



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS
DE LA PRODUCCIÓN**

Proyecto de la materia:

**INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA
MECATRÓNICA**

Grupo 1

Participantes:

David Alejandro Acosta Lara

Luis Ignacio Santamaria Plúa

Tema: Arduino Prótesis Robótica

Septiembre– 2023



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el campo de la mecatrónica dentro del área de prótesis ha avanzado significativamente, brindando así más oportunidades para mejorar la calidad de vida de las personas. Uno de los avances más emocionantes es el desarrollo de las prótesis de mano robótica las cuales permiten a las personas que han perdido alguna de sus extremidades pueda recuperar su funcionalidad y autonomía.

Para nuestro proyecto se nos presentó la oportunidad de trabajar con Giuseppe Israel Escandón López, tecnólogo en electrónica, vecino de un familiar de un integrante del proyecto. Reside actualmente en Portete. Nos comentó sufrió de una amputación bilateral de manos a la altura de la muñeca, lleva 11 años desde su accidente, sin embargo, nos comentó que el no ve su lesión como una discapacidad en su vida, nos comentaba que dentro de su vida diaria usa prótesis, pero entre sus disgustos es que muchas de ellas la fuerza de agarre no es muy práctico o realista para su gusto, desde ahí podemos ir viendo cual sería un posible problema el cual podemos ir ayudando a nuestro usuario.

Esperemos al final poder ayudar a el Sr. Escandón con cualquier disconformidad que el sienta con alguna de las prótesis que el presenta o poder encontrar alguna otra que le pueda facilitar más, ya sea su trabajo o su vida cotidiana

2. INVESTIGACIÓN

2.1. *Investigación secundaria*

El uso de prótesis en las personas es una práctica que viene desde la antigüedad con el fin de darle más habilidad a las personas faltas de extremidades o alguna parte del cuerpo, especialmente si de esta dependía la cantidad de trabajo que realizará en su día a día.

Las personas suelen perder partes anatómicas ya sea por enfermedades o accidentes o ya sea por defecto al nacer, por lo que estas personas necesitan de prótesis si desean realizar trabajos que superen sus capacidades físicas. Aunque hay quienes saben sobrellevar la situación y se acostumbran a vivir sin importar su situación.

(Recuperado de: Holmes, P. J. B., Titulado, P., Higgins, y. D., & Fisioterapia, M. en. (s/f). ¿Usar o no usar una prótesis? Amputee-coalition.org.)

Una prótesis es una herramienta y solo será útil para quien tiene la habilidad y voluntad de usarla adecuadamente. No siempre estas son cómodas, al contrario, las personas no suelen usarlas porque estorban, son incómodas y al final suelen hacer mejor el trabajo haciéndolo ellas mismas antes que usando la prótesis proporcionada.

(Recuperado de: Prótesis robóticas. (2021, mayo 5). Actualidad Sanitaria.

<https://actualidadsanitaria.com/ciencia/protesis-roboticas/>)

No obstante, es válido recalcar que la construcción de una buena prótesis será de ayuda para las personas que deseen aumentar sus habilidades de trabajo, corregir sus posturas, aumentar la autoestima. Las prótesis no son otra cosa más que herramientas que ayudan a realizar trabajos que una persona por sí misma no puede; las prótesis no reemplazan anatomía humana.

Actualmente ya se encuentran en estudio y experimentación muchos tipos de prótesis mecatrónicas de extremidades, y uno de esos estudios se llevan a cabo en la

universidad de Johns Hopkins, donde se prueba el uso de dos brazos que se conectan directamente al cuerpo y estos se mueven por impulso eléctrico y neuronal. (Recuperado de: Penalva, J. (2015, mayo 21). Los brazos y piernas robóticas con sensores y controlados por la mente son una realidad. Xataka.com; Xataka. <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/los-brazos-y-piernas-roboticas-con-sensores-y-controlados-por-la-mente-son-una-realidad>).

Este utiliza electrodos para captar impulsos eléctricos, nerviosos y musculares que se encuentran en la zona donde se colocará la prótesis. Pero aún se continúa en investigación y prueba para el uso de más de 100 sensores más y que así el usuario pueda sentir temperatura, presión, tacto, etc.

2.2. Investigación primaria

Gracias a las entrevistas podemos conocer más al usuario dentro del cual aprendimos a que el mismo, es muy autosuficiente, seguro de sí mismo, realiza sus labores diarias independiente de la que sea sin importar lo complicada, a pesar de su lesión no ve que problemas al momento de realizar su vida cotidiana nos comentaba que simplemente “realiza las cosas de manera diferente”, utiliza varias prótesis, cada una para diferentes situaciones y usos, a veces incluso realiza sus labores sin prótesis ya que algunas siente que le estorban o no están lo suficiente adaptadas para él.

ENTREVISTA:

1. ¿A qué se dedica?

Tiene un taller que modifica carros, tuning de los carros. Utiliza prótesis respecto a lo que va a hacer y usar, son herramientas específicas que le ayudan a utilizar de forma puntual las cosas necesarias para realizar su trabajo de manera normal y eficiente.

2. ¿Actualmente usted utiliza alguna prótesis?

Las prótesis que usa son acoplables al brazo, son para realizar trabajos específicos en su jornada laboral. No es un reemplazo de mano/brazo, sino más bien una herramienta que ayuda a realizar trabajos puntuales.

3. Si es que sí, ¿Hay algo que está prótesis no cumpla o sienta que le falte?

En realidad, no ya que son prótesis que sirven para trabajos específicos. Hay prótesis muy generales, y aquellas son inútiles: Intentan abarcar todo en uno. Intentan hacer de todo pero al final no sirven para nada. Como estética son bonitas, pero en cuanto a funcionalidad son inútiles.

4. Nos comentó anteriormente que no presenta dificultades en su vida cotidiana a pesar de su lesión, realiza sus actividades de manera diferente simplemente. ¿Nos podría comentar algunos ejemplos de cómo alterna sus actividades? (Con lo que respondió en la pregunta anterior) ¿Alguna de estas actividades que usted menciona le resulta tediosa o más extensa de lo que usted desearía?

Él puede realizar sus trabajos de manera normal, puede llevar su día a día comúnmente. Hay ciertas actividades que se le complican un poco más, pero está acostumbrado. Lleva su diario vivir de forma normal, sin complicaciones.

- 5. *De antemano me disculpo si esta pregunta es algo personal, siéntase en la libertad de no responder si le molesta. ¿Alguna vez ha sido o siente que ha sido discriminado por su lesión?***

No ha sentido discriminación. Al contrario, las personas cuando lo conocen y lo ven realizando tareas normales a pesar de su accidente se admiran por cómo lleva las cosas, por lo normal que lleva su situación. Sus amigos y familiares lo ayudaron a sobrellevar la situación al principio, y poco a poco se fue acostumbrando a realizar actividades cotidianas.

- 6. *Para finalizar nos gustaría también saber por parte de usted ¿Qué es lo que le gustaría o cree que lo podríamos ayudar con la prótesis que diseñaremos? Una prótesis funcional debe ser para trabajos específicos, que sea cómoda y liviana. Una prótesis que sea muy general no servirá para nada.***

Gracias a esta entrevista aprendimos que existen variedad de prótesis que sirven de herramientas a las personas con movilidad reducida. Pero muchas de estas prótesis están hechas para intentar reemplazar una extremidad humana, lo cual termina provocando que esta sea inservible para el usuario.

Son más útiles aquellas que se usan para trabajos específicos, sirven de herramientas que el usuario usa con mayor facilidad a diferencia de aquellas prótesis que intentan abarcar todo en uno.

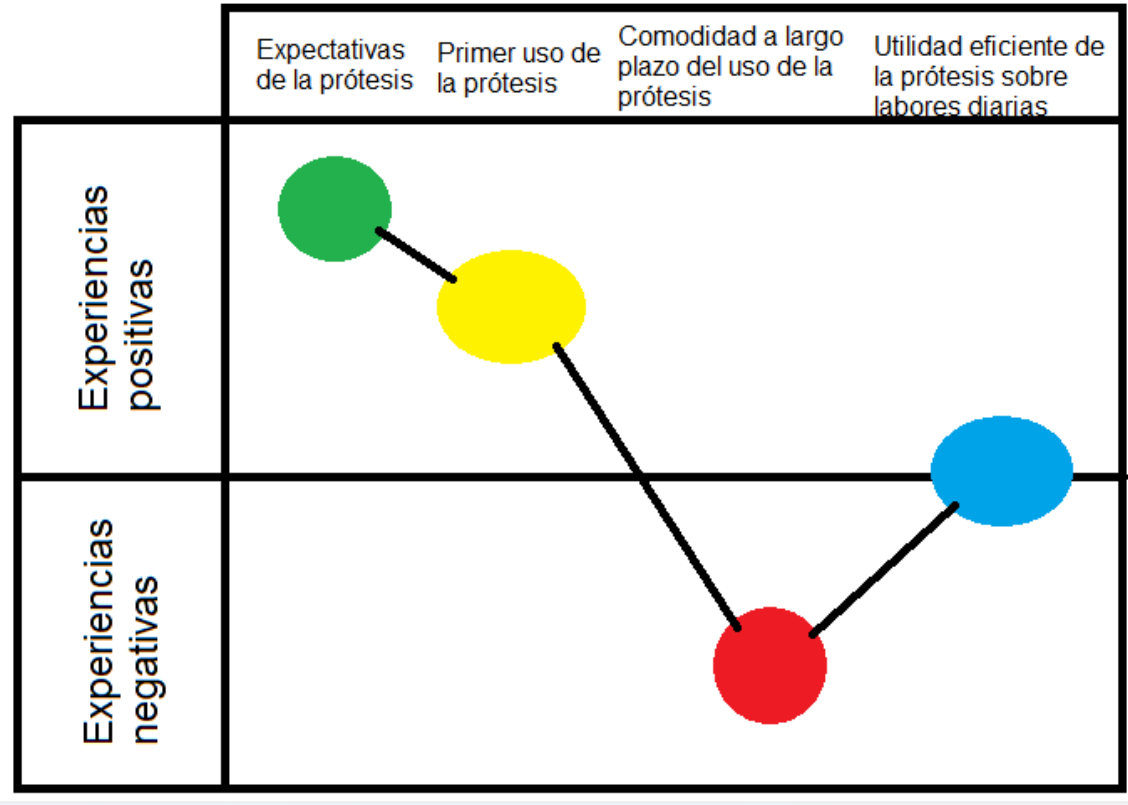
También aprendimos que la fuerza proporcionada por estas prótesis depende del tipo de motor que tenga dentro, en este caso, deben tener servomotores normales (No micro servomotores) para poder ejercer una fuerza considerable a la mano a diferencia de los micro servomotores.

Las Shield EMG no son la herramienta adecuada para una prótesis debido a que la señal que capta y envía es muy inestable, además de que no es para nada práctico usar con electrodos y tener que conectar 3 cables al usuario cada vez que desee usar la prótesis.

EVIDENCIA:



2.2.1. Mapa de experiencia de usuario

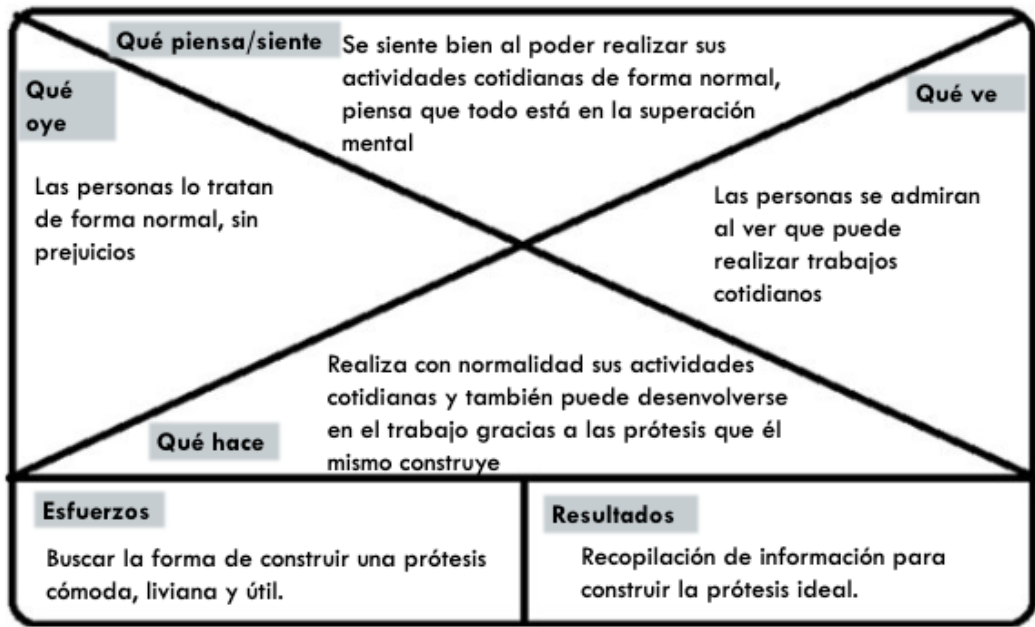


2.2.2. Mapa de empatía

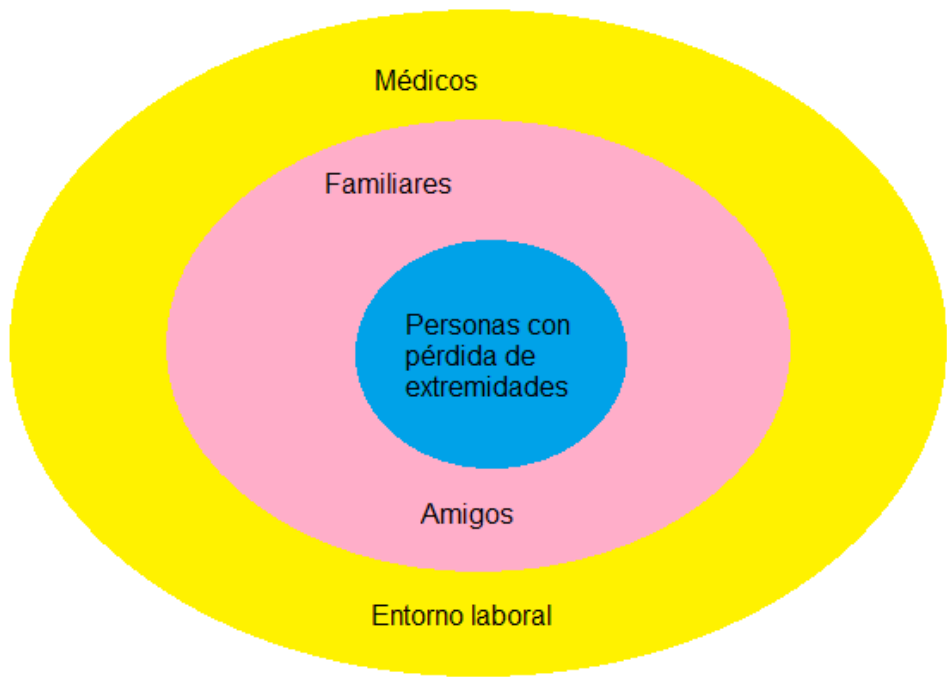
Gracias a las entrevistas hechas al usuario en cuestión se pudo analizar dentro del mapa de empatía y pudimos analizar que el usuario es una persona muy capaz, además de ver que no

se da por vencido debido a su lesión, día a día demuestra a el mismo y a los demás que no tiene problemas a realizar ninguna actividad en su vida cotidiana o laboral.

MAPA DE EMPATÍA



2.2.3. Mapa de actores



3. DEFINICION

Pudimos gracias a haber conocido y entrevistado al usuario definir ya que el como tal el indica que no presenta dificultades o problemas con su lesion, ademas que posee varias protesis en su dia a dia, asi que decidimos ir por otro angulo hacia la definicion del problema, analizar dentro de su rutino lo cual se le haga tedioso o le consuma mucho tiempo, despues de todo una protesis es utilizada para la ayuda del usuario, facilitarle la vida.

El usuario puede realizar las tareas de la vida diaria de forma normal, por lo que sería más conveniente realizar una prótesis cuya finalidad sea ayudar en un trabajo de agarre para maniobras simples pero prácticas.

Para esto necesitaremos algunos servomotores, sensores para colocar en el brazo del usuario y registrar las acciones deseadas, lo que el usuario indico es que le gustaria que con la protesis aguantas mucho peso y que no le puedan quitar de las manos lo que el tenga, por lo tanto necesitaríamos hacerlo de un material suficiente para que no se deforme y asi mismo que los motores resistan.

Como limitaciones tenemos que debido a que solo se llegara al nivel de prototipado, la funcionalidad es lo esencial, sin embargo la capacidad de levantar objetos suficientemente pesados como el usuario requiere se necesitaria mayor fuerza lo cual en este caso no se podria debido al costo de produccion de un elemento o elementos como el requerido, sin embargo se puede idear una funcionalidad sencilla de como se debe proceder un prototipo de protesis. Ademas de eso indicamos que se necesita un material resistente que no se deforme, esto tambien constaria de una limitacion de material.

Juzgaremos en como la protesis da una respuesta positiva o negativa en terminos de movilidad y comodidad, en la validacion concluiremos el recibimiento del proyecto si el usuario se siente comodo con esta protesis y que tan eficiente en cumplir su objetivo, agarrar y soltar objetos.

4.IDEACIÓN

Brainstorming:

- Prótesis que utilicen sensores para detectar la forma y el tamaño de los objetos. Esto permitiría a la prótesis agarrar objetos de forma segura y eficiente.
- Prótesis que sean capaces de adaptarse a diferentes tipos de agarre. Esto permitiría a la prótesis realizar tareas más complejas, como escribir, tocar un instrumento o manipular objetos pequeños.
- Prótesis que sean ligeras y cómodas de usar. Esto haría que las prótesis sean más atractivas para las personas que las necesitan.
- Protesis que utilice sensores musculares. Esto permitiria que se utilicen los musculos y su actividades como una dirreccion de cuando cerrar y abrir el agarre.

Relaciones Forzadas:

- Prótesis que utilicen la fuerza de la naturaleza para agarrar objetos. Por ejemplo, una prótesis que utilice la energia eolica producida por el movimiento del usuario cuando camina o corre para cargar el dispositivo de agarre
- Prótesis que sean controladas por el pensamiento. Esto podría hacerse utilizando sensores que detecten la actividad cerebral.

ALTO IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> • PROTESIS CON SENSORES MUSCULARES 	<ul style="list-style-type: none"> • PROTESIS CON SENSORES QUE DETECTEN FORMA Y TAMANO • PROTESIS QUE SE ADAPTE AL OBJETO • PROTESIS CONTROLADO POR PENSAMIENTO
BAJO IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> • PROTESIS QUE SE RECARGUEN CON ENERGIA EOLICA 	
	BAJO ESFUERZO	ALTO ESFUERZO

Elegimos la protesis controlada por movimientos musculares ya que esta idea a comparación de las demas requiere menos esfuerzo y sin embargo mantiene su alto impacto, además de esto debido a nuestro limitado conocimiento sobre proyectos mecatronicos debido a ser una materia introductora, en terminos simples, es la más realista en terminos de creación. Algunas otras ideas como protesis controladas por pensamiento requieren conocimiento sobre interacciones neuronales y como convertirlos en señales, asi como una protesis que se adapte de forma es necesario un conocimiento mas mecanico o conocimiento sobre un material maleable. Es por esto que nuestro prototipo es el más prometedor.

5.PROTOTIPADO Y VALIDACIÓN DE BAJA RESOLUCIÓN

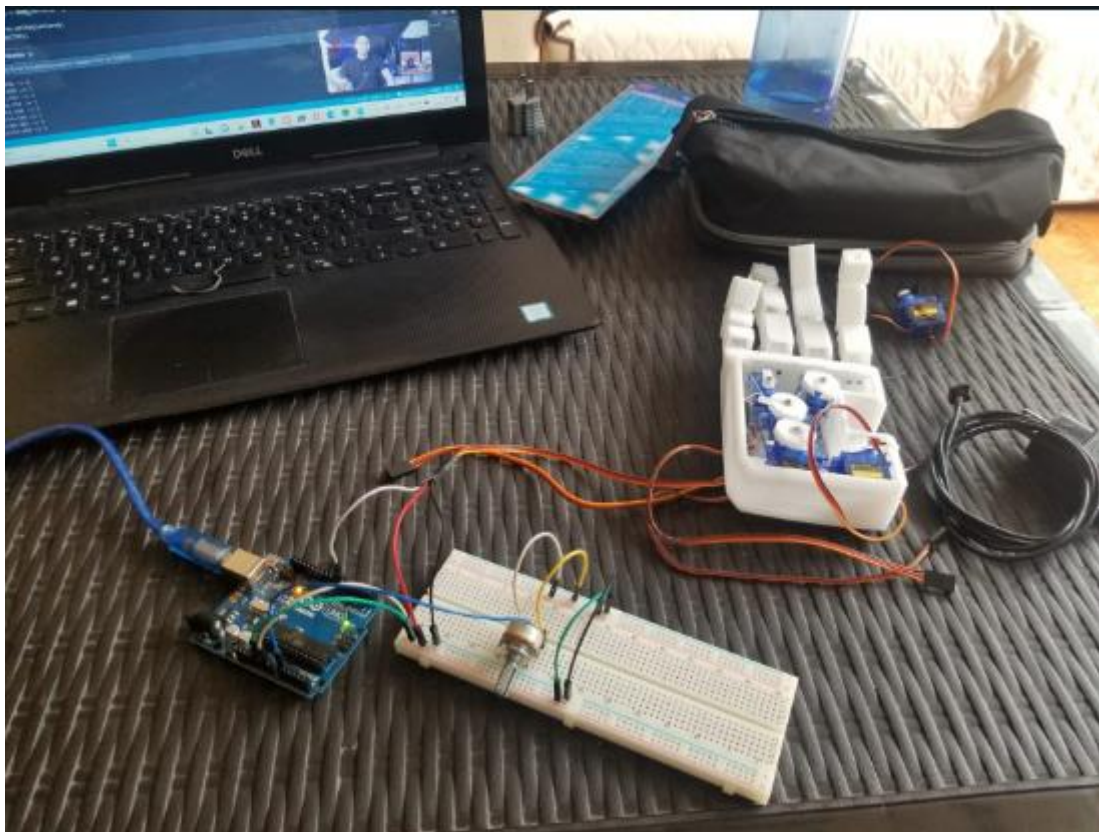
En esta sección se deberá presentar evidencia de los prototipos de baja resolución realizados para cada una las ideas elegidas (en caso de tener más de una). Para cada prototipo se debe incluir la sig

Nuestro prototipo de baja es un mockupm, describiendo como planeamos que resulte la interaccion usuario-protesis, con la cual al recibir estimulacion muscular por parte del usuario esta informacion se envíe al arduino y consecuentemente al circuito y mano con lo cual el usuario recibido una respuesta de la mano en este caso con los deseado por parte de los servomotores, accionando una seña o contraccion de dando la ilusion de agarre y de soltar.



Dentro de la parte electrónica, conectamos 5 servomotores con los cuales generaran el movimiento de la mano, como verán este caso estos, podran moverse según la cantidad de movimiento dirigido por parte de un potenciómetro.

Vídeo de prototipo de baja resolución: [vídeo prototipo baja.mp4](#)



En la imagen se muestra la prueba de servomotores con un potenciómetro. Esto se realizó para comprobar que las poleas dentro de la prótesis se muevan correctamente y también para corroborar que cada servomotor funciona de manera óptima y eficiente.

Con esta prueba realizada podremos asentar las bases para continuar con la parte electrónica y computacional del proyecto.

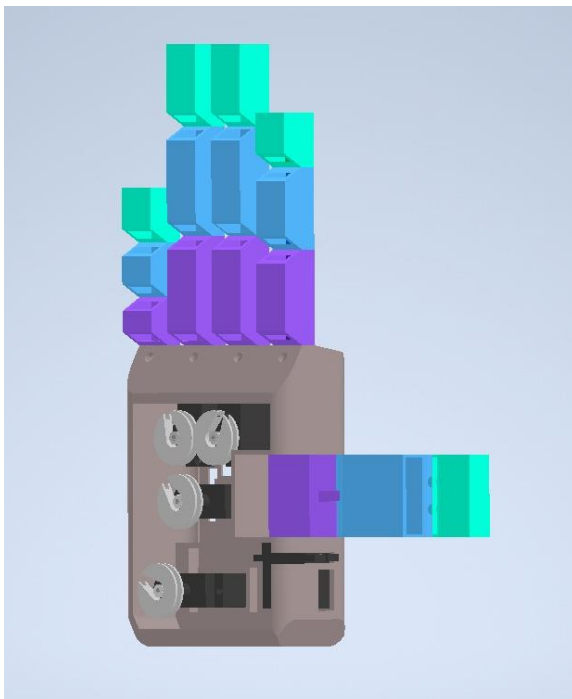
6. PROTOTIPADO Y VALIDACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN

Nuestra propuesta de prototipo de alta resolución está basado en una prótesis de mano, controlado mediante impulsos causados por la tensión del antebrazo, capaz de ayudar al usuario a levantar y soltar objetos con mayor facilidad, dentro de esto

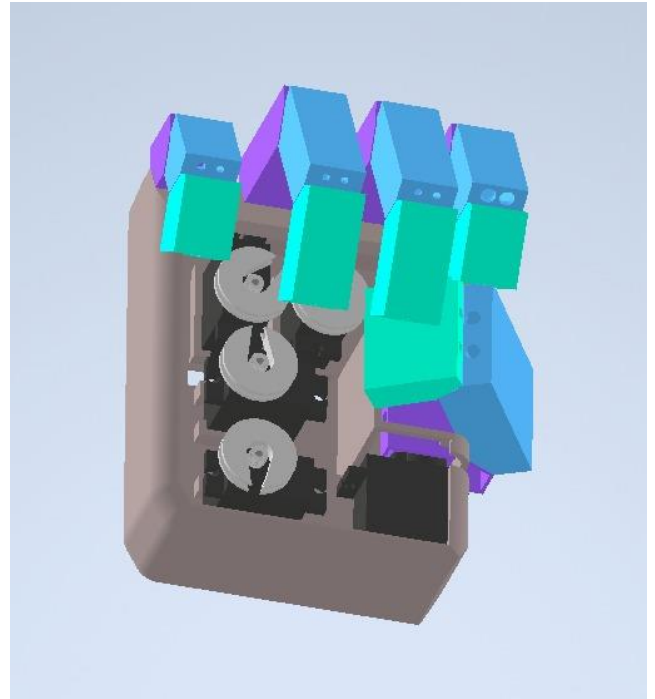
Descripción del Prototipo:

El Prototipo que se desarrollo fue una prótesis de mano con un total de 23 piezas mecánicas dentro de la misma, además de eso se incluyó 5 servomotores, un Arduino, protoboard, 3 electrodos, 6 caimanes y un shield EMG.

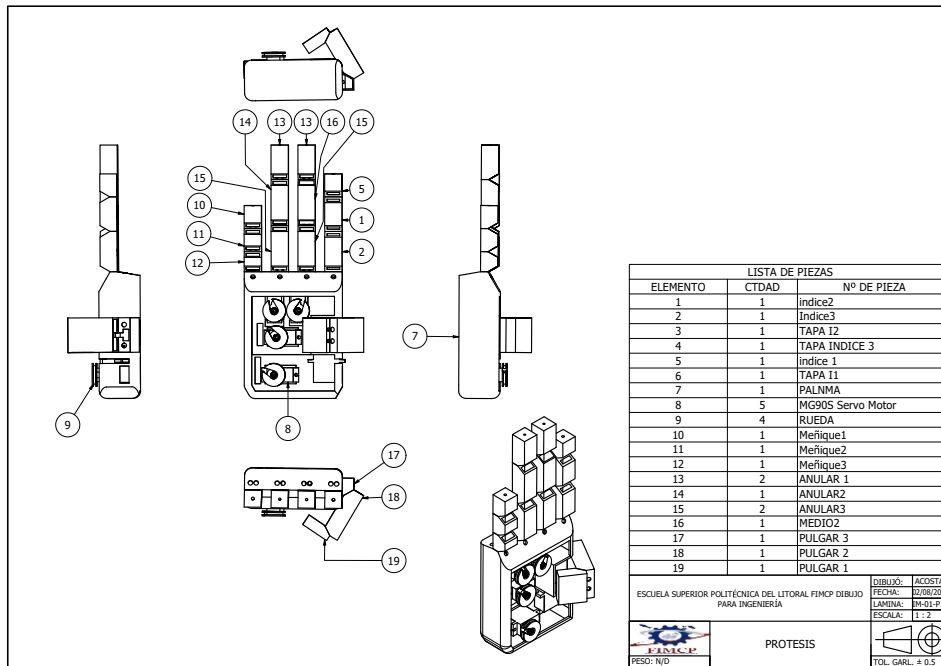
La idea del prototipo para ayudar al usuario es que se le permita más fácil el sostener objetos por su propia cuenta de manera más sencilla, sin tener que recurrir a ayuda o métodos más complicados, la idea era que por medio de la electrodos conectados a 3 puntos en su antebrazo, el primer punto debe ser conectado a la mitad del musculo, el segundo electrodo en el punto final del musculo, y por último el tercer electrodo se conectara en una superficie del antebrazo no muscular, de esta manera los electrodos mandan una señal al Shield EMG, el cual registrara y procesara estas señales para poder enviárselas a Arduino, el cual a su vez le indicara a cada servomotor(cada uno por separado) que gire, tensando la cuerdas que sujetan a los dedos, logrando que se puedan cerrar y abrir.



Vista de prótesis ensamblado en Inventor
("Mano Abierta")



Vista de prótesis ensamblado en Inventor
("Mano Cerrada")



VISTAS ISO E-VISTA ISOMETRICA DEL ENSAMBLE DE PROTOTIPO (PLANO “PROTESIS”)

Como se puede apreciar en el Plano “Prótesis” se puede apreciar cada elemento que se contiene dentro del prototipo, en este caso el único desestimado es el Servomotor usado para referencia de la posición dentro de la palma, además de ubicación de la pieza “Rueda”, y los componentes eléctricos los cuales se presentaran más adelante.

Parte Mecánica:

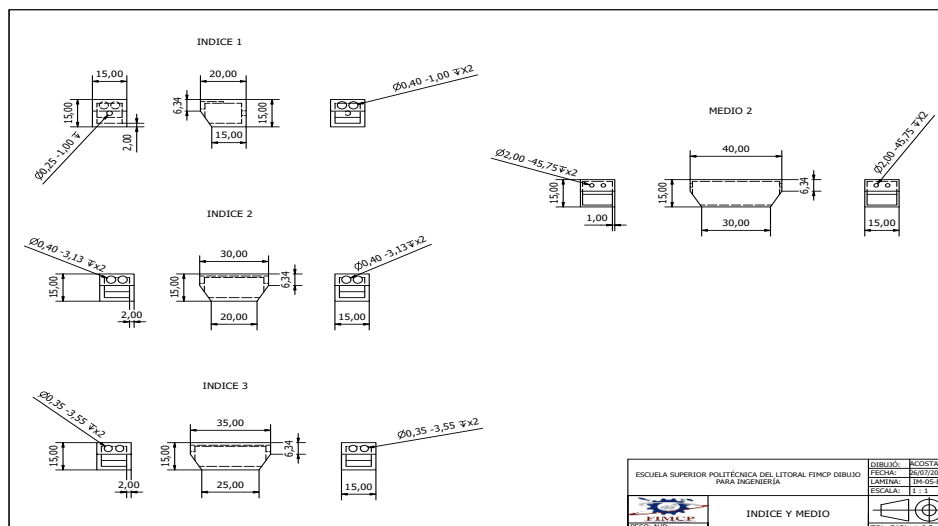
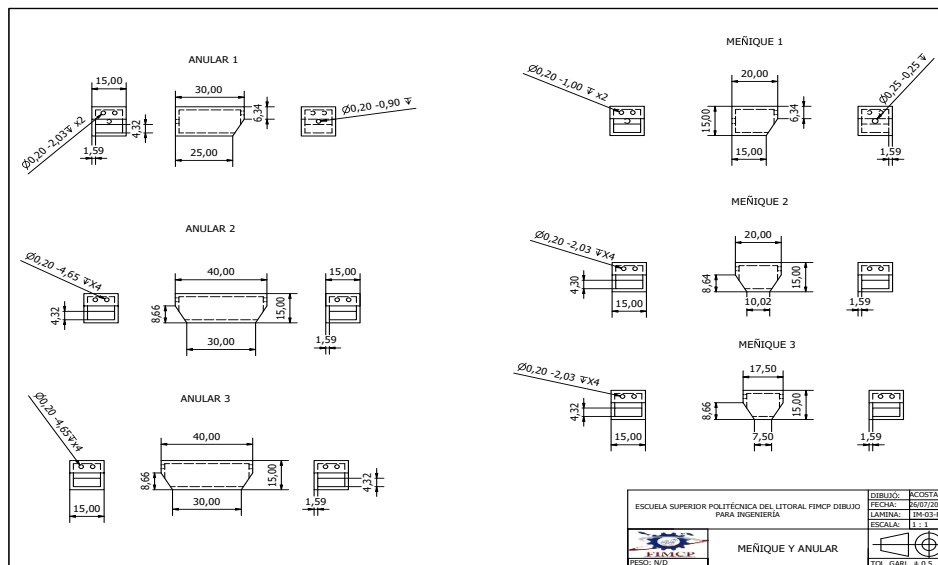
La prótesis está dividida en 2 partes importantes:

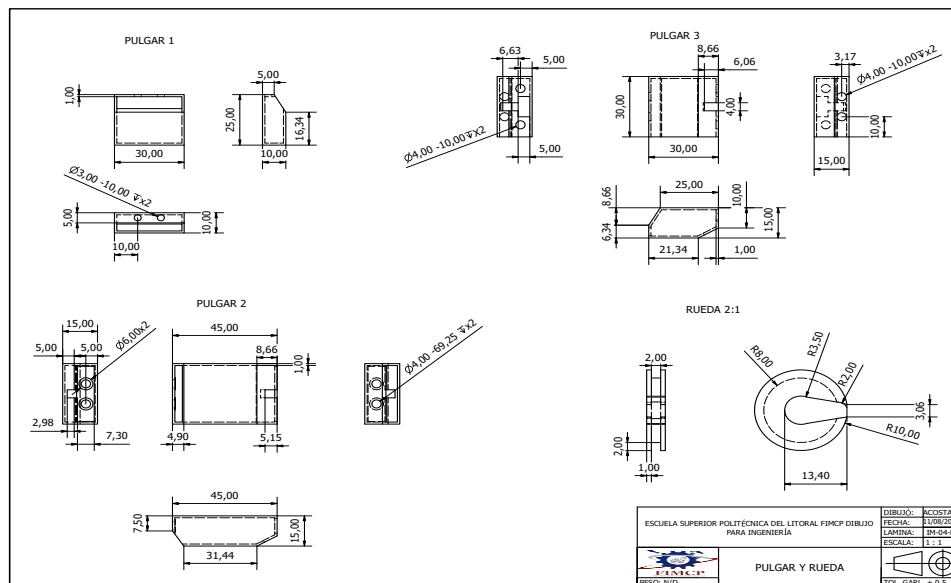
- Palma
- Dedos con Poleas:
 - Dedos:
 - Meñique
 - Anular
 - Medio
 - Índice
 - Pulgar

Dedos:

Basándonos en la anatomía de la mano, se conoce que “Cada dedo consiste en un hueso de la mano y tres huesos de los dedos, falanges.” (1). Gracias a eso se desarrolló cada dedo dividiéndolo en 3 partes así mismo, de esta manera tendrá una retracción total y así poder agarrar y soltar de manera libre.

Estas piezas no tienen las medidas, debido a la anatomía de la mano sabemos que cada uno de estos dedos y falanges contienen una diferente longitud y a su vez un propósito a esto, en este proyecto nos basamos en la mano de uno de nuestros integrantes de referencia para las medidas.





VISTAS ISO E DEL DEDO PULGAR Y POLEA (PLANO "PULGAR Y RUEDA")

¿Cómo se logra mover cada sección de estos dedos?

Principalmente el propósito de esta propuesta es que el usuario pueda usar estos dedos para agarrar y soltar. Así que hay que analizar cómo se sueltan y como se agarra con los mismos

¿Cómo se lograr agarrar?

Utilizamos lo más común en una sección mecánica, poleas, a través de estas podemos transmitir una tensión de un lado a otro. Cada falange contiene una abertura de cada extremo, a excepción del falange superior de cada dedo el cual solo contiene en un extremo, por el mismo se inserta una cuerda no elástica y se amarra por un extremo a través de un agujero que de 2 mm que cada falange superior contiene, el otro extremo se conectara a una "Rueda" que nos permite con el servomotor, girar a la rueda y a su vez tensando la cuerda que permitirá que en un movimiento de cascada cada falange se una generando la acción de agarre. Estas falanges se unen debido a que cada uno en sus extremos tiene un corte de 60 grados, a excepción de las falanges superiores los cuales solo lo contienen en un lado, los cuales se cerrara este espacio gracias a la tensión generada

¿Cómo se lograr soltar?

Cada falange contiene 4 agujeros de 2 mm en cada extremos, a excepción de los falanges superiores de cada dedo que solo contiene 3, por los cuales se conectara una cuerda nilón elástica, que mantendrá dos propósitos, el primero es mantener los dedos juntos, el segundo propósito, es que al atarlos a la palma la cual contiene 16 agujeros para este propósito, los cuales generaran al introducirlos por estos orificios y atarlos, se da la posibilidad a los dedos de poder tensarse lo suficiente para agarrar y a su vez en el momento en que se libera la tensión, vuelva a posición inicial, en este caso sería la mano relajada,

Parte Electrónica-Control:

Conexión Electroodos-Shield:

Al momento de adquirir la Shield EMG nos proporcionan también 3 electrodos de colores distintos: verde, amarillo y rojo, todos conectados a un mismo cable para poder conectar con el puerto de la shield.

El electrodo rojo se lo coloca en medio del músculo a practicar, el verde se lo coloca al final del músculo y el amarillo en una zona no muscular o hueso.

Una vez conectados los 3 electrodos se conecta el cable a la Shield EMG.

Conexión Shield-Arduino:

La shield EMG tiene 5 conexiones: +Vcc, GND, -Vcc, Signal y GND.

Los tres primeros, +Vcc, GND y -Vcc, se los coloca con un par de pilas de 9V c/u. Estas pilas se las conecta en serie, el puerto positivo de esa conexión va dirigido a +Vcc, el puerto negativo va a -Vcc, y en medio nos sobra el cable que conecta una pila con la otra. Este cable es el GND, el cual va conectado al puerto GND. *Si se realiza incorrectamente la conexión la Shield EMG se quemará, explotará y/o se dañará.*

Luego, el puerto Signal va conectado a un pin analógico del Arduino como el pin A0.

Por último, el otro puerto GND va conectado al GND del Arduino.

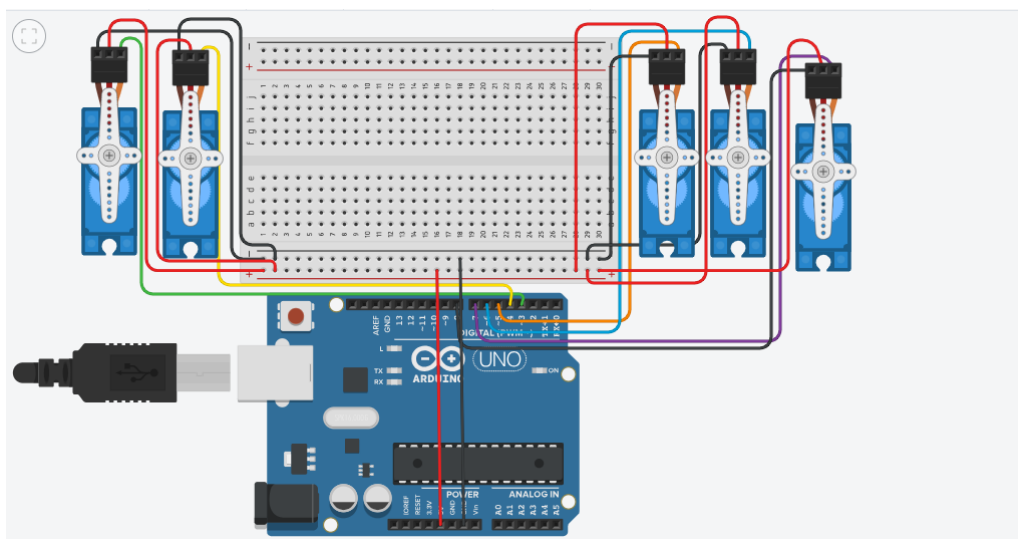
En el Arduino sólo deben estar conectados a la Shield el GND y el Signal, el resto de pines preferiblemente dejar intacto **con respecto** a la Shield.

Conexión Servomotores-Arduino:

Arduino nos proporciona una conexión de 5V y GND, ambas las usaremos para los servomotores: Conectaremos los 5V y el GND a la protoboard y las usaremos para conectar los servomotores, y los cables de señal irán conectados a pines digitales de Arduino.

De esta forma, la información que recibiremos de la Shield EMG al Arduino la podremos trabajar conjuntamente con los servomotores.

Tinkercad de la conexión de los Servos:



Codificación:

```
#include <Servo.h>
Servo myServo1;
Servo myServo2;
Servo myServo3;
Servo myServo4;

#define THRESHOLD 400
#define EMGPin A0
// #define ServoPin 6
const int led = 7;
const int maximo = 115;
const int minimo = 53;

//Servo servo1;

void setup() {
  Serial.begin(115200); //115200
  myServo1.attach(6);
  myServo2.attach(5);
  myServo3.attach(4);
  myServo4.attach(3);
  pinMode(led, OUTPUT);
};

void loop() {
  int value = analogRead(EMGPin);
  Serial.println(value);
  if (value > THRESHOLD) {
    myServo1.write(minimo);
    myServo2.write(maximo);
    myServo3.write(maximo);
    myServo4.write(minimo);
    digitalWrite(led, HIGH);
  } else {
    myServo1.write(maximo);
    myServo2.write(minimo);
    myServo3.write(minimo);
    myServo4.write(maximo);
    digitalWrite(led, LOW);
  };
  delay(100);
};
```

Hipótesis:

Nuestra hipótesis es que, al conectar los electrodos al antebrazo de nuestro usuario, estos le permitan al usuario poder sostener objetos sencillos y soltarlos de manera simple por medio de las tensiones musculares que el usuario genere.

7. Validación:

El día en que visitamos al usuario y presentamos nuestro prototipo, debido a su conocimiento en electrónica nos dio unas pautas para mejorar. Se nos indicó que el proyecto funciona sin embargo tiene ciertas limitaciones por el hecho de los materiales y construcción, los servomotores al ser básicos no generan una fuerza suficiente para tensar lo necesario, a su vez los electrodos, aunque cumplen su funcionamiento, tienen usos limitados debido al gel que se usa y se suelta. Además de eso nos mencionó que para un siguiente diseño tomar un diseño más práctico que visual, debido a que nos basamos en lo que viene siendo la anatomía humana a diferencia de ir por el otro lado y mostrar como una garra

Video de usuario usando el prototipo:
<https://drive.google.com/file/d/1KgEsitXx3KZERFI5PK7Y1GDejaVQsGcJ/view?usp=sharing>

8.CONCLUSIONES

Nuestro propósito de proyecto era generar una serie de ideas dirigidas a la ayuda, en este caso prótesis, para la gente discapacitada. Encontramos a un usuario que, lamentablemente, perdió ambas manos en un accidente. Sin embargo, nuestro usuario no presentaba ninguna molestia o inconformidad. Se superaba cada día por su cuenta, diseñando sus propias prótesis o buscando soluciones sin ellas. Luego de una observación y análisis con entrevista, nos dio a comprender que su principal molestia era en la tarea de agarrar y soltar cosas. Las prótesis no tenían mucha fuerza o no eran rápidas en su trabajo. Por lo tanto, propusimos un par de ideas con un brainstorming y relaciones forzadas con las cuales buscamos ayudar en términos de energía, control de agarre y fuerza. Al final, concluimos que la mejor de estas ideas era una prótesis accionada por movimientos musculares del usuario.

Aprendimos con este proyecto lo importante que es un servomotor y sensores dentro del área de prótesis y sus limitaciones de fuerza. También aprendimos cómo un sensor es muy sensible a su entorno. Además de esto, conocimos más sobre circuitos como el shield EMG que registra impulsos musculares.

Este proyecto nos ayudó a entender cómo, a pesar de que una idea sea buena, el prototipo tiene ciertas limitaciones que se tienen que corregir para lanzar un proyecto. Sin embargo, la parte más fundamental es que su funcionamiento esencial, como lo fue el código, la manipulación de servomotores y sensores, los cuales sí funcionaron, sin embargo, la fuerza de estos no daba con el calibre de proyecto que se esperaba.

En conclusión, este proyecto junto con Design Thinking ayudó mucho a nuestra comprensión de un prototipado y la elaboración de este. Con nuestro proyecto, primero elaboramos la parte mecánica, el movimiento de cada falange individualmente y el ensamblaje de estos en la palma. Luego, seguimos con la parte electrónica y de control, al diseñar el código de los servomotores que integraríamos a nuestra mano y cómo estos moverían los dedos a medida que el usuario presente estimulación muscular por su parte. Gracias a esto, descubrimos la importancia de los pasos de un diseño mecatrónico y Design Thinking.

9.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Liste las referencias bibliográficas siguiendo las normas IEEE.

- [1] "Huesos de la mano y de la muñeca," Fundación Mayo para la Educación y la Investigación Médicas, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/bones-of-the-wrist-and-hand/img-20006951#:~:text=Cada%20dedo%20consiste%20en%20un,un%20metacarpo%20y%20dos%20falanges>.
- [2] P. J. B. Holmes, P. Titulado, y D. Higgins, "¿Usar o no usar una prótesis?," Amputee-coalition.org. [En línea]. Disponible en: https://www.amputee-coalition.org/spanish/first_step_2005/to-wear-or-not-to-wear.pdf. Recuperado el 8 de julio de 2023.
- [3] IT Digital Media Group, "Evolución del mercado de prótesis robóticas," IT Trends, 2022. [En línea]. Disponible en:

<https://www.ittrends.es/negocios/2022/07/evolucion-del-mercado-de-protesis-roboticas>.

- [4] J. Malara, "Beneficios de las prótesis en la salud de las personas," Pixed, 16 de septiembre de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://pixedcorp.com/beneficios-de-las-protesis-en-la-salud/>.
- [5] J. Penalva, "Los brazos y piernas robóticas con sensores y controlados por la mente son una realidad," Xataka.com; Xataka, 21 de mayo de 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/los-brazos-y-piernas-roboticas-con-sensores-y-controlados-por-la-mente-son-una-realidad>.
- [6] "Prótesis robóticas," Actualidad Sanitaria, 5 de mayo de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://actualidadsanitaria.com/ciencia/protesis-roboticas/>