

Diseño y fabricación de una prótesis de dedo

Propuesta de investigación por:

José Juan García Martínez, Luis Alejandro Salais Meza, Fernando Trujillo Ibarra, Jorge Eduardo Ortiz Cruz ,
Aurora Nahomy Martínez Pérez , Juan Manuel Velázquez Aguilar

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, San Nicolás de los Garza, México

Supervisado por:

Ing. Isaac Estrada García

Abstract—La propuesta de la prótesis de dedo meñique se basó primordialmente en nuestra investigación para entender cómo funciona una prótesis, y luego una prótesis de dedo, por lo que a partir de ahí esperamos que con la hipótesis propuesta estos conocimientos que se tienen y se adquirirán sean reafirmados con un desarrollo exitoso de lo que se está haciendo. De momento se tiene contemplado el uso de SolidWorks como herramienta de diseño, así como un arduino y los componentes electrónicos necesarios. Los materiales en concretos aún no podemos enlistarlos todos, pero el diseño será en una impresora 3d, mientras que el resto de materiales se irán agregando según se vayan contemplando más parámetros La hipótesis la comprobaremos primeramente con los software de simulación, y finalmente al ponerse en práctica Este proyecto sirve también como una aportación para generar nuevas ideas de prótesis a gente con más recursos, así como la ayuda implícita de tener esta prótesis para llevar una vida más digna

Index Terms—prótesis, simulación, diseño, manufactura aditiva, mecanismo.

I. INTRODUCCIÓN

Las manos son las extremidades más útiles del ser humano, pues son capaces de manipular todos los objetos con los cuales interactúa. La anatomía de la mano es muy compleja, pues es capaz de realizar muchos movimientos con una gran cantidad de ejes de libertad debido a los dedos que la conforman. Se busca por medio del análisis de movimiento y esfuerzo como recrear la función de un solo dedo para el desarrollo e implementación de una prótesis. El objeto de estudio está directamente relacionado al área de interés, que en este caso es la biomecánica que estudia los movimientos del cuerpo humano desde un enfoque mecánico y biológico, además, la implementación de la prótesis se realiza en pro del desarrollo científico y tecnológico. Se plantea que el dispositivo a desarrollar sea de bajo costo, buena funcionabilidad y sobre todo que sea accesible para quien se encuentre en la necesidad de este por pérdida de su extremidad natural.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Se diseñará e implementará un dispositivo que funcione como prótesis de dedo meñique, buscando que sea de fácil manufactura y bajo costo. Dicha prótesis deberá brindar movimientos sencillos de agarre al paciente, y se desarrollará dentro de las próximas 7 semanas.

B. Objetivos específicos:

- **Investigar:** En base a los antecedentes y estado del arte, investigar sobre diferentes propuestas sobre mecanismos y estructuras para dispositivos similares al que busca desarrollar.
- **Evaluar:** Las propuestas investigadas deberán ser evaluadas y se determinará su accesibilidad (costos, manufactura) y alcance de cada una.
- **Comparar:** De las propuestas encontradas, se compararán sus características para determinar el tipo de mecanismo más adecuado, los materiales que brinden mayor facilidad y cumplan mejor la función que se busca, y los componentes electrónicos más convenientes para este uso específico.
- **Diseñar:** Partiendo de los elementos anteriores, se diseñará el mecanismo, estructura y circuito del dispositivo, haciendo uso de simuladores para cada aspecto, y asegurando que no se pierdan ni la accesibilidad de los procesos ni los costos de desarrollo
- **Manufacturar:** Una vez diseñada la prótesis, se procederá a manufacturar cada una de las partes de esta, desde la estructura mecánica hasta su mecanismo, y se desarrollarán los circuitos electrónicos a necesitar.
- **Integrar:** Finalmente, se integrarán cada una de las partes del dispositivo para tener a implementación completa de la prótesis, funcional y accesible, de forma que se pueda comprobar su funcionamiento con pruebas con diferentes entradas.

III. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

El dedo es una de las partes del cuerpo más importantes para la realización de tareas básicas para el ser humano como lo es la manipulación de objetos. El conjunto de dedos que conforman nuestra mano nos permiten tomar objetos de diferentes maneras y manipularlos según sea el caso necesario.

Es por esto que su estudio es necesario para la realización correcta de una prótesis que simule las acciones que realiza naturalmente. Conocer la anatomía y fisiología del dedo se vuelve algo vital al momento de querer recrear las acciones que este realiza por medio de algún tipo de sistema mecánico, eléctrico o electromecánico según sea el caso.

La estructura del dedo, a pesar de parecer muy simple, en realidad tiene más complejidad de la que se cree, pues

está conformada de diversos músculos, tendones y estructuras óseas que le permiten realizar sus movimientos básicos. Sin embargo, no es solamente necesario el conocimiento sobre la estructura del dedo, sino también sobre principios básicos de sistemas mecánicos que serán necesarios para modelar los movimientos del dedo.

Las prótesis de dedo datan de muchos años atrás, pues los primeros descubrimientos se realizaron en restos de momias egipcias.

La investigación de la doctora Jacky Finch, de la Universidad de Manchester, en Reino Unido estudió dos piezas, el conocido como dedo de Greville Chester, que fue encontrado cerca de Luxor, en Egipto y que data del año 600 antes de Cristo. En este caso el dedo estaba construido usando tres piezas unidas, dos de madera, y la tercera posiblemente de cuero. Mediante el uso de distintos agujeros y a través de complejos técnicas difíciles de reproducir incluso hoy día se logró unir una parte a otra.

Con el avance de la tecnología las prótesis de dedo han estado en constante evolución, pues dejaron de ser de materiales como madera, yeso o silicón y pasaron a tener un enfoque más mecánico con materiales más durables como lo es el caso de la prótesis MCPDriver que obtiene su fuerza de una combinación de enlaces rígidos de acero inoxidable impulsados por el residuo del dedo y está cómodamente anclado en la superficie dorsal de la mano.

Esta prótesis está diseñada para personas que no perdieron completamente el dedo, sino que solamente ya no cuentan con alguna de las falanges más extremas del miembro.



Fig. 1. Prótesis MCPDriver

Es notable la mejoría que han tenido este tipo de dispositivos con el avance del tiempo y de la tecnología, sin embargo todavía puede continuar la implementación de más innovaciones que permitan al usuario final tener un mejor desempeño.

IV. HIPÓTESIS

Haciendo uso de herramientas tecnológicas novedosas como lo son los softwares de simulación mecánica, electrónica, y los procesos de manufactura actuales, por ejemplo, la manufactura aditiva, se desarrollará un dispositivo capaz de devolver la sensación de movimiento a un paciente con falta de dedo meñique en su mano derecha, buscando resultados baratos, sencillos, pero al mismo tiempo, efectivos

V. PROPUESTA

Diseñar y crear un dispositivo que sea usado como prótesis de dedo meñique en la mano derecha. Mediante esta prótesis la persona que la use podrá realizar movimientos de agarre.

VI. METODOLOGÍA

Nuestro proceso de diseño de nuestra prótesis se basará primeramente en la investigación de proyectos realizados anteriormente, buscando así mejorar nuestras ideas y plasmarlas en el proyecto; por otra parte, desarrollaremos un prototipo en un program CAD, el cuál nos ayudará a tener una vista de nuestro proyecto para encontrar las diferentes fallas que se puedan encontrar. Después, daremos inicio al sistema de control de nuestro proyecto, el cuál será encargado de ser el sistema que dará movimiento a nuestra prótesis. Por último, daremos inicio a la implementación física de nuestro proyecto con el sistema de control y el armado para así obtener los resultados esperados.

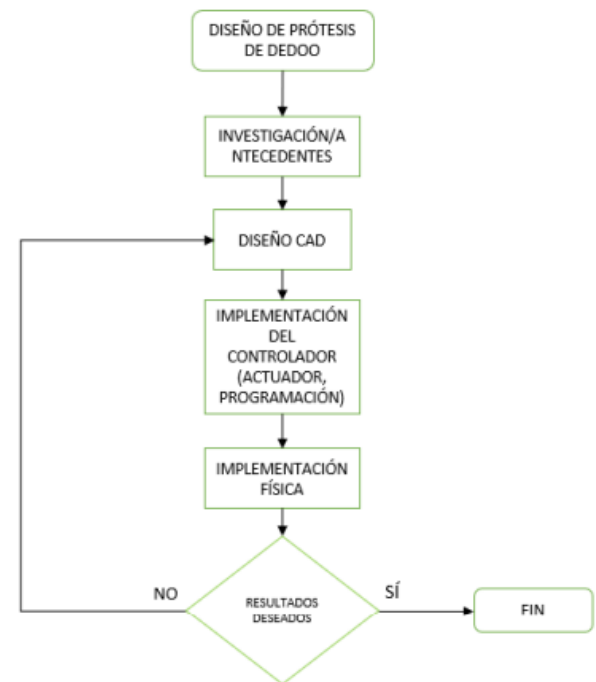


Fig. 2. Diagrama de flujo de la metodología a seguir.

VII. EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA

Para la realización de la prótesis de dedo se desarrollará primeramente en un programa CAD, el cuál será Solidworks, también para el desarrollo del sistema de operación programado utilizaremos Arduino. También, para la implementación física de las piezas de nuestra prótesis utilizaremos impresión en 3D para un mejor resultado y precisión de nuestro proyecto.

A. Desarrollo en CAD

El desarrollo de las piezas para la prótesis se llevó a cabo después de investigar acerca de la composición anatómica de la mano y los dedos para comprender que movimientos se

tenían que recrear mecánicamente y en base a esto lograr el diseño óptimo de un dispositivo funcional.

Nuestro diseño consta de 5 piezas primordiales que componen el dedo y otras 5 piezas que sirven para mejorar la apariencia estética del mismo.

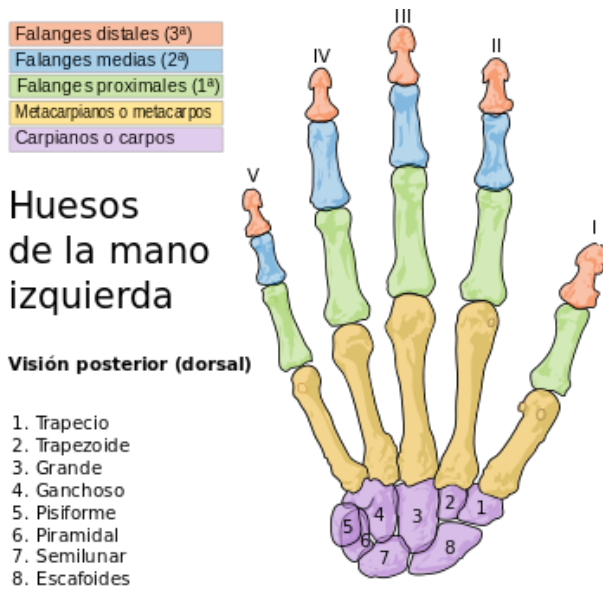


Fig. 3. Estructura anatómica de la mano.

En la figura 3 se puede apreciar como el dedo está conformado por 3 falanges principales: la proximal, la media y la distal. Entonces tenemos que generar prototipos que asimilen la forma de estos y que al mismo tiempo se puedan ensamblar mecánicamente debido a que a diferencia de un dedo real no tenemos articulaciones y ligamentos que mantengan unidas a las falanges.

Para esto realizamos primero un modelo para la falange proximal, la cual será la base del dedo.

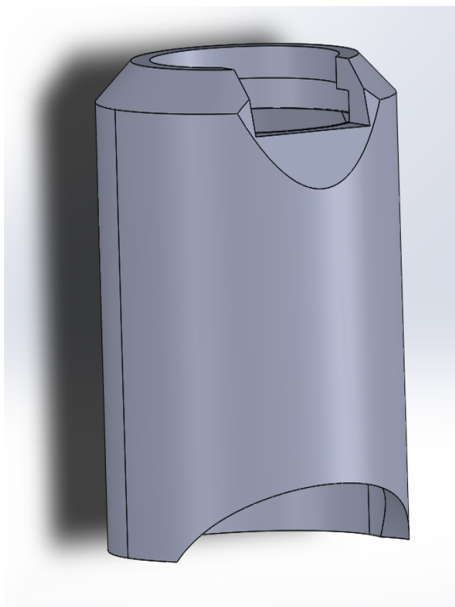


Fig. 4. Modelo 3D de la falange proximal.

En la parte inferior del modelo se encuentra una ranura que conecta a la prótesis con la extremidad del usuario y en la parte superior otra ranura que conecta con la siguiente parte del dispositivo que corresponde a la base para la falange media.

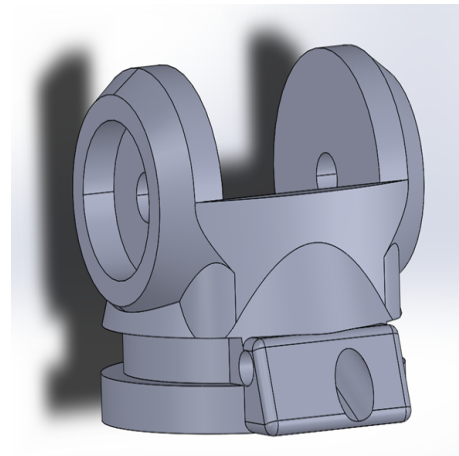


Fig. 5. Base de falange media.

Esta parte funciona como articulación entre la falange media y la proximal para que pueda existir una rotación parcial entre las mismas añadiendo un grado de libertad al dedo. Después de este componente añadimos una pieza que simule la falange media.

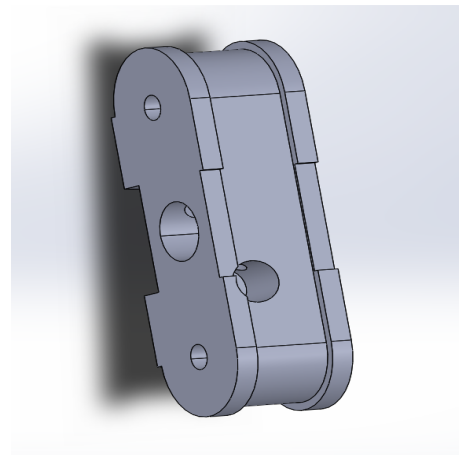


Fig. 6. Falange media.

En esta parte podemos observar distintos agujeros, los cuales tienen una función específica cada uno. Los más extremos que se colocan a los costados son para ajustar las bases de la falange media y distal que funcionan como las articulaciones, mientras que el agujero central es para la liga que funcionará como un tendón que fuerza al dedo a regresar a su posición neutral una vez flexionado.

En la figura 7 podemos ver la base de la falange distal que contiene una protuberancia la cual encaja con la falange distal (figura 8) que no tiene otra función más que ser la parte más extrema del dispositivo.

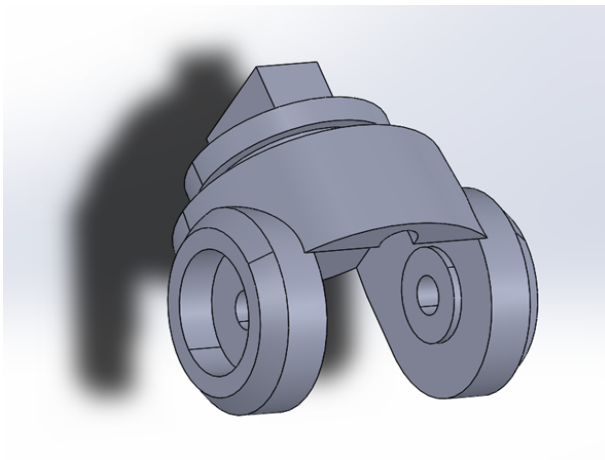


Fig. 7. Base de falange distal.

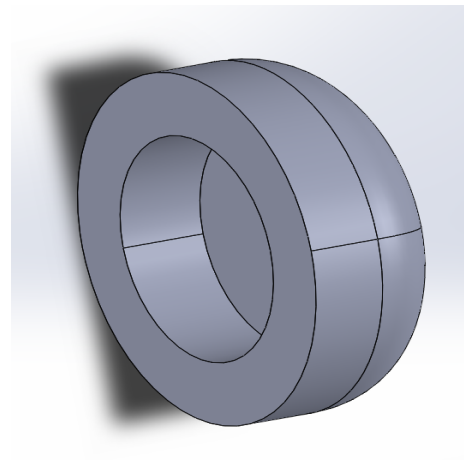


Fig. 9. Tapon.

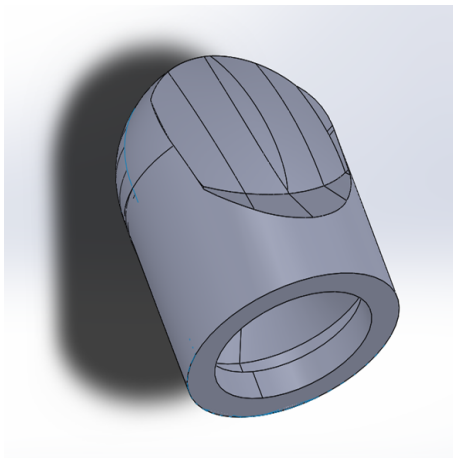


Fig. 8. Falange distal.

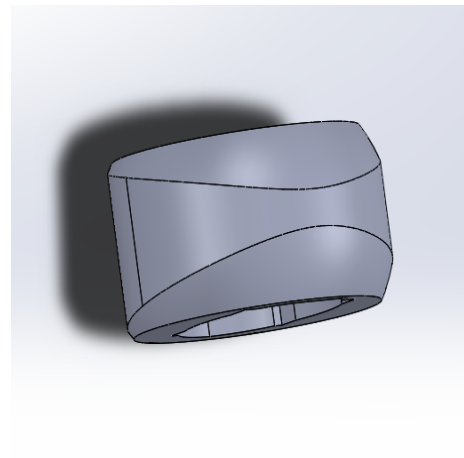


Fig. 10. Recubrimiento de falange media.

Finalmente en las figuras 9 y 10 tenemos los tapones que sirven para ocultar los ejes que se colocaran en cada una de las bases de las falanges para que éstas puedan rotar libremente, así como un recubrimiento para la falange media con el fin de darle una apariencia más similar a un dedo humano.

Ensamblando cada una de las partes individuales obtenemos una forma muy similar a la que tiene un dedo real (Figura 11) y que una vez que coloquemos la liga que funciona como tendón y el hilo de pescar para forzar la flexión tendrá la misma funcionalidad que un dedo.

B. Implementación física

Una vez que los modelos en CAD estaban completamente diseñados se prosiguió con la parte de implementación física que consiste en todo el proceso de reunir los materiales necesarios para la construcción de la prótesis para lo cual se utilizó:

- Impresión 3D de los modelos CAD
- Tarjeta de desarrollo arduino nano
- Servo motor SG90

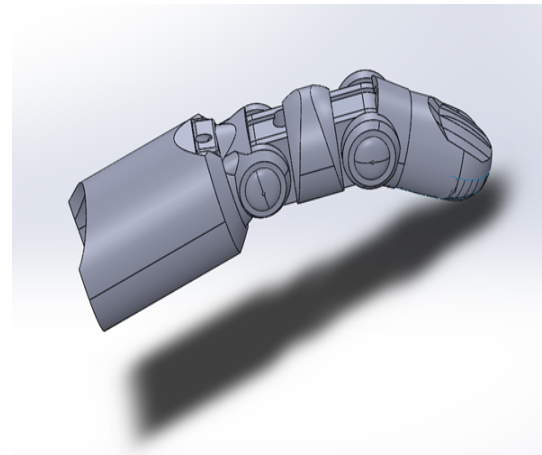


Fig. 11. Ensamble final de todos los componentes de la prótesis.

- Plantilla de cartón
- Cubrebocas
- Hilo de nylon
- Liga elástica de hule
- Mano de plástico
- clavos

A continuación se presentan las imágenes de como aconteció el armado de todo el dispositivo:

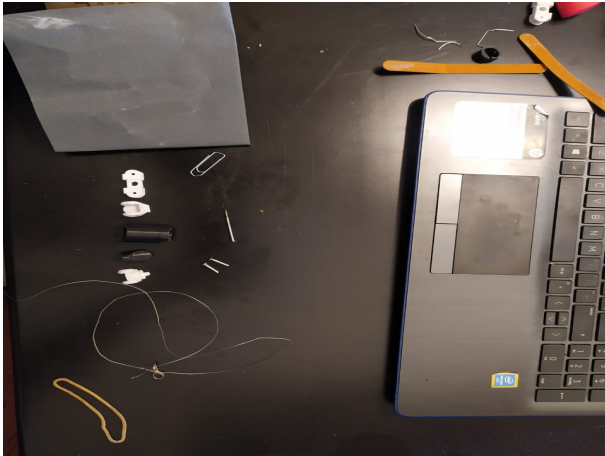


Fig. 12. Materiales para ensamblar la prótesis.

En la imagen podemos observar los modelos CAD impresos en PLA, la liga elástica, el hilo de nylon y los clavos que funcionarán como ejes para las bases de las falanges.



Fig. 13. Encaje de la falange media con las bases de la falange distal y media.

Estas piezas conforman la estructura principal del dedo ya que en ellas van amarradas la liga elástica y el hilo de nylon para realizar los movimientos flexión y extensión.

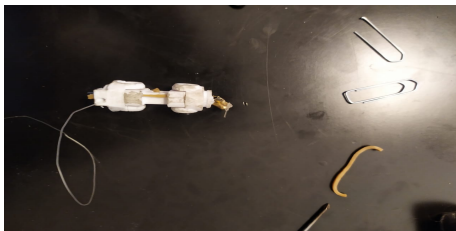


Fig. 14. Inserción de la liga elástica y el hilo de nylon a través de la estructura del dedo.

Después de esto colocamos los clavos que servirían como ejes para que pueda existir la rotación entre las distintas partes

de la prótesis, así como los tapones que cubren a los mismos para mejorar la apariencia del dedo.

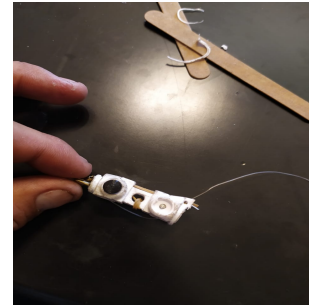


Fig. 15. Colocación de los clavos y tapones.

Después se acopló la falange proximal para ajustar la última parte del hilo de nylon y con ello concluir el ensamblaje del mecanismo que hace capaz el movimiento del dedo y que solo resten los detalles de apariencia y electrónica de la prótesis.

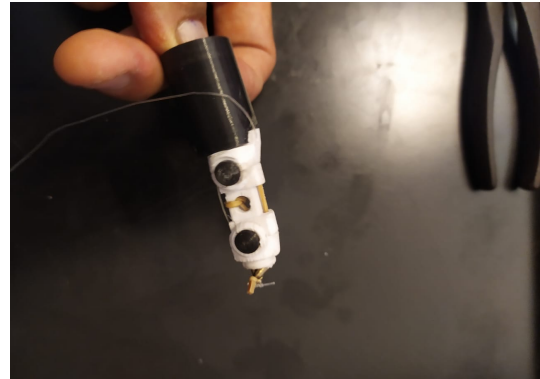


Fig. 16. Implementación de la falange distal.

Para el ensamblamiento de la electrónica en la mano de hule se utilizó una plantilla de cartón a la cual se le hicieron 4 agujeros por los cuales se amarraron cordones de cubrebocas para que estos fueran como una pulsera para la mano y se instaló el arduino junto con el servomotor sobre la plantilla de cartón.

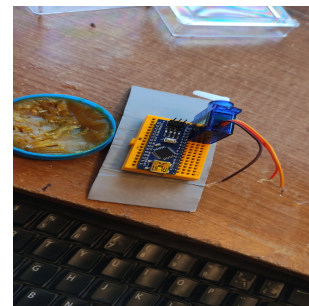


Fig. 17. Colocación de la electrónica sobre la plantilla de cartón.

Una vez que todo los componentes estuvieron listos se montó todo sobre la mano de hule para dar por terminado el ensam-

blamiento físico de la prótesis.

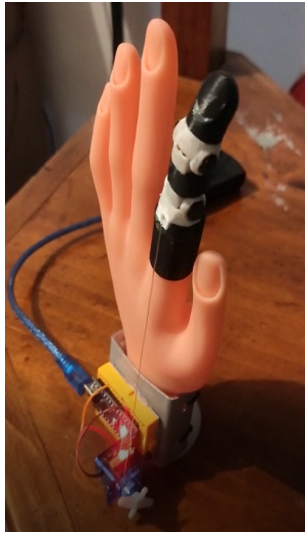


Fig. 18. Prótesis ensamblada.

VIII. CONCLUSIONES

El diseño e implementación de una prótesis de una parte del cuerpo humano implica la investigación de la estructura anatómica del mismo, así como el estudio de su biomécanica con el fin de comprender las componentes de su movimiento y las fuerzas que se ven implicadas dentro de este con el fin de recrear un sistema mecánico, eléctrico o electromecánico que sea capaz de replicar dicho movimiento de una manera natural.

El dedo desarrollado para este proyecto resultó totalmente funcional no solamente porque fue capaz de realizar los mismos movimientos que un dedo real, sino también que cumplió con el objetivo de ser económico y ligero con tal de que el usuario final pueda gozar de la recuperación de su extremidad.

El proceso de diseño por medio del software solidworks fue la parte más fundamental de este proyecto, pues son las piezas de CAD las que permiten que la parte mecánica funcionen de manera correcta, mientras que el arduino junto con el servomotor son los encargados de brindar una fuerza externa al sistema mecánico para sacarlo de sus estado de equilibrio inicial y pasar de una extensión a una flexión.

REFERENCES

- [1] Xu Yong, Xiaobei Jing, Xinyu Wu, Yinlai Jian, Hiroshi Jokoi, "Design and Implementation of Arch Function for Adaptive Multi-Finger Prosthetic Hand", Sensors, MDPI, 2019.
- [2] NP, "MCPDriver™ A robust, custom, functional solution.", 2022, <https://www.npdevices.com/product/mcpdriver/>
- [3] BBC Mundo, "Los antiguos egipcios también utilizaban prótesis", 2019, https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/02/110214_protesis_momias
- [4] Brookins N, "Dangerfinger V5 Beta with web builder", 2020, <http://dangercreations.com/2020/02/08/dangerfinger-v5-beta-with-web-builder/>