

## **“Diseño y fabricación del prototipo de una prótesis de dedo índice derecho funcional”**

Propuesta de Investigación  
por:  
Luis Carlos Gómez Espinoza  
Cesar Mauricio Alvarez Olguín  
Fátima Montserrat Zarazúa Uribe  
Arturo Mariscal Picon  
Gabriel López Escobar  
Francisco Emiliano Moreno De Alba

Supervisado por:  
Dra. Yadira Moreno Vera  
Ing. Isaac Estrada García

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| <b>Resumen</b>  | 3  |
| <b>1. - Introducción (Motivación y Justificación)</b> | 3  |
| <b>2. – Antecedentes y Estado del Arte</b>            | 4  |
| <b>3. - Hipótesis</b>                                 | 11 |
| <b>4. – Propuesta (Concreta)</b>                      | 11 |
| <b>5. - Objetivos</b>                                 | 12 |
| <b>6. – Metodología (¿Cómo?)</b>                      | 12 |
| <b>7. – Equipos e Infraestructura</b>                 | 13 |
| <b>8. - Índice Tentativo de la Tesis</b>              | 14 |
| <b>8. - Cronograma</b>                                | 14 |
| <b>9. - Referencias</b>                               | 15 |

**Keywords:** Dedo índice, prótesis, diseño, mecanismo, prototipo.

Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología, 26/sep./2018

**Nombre del Proyecto:** Star Finger

## Resumen

¿Qué se propone hacer, basado en que conocimiento previo y que se espera en base a la hipótesis?

Se planea realizar investigaciones previas del movimiento del dedo y estudiarlas para poder así determinar el material necesario para la fabricación, los conocimientos previos son los estudiados a lo largo de la carrera que son electrónica y programación, con la hipótesis podemos plasmar lo que creemos que se logrará con este proyecto.

¿Qué materiales o herramientas se utilizarán y por qué?

Las herramientas a utilizar son las básicas de electrónica, impresora 3D para diseño, softwares de diseño y simulación, y para la fabricación de la prótesis se lograra obtener en base a cálculos y diseños a lo largo de la investigación.

¿Cómo se comprobará la hipótesis (Metodología)?

Se logrará comprobar comparando con el avance los proyecto, verificando si se logró lo que creíamos que pasaría en ese punto del proyecto, y al final del proyecto viendo lo se hizo todo lo mencionado en la hipótesis.

¿Cuál será la aportación a la ciencia y la comunidad?

La principal aportación a la ciencia es el diseño y el estudio de la prótesis, y a la comunidad la oportunidad de tener un diseño más ajustable a las necesidades y presupuestos de cada persona.

\* Se escribe preferentemente al final

## 1. - Introducción (Motivación y Justificación)

¿Cuál es el problema que se desea resolver?

El problema a resolver, es el desarrollo, análisis y manufacturado de una prótesis de dedo índice derecho funcional para un usuario.

Motivación y Justificación al tema

¿Por qué el tema es interesante y vale la pena estudiarlo?

Es importante estudiar el tema ya que existen distintos métodos, en el desarrollo, mecanizado o manufacturado de una prótesis de dedo índice derecho funcional, pero todos enfocados a la concepción de una prótesis de dedo. Se toma en cuenta la planificación necesaria para la correcta implementación de cada una de las tareas a realizar, así como las áreas de la ingeniería englobadas para llevar a cabo el diseño, la programación, electrónica

aplicada a la prótesis, así como el análisis estructural que se genera, son razones numerosas que hacen interesante la investigación de este proyecto, teniendo en consideración también las complicaciones que surgen durante la planificación de una prótesis, estas son posibles resolverlas por distintos métodos, generando numerosas motivaciones para resolver aquellas problemáticas.

Entre los problemas a resolver está la resistencia mecánica que tendrá esta prótesis, una de las soluciones es realizar un análisis ergonómico del usuario que va a utilizar esta prótesis para con esto determinar las medidas y forma de la misma, destacando que es uno de los pasos más importantes para realizar un modelado 3D donde se hagan análisis mecánicos, estructurales o de movimiento permitiendo tener la definición y concepción final de este prototipo y solucionando los inconvenientes y finalmente permitiendo pasar a la manufacturación concreta y correcta aplicando todos los conocimientos adquiridos durante el estudio de este proyecto para obtener como resultado el funcionamiento de dicha prótesis.

### ¿Cuál será la aportación y/o beneficio a la ciencia y la comunidad?

Las aportaciones que se tienen con el desarrollo de una prótesis de dedo índice derecho son numerosas, como el beneficio comunitario que se logra al hacer mejor la vida cotidiana de cualquier persona que carezca de esta extremidad es de gran impacto, debido a que este dedo es uno de los elementos principales de la mano de todo ser humano, demostrando la importancia de este cuando se desea realizar aquellas tareas simples de todos los días que no podrían llevarse a cabo con la falta de éste, como por ejemplo el señalamiento de objetos, representar una expresión negativa con movimientos de este dedo, enfatizar aquellas instrucciones u órdenes que el usuario requiera compartir y una de las más importantes, la función de pinza que realiza este dedo junto con el pulgar, que brinda la capacidad al usuario de poder escribir o sostener un objeto pequeño con ambos dedos, englobando cada una de las acciones anteriores como tareas básicas y primordiales que toda persona debe ser capaz de realizar para tener una vida cómoda.

## 2. - Antecedentes y Estado del Arte

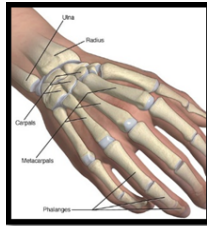
### Conocimiento básico necesario para abordar el tema.

La **mano** está compuesta de diferentes huesos, músculos, y ligamentos que permiten una gran cantidad de movimientos y destrezas. Existen tres principales tipos de huesos en la mano, entre los cuales se incluyen:

- ☐ **Falanges:** Los 14 huesos que están en los dedos de cada mano y también en los dedos de cada pie. Cada dedo tiene tres falanges (distal, media y proximal); solamente el pulgar tiene dos.
- ☐ **Huesos metacarpianos:** Los cinco huesos que componen la parte media de la mano.
- ☐ **Huesos carpianos:** Los ocho huesos que forman la muñeca. Los huesos carpianos están conectados a dos huesos del brazo--el hueso cúbito y el hueso radio.

En la mano se pueden encontrar numerosos **músculos**, **ligamentos**, y **vainas**. Los músculos son estructuras que se contraen y permiten el movimiento de los huesos de la mano. Los ligamentos son tejidos fibrosos que ayudan a unir las articulaciones de la mano. Las vainas son estructuras tubulares que rodean parte de los dedos.

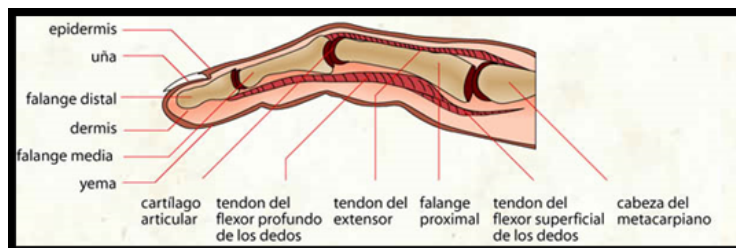
La muñeca posee ocho huesos pequeños (huesos carpianos) y dos huesos largos en el antebrazo (radio y cúbito). Cada dedo consiste en un hueso de la mano (metacarpo) y tres huesos de los dedos (falanges), mientras que el pulgar consiste en un metacarpo y dos falanges; Figura 1.



“Figura 1. Huesos que componen la mano y la muñeca”

Para este proyecto, nos enfocaremos en uno de los dedos más conocidos, cuya estructura, a pesar de poseer cierta complejidad, es relativamente sencilla de comprender y estudiar. Estamos hablando del dedo índice. Figura 2.

Dicho dedo, es el segundo **dedo** de la mano, y se encuentra entre el dedo pulgar y el dedo cordial o dedo medio. Es el dedo más expresivo, debido a que sirve para señalar direcciones u objetos, así como para mostrar una negativa moviéndolo a ambos lados de forma reiterada, o para enfatizar instrucciones u órdenes.



“Figura 2. Estructura interna y externa del dedo índice”

¿Cómo se ha abordado el problema previamente (análisis histórico) por otro y por ti (si ya has trabajado en el tema)? (Estado del Arte)

Las **amputaciones** digitales totales o parciales son traumas comunes de la extremidad superior. Estas pueden ser secundarias a heridas, ausencias congénitas o malformaciones. La pérdida de un dedo de la mano tiene repercusiones en la función, específicamente en la disminución de la fuerza para el agarre y la realización de la pinza, además de tener consecuencias a nivel psicológico y social.

Las amputaciones parciales o totales de dedos de la mano en Estados Unidos representan hasta 1/3 de todos los traumas en el ámbito laboral. El 40 % de las lesiones de la mano

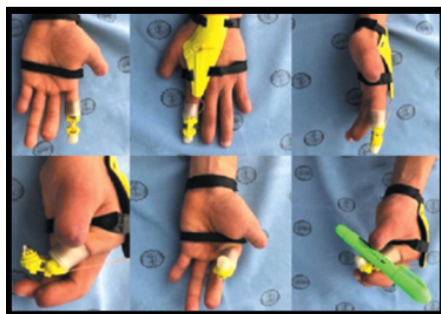
producidas por accidentes laborales o de trabajo, comprometen en mayor porcentaje los dedos índice y pulgar.

En Colombia, si bien no hay datos precisos de amputaciones a nivel de miembro superior o mano, el DANE reporta que el país tiene el índice de discapacidad permanente más alto de Latinoamérica después de Brasil, con una incidencia de 200 a 300 personas amputadas (de cualquier extremidad) por cada 100.000 habitantes, es decir, un 5% a 10% de todas las discapacidades.

El tipo de **prótesis** depende de la ubicación y la longitud de la mano o dedo residual, así como de sus necesidades funcionales y de estilo de vida. La prótesis reemplaza parte de la función y el aspecto de la parte del cuerpo que falta. La prótesis puede restaurar la longitud a un dedo parcialmente amputado, permitir la oposición entre el pulgar y un dedo o, en el caso de una mano protésica, estabilizar y sostener objetos con dedos flexibles.

La fabricación tradicional de prótesis se basa principalmente en el yeso y los **modelos 3D** para su producción precisa con el fin de permitir que los pacientes puedan comenzar su rehabilitación y así participen en las actividades diarias.

Los avances tecnológicos recientes permiten el uso de **fotografías 2D** para fabricar prótesis individualizadas basadas en la antropometría del paciente. La fabricación aditiva (es decir, la **impresión 3D**) mejora la capacidad de fabricación de prótesis al aumentar significativamente la velocidad de producción y reducir los costos. Figura 3.



“Figura 3. Prótesis de dedo índice haciendo uso de la impresión 3D”

Un nuevo tipo de prótesis, 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**. Estos dispositivos articulados, completamente personalizables, impulsados por el cuerpo 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.

Se trata del **MCP Driver**, 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. Fue diseñada por la empresa **Naked Prosthetics**, donde sus prótesis se distinguen por ser altamente funcionales y por su forma de fabricación; ya que son creadas mediante una **impresora 3D de resina**. Figura 4. Lo anterior permite no sólo acortar el tiempo de manufactura, sino lograr formas más orgánicas.



“Figura 4. Diseño de prótesis de dedo MCP Driver”

Así como este modelo, tenemos también la **prótesis funcional digital PIP Driver**, la cual, está diseñada para personas amputadas en la falange media. Se podría decir que es la prótesis más sencilla e intuitiva de usar, debido a que el dispositivo encaja en los dedos del paciente, se puede igualar anatómicamente con sus articulaciones para que funcione de manera natural y predecible.

El **PIP Driver** ofrece una excepcional utilidad diaria. Figura 5. La segunda generación de PIP Driver combina la misma fiable funcionalidad con un nuevo y elegante diseño estético, la mejora de las bisagras y una variedad de opciones de color.



“Figura 5. Diseño de prótesis de dedo PIP Driver”

¿Cuáles son las ventajas, desventajas y limitaciones de esos acercamientos?

La pérdida de una parte del cuerpo, especialmente una tan visible como un dedo o una mano, puede ser emocionalmente perturbadora. Puede tomar tiempo adaptarse a los cambios en su apariencia y su capacidad para funcionar.

Es importante recordar que, con el tiempo, la persona se ha de adaptar a su situación al encontrar nuevas formas de realizar sus actividades diarias.

Entre las **ventajas** más sobresalientes en base al uso de este tipo de prótesis, tenemos:

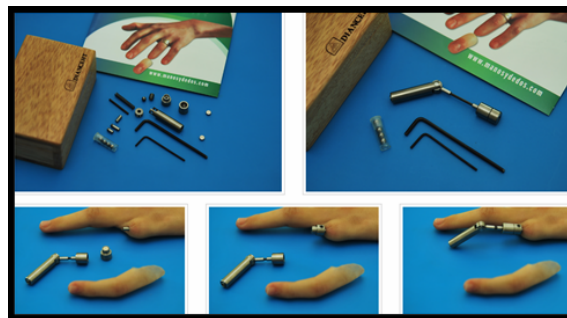
- ☐ Que están específicamente diseñadas, para que el portador pueda llevar a cabo acciones cotidianas de una manera cómoda, es decir, sin que exista alguna molestia al momento de hacer uso de la prótesis para realizar alguna acción.
- ☐ Como éstas se construyen en base a una medida previamente elaborada, es como si el usuario jamás hubiera sufrido la pérdida de dicha extremidad, puesto que asemeja el tamaño y forma del dedo que está sustituyendo.
- ☐ Este tipo de prótesis, permiten al portador poder recuperar la destreza fina y los patrones de agarre naturales que antes tenía.

Sin embargo, como es bien sabido, “lo bueno cuesta”, y es debido a esto que una de las principales **desventajas** que existen es precisamente que:

- ☐ Al ser construido en un modelo o impresión 3D, el material a utilizar, dependiendo la extremidad que vaya a suplir, puede tener un costo elevado, debido a que dicho material puede ser difícil de adquirir, manipular, etc. Puesto que el uso de un buen material, es símbolo de garantía de que la extremidad tendrá una funcionalidad exquisita.

Es debido a esto, que muchas personas optan por prótesis más accesibles, como lo son las prótesis estéticas, las cuales, logran un alto grado de similitud con la apariencia de la parte que fue amputada, ya que cada prótesis está hecha a la medida de cada persona, tomando en cuenta la tonalidad de piel, textura, lunares, manchas, y uñas (es un trabajo artesanal y cada caso tiene circunstancias únicas). La unión de dicha prótesis con el cuerpo se hace de tal forma que pase desapercibida. Figura 6.

En algunos casos, se puede fabricar un mecanismo de Titanio que permita articular la prótesis de forma pasiva. Sin embargo, se requiere de una cirugía.



“Figura 6. Prótesis estética de dedo meñique con mecanismo de titanio”

Si antes había alguna **limitación** para la elaboración de una prótesis de cualquier tipo, hoy en día es difícil encontrar alguna, puesto que como se dijo anteriormente: los avances tecnológicos más recientes, han permitido el uso de fotografías 2D para fabricar prótesis individualizadas basadas en la antropometría de la persona.

Y como generalmente, estas prótesis se realizan mediante impresión 3D, las empresas o centros de salud que se dedican a brindar este tipo de dispositivos, han de contar con una de



estas máquinas (impresoras 3D), para que, al momento de tomar las debidas medidas de la extremidad a modelar, la máquina puede realizar dicha impresión, en un tiempo considerablemente menor, al que se tendría si la prótesis se realizará a mano (prótesis estética).

**¿Cuál es el área de oportunidad (el hueco en el conocimiento) que dará lugar a la propuesta de este trabajo?**

Lo que dio lugar a la propuesta de trabajo de este proyecto, es que se pretende lograr un **diseño** tanto óptimo como funcional, a su vez, que el portador sienta comodidad, seguridad y total fluidez al momento de desempeñar alguna tarea básica que necesite de la utilización de ese dedo (dedo índice).

Se busca que la prótesis tenga los mismos **grados de libertad** que tendría el dedo normal como tal, buscando a su vez, un material que puede ser fácil de esculpir/manipular, y que esté a su vez, no genere algún tipo de dolor o sensación de malestar al usuario.

Más uno de los puntos más importantes a considerar, es el tema del **precio** de la realización de la prótesis en general, puesto que como previamente se comentó, muchas personas que sufren de alguna pérdida o amputación, las cuales desean poder recuperar de cierta manera lo perdido, en ocasiones les es difícil pagar por adquirirlo, y en su lugar consiguen un reemplazo que aunque funciona, es más decorativa, puesto que no posee la movilidad que se busca volver a tener tras la pérdida de dicha extremidad.

- **Antecedentes**

La evolución de la protésica es larga y está plagada de historias, desde sus comienzos primitivos, pasando por el sofisticado presente, hasta las increíbles visiones del futuro. Al igual que sucede en el desarrollo de cualquier otro campo, algunas ideas e invenciones han funcionado y se han explorado más detalladamente, como el pie de posición fija, mientras que otras se han dejado de lado o se han vuelto obsoletas, como el uso de hierro en las prótesis.

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 se enfriaron en una momia egipcia lo que se cree que fue el primer dedo del pie protésico, que parece haber sido funcional.

- ☐ **Del 424 a. C. al 1 a. C.**

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.

- ☐ **Alta Edad Media (476 a 1000)**

La mayoría de las prótesis elaboradas en esa época se utilizaban para esconder

deformidades o heridas producidas en el campo de batalla. A un caballero se le colocaba una prótesis diseñada únicamente para sostener un escudo o para calzar la pata en el estribo, y se prestaba poca atención a la funcionalidad.

### ☐ **El Renacimiento (1400 a 1800)**

Durante este período, las prótesis generalmente se elaboraban con hierro, acero, cobre y madera.

### ☐ **Principios de 1500**

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.

### ☐ **Siglos XVII al XIX**

En 1696, Pieter Verduyn desarrolló la primera prótesis por debajo de la rodilla sin mecanismo de bloqueo, lo que sentó las bases de los dispositivos actuales de articulación.

En 1800, el londinense James Potts realizó 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.

En 1843, Sir James Syme descubrió un nuevo método de amputación de tobillo que no implicaba una amputación a la altura del muslo.

Douglas Bly inventó y patentó la pierna anatómica Doctor Bly en 1858, a la que se refería como “el invento más completo y exitoso desarrollado alguna vez en el área de las extremidades artificiales”.

Gustav Hermann sugirió el uso de aluminio en lugar de acero para que las extremidades artificiales sean más livianas y funcionales.

### ☐ **Hacia los tiempos modernos.**

James Hanger, uno de los primeros amputados de la Guerra Civil, desarrolló lo que más tarde patentó como la “Extremidad Hanger”, elaborada con duelas de barril cortadas.

Además de ser dispositivos más ligeros 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.

### 3. - Hipótesis

Se desea implementar los conocimientos adquiridos acerca del estudio de la mano y la biomecánica para realizar la fabricación de una prótesis del dedo índice derecho, en impresión 3D, con la finalidad de simular el movimiento humano real, permitiendo y brindando al usuario una funcionalidad óptima, eficaz y favorable para el desarrollo de diversas tareas en su vida cotidiana; considerando el movimiento natural y a su vez los patrones de la simetría de la mano.

Como se mencionó anteriormente el dedo índice está constituido por tres huesos que son las falanges que pertenecen a la unidad móvil, un hueso metacarpiano que pertenece a la unidad fija de la arquitectura, y que se une a la falange proximal, con el propósito de proporcionar apoyo para los movimientos de flexión y extensión. Esto se logra por medio de tres músculos extrínsecos (extensor indicis propio, extensor comunis para el índice, flexor digitorum profundus para el índice y flexor digitorum superficialis para el índice).

Para cumplir nuestra hipótesis, implementaremos el uso de medidas de una mano promedio humana, se hará la impresión de las tres falanges y del metacarpo del dedo índice. Esto mediante la realización de un modelo matemático, apoyándonos de una representación visual en solidworks para el diseño mecánico del dedo índice derecho.

La incógnita por resolver sería, *¿Cuál es el mejor material para que nuestra prótesis sea eficazmente resistente, ligera, cómoda y con una alta probabilidad de una fácil adquisición?*

### 4. – Propuesta (Concreta)

Se desarrollará el diseño una prótesis de dedo índice derecho funcional, de acuerdo a las medidas de una mano promedio humana, con la finalidad de ser empleada en personas de escasos recursos que hayan sufrido la pérdida de dicha extremidad. De esta manera el usuario prolonga su calidad de vida y podrá volver a realizar sus tareas cotidianas poco a poco.

El prototipo debe ser ligero y resistente ante el movimiento, el material empleado a su vez debe de tener buenas propiedades mecánicas tal como lo son: facilidad de manufactura, baja densidad, alta resistencia y por supuesto un bajo costo, para lograr ayudar a una gran cantidad de personas.

De acuerdo a los materiales que son utilizados en la actualidad, consideramos el aluminio, titanio, fibra de carbono y polímero abs. Antes de decidir que material se utilizará se harán pruebas para determinar las características de la calidad de cada uno de los materiales y si son funcionales para la prótesis. La función de que nuestro prototipo ejerza diversos movimientos, se efectuará mediante actuadores que transmiten el movimiento a los mecanismos de la prótesis. Tomando en cuenta que el motor es el dispositivo que produce el movimiento en el prototipo.

De la misma manera nuestro circuito de control será el encargado de monitorizar y permitir el funcionamiento correcto del sistema.

## 5. - Objetivos

### ❖ Objetivo General:

El objetivo, más que hacer una prótesis funcional, es desarrollar la investigación para aprender todo lo que conlleva realizar una prótesis, vamos a conocer procesos anteriores de prótesis ya realizadas.

Nuestro entregable será el diseño/ implementación simulada del dedo índice de la mano derecha y nuestra intención es que sea lo más completo y detallado de manera en que pueda ser utilizable en conjunto con otros proyectos para un paciente con una ausencia de alguna extremidad derecha.

### ❖ Objetivos Específicos (Actividades Concretas):

- Aprender el funcionamiento y estructura del dedo índice.
- Aprender movimientos principales, fuerza aplicada, músculos y tendones involucrados
- Diseñar el mecanismo
- Seleccionar los componentes eléctricos y mecánicos y programación.
- Selección de materiales y técnica de construcción ideal.
- Realizar el prototipo del mecanismo ya ensamblado.
- Evaluar posibles mejoras.
- Crear un diseño mejorado con una estética más similar a un dedo humano.

## 6. – Metodología



## 7. – Equipos e Infraestructura

### ❖ Sensores

Para la fabricación de esta prótesis es necesario evaluar los sensores que mejor acoplan la aplicación a la que están destinados. En éste grupo entran varios modelos comerciales de sensores resistivos, piezo resistivos y capacitivos.

Como es el caso del: **Interlink Electronics FSR400.**

Se trata de un sensor resistivo compuesto por varias capas. La superior y la inferior están formadas por un material plástico recubierto, en la parte inferior de la primera capa por un material semiconductor. Este material actuará con la capa compuesta por un material conductor al ser presionado el sensor. Entre la película de material semiconductor y el conductor se encuentran unos espaciadores que las mantienen alejadas cuando no se está efectuando ninguna fuerza.

El tiempo de respuesta de este dispositivo es menor de 3 microsegundos y ha sido testado en operaciones a 85°C y -40°C, donde la resistencia interna se reducía entre el 5 y el 15%. También ha sido probado durante diez millones de ciclos, aplicando una fuerza de 10N cada 0.25 segundos, donde la resistencia interna disminuye un 10%.

### ❖ Descripción de los útiles para calibración.

Para poder realizar la calibración debemos disponer de varios elementos que nos permitan aplicar una fuerza y poder leerla. También se necesitan una serie de útiles que permitan el acople de los sensores a dichos elementos para ser calibrados.

### ❖ Útiles y acoples.

En primer lugar, se necesita un acople que permita colocar el sensor sobre el transductor de fuerza. Para tal efecto se diseña una pieza cilíndrica, cuyo diámetro coincide con el del transductor, en cuya parte superior tiene un cajeteado acorde a la forma del sensor. La forma de unir este acople al transductor de fuerza se hará mediante unos tornillos, concretamente cuatro de rosca métrica M5.

Para tal efecto se divide el cilindro que va a ser impreso en dos partes, una inferior que dispone de agujeros concordantes con los existentes en el transductor, y otra superior donde se situará el sensor. Ambas partes se unirán mediante una unión que restrinja el máximo posible el movimiento relativo entre ambas. Esta división también será de utilidad en caso de necesitar calibrar futuros sensores, ya que bastará con sustituir una de las partes eliminando la necesidad de desatornillar completamente el montaje.

### ❖ Fuente de alimentación.

Para alimentar al conjunto se precisa de una fuente de corriente. En este caso podemos optar por el modelo LABPS23023 del fabricante Velleman. Es una fuente de alimentación capaz de suministrar una tensión de salida regulable en un rango de 0 a 30 voltios en

continua, con una intensidad, también regulable, de 0 a 3 amperios, mientras está conectada a una red que la suministra 230V de corriente alterna a 50Hz[45]

#### ❖ Programa para la adquisición de datos.

Para poder leer los datos obtenidos por las tarjetas de adquisición se necesita un software capaz de hacerlo., National Instruments dispone de un programa específico denominado LabView. Este software se basa en un lenguaje de programación visual, a partir del cual se puede desarrollar un diagrama de bloques que formaría el programa encargado de la lectura. Este diagrama de bloques se traduce a la vez en un interfaz con el que interactúa el usuario cuando el programa se está ejecutando, actualizándose los datos en tiempo real.

## 8. - Índice Tentativo de la Tesis

Agradecimientos

Prólogo (Opcional)

Índice

Abreviaciones

Resumen

1. Introducción (Motivación y Justificación)

2. Antecedentes y Estado del Arte

3. Hipótesis y Objetivos

4. Sección Experimental

4.1. Materiales

4.2. Procedimiento Experimental

4.3.1. Sección 1

4.3.2. Sección 2

4.3. Técnicas de Caracterización

5. Resultados y Discusión

5.1. Sección 1

5.2. Sección 2

5.3. Discusión Global (Opcional)

6. Conclusiones y Perspectivas

Referencias

Apéndices

## 8. - Cronograma

| Actividad | Trimestre |   |   |   |
|-----------|-----------|---|---|---|
|           | 1         | 2 | 3 | 4 |
|           |           |   |   |   |
|           |           |   |   |   |

## 9. – Referencias

- *Default - Stanford Medicine Children's Health*. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2022, de <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyofthehand-85-P04195>.
- *Prótesis para dedos: la combinación de tecnología y funcionalidad*. (s. f.). Dispositivos Médicos. Recuperado 25 de septiembre de 2022, de <https://dispositivosmedicos.org.mx/protesis-para-dedos-la-combinacion-de-tecnologia-y-funcionalidad/>.
- GALÁN S. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2022, de <http://www.ciplastica.com/ojs/index.php/rccp/rt/prINTERfriendly/113/0#:~:text=2%2C3%20En%20Colombia%2C%20si,extremidad>.
- *PIP DRIVER NAKED | EMO - Especialidades Médico Ortopédicas*. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2022, de <https://www.emo.es/producto/pip-driver-naked-esp/>.
- *Prótesis para dedo*. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2022, de [https://www.manosydedos.com/index\\_sel\\_dedos.html](https://www.manosydedos.com/index_sel_dedos.html).
- *Un breve recorrido por la historia de la protésica*. (2018, 26 octubre). Amputee Coalition. Recuperado 25 de septiembre de 2022, de <https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>.
- Galán S., R. (2019, 13 diciembre). *Prótesis impresa en 3D para la rehabilitación de amputaciones digitales: presentación de un diseño mecánico* | GALÁN S. | *Revista Colombiana de Cirugía Plástica y Reconstructiva*. Recuperado 25 de septiembre de 2022, de <https://www.ciplastica.com/ojs/index.php/rccp/article/view/113>.

## **Buscadores Bibliográficos.**

Google Académico (Artículos y Patentes)

<https://scholar.google.com/?hl=es-419>

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42379/TFG-I-1623.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bases de Datos de la UANL(Artículos)

[http://www.dgb.uanl.mx/?mod=bases\\_datos](http://www.dgb.uanl.mx/?mod=bases_datos)

Ingeniería y Ciencias Exactas

<http://www.dgb.uanl.mx/?mod=exactas>

EBSCO

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/advanced?sid=ae55a538-bcad-4f1c-b66b-04d953f458fd%40sessionmgr4005&vid=0&hid=4204>

Science Direct

<http://www.sciencedirect.com/>

Scopus

<https://www.scopus.com/>

Web of Science

[http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do?product=UA&search\\_mode=GeneralSearch&SID=2DLmUI2wjRotHdXRvfF&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2DLmUI2wjRotHdXRvfF&preferencesSaved=)

EPO (Patentes)

<http://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html#tab1>

---

## **Administrador de Bibliografía**

Mendeley (Gratis)

<https://www.mendeley.com/>