

## **“Diseño y fabricación de una prótesis de dedo índice”**

Propuesta de Investigación  
por:  
Oziel Alberto Torres Villarreal  
Jorge Enrique Flores Gonzales  
Carlos Antonio Caballero Padilla  
Néstor Eliud Cano Garcia  
Heber Adrián Casillas Gutiérrez  
Víctor Alan Cavazos Ramírez

Supervisado por:  
Ing. Isaac Estrada García

## Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>3</b>
<b>1. - Introducción (Motivación y Justificación) .....</b>	<b>3</b>
<b>2. – Antecedentes y Estado del Arte .....</b>	<b>4</b>
<b>3. - Hipótesis .....</b>	<b>6</b>
<b>4. – Propuesta (Concreta) .....</b>	<b>6</b>
<b>5. - Objetivos .....</b>	<b>7</b>
<b>6. – Metodología (¿Cómo?) .....</b>	<b>7</b>
<b>7. – Equipos e Infraestructura .....</b>	<b>8</b>
<b>9. - Referencias .....</b>	<b>9</b>

**Keywords:** diseño, prótesis, servomotor, Arduino, dedo, impresión 3D.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,  
23/sep./2022

## **Resumen**

En este trabajo se propone hacer un dedo basándose en los 2 trabajos pasados donde se estudió la biomecánica y la arquitectura de una mano. Se propone el uso de la impresión 3D como material utilizar PLA en el proyecto, se propone utilizar hilos y ligas como tensores del propio dedo y un servomotor controlado por Arduino UNO. Si el dedo funciona correctamente se podrá observar un movimiento natural y fluido con una recuperación moderada y con la fuerza que tenga deberá ser capaz de activar un circuito externo mediante un botón. Si los resultados esperados son favorables esto podría ayudar a muchas personas que hayan perdido un dedo o cuenten con una parálisis en la mano, incrementando su calidad de vida y aportando más tecnología e ideas para próximas prótesis más complejas o de otras partes del cuerpo que salgan en un futuro.

### **1. – Introducción (Motivación y Justificación)**

El día de hoy veremos cómo enfrentar una problemática medianamente común haciendo uso de nuestro conocimiento en biomecánica, nuestro objetivo es crear un dedo funcional para que se pueda usar de forma práctica y sencilla para esto estudiamos la base de la biomecánica logrando crear las bases para el dedo en cuestión esto con el fin de ayudar a aquellos que cuentan con esta discapacidad o molestia que les puede afectar de manera directa o indirecta, entonces como ingenieros nuestro objetivo es crear soluciones a problemas de la vida cotidiana dando así una vida normal a aquellas personas a las cuales se les ha sido amputadas o han nacido con un dedo faltante en unas de sus manos. Este tema en específico se nos hace muy interesante por sí solo ya que el solo hecho de crear solo una pieza mecánica que funcione es bastante increíble por si sola ya que tenemos que usar gran parte de nuestro conocimiento adquirido en nuestras carreras pero todo cambia cuando agregamos el factor humano el diseñar algo que se va a integrar al cuerpo requiere de estudio de anatomía saber cómo funciona cada parte del cuerpo hay que pensar primero en funcionalidad, comodidad, resistencia a cualquier tipo de ambiente y no bastándonos con esto debemos de encontrar la forma que sea accesible para todo público además de que requiere de una gran cantidad de intentos hasta lograr con el objetivo en parte es importante este proyecto porque por primera vez podríamos cambiar vidas de manera directa y por qué la verdad suena increíble hacer una parte del cuerpo humano de forma mecánica y eléctrica. El hacer este proyecto nos ayudara a poder aportar algún día nuevos descubrimientos a lo que es la ingeniería misma.

## 2. - Antecedentes y Estado del Arte

Para realizar nuestra prótesis es necesario tener algunos conocimientos básicos de la física y la electrónica para así poder comprender el cómo funcionan los servo motores que utilizaremos para simular la tensión de los tendones en nuestras manos, de misma forma es necesario conocer un poco de la anatomía de las manos, para poder generar una prótesis de dedo que tenga sentido, desarrollando medidas lógicas y que pueda imitar bien el movimiento de un dedo con sus respectivos grados de libertad, el conocimiento de la anatomía de la mano también puede servir para comprender como los tendones en una mano pueden controlar los movimientos de un dedo y la forma en como este se puede mover, el conocimiento de la física se puede aplicar a la hora de seleccionar cosas como los servo motores para identificar el torque deseado y a su vez para escoger un material resistente y ligero para el usuario.

En la actualidad la mayoría de las prótesis han llegado al nivel de ser robóticas, empleando componentes electrónicos y programables, siendo que llegan a a usar cosas como placas de circuitos, microcontroladores.

Además de ser dispositivos más livianos y estar hechos a la medida del paciente, el advenimiento de los microprocesadores, los chips informáticos y la robótica en los dispositivos actuales permitieron que los amputados recuperen el estilo de vida al que estaban acostumbrados, en lugar de simplemente proporcionarles una funcionalidad básica o un aspecto más agradable. Las prótesis son más reales con fundas de silicona y pueden imitar la función de una extremidad natural hoy más que nunca.

Los dispositivos que ahora hemos llegado a utilizar también se deben a los grandes avances en la medicina descubriendo la manera en cómo nuestro cuerpo funciona siendo que se ha llegado incluso a un nivel donde las personas son capaces de crear prótesis que se pueden llegar a conectar con los nervios para que las mismas personas que sufrieron una amputación puedan incluso recuperar el sentido del tacto de la parte que llegaron a perder.

Como ventajas tenemos que la prótesis que estamos desarrollando, tiene un mejor sistema para acomodarse que simplemente utilizar métodos mecánicos poco convencionales que eran adecuados para la edad media como lo podía ser el simple hecho de tener que acomodar los dedos manualmente, de misma forma utilizando un mecanismo con pares electrónicos como lo puede ser el motor hace que sea más sencillo el uso del dedo para el usuario, una desventaja probable podría ser la dificultad que tendremos para encontrar una forma adecuada de ubicar el servomotor y que este no represente una molestia para el usuario, la limitación que nuestro proyecto tiene es dependiendo de nuestro presupuesto puesto que al usar un solo servomotor podremos hacer que nuestra prótesis tenga un cierto número de grados de libertad pero si agregamos más servomotores esto puede incrementar el número de grados de libertad que tendrá, con esto mejorara la aplicación de nuestra prótesis.

Este trabajo puede tener una buena oportunidad en el área de la medicina más específicamente en el campo de la protésica siendo un diseño efectivo y de materiales de bajo costo siendo que sería de fácil acceso para personas con bajos recursos económicos y que necesiten de una prótesis para poder continuar realizando sus trabajos de forma normal, la propuesta de este trabajo podría ser la solución a algunos problemas de varias personas que han perdido alguna parte de su mano por un accidente.

- **Antecedentes**

El proceso de amputación de alguna estructura del cuerpo humano es considerado la operación más antigua en la historia de la humanidad, con diversos fines de acuerdo con cada cultura y época.

Para ciertas culturas era parte de un castigo y en otras para dar solución algún padecimiento. Ante una dificultad, la necesidad del hombre lo lleva a inventar y dar solución, en este caso al faltar una parte del cuerpo ideó mecanismos para sustituir esa zona.

“Desde la época de las antiguas pirámides hasta la Primera Guerra Mundial, el campo de la prótesis se ha transformado en un sofisticado ejemplar de resolución del hombre para mejorar”. Kim Norton

El transcurso evolutivo de las prótesis ha tenido una larga trayectoria, desde sus inicios primitivos hasta el presente con sus sofisticados diseños “robotizados”, y con personas especializadas en estos temas como es un técnico ortopédico y esperando los avances de la tecnología aplicada a este campo.

Si los datos históricos consideran al proceso de amputación como la intervención quirúrgica más antigua, la prótesis va muy de la mano.

Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología protésica. Elaboraban sus extremidades protésicas rudimentarias con fibras, y se cree que las utilizaban por la sensación de “completitud” antes que por la función en sí. Sin embargo, recientemente, los científicos descubrieron en una momia egipcia lo que se cree que fue el primer dedo del pie protésico, que parece haber sido funcional.

En 1858, se desenterró en Capua, Italia, una pierna artificial que data de aproximadamente 300 a. C. Estaba elaborada con hierro y bronce, y tenía un núcleo de madera; aparentemente, pertenecía a un amputado por debajo de la rodilla. En 424 a. C., Heródoto escribió sobre un vidente persa condenado a muerte que escapó luego de amputarse su propio pie y reemplazarlo con una plantilla protésica de madera para caminar 30 millas (48.28 km) hasta el próximo pueblo.

El erudito romano Plinio el Viejo (23-79 d. C.) escribió sobre un general romano de la Segunda Guerra Púnica (218-210 a. C.) a quien le amputaron el brazo derecho. Se le colocó una mano de hierro para que sostuviera el escudo y pudo volver al campo de batalla.

Durante la edad media a un caballero se le colocaba una prótesis diseñada solamente para sostener un escudo o para calzar la pata en el estribo, y se prestaba poca atención a la funcionalidad. Fuera del campo de batalla, solamente los ricos tenían la suerte de contar con una pata de palo o un gancho de mano para las funciones diarias.

Era frecuente que los comerciantes, incluidos los armeros, diseñaran y crearan extremidades artificiales. Personas de todos los oficios solían colaborar para elaborar los dispositivos; los relojeros eran particularmente buenos para agregar funciones internas complicadas con resortes y engranajes.

En 1508, se elaboró un par de manos de hierro tecnológicamente avanzadas para el mercenario alemán Gotz von Berlichingen después de que perdió su brazo derecho en la

batalla de Landshut. Era posible manejar las manos fijándolas con la mano natural y moverlas soltando una serie de mecanismos de liberación y resortes, mientras se suspendían con correas de cuero.

Alrededor de 1512, un cirujano italiano que viajaba por Asia registró observaciones de un amputado bilateral de extremidad superior que podía quitarse el sombrero, abrir su cartera y firmar. Circuló otra historia de un brazo de plata elaborado para el almirante Barbarossa, que luchó contra los españoles en Bougie, Algeria, para un sultán turco.

Muchos consideran al barbero y cirujano del Ejército Francés Ambroise Paré el padre de la cirugía de amputación y del diseño protésico modernos. Introdujo modernos procedimientos de amputación (1529) en la comunidad médica y elaboró prótesis (1536) para amputados de extremidades superior e inferior. Además, inventó un dispositivo por encima de la rodilla, que consistía en una pata de palo que podía flexionarse en la rodilla y una prótesis de pie con una posición fija, un arnés ajustable, control de bloqueo de rodilla y otras características de ingeniería que se utilizan en los dispositivos actuales. Su trabajo demostraba, por primera vez, que se había comprendido verdaderamente cómo debería funcionar una prótesis.

En 1800, el londinense James Potts diseñó una prótesis elaborada con una pierna de madera con encaje, una articulación de rodilla de acero y un pie articulado controlado por tendones de cuerda de tripa de gato desde la rodilla hasta el tobillo. Se hizo famosa como la “Pierna de Anglesey”

En 1846, Benjamin Palmer no encontró razón para que los amputados de pierna tuvieran espacios desagradables entre los diversos componentes y mejoró la pierna Selpho al agregarle un resorte anterior, un aspecto suave y tendones escondidos para simular un movimiento natural.

Al explorar la historia de la protésica, podemos apreciar todo lo que implicó la elaboración de un dispositivo y las perseverantes generaciones que hicieron falta para garantizar que el hombre pueda tener no solo las cuatro extremidades sino también la función.

### **3. - Hipótesis**

Se desarrolla una prótesis de dedo funcional siguiendo la biomecánica de este, mediante impresión 3D, así como el uso de servomotores para su funcionamiento, el dedo accionará un interruptor el cual activará un circuito por lo cual el operador estará protegido en todo momento.

### **4. – Propuesta (Concreta)**

Se diseñará un soporte base impreso en 3D en PLA donde se colocarán los componentes, se ensamblarán las piezas de dedos impresas en 3D en PLA utilizando hilo/filamento para unir las articulaciones de los dedos, el dedo a su vez estará en conjunto con una polea para un mejor funcionamiento del servo MG996 o SG90 controlado por la placa de programación Arduino UNO. El dedo activará un circuito a través de un interruptor que tendrá colocado al final del movimiento.

## **5. - Objetivos**

### **Objetivo General:**

1. Diseño de la base.
2. Diseño de las partes del dedo.
3. Diseño de la polea.
4. Impresión 3D de los diseños.
5. Ensamble del dedo con el hilo.
6. Ensamble final de la base, el dedo, interruptor, polea y servo.
7. Programación en Arduino del servomotor.
8. Prueba del circuito final.

### **Objetivos Específicos (Actividades Concretas):**

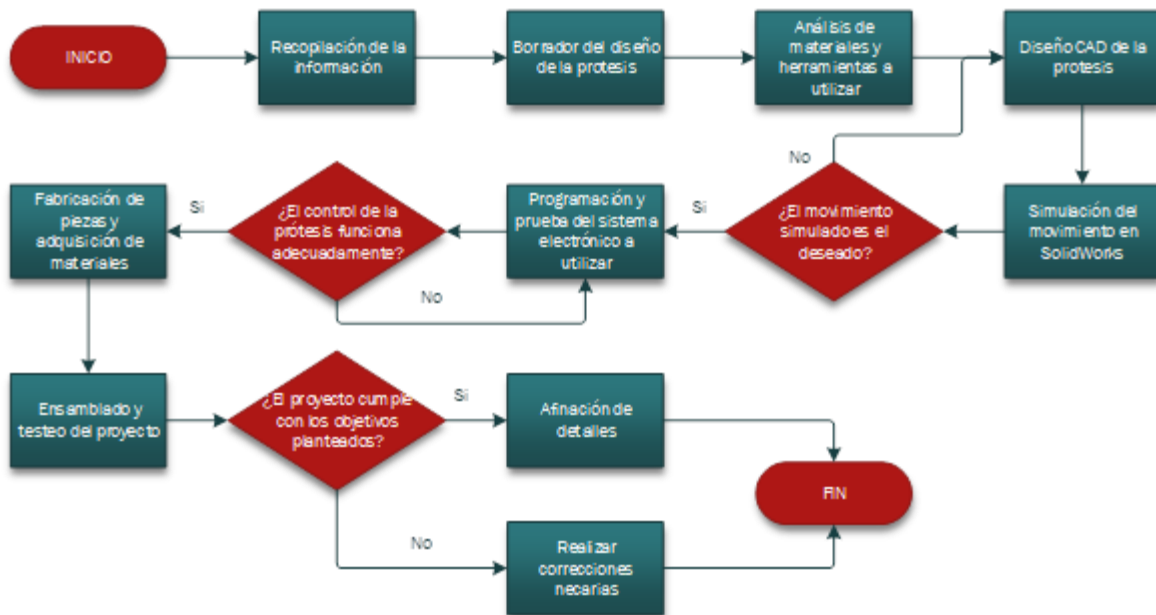
- a) Diseñar la geometría del dedo.
- b) Imprimir el diseño en 3D.
- c) Programar el Arduino UNO.
- d) Armar el proyecto.
- e) Comprobar el funcionamiento adecuado.
- f) Comparar los resultados obtenidos con los esperados.
- g) Examinar lo planteado en la hipótesis.

## **6. – Metodología (¿Cómo?)**

Para llevar a cabo nuestros proyectos, se realizará la siguiente metodología.

1. Investigación sobre los tipos de prótesis de dedo y búsqueda de artículos o documentos sobre los mismos (recolección de información).
2. Borrador de la prótesis de dedo a realizar.
3. Análisis de los materiales y herramientas a utilizar.
4. Diseño CAD de la prótesis.
5. Simulación del movimiento por medio de softwares de diseño como SolidWorks.
6. Programación y prueba del sistema electrónico a utilizar.
7. Fabricación y adquisición de los materiales a usar.
8. Ensamblado y testeo del proyecto.
9. Afinación de detalles y correcciones.
10. Entrega del proyecto.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo de trabajo, donde se puede observar de una manera más grafica la metodología a seguir durante el desarrollo del proyecto.



## 7. – Equipos e Infraestructura

Para el desarrollo de este proyecto se deberá de hacer uso de diferentes softwares los cuales nos permitirán crear diseños, programar y simular los diferentes elementos que conformarán a nuestro proyecto final. Entre esos softwares podemos encontrar los siguientes:

- SolidWorks.
- Proteus.
- Arduino IDE.

El desarrollo e implementación del proyecto requerirá de hacer uso de diferentes materiales, los eslabones por otro lado tendrán que ser fabricados en base al diseño que realicemos, de igual forma, conforme al diseño a realizar serán aquellos se verán los materiales a utilizar, sin embargo, algunos de los materiales que podríamos llegar a hacer uso son los siguientes:

- Placa de desarrollo ARDUINO UNO.
- Servomotores.
- Resortes y ligas.
- Hilo o alambre.
- Rodamientos.
- Motor a pasos.
- Base rígida de plástico o madera.
- Computadora.
- Switches.



## 9. – Referencias

---

- Norton, K. (7 de noviembre de 2007). Un breve recorrido por la historia de la protésica - Amputee Coalition. Amputee Coalition. URL: <https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>
  - No Author. Historia de las prótesis desde la antigüedad hasta nuestros días. (15 de junio de 2018). Tratamiento y Enfermedades. URL: <https://tratamientoyenfermedades.com/historia-de-las-protesis/>
-