

## **BIOMECÁNICA**

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

Propuesta de Investigación  
por:

Isaac Estrada García

Supervisado por:

Dr. Juan Francisco Luna Martínez

Nombre	Matrícula	Carrera
Yair Obed Morales Ortiz	1992266	IMTC
Oiram Colunga Bernal	1818785	IMTC
Saul Moises Mendoza Cida	1942534	IMTC
Omar Isa'í Moreno Cruz	1849630	IMTC
Victor Cristopher Santiago Martinez	1859524	IMTC

## **Contenido**

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

**Keywords:** Prótesis, dedo índice, servomotor.

Facultad de ingeniería mecanica y electrica, 23/sep./2022

## **Resumen**

En este proyecto se propone hacer una prótesis funcional para dedo índice, basado en nuestro conocimiento previo de diseño de mecanismos, electrónica y biomecánica.

Se espera tener como resultado la imitación del movimiento y funcionalidad de un dedo natural humano.

Para el desarrollo de esta prótesis, se tiene pensado emplear las tecnologías de impresión 3D, junto con filamentos flexibles, al igual que herramientas electrónicas como un servomotor y un microcontrolador, es este caso arduino, todo esto debido a la facilidad y amplia visión para el desarrollo y una mejor gestión de recursos.

Para la comprobación de dicha prótesis se hará una comparativa con el dedo humano y se expondrá en clase, al realizar este proyecto se tiene como objetivo aportar a la ciencia de esta rama cubriendo y descubriendo áreas de oportunidad a mejorar, dando una nueva idea de una solución a personas que desafortunadamente necesitan una prótesis de esta índole.

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

Una discapacidad física es una limitación que impide o dificulta el desarrollo normal de una persona, esta puede ser de varios tipos como lo son limitaciones en el movimiento, falta de algún sentido o de alguna extremidad, entre otras.

Las limitaciones en el movimiento pueden ser ocasionadas por diversos factores como lo son enfermedades, daños en el aparato locomotor o daños en la médula espinal o amputaciones, siendo esta última la problemática que se busca resolver, con un enfoque en casos de ausencia de dedo índice.

La idea nace de la amplia área de mejora que se puede presentar en estos casos, ya que la mayoría de prótesis de dedo suelen ser mayormente estéticas, reduciendo en cierto grado la movilidad del paciente.

Con este proyecto se busca diseñar y fabricar una prótesis de dedo índice la cual sea funcional y permita al paciente recuperar la movilidad en la mano en la mano para que este pueda desarrollar la mayoría de las actividades diarias que realiza una persona sin discapacidad.

## 2. - Antecedentes y Estado del Arte

### ¿Qué es una prótesis de dedo?

Son dispositivos articulados, completamente personalizables, impulsados por el cuerpo que permiten a los pacientes recuperar la destreza fina y los patrones de agarre naturales. Este tipo de prótesis sobresale en la restauración de agarres de pellizco, llave, cilíndricos y de fuerza, así como en la estabilidad de agarre. Cada dispositivo está diseñado a medida a milímetros de la anatomía única de un paciente para imitar con éxito la compleja función de un dedo.

Las **prótesis de dedo** se hacen a la medida y de forma artesanal, así para lograr imitar la parte del cuerpo perdida, tenemos un estrecho contacto con el cliente a lo largo de todo el proceso de fabricación. Nos basamos para la reconstrucción protética en los dedos de la mano opuesta y estas prótesis tendrán toda la información de la persona como son; huellas digitales, color de uña, lunares y venas. [1]

### Antecedentes

#### La primera prótesis de dedo de la historia

El contexto histórico de esta etapa es, el de las grandes civilizaciones antiguas tales como las romanas, egipcias y griegas. Período comprendido entre los años 1600 AC hasta el 476 DC. En esta etapa, vemos el surgimiento de la ciencia, y como consecuencia de la medicina y de la protésica.

Observamos amputados por las siguientes causas: traumáticas, etiologías congénitas, por el casamiento entre familiares; otra de las causas de amputación fue la guerra, ya sea, por herida de guerra o por haber sido tomado prisionero; además de ello, la vagancia, el robo o la rebelión, era pagada con la amputación como un castigo para dichos delitos en diferentes culturas; también como consecuencia de gangrena, lepra o infección también se han practicado amputaciones en tiempos antiguos; por último, están las amputaciones como consecuencia de ceremonias religiosas.

Se han encontrado en esta época, momias de la civilización egipcia enterrados con prótesis para ingresar “completos” a la nueva vida del más allá. Sin embargo la momia (1065 - 740 AC) encontrada en este caso, posee una **prótesis de dedo** que, aseguran los investigadores, fue utilizada mientras la persona vivía por los crecimientos de piel sobre sus bordes. Este dedo fabricado en madera (figura 2), poseía una terminación muy delicada. Una investigación posterior, realizada por un equipo de arqueólogos determinó que la paciente hubo padecido diabetes y que la misma falleció entre los 50 y 55 años. [2]



Figura 2. Prótesis de dedo egipcia

En tiempos más modernos, encontramos la **mano de Canterbury** (figura 2) utiliza eslabones mecánicos movidos directamente para actuar sobre los dedos de forma similar a la mano humana. El movimiento directo de los eslabones se utiliza para reducir algunos problemas que presentan otros diseños de mano. Cada dedo de esta mano tiene 2.25 grados de libertad; la parte fraccionaria se debe al mecanismo compartido para extender los cuatro dedos. Los motores de corriente directa tienen una reducción por medio de engranajes con una relación de transmisión 16:1. Los dedos cuentan con sensores de presión en cada articulación y en su parte distal, lo que totaliza cuatro sensores de presión por cada dedo, dos motores de corriente directa y un sensor de efecto Hall. El pulgar tiene solo un motor y tres sensores de fuerza, mientras en la palma se encuentran los motores encargados de abrir y cerrar todos los dedos y de la rotación del pulgar; para un total de dos motores, dos encoders, dos sensores de efecto Hall y tres sensores de fuerza. Se requirió un sistema de control distribuido utilizando un PSoC de Semiconductores Cypress. [3]

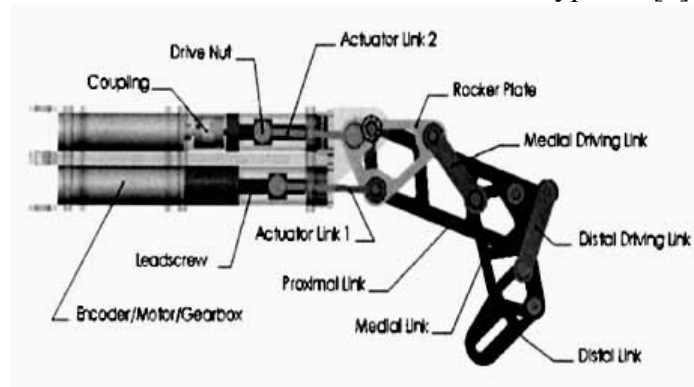


Figura 2. Mano de Canterbury

El **manipulador** desarrollado en la Universidad de Reading, Inglaterra (figura 3), propone el uso de **cables Bowden (Chicotes)** dirigidos a cada unión como medio para hacer actuar los dedos. Este novedoso diseño simplifica el control de la mano al eliminar el acoplamiento entre juntas y permite la traslación directa y precisa entre las juntas y los motores que accionan los cables. La cinemática de los dedos se simula con mayor precisión al permitir dos grados de libertad con el mismo centro de rotación en el nudillo más grande de la mano. Esta mano incluye sensores en las últimas falanges de los dedos para acrecentar

la precisión durante la sujeción. [3]

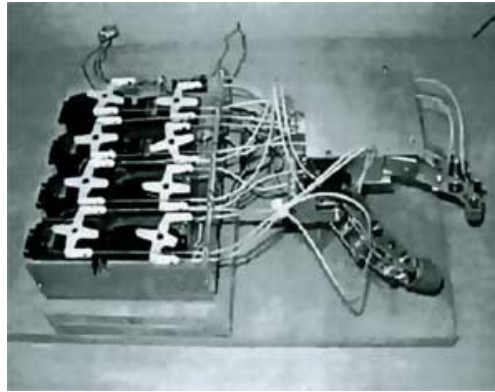


Figura 3. Manipulador construido en la Universidad de Reading.

Hoy en día con el avance acelerado de la tecnología se han logrado un nuevos tipos de prótesis, como por ejemplo: Naked Prosthetics. Éstas son diseñadas para personas que han perdido una o dos falanges, con amputaciones a través de la falange proximal cuya característica consiste en restaurar las falanges media y distal. Éstas se distinguen por ser altamente funcionales y por su forma de fabricación; ya que son creadas mediante una impresora 3D de resina. Lo anterior permite no sólo acortar el tiempo de manufactura, sino lograr formas más orgánicas.

Se trata del MCPDriver, prótesis que obtienen su fuerza de una combinación de enlaces rígidos de acero inoxidable impulsados por el residuo y está cómodamente anclado en la superficie dorsal de la mano. Entre sus características están: la libertad de movimiento de este componente ayuda al paciente a conseguir un agarre óptimo; diez opciones de color; la punta de silicona se asemeja a la yema del dedo natural; la estructura en forma de jaula de los enlaces de acero inoxidable proporciona protección para el residuo hipersensible. [4]



Figura 4. Prótesis moderna: Naked Prosthetics

### **Ventajas**

En la actualidad la tendencia de emplear sistemas mecatrónicos complejos y bioinspirados, flexibles y personalizados a cada paciente, junto a procesos de manufactura avanzados y nuevos materiales inteligentes ha permitido lograr las siguientes ventajas en las prótesis de dedo:

- Mejora estética de la mano

- Previenen hinchazones, dolores, llagas y callosidades
- Son térmicas y ayudan a evitar dolores en el muñón
- Pueden ser instaladas y removidas fácilmente
- Fácil limpieza
- Flexibles
- Ayudan a prevenir malformaciones
- Pueden ser utilizadas con cualquier tipo de calzado
- Previenen la deformidad de otros dedos

### **Desventajas**

- Mientras más compleja, mayor es el costo.
- Algunas pueden llegar a ser pesadas y cansar más al paciente.
- Baja resistencia a medios húmedos.

### **Limitaciones**

En general, la realización de una prótesis varía de paciente a paciente, por lo que es un trabajo artesanal esto dificulta una producción en masa de prototipos de dedos que sean eficaces, confiables y económicamente viables.

Sin embargo, en los últimos años están surgiendo prótesis de segunda generación, algunas ya comercializadas, cuyo objetivo es minimizar algunos de estos problemas

### **Área de oportunidad**

En definitiva, la tendencia que nos marca la historia, con respecto a la ciencia protésica son en el ámbito de la medicina, especialmente la cirugía, la biomecánica y la tecnología de materiales.

## **3. - Hipótesis**

Es posible realizar una prótesis de dedo índice activada por un servo motor la cual otorgue una movilidad similar a la de un dedo humano.

## **4. – Propuesta (Concreta)**

Se busca aprovechar las nuevas tecnologías como la impresión 3D y aplicar los conocimientos obtenidos en la carrera sobre servomotores para poder crear una prótesis de dedo índice funcional

## **5. - Objetivos**

### **Objetivo General:**

La forma en la que se busca regresar parte de la movilidad del dedo índice al paciente es colocando una prótesis diseñada en 3D la cual sea capaz de plegarse gracias al

accionamiento de un servomotor que contraerá un hilo hecho de un material resistente y que a su vez, el dedo pueda regresar a su estado original con ayuda de un mecanismo implementado en los lugares donde originalmente se encuentran las falanges.

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

- A. Realizar un boceto de la forma del dedo índice.
- B. Diseñar un mecanismo que permita la contracción del dedo.
- C. Calcular la longitud deseada para el dedo.
- D. Crear el dedo en base a los datos obtenidos.
- E. Imprimir el dedo con filamento 3D flexible.
- F. Implementar el mecanismo para la contracción del dedo.
- G. Realizar pruebas de accionamiento.

#### **6. – Metodología (¿Cómo?)**

Para poder llevar a cabo la realización exitosa de esta prótesis de dedo índice, se tiene planeado llevar a cabo el siguiente conjunto de actividades:

- Investigación del movimiento mecánico en el dedo índice.
- Análisis de la cinemática en el dedo índice para implementar en la prótesis.
- Estudio de los tamaños promedio de dedos en los humanos
- Desarrollo de un modelo en CAD de prótesis de dedo índice
- Impresión 3D de dicho modelo establecido
- Diseño y simulación del circuito electrónico que moverá al servo motor
- Diseño de un sistema de contracción de la prótesis.

#### **7. – Equipos e Infraestructura**

Para concluir con éxito se necesitan los siguientes equipos/materiales:

- Impresora 3D
- filamento tipo flexible para la correcta movilidad de la prótesis
- Software CAD
- Una PC
- Mecanismo de contracción del dedo
- Microcontrolador
- Un servo motor
- Cable para las correctas conexiones del circuito



## 8. - Cronograma

Actividad	Parte ordinaria del semestre(semanas)					
	1	2	3	4	5	6
Investigación del movimiento mecánico en el dedo índice.						
Análisis de la cinemática en el dedo índice para implementar en la prótesis.						
Estudio de los tamaños promedio de dedos en los humanos						
Realizar un boceto de la forma del dedo índice.						
Desarrollo de un modelo en CAD de prótesis de dedo índice						
Impresión 3D del diseño de la prótesis						
Diseñar un mecanismo que permita la contracción del dedo.						
Diseño y simulación del circuito electrónico						
Realizar pruebas de accionamiento.						

## 9. – Referencias

---

1. Mendoza, J. (2020). *Prótesis para dedo*. DIANCEHT. Recuperado 26 de septiembre de 2022, de [https://www.manosydedos.com/index\\_sel\\_dedos.html](https://www.manosydedos.com/index_sel_dedos.html)
2. Montané, F. (2018). *Ortesis, Prótesis y Movilidad*. International Society for Prosthetics and Orthotics. Recuperado 23 de septiembre de 2022, de [https://www.researchgate.net/profile/Favio-Montane/publication/344321505\\_EL\\_DESARROLLO\\_DE\\_LA\\_PROTESICA\\_A\\_LO\\_LARGO\\_DE\\_LA\\_HISTORIA\\_HUMANA\\_1\\_2018\\_Ortesis\\_Protesis\\_y\\_Movilidad/links/5f677f8c458515b7cf41cc27/EL-DESARROLLO-DE-LA-PROTESICA-A-LO-LARGO-DE-LA-HISTORIA-HUMANA-1-2018-Ortesis-Protesis-y-Movilidad.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Favio-Montane/publication/344321505_EL_DESARROLLO_DE_LA_PROTESICA_A_LO_LARGO_DE_LA_HISTORIA_HUMANA_1_2018_Ortesis_Protesis_y_Movilidad/links/5f677f8c458515b7cf41cc27/EL-DESARROLLO-DE-LA-PROTESICA-A-LO-LARGO-DE-LA-HISTORIA-HUMANA-1-2018-Ortesis-Protesis-y-Movilidad.pdf)
3. Loaiza, J. (2011). EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE PRÓTESIS DE MANO. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado 23 de septiembre de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n169/a22v78n169.pdf>
4. Tecnológicas, N. (2017). *Prótesis para dedos: la combinación de tecnología y funcionalidad*. Dispositivos médicos. Recuperado 23 de septiembre de 2022, de <https://dispositivosmedicos.org.mx/protesis-para-dedos-la-combinacion-de-tecnologia-y-funcionalidad/>