

# Diseño y fabricación de una prótesis de dedo índice funcional

Implementación

1<sup>st</sup> Brayan Uriel Grimaldo Salazar, 2<sup>nd</sup> Jesús Mario Duarte Salinas, 3<sup>rd</sup> Irving Raul Garza Escobar 4<sup>th</sup> Osiris Acosta Cisneros 5<sup>th</sup> Hernan Abif Castillo Mota  
*Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica*  
*Universidad autónoma de nuevo león*

## I. RESUMEN

Se propone realizar una prótesis que simule el movimiento de un dedo índice, se realizará en base a los conocimientos adquiridos en biomecánica, electrónica y programación, a su vez que se trabajará bajo las normas de optimización de diseño para lograr el sistema funcione correctamente. Todo esto, en base a lo propuesto en la hipótesis, una prótesis de dedo índice funcional y de bajo costo.

Como todo diseño, se trabajará primeramente con distintos softwares de diseño 3D, todo con el fin de poder simular y observar el funcionamiento correcto del mecanismo, a su vez se trabajará con la electrónica que realizará los procesos físicos que originen el movimiento, además que trabajará en conjunto de la programación.

Todo el proceso de investigación aporta nuevos conocimientos a la ciencia, el mismo desarrollo de nuevas prótesis experimentales permite a las personas con extremidades amputadas puedan recuperar, en cierta forma, el sentido del tacto.

**Abstract—This document is a model and instructions for L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. This and the IEEEtran.cls file define the components of your paper [title, text, heads, etc.]. \*CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Paper Title or Abstract.**

**Index Terms—component, formatting, style, styling, insert**

## II. INTRODUCCIÓN

El desarrollo o compra de una prótesis de dedo, ha generado un incremento en la calidad de vida de las personas que han sufrido amputaciones traumáticas al nivel del órgano de la mano, siendo los dedos fundamentales para realizar distintas tareas en el ámbito humano diario.

El comportamiento que tienen los dedos en la mano, siendo que por medio de distintas ramas de la ingeniería se puede llegar al desarrollo de esta extremidad por medio de distintos 4 materiales, y empleando conocimiento de ingeniería, como la mecánica, electrónica y sus derivado.

En este proyecto se presenta lo que es nuestro reporte, sobre el diseño para su posterior fabricación de una prótesis de dedo índice funcional, con el fin de mostrar, los pasos que se realizaron para la realización del mecanismo que se empleo para el movimiento, así como el diseño que se optó, Simulación además de la circuitería y la programación de prueba para realizar el movimiento de flexión y extensión del dedo. En primera instancia nuestro mecanismo se basa en la unión de

eslabones que formaran un mecanismo mecánico de cuatro barras para la realización de la trayectoria que realiza el dedo humano.

## III. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

En este proyecto se busca desarrollar una prótesis de dedo funcional, donde entendemos que la función de esta es sustituir de manera artificial la parte del cuerpo faltante, que en este caso es el dedo índice de la mano. Se desarrollará implementando tecnología mecánica y electrónica por lo que debemos conocer y dominar el uso de microcontroladores, así como el desarrollo de circuitos electrónicos; también saber lo básico de diseño de máquinas para poder determinar los materiales óptimos para su resistencia y funcionamiento adecuado; también es importante tener conocimiento en el área de diseño, modelado e impresión 3D, ya que esto nos será de utilidad para facilitarnos el diseño y de misma manera hacer los cambios pertinentes antes de desarrollar el modelado físico. Por último, conocer la anatomía del dedo a sustituir por la prótesis para de esta forma saber tomar en cuenta las articulaciones necesarias y sus rangos de movilidad para su extensión y retracción adecuada para su funcionamiento.

Desde la antigüedad siempre se ha buscado darles solución a los miembros faltantes de nuestro cuerpo, ya sean amputaciones, accidentes donde hay pérdida de estos o su ausencia desde el nacimiento.

El problema que se ha investigado desde entonces ha sido como sustituir de manera artificial los miembros faltantes o incompletos y hacerlos lo más funcionales posible aproximados a los miembros reales, algo que bien ha sido un trabajo muy difícil que hasta la actualidad sigue siendo un foco de investigación, desarrollo e inversión. Con el paso del tiempo y con el avance de las tecnologías se han registrado grandes avances en el ámbito de las prótesis, lo que ha permitido una semejanza cada vez mayor a las extremidades reales que se intentan reemplazar. Con la aparición de la confección de los microprocesadores, el desarrollo de tecnología mioeléctrica y la reinversión muscular dirigida han permitido grandes innovaciones en el desarrollo de prótesis, que ahora son robóticas y no únicamente mecánicas o sin ninguna otra función más que asemejarse lo máximo posible estéticamente a la extremidad faltante. Nosotros teniendo a nuestro alcance parcialmente estas tecnologías buscamos la

forma de desarrollar nuestra prótesis de dedo haciendo uso de todo esto y también investigandos.

acerca de la anatomía de un dedo para poder entender su funcionamiento y de esta manera poder asemejar un mecanismo que lo supla, automatizarlo y hacerlo lo más funcionalmente parecido a un dedo real

**Ventajas:** Suplir el funcionamiento de la extremidad faltante Ayudar en las actividades del día a día Mejorar la calidad y el estilo de vida Ayudar psicológicamente para una mejor autoestima Constante desarrollo e investigación para su mejora

**Desventajas:** Al ser algo artificial automatizado requiere mantenimientos y cuidados específicos La estética no suele ser tan aproximada a la extremidad real Los precios son elevados Su bien es funcional, tiene limitaciones Hace falta práctica para acostumbrarse a su uso Puede llegar a ser incómodo para distintas personas Solo es apto para ciertos casos de amputación o pérdida de la extremidad

**Limitaciones:** Soporte menor de esfuerzos a comparación de la extremidad real Costo de producción Uso de pegamentos u sujeciones para su fijación

Las amputaciones más frecuentes son la pérdida de dedos de las manos y de los pies, mayormente ocasionadas por accidentes laborales o domésticos. Hoy en día existe una amplia gama de prótesis, todas enfocadas en el mejoramiento de la vida cotidiana de las personas con extremidades amputadas o faltantes. En este caso, enfocándose en las prótesis de dedos, se han desarrollado múltiples alternativas para sustituir dedos, desde pérdida total, hasta fracciones del dedo, esto dependiendo de la longitud del miembro ausente. Teniendo un área de oportunidad muy amplia debido a que los dedos son una de las pérdidas más comunes y aunado a que estos son una parte esencial para el uso de las manos y nuestra vida cotidiana.

Son fundamentales para actividades como agarrar y sujetar objetos y el movimiento. Lo que hace que esto sea de gran beneficio para las personas que necesiten de este tipo de herramientas para mejorar su vida.

Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología de las prótesis. Elaboraban sus prótesis rudimentarias con fibras, y se cree que las utilizaban por la sensación de completitud antes que por la función en sí. Sin embargo, recientemente, los científicos descubrieron en una momia egipcia lo que se cree que fue el primer dedo del pie protésico, que parece haber sido funcional. La prótesis más antigua de la que se tiene conocimiento data del 950 al 710 AC y fue encontrada en El Cairo, Egipto. La cual es una prótesis para el dedo gordo de un pie que se cree que perteneció a una mujer de la nobleza antigua.

El dedo artificial fue modificado varias veces por el artesano para que se adaptara perfectamente al pie derecho de la hija de un sacerdote egipcio. Fue descubierto en un entierro



Fig. 1. Prótesis mas antigua de la historia.

femenino de la necrópolis de Sheij Abd el-Quma, en la orilla oeste del Nilo, cerca de Lúxor. Los resultados muestran que el artesano que la creó estaba muy familiarizado con la fisiología humana, su técnica es patente de la movilidad de extensión protésica y en la estructura robusta de la correa, que iba bien ceñida al pie. El hecho de que la prótesis fuera hecha de forma tan laboriosa y meticulosa indica que su propietaria valoraba la apariencia natural, la estética y también la comodidad. 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 complejas técnicas difíciles de reproducir incluso hoy día se logró unir una parte a otra. Para saber si estas prótesis primitivas fueron o no utilizadas en su día para andar, la doctora Finch realizó réplicas de los instrumentos en su laboratorio y buscó a dos voluntarios que habían perdido el dedo gordo del pie derecho para que pudieran probar si funcionaba. "El material ha de ser capaz de soportar el peso del cuerpo y su fuerza, de forma que no se parta o rompa con el uso. La proporción es importante y la apariencia ha de ser lo 7 suficientemente similar a una real para que sea aceptada tanto por la persona que lo porta como por los que le rodean", explica. Según afirma el artículo, se calcula que el dedo gordo del pie soporta el 40 por ciento del peso del cuerpo y es el encargado de la propulsión hacia delante, aunque aquellos que no lo tienen pueden adaptarse bien. La mano de Canterbury [Dunlop, 2003] utiliza eslabones mecánicos movidos directamente para actuar los dedos en forma similar a la mano humana.

El movimiento directo de los eslabones se utiliza para reducir los problemas que presentan otros diseños de manos. Cada dedo de esta mano tiene 2.25 grados de libertad, la parte fraccionaria se debe al mecanismo para extender los dedos que es compartido por cuatro dedos. Los motores de coniente directa tienen una reducción por engranes 16:1, su tamaño es de 65 mm de largo y 12 mm de diámetro.

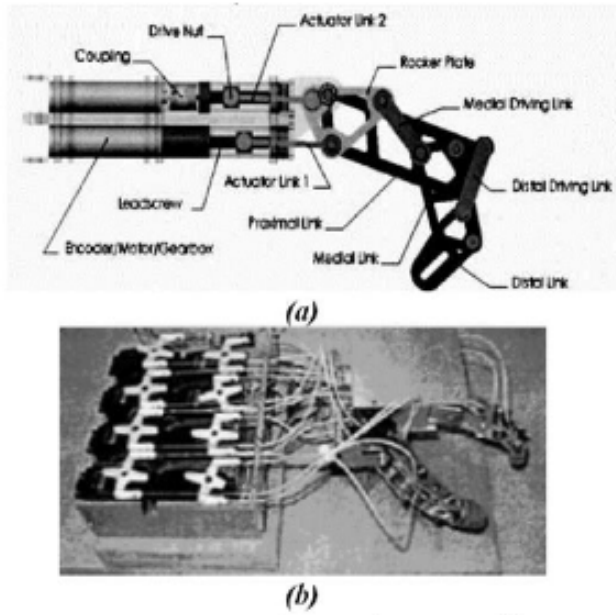


Fig. 2. Mano Canterbury

#### IV. DESARROLLO

##### A. Propuesta

Se realizará una prótesis de dedo índice funcional con el propósito de poder reemplazar la funcionalidad de un dedo, mejorando su funcionalidad y como soporte al asistir objetos, además de dar una apariencia más natural cercana a las texturas originales de la piel, protegiendo la zona amputada y mejorando la salud de la piel.

Usaremos conocimientos científicos como mecánica, física, biomecánica, diseño, entre otras para poder llevar a cabo el boceto de nuestra prótesis tomando en cuenta las medidas de un dedo índice promedio, además de los materiales necesarios y que se adecuen mejor a nuestra prótesis, haciendo los cálculos necesarios, y realizar un boceto en un CAD, para ver los esfuerzos y deformaciones que puedan presentar.

##### B. Diseño

Conociendo la trayectoria que describe el dedo índice, se inicia el diseño del dedo índice.

Por lo que para poder simular este movimiento, primeramente hay que diseñar una estructura que este hecha de tal forma que aparte de que estéticamente se parezca a un dedo, pueda realizar los movimientos correspondientes.

Lo que nuestra propuesta de diseño es la siguiente

El movimiento se realizará a por medio de eslabones con formas de barras que están conectados de tal manera que permitan realizar todo el movimiento a partir de un solo eslabón.

El movimiento se realizará a por medio de eslabones con formas de barras que están conectados de tal manera que

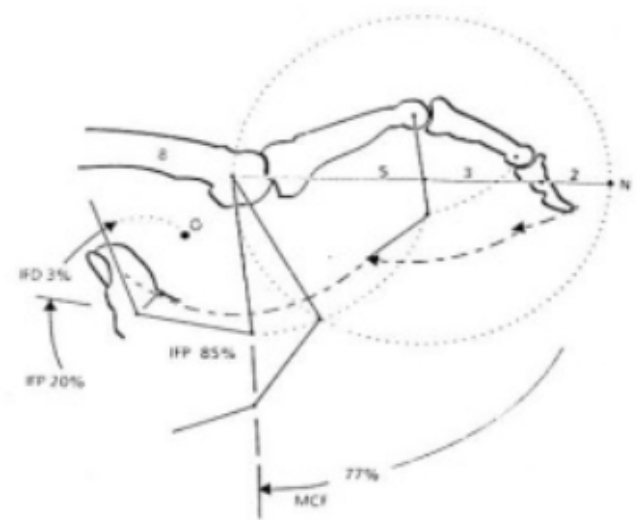


Fig. 3. Movimiento de dedo que se desea simular.

permitirán realizar todo el movimiento a partir de un solo eslabón.

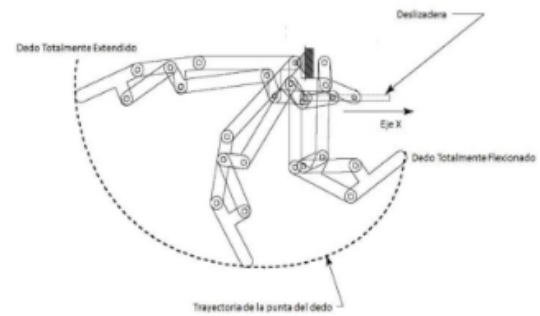


Fig. 4. Trayectoria deseada.

Es importante identificar que parte de la estructura simular al dedo, para que el resultado final cumpla con lo propuesto, diseñar un dedo índice. Por lo que dividimos los eslabones en "Links", para ayudarnos a identificar cada uno y poder ubicarlos en la estructura. Los "Links" son los siguientes con su función

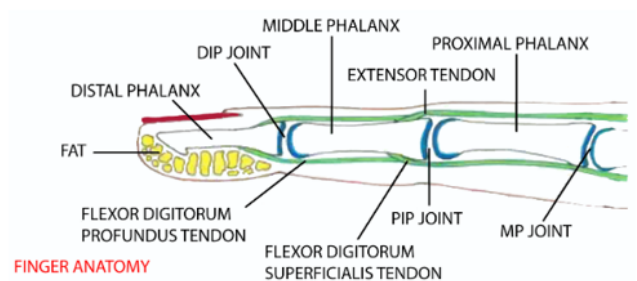


Fig. 5. Anatomía del dedo índice.

- Link 1: Falange proximal

- Link 2: Falange media
- Link 3: Falange distal
- Link 4,5,6 mecanismo de 4 barras para el movimiento por medio de servo.

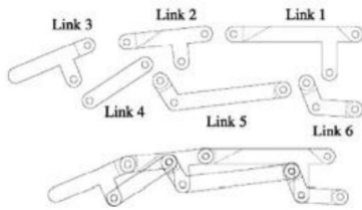


Fig. 6. Eslabones.

Una vez fijado la propuesta de diseño, haremos uso del solidworks para dimensionar los eslabones y simular el movimiento. Por lo que queda de la siguiente manera:

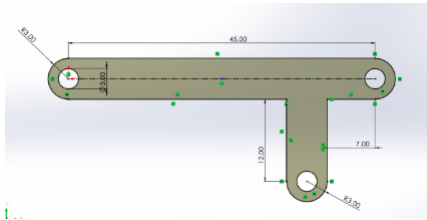


Fig. 7. Link 1 Croquis.

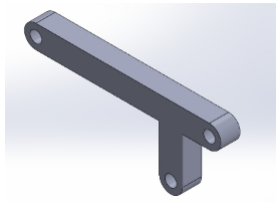


Fig. 8. Link 1 3D.

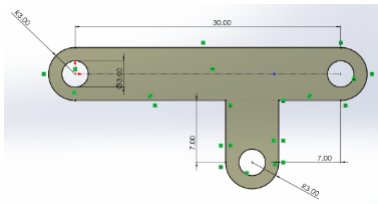


Fig. 9. Link 2 Croquis.

## V. OBJETIVOS

Se realiza, una implementación de un dedo índice funcional, en el cual se estima un tiempo en el modelado por medio software de diseño en 3D, descripción de su funcionamiento, circuitos electrónicos usado para la generación del movimiento lo mas parecido a de esta extremidad, siendo que el alcance va a ser el movimiento de cierre y apertura de este dedo, por ende, el tiempo que se espera es de alrededor de 8 semanas.

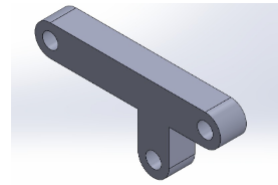


Fig. 10. Link 2 3D.

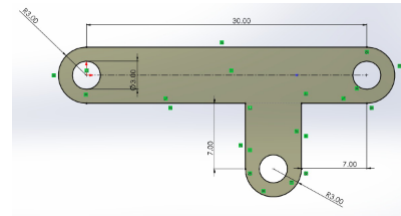


Fig. 11. Link 3 Croquis.

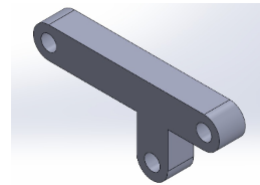


Fig. 12. Link 3 3D.

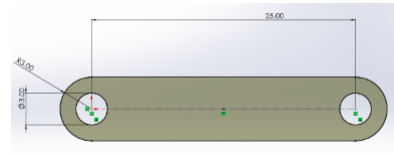


Fig. 13. Link 4 Croquis.

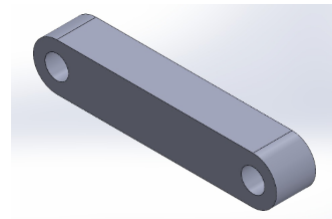


Fig. 14. Link 4 3D.

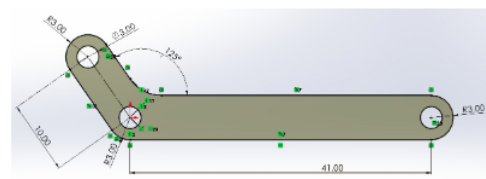


Fig. 15. Link 5 Croquis.

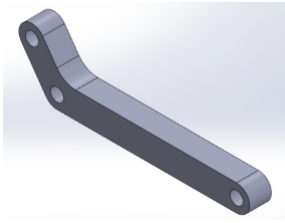


Fig. 16. Link 5 3D.

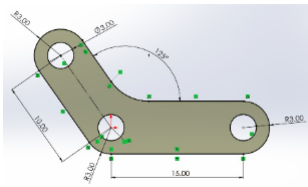


Fig. 17. Link 6 Croquis.

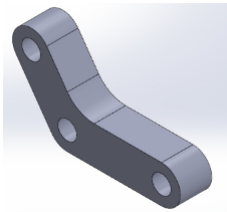


Fig. 18. Link 6 3D.

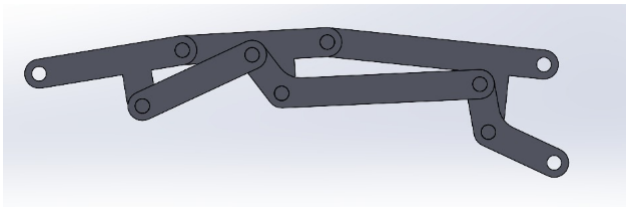


Fig. 19. Estructura extendida.

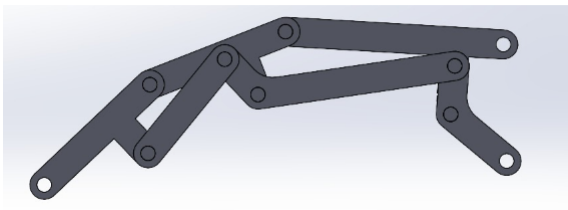


Fig. 20. Estructura flexionado a la mitad.

#### A. Objetivos Específicos

- Modelar
- Comparar
- Evaluar
- Imprimir

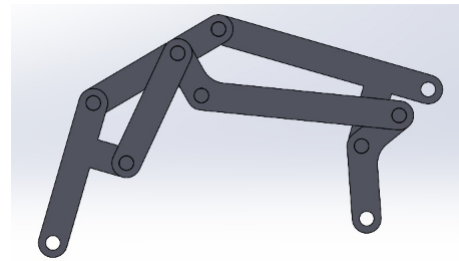


Fig. 21. Estructura flexionada.

- Examinar
- Preparar
- Ensamblar
- Programar
- Probar

## VI. METODOLOGÍA

Las actividades que tenemos planeadas por hacer siguen estando en proceso de definición, sin embargo, consideremos realizar lo siguiente:

- Realizar la investigación acerca del modelo de prótesis de dedo que queremos
- Realizar y el movimiento que queremos darle.
- Diseñar las partes del dedo en un CAD 3D como lo es SolidWorks o Autodesk Inventor. Posterior a esto obtenerlas a través de una impresora 3D.
- Investigar la información adecuada para conocer los códigos que tenemos que utilizar para lograr la manipulación del dedo deseada.
- Utilizar un microcontrolador y los componentes adecuados para realizar la parte electrónica de la prótesis.
- Realizar la implementación de la electrónica en nuestra prótesis y observar si nuestros resultados fueron los esperados.

## VII. EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA

Para que podamos representar esta idea será necesario utilizar distintos software de modelado 3D como SolidWorks, AutoCAD, Inventor Professional, entre otros. Lo importante es que la idea y concepto del movimiento pueda ser representada y simulada.

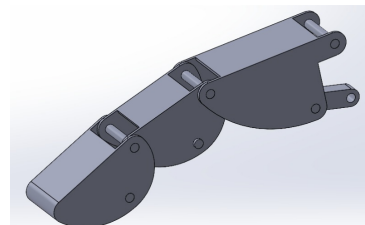


Fig. 22. Diseño final.

Como se puede observar se necesita un conjunto articulares con barras para obtener una ventaja mecánica alta, por lo que se utilizaron ese tipo de elementos para diseñar el dedo.



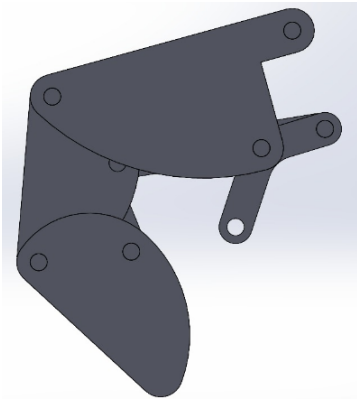


Fig. 23. Diseño final.

Ya que nuestra idea principal es manipular el movimiento del dedo por medio de un potenciómetro, se necesita transformar un movimiento rotacional en un lineal para controlar el dedo. Por lo que existen muchos materiales que podemos utilizar para la creación del dedo como por ejemplo:

- Madera balsa
- Estireno
- Cartulina Texturizada
- Acrílico

De igual forma podemos hacer uso de una impresora 3D para poder fabricar tanto la parte estética como algunas piezas específicas. En cuanto a la parte electrónica, como se mencionó anteriormente, nuestra idea es manipular el movimiento del dedo mediante el uso de un potenciómetro, por lo que mediante la programación se hará un mapeado para poder transformar la información del potenciómetro en el circuito.

## VIII. RESULTADOS



Fig. 24. Dedo indice impreso en 3d material ABS.



Fig. 25. Ensamblaje del dedo indice.

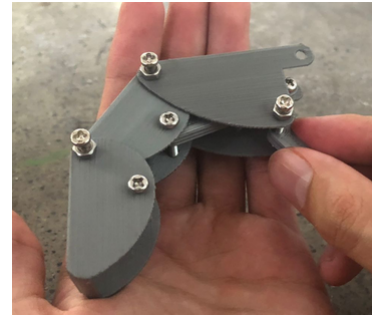


Fig. 26. Funcionamiento del dedo indice.

### A. Presentación

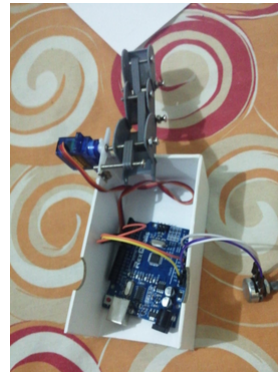


Fig. 27.

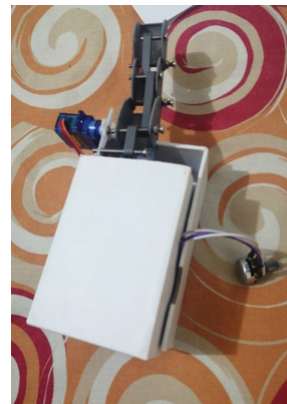


Fig. 28.

### B. Código de prueba

Esta programación puede realizarse rápidamente en Arduino, y solo se programaría un microcontrolador. Por último, la fuerza que dará origen al movimiento del dedo será un servomotor, y como se puede ver el movimiento es lineal, por lo que hay que transformar el movimiento rotatorio del servomotor en un movimiento lineal.

```

#include <Servo.h>

Servo miServo;

byte pinPot = A0;

int lectura = 0;
int angulo = 0;

void setup()
{
  miServo.attach(4);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinPot, INPUT);
}

void loop()
{
  lectura = analogRead(pinPot);
  angulo = map(lectura, 0, 1023, 180, 0);

  miServo.write(angulo);

  Serial.print(" ");
  Serial.println(angulo);
}

```

Fig. 29. Programación de prueba de funcionamiento

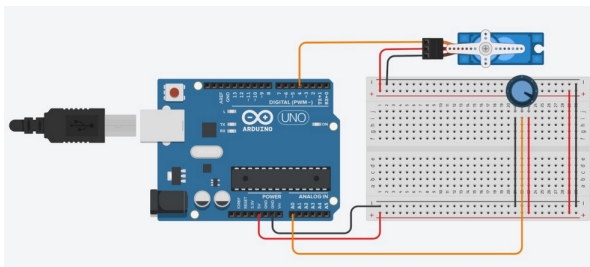


Fig. 30. Conexiones hechas en simulador de Tinkercad

## IX. REFERENCIAS

### REFERENCES

- [1] Sospedra Griñó, B. (2015). Diseño mecánico de prótesis de mano multidedo antropomórfica infractuada.
- [2] Kulkarni, T., Uddanwadiker, R. (2015). Overview: mechanism and control of a prosthetic arm. Mol. Cell. Biomech, 12(3), 147-95.
- [3] Encalada Seminario, G. A. (2018). Análisis cinemático y cinético de los mecanismos para una prótesis biomecánica de mano y construcción de un prototipo utilizando el proceso de estereolitografía (Bachelor's thesis).
- [4] Voegeli, A. V. (2000). Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Springer Science Business Media.