

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

Propuesta de Investigación
por:
Luis Carlos Gómez Espinoza
Cesar Mauricio Alvarez Olgún
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

| | |
|--|----|
| Resumen/Abstract | 3 |
| 1. - Introducción | 4 |
| 2. - Estado del Arte | 5 |
| Antecedentes | |
| 3. - Justificación del proyecto | |
| 4. – Hipótesis | 10 |
| 5. – Propuesta | 11 |
| 6. - Objetivos | 11 |
| 7. – Metodología | 12 |
| 8. – Equipos e Infraestructura | 12 |
| 9. - Diseño del Prototipo | 16 |
| Ensamble físico final de la prótesis | |
| 10. - Conclusión | 21 |
| 11. - Referencias | 22 |

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

Resumen

Estudiamos el movimiento del dedo índice derecho , lo cual nos facilitó determinar el material necesario para la fabricación, los conocimientos previos son los estudiados a lo largo de la carrera, con la hipótesis podemos plasmar lo que creemos que se logrará con este proyecto.

Las herramientas que utilizamos son las básicas de mecánica, impresora 3D para diseño, softwares de diseño y simulación, y para la fabricación de la prótesis nos basamos en el desglose cálculos y diseños a lo largo de la investigación.

Verificaremos 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.

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.

Abstract

We studied the movement of the right index finger, which made it easier for us to determine the necessary material for manufacturing, the previous knowledge is the one studied throughout the career, with the hypothesis we can capture what we believe will be achieved with this project.

The tools we use are basic mechanics, a 3D printer for design, design and simulation software, and for the manufacture of the prosthesis we rely on the breakdown of calculations and designs throughout the investigation.

We will verify if what we thought would happen at that point in the project was achieved, and at the end of the project, seeing that everything mentioned in the hypothesis was done.

The main contribution to science is the design and study of the prosthesis, and to the community the opportunity to have a more adjustable design to the needs and budgets of each person.

1. - Introducción

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

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, 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 conocimiento adquiridos durante el estudio de este proyecto para obtener como resultado el funcionamiento de dicha prótesis.

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.
- La función de pinza que realiza este dedo junto con el pulgar, el cual 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. - Estado del Arte

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 cíbito y el hueso radio.

En la mano se pueden encontrar numerosos **músculos, ligamentos, y vainas**, donde:

.....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 cíbito). 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.

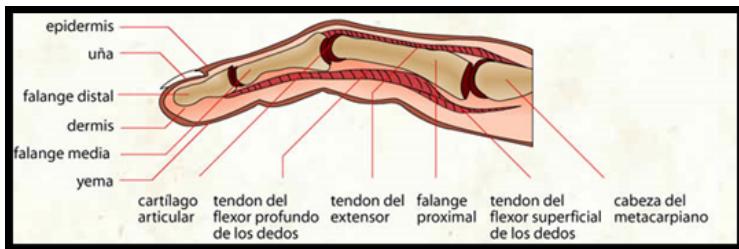


“Figura 1. Huesos que componen la mano y la muñeca”

Para este proyecto en específico, nos enfocamos 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”

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.

Esta reemplaza parte de la función y el aspecto de la parte del cuerpo que falta, a su vez, 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, donde, 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”

La pérdida de una parte del cuerpo, especialmente una tan visible como un dedo o una mano, puede ser emocionalmente perturbadora, debido a que 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 estás 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.

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).

- **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.

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. - Justificación del proyecto

Es debido a lo que expuesto y descrito anteriormente, que se dio lugar a la propuesta de trabajo de este proyecto, en pocas palabras, se pretende lograr un **diseño** tanto de carácter óptimo como funcional, a su vez, se busca 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).

Aunado a esto, 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.

Uno de los puntos más importantes a considerar tras la elaboración de este diseño, 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.

4. - 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 communis 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?*

5. – Propuesta

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.

6. - Objetivos

❖ Objetivo General:

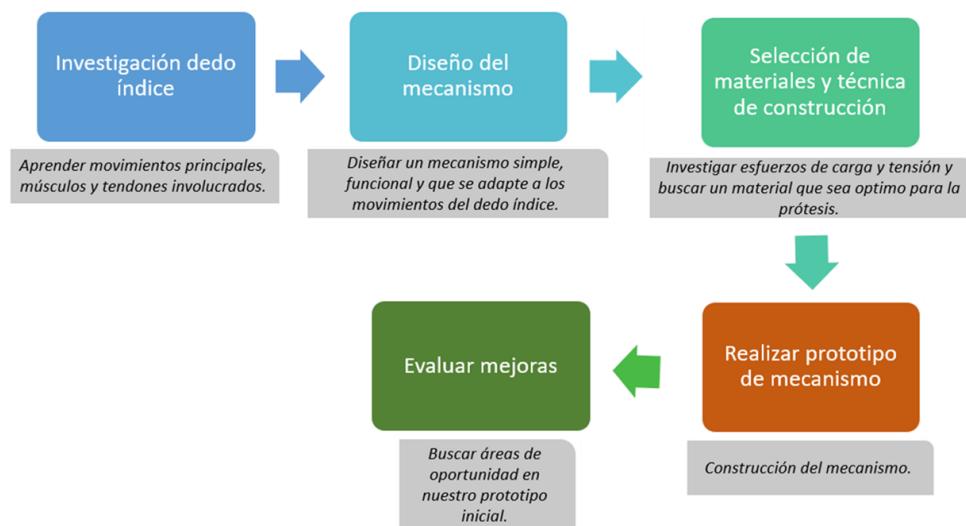
El objetivo, más que hacer una prótesis funcional, es desarrollar la investigación para aprender todo lo que conlleva realizar una prótesis, vamos a conocer procesos anteriores de prótesis ya realizadas. Nuestro entregable será el diseño/ implementación simulada del dedo índice de la mano derecha y nuestra 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:

- Aprender el funcionamiento y estructura del dedo índice derecho.
- Aprender movimientos principales, fuerza aplicada, músculos y tendones involucrados.
- Diseñar el mecanismo.
- 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.

7. – Metodología



8. – Equipos e Infraestructura

PLA

Para la impresión de nuestro prototipo utilizamos el PLA, el cual es un material que se deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, y pertenece a los poliésteres como un polímero sintético.

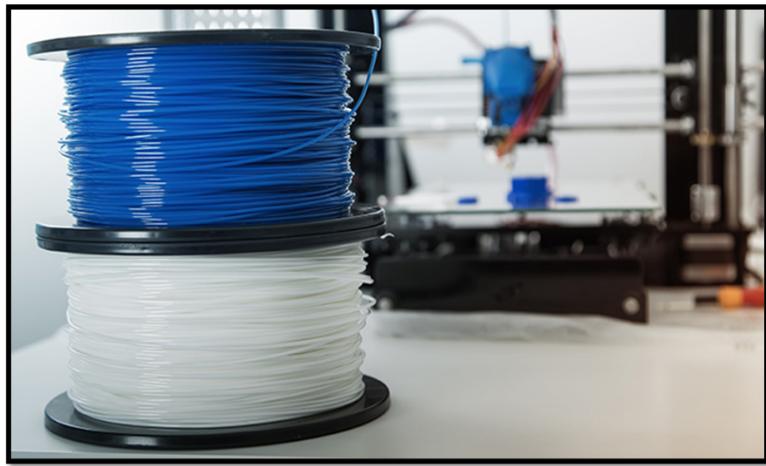
Como tal, el PLA puro se produce a partir de materias primas renovables y no se basa en combustibles fósiles, como el ABS.

El filamento PLA, ácido poliláctico, es un termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. A diferencia de otros materiales de la industria hechos principalmente a base de petróleo. Debido a sus orígenes más ecológicos este material ha comenzado a popularizarse dentro de la industria, y hemos comenzado a verlo en aplicaciones médicas y en productos alimentarios.

El filamento PLA ha adquirido gran aceptación dentro de la fabricación aditiva debido a sus orígenes a base de productos renovables. Además de ser el preferido para las personas que dan sus primeros pasos dentro de la industria 3D ya que es muy fácil imprimir con él.

Este material considerado polímero semicristalino tiene un temperatura de fusión de 180 °C, algo relativamente bajo si se compara con el filamento de ABS que puede ascender hasta los 260 °C, lo que permite que al imprimir con PLA no sea necesaria la utilización de una bandeja de impresión calefactada, y no es tampoco necesaria la cámara cerrada.

El único inconveniente es que el filamento PLA tiene mayor viscosidad lo que puede atascar el cabezal de impresión si no se tiene mucho cuidado. Figura 6.



“Figura 6. El filamento PLA en la impresión 3D”

El PLA en la impresión 3D no tiene las mismas propiedades mecánicas que el filamento ABS; el segundo es mucho más resistente y flexible.

Aunque el PLA tiene mayor resistencia a factores externos como el calor, por lo que suele utilizarse también en el sector alimentario.

Aún así, siempre se recomienda utilizar el PLA si el proyecto no tiene grandes complejidades mecánicas, ya que trabajar con él es mucho más sencillo.

El filamento PLA no tiene un post procesamiento complejo, las piezas pueden ser lijadas o tratadas con acetona si se requiere y los soportes suelen retirarse muy fácilmente.

Se puede tener un pequeño inconveniente con la primera capa de impresión por lo que se recomienda contar con cinta de adherencia para la bandeja de impresión, lo cual facilitará el desprendimiento de la pieza.

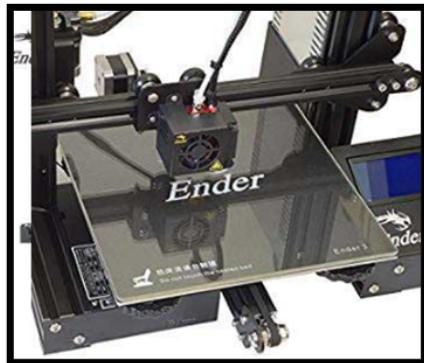
IMPRESORA ENDER SERIES 3

La impresora Creality Ender 3, está parcialmente ensamblada lo que la convierte en un gran proyecto de impresión 3D. La tecnología que utiliza es bastante estable, puede funcionar de forma continua durante 200 horas sin problemas, también permite reanudar la impresión después de que se apague y con la protección térmica fuera de control. Por ende, su impresión es estable de precisión, permitiendo un funcionamiento más suave y resistente al desgaste, lo cual brinda una reducción eficaz de ruido.

Así mismo, utiliza el mecanismo de extrusión MK8, el cual es una infraestructura patentada completamente nueva que reduce efectivamente el riesgo de taponamiento y derrame deficiente y puede imprimir casi todos los filamentos en el mercado.

Cuenta con mecanizado CNC con ranura de montaje en riel en eje Y para garantizar un posicionamiento preciso y mantener el marco sólido con la calidad de impresión de alta precisión. Y la tuerca giratoria de mano grande hace que la plataforma de impresión sea más fácil de nivelar.

| Especificaciones Técnicas | |
|----------------------------|--|
| Tecnología | Sistema FMD |
| Diámetro de la boquilla | Estándar 0.4mm |
| Temperatura de la boquilla | 255°C |
| Tamaño de Impresión | 220 x 220 x 250 mm |
| Tamaño de la Impresora | 440 x 410 x 465 mm |
| Velocidad de Impresión | 180mm/s |
| Temperatura de la cama | ≤110°C |
| Fuente de alimentación | Entrada:100-265V 50-60Hz Salida: 24V 15A 360W |
| Espesor de la capa | 0.1 – 0.4 mm |
| Velocidad de impresión | 180mm/s |
| Precisión | ±0.1 mm |
| Modo de impresión | Online /tarjeta SD sin conexión |
| Filamentos | 1.75 mm PLA, TPU,ABS |
| Formatos Admitidos | STL, OBJ, código G |
| Peso Neto | 8.0 Kg |



IMPRESORA ENDER SERIE 3V2

Es la misma experiencia anterior de la impresora 3D Ender-3, mejorada con el hardware actual que incluye una placa base de 32 bits, controladores de motor paso a paso silenciosos, una apariencia y un diseño mucho más limpio. Este modelo de impresora, posee un cuerpo integrado totalmente metálico firme y estable, con estructura integrada y diseño modular, la fuente de alimentación está oculta en la máquina, es más conveniente y seguro.

La plataforma permite que se caliente más rápido y las impresiones se adhieran mejor sin deformaciones, así verás la ultra suavidad incluso en la primera capa del modelo, la cual se encuentra equipada con una nueva placa base silenciosa de desarrollo propio. Tiene un rendimiento de movimiento anti interferente más fuerte, más rápido y estable, impresión silenciosa y operación de bajo decibelio, por lo tanto, cuando imprima el modelo por la noche, no se preocupe, no perturbar su descanso.

A su vez, Creality, agrega una perilla giratoria en la extrusora para operar cómodamente, incluye una caja de herramientas para una mejor organización. La impresora 3D Creality Ender-3 V2 cambia la pantalla anterior a una pantalla a color HD de 4.3 pulgadas, y mejora la experiencia del usuario con el nuevo sistema operativo UI, finalmente es simple y rápido de operar.

| Especificaciones Técnicas | |
|---------------------------|-------------------------|
| Modelo | ENDER-3 V2 |
| Tecnología | Sistema FMD |
| Tamaño de Impresión | 220x220x250mm |
| Material de Filamentos | PLA/PETG/TPU |
| Modo de impresión | Online o tarjeta SD |
| Sistemas operativos | Windows XP/7/8/10 y MAC |
| Tamaño del filamento | 1.75mm |
| Slicer software | Simplify3d/Cura |
| Tamaño de la impresora | 475x470x620mm |
| Peso | 7.8Kg |
| Voltaje | 115-230V / 24V |
| Altura de la Capa | 0.1 - 0.4mm |
| Precisión | ±0.1mm |

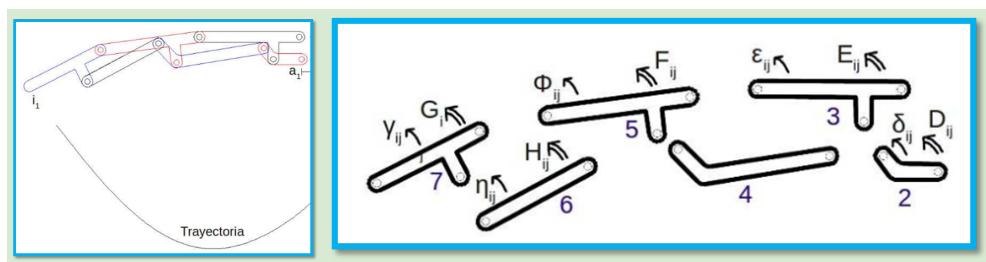


9. - Diseño del Prototipo

Las prótesis de mano actuales presentan importantes avances en comparación con sus predecesoras, como la mejora en la adquisición de señales biológicas, su interpretación, control, mejora en los mecanismos de bloqueo de los dedos, mayor antropomorfismo, materiales más ligeros y resistentes, actuadores más pequeños y potentes, entre otros, sin embargo aún no se han optimizado los mecanismos de los dedos para lograr un buen aprovechamiento de energía, por lo cual la fuerza que puede ejercer el dedo (F_s) es baja en comparación con la fuerza utilizada para flexionarlo (F_e).

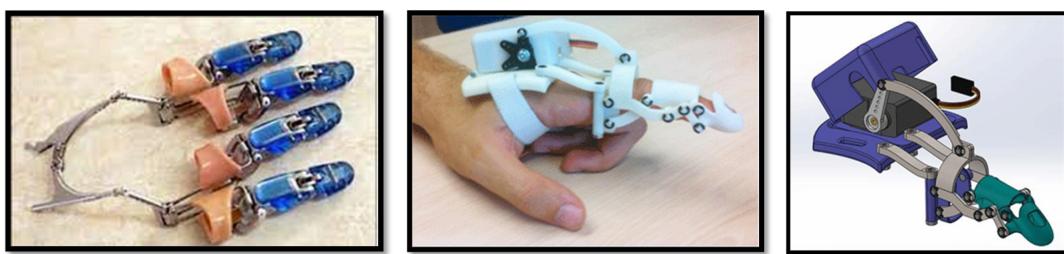
Se consideró la configuración y acomodo de las barras del dedo de la TBM HanD.

A partir de dicha configuración se realizó la síntesis y se determinaron las dimensiones exactas. Figura 7.



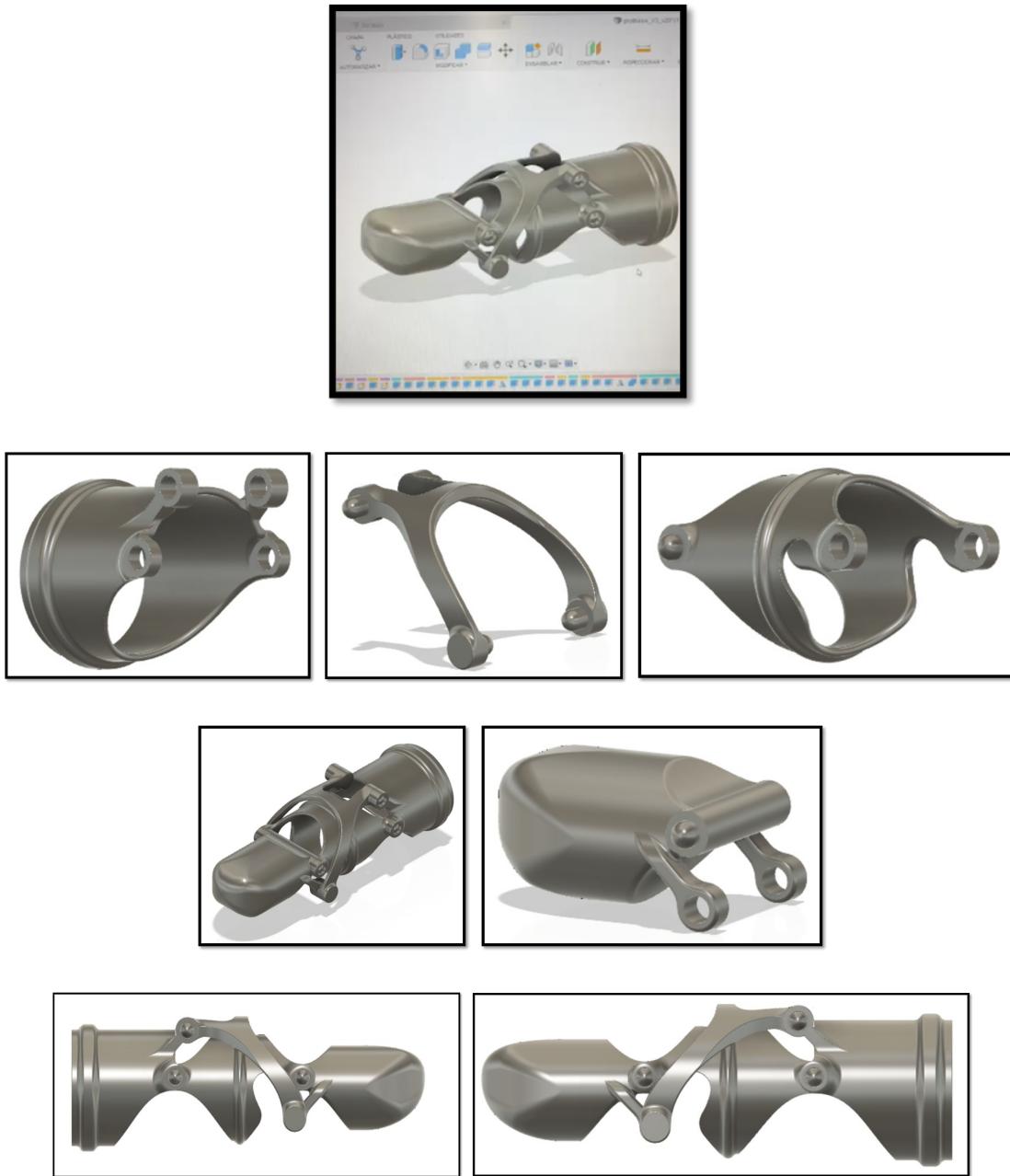
“Figura 7. Análisis del mecanismo interno de la prótesis de dedo”

A continuación, se muestran algunos diseños ya implementados en la industria, los cuales se tomaron en cuenta como apoyo para la realización de nuestro diseño, realizando algunas pequeñas modificaciones tanto en medidas, forma del recubrimiento de las barras, etc. Figura 8.



“Figura 8. Modelos base considerados para el diseño de la prótesis”

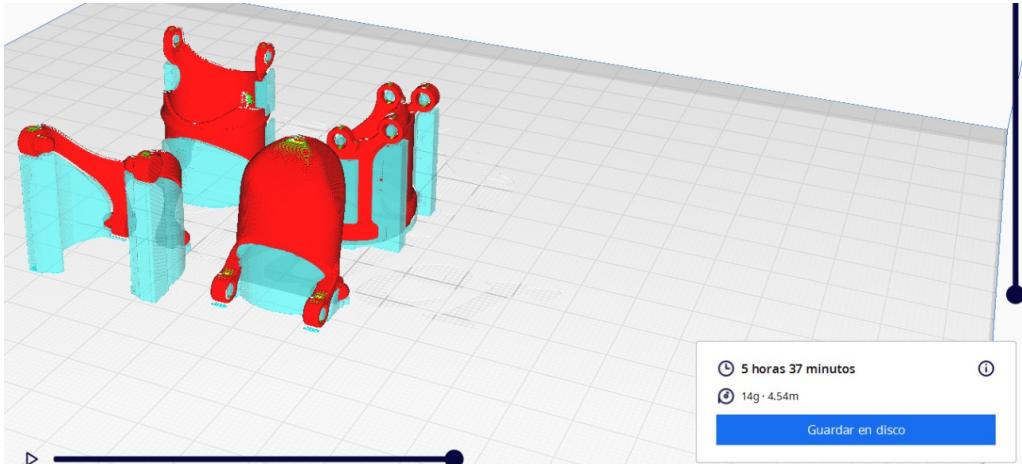
El diseño de cada una de las partes del prototipo de nuestra prótesis se realizaron en el software de CAD Fusion 360, en seguida se muestra el ensamblaje final de la estructura. Figura 9.



“Figura 9. Ensamble del prototipo en Fusion 360”

Los elementos que destacan a simple vista del modelo, son los correspondientes a:

- Anillo de sujeción.
- Mecanismo para la flexión del dedo.
- La falange proximal.
- La falange media.
- La falange distal.



Cada uno de los modelos 3D que conforman el ensamble del dedo, fueron enviados a la impresora 3D, con el fin de poder realizar el ensamble de cada una de las piezas, en la imagen anterior, se puede observar como el tiempo de impresión fue de 5:37:00.

ENSAMBLE FÍSICO FINAL DE LA PRÓTESIS

Después de casi 6 horas de impresión y varios modelos previos, este fue el resultado final: Figura 10.







“Figura 10. Ensamble final de la prótesis impresa en 3D mediante PLA”

10. - Conclusión

La creación de nuestro prototipo de prótesis de del dedo índice conllevo una extensa investigación teórica y experimental en cuanto a los movimientos del dedo índice, lo cual definiría su funcionamiento y por supuesto la elección del material más conveniente.

Desde un inicio tuvo como principal objetivo salvar vidas, nos referimos en particular a esto, porque las personas que suelen sufrir la pérdida de alguna extremidad de su cuerpo, suelen caer en depresión y comienzan a sentirse “inservibles”, es por ello que nos enfocamos en que el usuario portador, tenga esperanza y una mejor calidad de vida.

Fue un gran reto el crear un modelo el cual sea factible para ensamblar ya que hicimos previos prototipos antes de llegar al modelo final, prototipos en los cuales nos falló el grosor de las piezas y resultaron frágiles, además de una pequeña área de contacto en la parte de las articulaciones puesto que los tornillos y/o pernos que intentamos utilizar eran demasiado grandes y poco prácticos.

Finalmente nos quedamos con la satisfacción de haber aprendido y compartido conocimientos, comentarios y soluciones para llevar a cabo este proyecto, lo cual más que ser un proyecto que podamos implementar nos sirvió para aprender el valor y todo el trabajo que conlleva el realizar una prótesis, además de abrirnos a nuevas áreas de investigación en la que nosotros como estudiantes de ingeniería podamos contribuir en el ámbito biomédico para que las personas tengan una mejor calidad de vida.

11.- Referencias Bibliográficas

- *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.
- *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>.
- C., L. (2022, 14 marzo). *Guía completa: el filamento PLA en la impresión 3D.* 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/guia-filamento-pla-en-la-impresion-3d-190820192/>
- AG Electrónica. (2022, 18 marzo). *IMPRESORA 3D ENDER 3.* CREALITY ENDER. <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/E/ENDER-3.PDF>

- AG Electrónica. (2022, 18 marzo). *IMPRESORA 3D ENDER 3 V2. CREALITY ENDER*. <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/E/ENDER-3-V2.PDF>

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
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=

EPO (Patentes)

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

Administrador de Bibliografía

Mendeley (Gratis)

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