótesis de extremidad superior, analizando la movilidad, elementos de movimiento y control de la mano que se adapte al crecimiento del paciente de los 6 a los 20 años, considerando:

- Diseñar y construir una mano protésica que permita a una persona discapacitada con amputación traumática entre el codo y la muñeca, realizar procesos prensiles de precisión tomando señales mioeléctricas del propio cuerpo.
- Desarrollar el circuito de control de la prótesis.
- Analizar las señales mioeléctricas del sujeto de pruebas para determinar la programación de la prótesis.

Consideramos que el trabajo aporta al avance científico del área, por que desarrollamos nuestros propios circuitos y control utilizando materia prima de fácil acceso y estudiando las tecnologías existentes para mejorar algunas de nuestras ideas sobre la marcha buscamos el mejoramiento de la prótesis de extremidad superior.

El trabajo se inició como parte integradora de algunas materias de la carrera de ingeniería mecánica en el 8vo semestre se retomó por uno de los alumnos de este grupo como proyecto para residencia y posible titulación el trabajo se llevó a cabo de la siguiente manera.

1. Se realizan reuniones para discutir y mostrar la información encontrada respecto al proyecto que se plantó realizar de acuerdo con lo que queremos lograr con este tomando en cuenta el tiempo y el presupuesto ya determinados para el proyecto.
2. Se determina el tipo de material que usaremos ya que contamos con una impresora 3d en el tecnológico se determinó usarla para el desarrollo del prototipo se usó plástico de tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) por su facilidad de manejo para impresión 3d.
3. Se comienza la impresión del diseño en el laboratorio de potencia para la construcción de este se utiliza una impresora 3d cube pro, un caudín, 2 protoboards y una computadora.
4. Se comienza la discusión del tipo de control que se usara en el brazo determinando que la detección de señales mioeléctricas es la mejor para el control de esta ya que se pueden programar ciertas señales para determinados movimientos en la prótesis.
5. Pruebas de funcionamiento el prototipo funciona no presento problemas de interferencia tomando en cuenta que solo se le dieron algunos comandos con señales específicas del brazo todavía se realizan pruebas sobre este prototipo.

La mano humana es una estructura que tiene 21 grados de libertad (GDL), 4 GDL para cada dedo, que tiene tres falanges y una metacarpofalángica [3,11] y 5 GDL para el pulgar el cual tiene dos falanges y una articulación metacarpofalángica, las articulaciones metacarpofalángicas son las que unen los dedos con la palma de a mano y poseen dos grados de libertad, las articulaciones interfalángicas unen las falanges por lo que solo tienen un solo grado de libertad, como se muestra en la figura 2, [8,9].

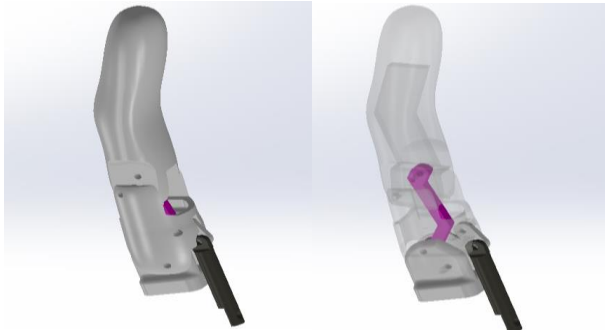


Figura 2 Simulación de los Dedos de la Mano

Para el pulgar el modelo mecánico es una articulación de dos ejes, como la junta de Hooke o junta cardán, como se muestra en la figura 3, [8,9], dos ejes X y Y son perpendiculares y concurrentes, que permiten movimientos en dos planos perpendiculares, además de dos superficies sillares, que permiten una relación de movimiento en los dos planos perpendiculares. La mecánica de la junta cardán muestra que las articulaciones de dos ejes poseen una posibilidad adicional, la rotación automática del segmento móvil sobre su eje longitudinal, en este caso el primer metacarpiano, donde el cardan simboliza la articulación trapezometacarpiana, y con dos pivotes la articulación metacarpofalángica e interfalángica del pulgar [8,9].

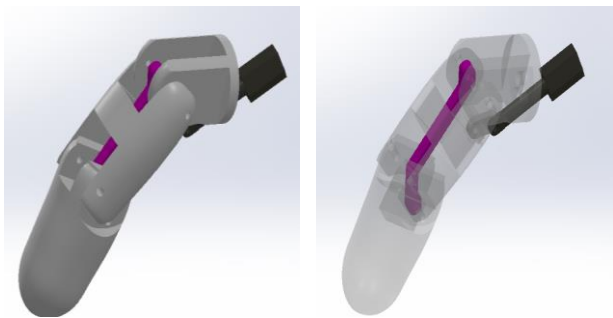


Figura 3 Dedo pulgar

Se propone un mecanismo de 4 barras para los dedos índice, medio, anular y meñique, con tres barras y faringes en movimiento y un eslabón fijo, teniendo movimiento angular en el extremo fijo con una unión de revoluta, como se muestra en la figura 4, [6].

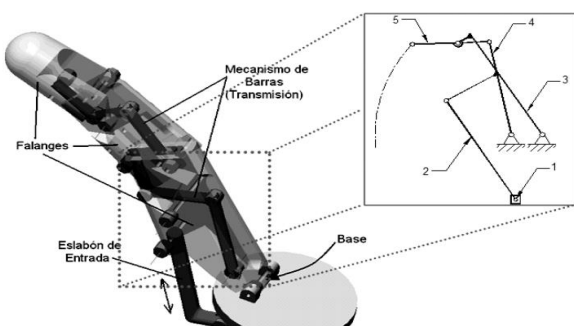


Figura 4 Mecanismo para 4 dedos, de 4 barras

Dentro del análisis se establecen los diseños de forma y cavidad de los dedos para el desarrollo de la prótesis, estos dedos tendrán la capacidad de tomar objetos e interiormente contar con cables tensores para darles la movilidad y el desplazamiento necesario de extensión y contracción, los cuales se muestran en la figura 5, [8,9].

La muñeca articulación distal permite que la mano adopte la posición óptima para la presión, por lo que la muñeca posee dos grados de libertad, además con la rotación del antebrazo se añade un grado de libertad a la muñeca.

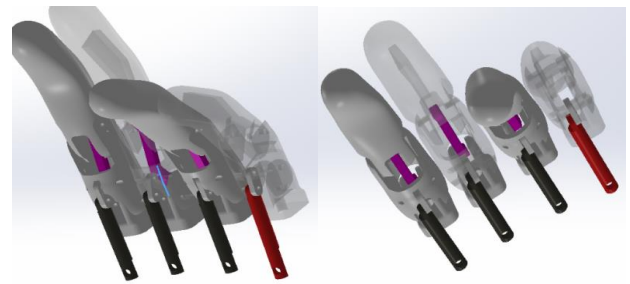


Figura 5 Simulación para 4 dedos

Un mecanismo esférico es aquel en el cual cada eslabón móvil rota respecto a un punto estacionario común, cualquier punto sobre un eslabón está restringido a moverse en una superficie esférica, donde sus movimientos son concéntricos, un mecanismo esférico 4R es uno de los mecanismos tridimensionales que se asemeja al movimiento de la muñeca, como se muestra en la figura 6, [8,9].

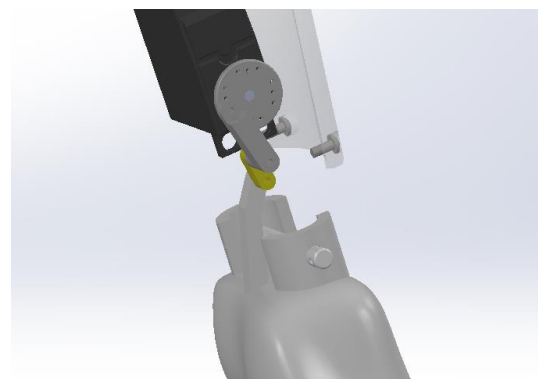


Figura 6 Simulación del Mecanismo de la Muñeca

Dentro de la prótesis debemos analizar los movimientos de presión y manipulación de la mano, lo cual es fundamental para el diseño y construcción del proyecto, iniciando con un diseño virtual que simule la flexión y extensión de la prótesis, considerando la muñeca y la mano en sus grados de libertad.

Los músculos y articulaciones de la mano permiten una gran variedad de configuraciones de sujeción que pueden ser clasificadas en tres grandes grupos [3]: las presas o pinzas, las presas con la gravedad y las presas con acción. Esto no resume todas las posibilidades de acción de la mano, además de la prensión, la mano también puede realizar percusiones, contacto y expresión gestual, encaminando al proyecto a tomar objetos y manipularlos, como se muestra en la figura 7, [10].



**Figura 7** Mano de prótesis  
Fuente: *Elaboración Propia*, [10]

Con el desarrollo mecánico podemos pasar al modelo eléctrico electrónico, donde las prótesis mioeléctricas son prótesis eléctricas controladas por medio de un poder externo mioeléctrico, estas prótesis son hoy en día el tipo de miembro artificial con más alto grado de rehabilitación. Sintetizan el mejor aspecto estético, tienen gran fuerza y velocidad de presión, así como muchas posibilidades de combinación y ampliación.

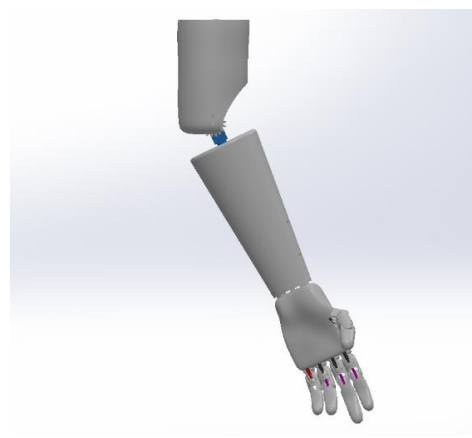
El control mioeléctrico es probablemente el esquema de control que se desarrolla. Se basa en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona, se produce una pequeña señal eléctrica (EMG) que es creada por la interacción química en el cuerpo. Esta señal es muy pequeña, del orden de 5 a 20  $\mu\text{V}$ , donde como perspectiva, un foco usa de 110 a 127 voltios, de forma que esta señal es un millón de veces más pequeña que la electricidad requerida para alimentar un foco. El uso de sensores llamados electrodos que entran en contacto con la superficie de la piel permite registrar la señal EMG. Una vez registrada, esta señal se amplifica y es procesada después por un controlador que conmuta los motores encendiéndolos y apagándolos en la mano, la muñeca o el codo para producir movimiento y funcionalidad.

Este tipo de prótesis tiene la ventaja de que sólo requieren que el usuario flexione sus músculos para operarla, esto es a través de un sensor de señales mioeléctricas que se colocan dentro del sistema, permitiendo el contacto entre la prótesis y la parte del brazo donde se une, a diferencia de las prótesis accionadas por el cuerpo que requieren el movimiento general del cuerpo. Una prótesis controlada en forma mioeléctrica también elimina el arnés de suspensión usando una de las dos siguientes técnicas de suspensión: bloqueo de tejidos blandos-esqueleto o succión. Tienen como desventaja que usan un sistema de batería que requiere mantenimiento para su recarga, descarga y reemplazarla eventualmente.

Debido al peso del sistema de batería y de los motores eléctricos, las prótesis accionadas por electricidad tienden a ser más pesadas que otras opciones protésicas. Una prótesis accionada por electricidad proporciona un mayor nivel de tecnología, pero a un mayor costo.

### Diseño de prótesis

Al hablar del diseño de la prótesis se basó en el análisis de cargas, fuerza, tipos de agarre y movimiento de la mano de una persona, en la forma anatómica del brazo para su exterior y el interior tomando en cuenta los mecanismos que la controlan, las partes estáticas como la estructura de los dedos, mano, brazo y antebrazo, los materiales de fabricación es el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es un termoplástico derivado del petróleo que tiene una resistencia moderada a las exigencias que determinamos para nuestro prototipo, como se muestra en la figura 8, [8,9].



**Figura 8** Prótesis de Mano

Se hizo de esta forma dándole importancia a la apariencia estética para la mejor aceptación del paciente con el trauma por la pérdida de la extremidad ya que la mayoría llegan a tener casi un total rechazo de las prótesis por su incomodidad y la sensación del miembro perdido.

## Resultados

Implementamos el diseño utilizando una impresora 3d donde fuimos sacando cada pieza desde los dedos, uno por uno, hasta las partes del antebrazo y el brazo, como se muestra en las figuras 9, [10], donde se ve la implementación y construcción de los dedos.

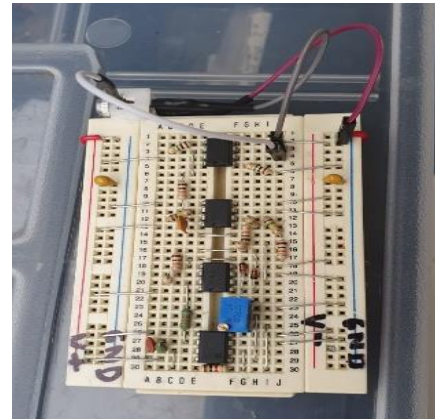


**Figura 9** Prótesis de Mano

El diseño se imprimió considerando una persona adulta ya que se pretende contar con el apoyo de una persona con amputación para la realización de las pruebas pertinentes dependiendo de su grado de amputación, es por eso que se diseñó de amputación completa desde el hombro, pero puede ser fácilmente modificado para cada caso específico, de acuerdo al grado de amputación que presente la persona.

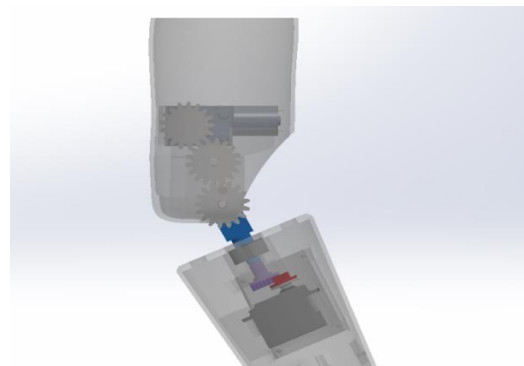
## Control

Esta es una parte importante del desarrollo, el diseño es funcional analizando los diferentes componentes de la prótesis, lo significativo es el desarrollo de nuestro propio amplificador de señales EMG, y las pruebas que se llevaron a cabo con las especificaciones, donde se logró una amplificación de estas señales, pero con altos grados de ruido que generaba movimientos no deseados dentro de la prótesis, ya que el amplificador cuenta con un filtro que elimina esos rastros de ruido en las pruebas que realizamos, como se muestra en la figura 10 a continuación, que muestra el sistema de amplificación de la señal EMG.



**Figura 10** Sistema de control

En el proceso utilizamos los electrodos para la realización de las pruebas realizándolas en nosotros para determinar las señales que buscábamos con 3 tipos diferentes de electrodos para determinar la posible variación de ruido en la lectura de la señal que pudiera interferir con el control adecuado de la mano. Para el movimiento de la parte del codo de la prótesis, se diseñaron un sistema de engranajes para el movimiento de esta parte del sistema de acuerdo a los servomotores que accionan el movimiento cada cierto grado de giro, como se muestra en la figura 11, [8,9].

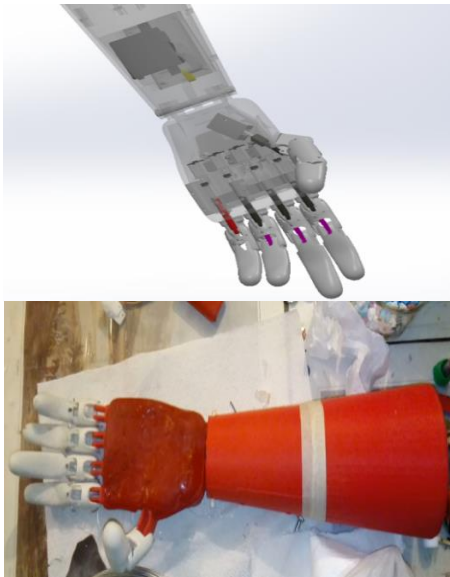


**Figura 11** Mecanismo de Engranajes para movilidad del Codo

El desarrollo del movimiento se llevó a cabo con servomotores, que darán la movilidad y giro de esta sección en la parte de la prótesis de los dedos, donde se usaron unos motorreductores pololu de 600 rpm, como se muestra en la figura 12, para el movimiento de los mismos, donde se tienen resultados comprobados que el sistema en desarrollo, ha dado excelentes resultados en la etapa de control para su mejoramiento gradual hasta llegar al nivel esperado, determinando la movilidad de los dedos y parte de la palma de la mano, el giro de la muñeca y como una última parte el movimiento del codo, para establecer el desarrollo de la prótesis superior, por lo que la figura 13 muestra el proyecto logrado [8,9].



**Figura 12** Control con Servomotores



**Figura 13** Prótesis Desarrollada

### Agradecimiento

A Rosas Hernández Juan por creer en mí. (Rosas Acosta Daniel)<sup>2</sup>. Al Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco el poder desarrollar el diseño, la simulación y propuesta de la prótesis superior.

### Conclusiones

El proyecto obtenido a partir del modelado y simulación logró obtener las dimensiones para realizar la impresión 3d de la prótesis de extremidad superior con las características de funcionamiento, movilidad y carga.

Con el análisis de ingeniería podemos estructurar los elementos mecánicos necesarios para establecer los grados de libertad, fuerza y carga para el funcionamiento de la prótesis. Con el análisis de movilidad se determinó la cantidad, la capacidad y las características de los motores que establecerán el desplazamiento de la prótesis de acuerdo al diseño de la estructura del equipo.

El análisis de la simulación permitió conocer el comportamiento de la prótesis para pasar a la etapa de construcción.

Con la simulación se logró determinar la capacidad de carga del brazo al analizar la prótesis una manera de protección a largo plazo de la estructura plástica de la impresión es un recubrimiento para mejorar el agarre y aumentar el tiempo que tardaría en desgastarse.

### Referencias

- [1]. Bravo Castillo Luis A, Horta Olivares Ricardo, Solís Villela José, (2003), Brazo artificial adaptable como prótesis mioeléctrica, Instituto Politécnico nacional.
- [2]. Brito, J.; Quinde, X.; Cusco, D. y Calle, J. (2013). "Estudio del estado del arte de las prótesis de mano". Ingenius. N. 9, (Enero-Junio). pp. 57-64. ISSN: 1390-650X.
- [3] Cesar Augusto Quinarás Burgos, (2010), Diseño y Construcción de una Prótesis Robótica de Mano Funcional Adaptada a Varios Agarres, Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.
- [4] Jesús Manuel Dorador González, Patricia Ríos Murillo, Itzel Flores Luna, Ana Juárez Mendoza, (2004), Robótica y Prótesis Inteligentes, Revista Digital Universitaria Volumen 6 Número 1 • ISSN: 1067-6079.
- [5]. R. Michalec, (2011), Modeling and Control of Multifingered Dextrous Manipulation for Hamanoid, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI.
- [6]. Aviles O. Fernando, (2007), Diseño y Construcción de un dedo para grippers robóticos., presentado en el Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Perú.
- [7] Hamilton H. Mabie, Charles F. Reinholtz, (2002) Mecanismos y Dinámica de Maquinaria, ed. Limusa Wiley, 2da edición.
- [8]. Ansys, Inc. Manual ANSYS 18.2, 2017.
- [9]. SolidWorks Education (2010) Guía de estudiante para el aprendizaje de software SolidWorks, <http://www.solidworks.com/education>.
- [10]. Cube pro user guide (2016) By 3d System Inc.
- [11]. D. Lopesino Rivera (2018) Análisis y Mejora del Diseño de una Mano Prostética, Universidad Politecnica de Madrid. Pag 25.

# 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 Ingeniería Biomédica y Biotecnología. 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

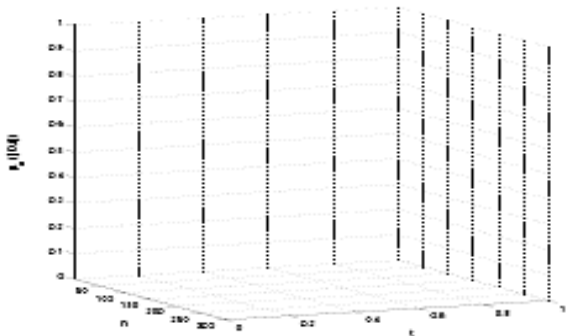
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

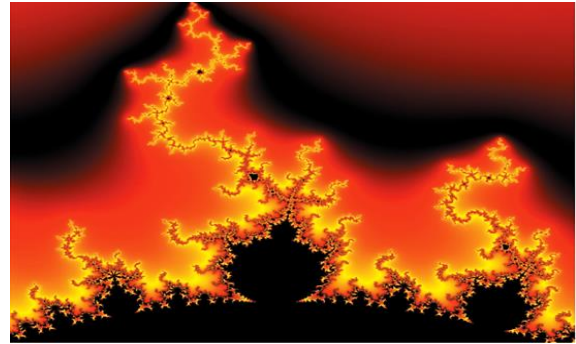
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[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 Ingeniería Biomédica y Biotecnología 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 Ingeniería Biomédica y Biotecnología 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 Ingeniería Biomédica y Biotecnología, 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**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editor en Jefe**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

**Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

**Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

**Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN® Taiwan), [sponsorships@ecorfan.org](mailto: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](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

**Oficinas de Gestión**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

# Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología

“Desarrollo de prototipo, bastón para la asistencia de personas débiles visuales”

**JUÁREZ-SANTIAGO, Brenda, ZEPEDA-FAJARDO, Elizabeth, FLORES-BOCANEGRA, Kenia y OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael**

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río*

“Sistema de rehabilitación física con 2 CH, basado en electroterapia con software de seguimiento y control de paciente”

**CRUZ-GARRIDO, Arnulfo, CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, GONZAGALICONA, Elisa y PEREZ-LUNA, Juan Alfonso**

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango*

“Diseño de un prototipo auxiliar terapéutico para el tratamiento del dolor en enfermedades músculo-esqueléticas”

**CRUZ-MATIAS, Franklin, BAUTISTA-SANTOS, Horacio, SÁNCHEZ-GALVÁN, Fabiola y SOTO-NUÑEZ, Antonio**

*Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca*

*Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec*

“Desarrollo de prótesis electromecánica de miembro superior”

**LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro & ROSAS-ACOSTA, Daniel**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco*



2 5 2 3 | 6 8 5 7

ISSN 2523-6857



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