



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

Simulación de una prótesis robótica de miembro superior utilizando el programa SolidWorks.

AUTOR:

Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de

INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO

TUTOR:

M. Sc. Suarez Murilo, Efraín Oswaldo

GUAYAQUIL, ECUADOR

9 de marzo del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO**.

TUTOR

M. Sc. Suarez Murillo, Efraín Oswaldo

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **RODRÍGUEZ PÁRRAGA, GUSTAVO ANDRÉS**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación **“Simulación de una prótesis robótica de miembro superior utilizando el programa SolidWorks.”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Simulación de una prótesis robótica de miembro superior utilizando el programa SolidWorks.**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés

REPORTE DE URKUND

The screenshot shows the URKUND web interface. On the left, there is a sidebar with document details: 'Documento' (link to a SolidWorks document), 'Presentado' (2022-02-18 11:25), 'Presentado por' (fernandopm23@hotmail.com), 'Recibido' (edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com), and 'Mensaje' (RV: Trabajo de Titulación Corregido). On the right, there is a 'Lista de fuentes' (List of sources) table with columns 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists several sources, including a SolidWorks document, a Mayoclinic link, a Cancer.org link, and two PDF files. At the bottom of the interface, there are navigation icons and a status bar showing '1 Advertencias' (1 Warnings), 'Reiniciar' (Restart), and 'Compartir' (Share).

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-- MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA: Simulación de una prótesis robótica de miembro superior utilizando el programa SolidWorks.

AUTOR: Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO

TUTOR: ING. SUAREZ MURILLO EFRAIN OSWALDO

GUAYAQUIL, ECUADOR

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-- MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACION

DEDICATORIA

Este Proyecto va dedicado para un fin científico para que en un futuro gente amputada pueda tener una oportunidad más de sobrellevar su estilo de vida donde a tener una prótesis le cambiara la vida y ver las oportunidades laborables de la mejor manera.

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar a darle mis más profundos agradecimientos a los profesores en la cuales tuve la fortuna de obtener conocimientos muy fructíferos y que me servirán para la vida profesional.

También quiero agradecer a mis padres quienes fueron el soporte y aconsejarme de seguir con la carrera donde yo quise dejarla, pero gracias a ellos estoy donde estoy y con eso no los defraudare.

Quiero darle agradecimientos especiales al Ing. Bayardo Bohórquez, ya que en unas de sus clases nos aconsejó y respectivamente lo tome como motivación para terminar mi carrera Universitaria.

Darle una mención especial a los Ingenieros Walter Orozco y Luis Chuquimarca por ayudarme con el programa de SolidWorks.

Darle mi más profundo agradecimiento a Edwin Vera quien gracias a él por inducirme para el contenido de mi proyecto de titulación.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M. Sc. Romero Paz, Manuel De Jesús
DECANO

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando
DIRECTOR DE CARREA

M. Sc. Luis Silvio, Cordova Rivadeneira
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1. Introducción	2
1.2. Descripción de la problemática	2
1.3. Justificación de la problemática.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivos generales.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Metodología de la investigación.....	4
1.7. Estado del Arte.....	5
CAPÍTULO 2 : FUNDAMENTACIÓN TEORICA	7
2.1. Prótesis.....	7
2.1.1. Prótesis Auditivas	9
2.1.2. Prótesis Valvulares Cardiacas	9
2.1.3. Prótesis dentales	10
2.1.4. Prótesis Faciales	11
2.1.5. Prótesis Maxilofaciales	12
2.1.6. Prótesis Mamarias.....	13
2.1.7. Prótesis Ortopédicas.....	14
2.1.8. Prótesis estética.....	15
2.1.9. Prótesis Mecánicas	15
2.1.10. Prótesis Neumáticas	15

2.1.11.	Prótesis Híbridas.....	16
2.1.12.	Prótesis de mano biónica 1 Limb	16
2.1.13.	Prótesis de mano Michelangelo	17
2.1.14.	Prótesis Bebionic	18
2.2.	SolidWorks	19
2.3.	EMG	20
2.4.	Arduino	20
2.5.	Servomotor	21
2.5.1.	Funcionamiento	22
2.5.2.	Señal PWM.....	22
CAPÍTULO 3 : Desarrollo de la Metodología de la Investigación.....		23
3.1.	Definición de los requerimientos	23
3.2.	Hardware	23
3.2.1.	Adquisición de información	23
3.2.2.	Unidad de interpretación de Datos	24
3.2.3.	Unidad de Procesamiento	24
3.2.4.	Servomotores	25
3.3.	Software	25
3.3.1.	SolidWorks.....	25
3.3.2.	Arduino	26
3.4.	Diseño de Prototipo	26
3.4.1.	Conexiones del Hardware	26
3.4.2.	Diseño de Prototipo en SolidWorks	28
3.5.	Programación en Arduino.....	33
CAPÍTULO 4: Conclusiones y Recomendaciones		36
4.1.	Conclusiones	36
4.2.	Recomendaciones	36

BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Prótesis de un dedo gordo hecho de madera en la época A.C.	8
Figura 2-2 Modelo de Prótesis auditiva convencional correctiva.....	9
Figura 2-3 Una Implantación de la prótesis aórtica en el corazón.....	10
Figura 2-4 Modelo de la Prótesis dental mixta.	11
Figura 2-6 Prótesis ocular de exenteración Orbitaria.....	13
Figura 2-7 Diferentes variantes de Prótesis Mamarias	14
Figura 2-8 Diferentes tipos de Prótesis Ortopédicas de una pierna	14
Figura 2-9 Modelo de Prótesis biónica I Limb sosteniendo una pelota de plástico...17	
Figura 2-10 Modelo de Prótesis Michelangelo	18
Figura 2-11 Modelo de Prótesis Bebionic sosteniendo un huevo.....	18
Figura 2-12 SolidWorks.....	19
Figura 2-13 Placa Lógica EMG.....	20
Figura 2-14 Arduino Mega Modelo 2560	21
Figura 2-15 Diagrama de Bloque de un Servomotor	22
Figura 2-16 Servomotor y sus conexiones	22
Figura 3-1 Sensor EMG y sus componentes.....	23
Figura 3-2 ARDUINO UNO	24
Figura 3-3 PC de gama media-alta.....	25
Figura 3-4 Servomotor Tower Pro SG90	25
Figura 3-5 Software SolidWorks CAD 2022	26
Figura 3-6 Software de Programación de Arduino	26
Figura 3-7 Esquema de Conexiones del Proyecto.....	27
Figura 3-8 Esquema de Conexiones Eléctricas y Electrónicas	27
Figura 3-9 Prótesis de Brazo en SolidWorks.....	28
Figura 3-10 Vista Frontal de Prótesis	28
Figura 3-11 Vista Lateral de Prótesis	29
Figura 3-12 Antebrazo de la Prótesis	29
Figura 3-13 Falange de Pulgar de la Prótesis	29
Figura 3-14 Falange de Prótesis	30
Figura 3-15 Falangeta de la Prótesis.....	30
Figura 3-16 Falangina del Pulgar de la Prótesis	30
Figura 3-17 Falangina de la Prótesis.....	31

Figura 3-18 Microservomotor SG90	31
Figura 3-19 Nudo de la Muñeca de la Prótesis	31
Figura 3-20 Palma de la Mano de la Prótesis	32
Figura 3-21 Pasador de la Prótesis	32
Figura 3-22 Polea de Servomotor	32
Figura 3-23 Pasador Hexagonal	33
Figura 3-24 Tapa Superior de la Prótesis.....	33
Figura 3-25 Incluir las Librerías necesarias.....	34
Figura 3-26 Programación Arduino.....	35

RESUMEN

Este proyecto de simulación está orientado a ver cómo es el comportamiento de los sensores EMG en base a la programación ARDUINO en la cual con este se podrá dar los valores para los movimientos de los servomotores los cuales tendrá como funcionalidad la apertura y cierre de la mano lo que esto nos da entender que el lenguaje de la programación es indispensable para este tipo de proyecto, con la ayuda del programa de SolidWorks se hará el modelado y la misma herramienta que nos brinda el programa podremos hacer la simulación acorde lo estipulado del proyecto. En este proyecto damos a conocer también los tipos de prótesis que existen hasta el momento en las cuales ya se implementan en la vida cotidiana de las personas que hayan sufrido de amputaciones o por alguna enfermedad que presento en las cuales conllevan a usar las prótesis que se misionaran dentro de este proyecto que constan para el conocimiento a futuro de exista a la posibilidad de que implemente este proyecto para darle unas nuevas oportunidades a las personas que no tenga un miembro superior y vuelva a tener esa capacidad que perdieron, este proyecto nos dejó como resultado el prototipo que se podría verse en una persona la cual perdió un brazo que a su vez observamos su optimo funcionamiento respectivo.

Palabras Claves: Prótesis, Sensor EMG, Arduino, SolidWorks, Diseño Estructural.

ABSTRACT

This simulation project is oriented to see how is the behavior of the EMG sensors based on ARDUINO programming in which with this will be able to give the values for the movements of the servomotors which will have as functionality the opening and closing of the hand which gives us understand that the programming language is essential for this type of project, with the help of the SolidWorks program will be modeled and the same tool that gives us the program we can do the simulation according to the stipulated of the project. In this project we also show the types of prosthesis that exist so far in which are already implemented in the daily life of people who have suffered from amputations or for some disease that I present in which lead to use the prostheses that are missioned within this project that consist for future knowledge of the possibility of implementing this project to give new opportunities to people who do not have an upper limb and return to have that ability that they lost, This project left us as a result the prototype that could be seen in a person who lost an arm which in turn we observe their respective optimal functioning.

Keywords: Prosthesis, EMG Sensor, Arduino, SolidWorks, Structural Design.

CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1. Introducción

En el transcurso de la historia ha existido personas que en algún momento de su vida han pasado por la situación de no poseer algunas de sus extremidades y sufriendo el motivo de amputación. Estas pérdidas ocurren por muchas razones, dentro de lo más común podemos encontrar son: accidentes de Viales, accidentes de trabajo, infecciones peligrosas como las enfermedades crónicas, que llegan afectar significativamente la economía, psicosocial de la persona.

La pérdida de un miembro motriz ya sea por accidente laboral o un accidente vial, puede tener consecuencias físicas y psicológicas para quienes lo padecen o están asociados a él, y el impacto emocional a este nivel de cambio de estilo de vida discutido es la aceptación y adaptación de la persona a su nueva vida después del accidente.

La gran mayoría de accidentes laborales que repercuten en las amputaciones ocasionan intervenciones mecánicas, ya sea en la construcción u operación de motosierras y cortadoras grandes, a nivel industrial, para quienes no cuentan con las experiencias completas de operación en partes con alto riesgo y concepto de seguridad adecuado, muchos de estos accidentes, estos han sido traumática previa a la amputación definitiva y la suspensión forzosa por el grado de discapacidad.

Además, en lo anterior, a las personas con enfermedades graves como diabetes, gangrena, sepsis (cuando la enfermedad está muy avanzada) se les deben amputar las extremidades para evitar que la enfermedad se propague y provoque la muerte.

1.2. Descripción de la problemática

Por algún accidente desafortunado o indisposición que la persona en la pérdida algunos miembros pueden ser decepcionante por este hecho de que

ya no poder realizar las mismas acciones que solían realizar antes del percance, además de sentirse como minoría ante la sociedad en paridad a quienes no han tenido este tipo de accidentes, al principio sufren falta de adaptación a una nueva oportunidad, creyendo que no tienen ningún efecto sobre el entorno ya sea laboral o social, lo cual pueden desfavorecer al no sentirse parte de un círculo social y hacerlo más susceptible a la ansiedad o depresión.

Personas cuyas extremidades están completas, pero están conscientes que en cualquier momento contraer alguna infección peligrosa que requiera la amputación experimentan un dolor emocional transitorio producto de la imaginación al sentir la impotencia se produce por no poder hacer las mismas cosas que antes de enfermarse, por eso las personas que tienen un accidente en cualquier parte del cuerpo son diferentes, porque es un trastorno y trata de reprimirlo con mayor medida de los accidentes y luego aceptar sólo la "esperanza" compensarán la falta de miembros en el movimiento.

Los avances tecnológicos nos han permitido reemplazar y corregir prótesis en algunos amputados, brindándoles nuevas oportunidades para continuar con su vida diaria sin lucir diferente a las personas sin discapacidad.

1.3. Justificación de la problemática

Una prótesis usualmente es utilizada para dar cierta sensación de reemplazar las partes del cuerpo faltante, sin embargo, en este proyecto generamos un vínculo con el paciente al presentarle la simulación de ver como sería la prótesis que en un futuro se le podría instalar en su brazo. La tecnología es la encargada de darle esperanzas a las personas que han sufrido amputaciones o no les funciona parte de su brazo por lo que brindándoles esta solución damos sentido a la vida de esas personas.

Además del desarrollo tecnológico en la industria de la robótica, se necesita crear unas prótesis electrónicas con tecnologías avanzadas y el desarrollo de la ciencia, imitando la parte amputada a su mayor similitud, más real y personalizando muchas funciones esenciales para adaptarse al ritmo

de vida, como la movilidad parcial y la capacidad para realizar actividades diarias sin la ayuda de terceras personas.

Las prótesis electrónicas son comúnmente utilizadas por las personas afectadas. La amputación de un miembro para reemplazar el miembro faltante y acciones que no pueden realizar. A menudo se utiliza con fines cosméticos. Por tanto, dicha prótesis cubre y sustituye la parte inexistente a favor de hacer que parezcan físicamente "completos" en su entorno familiar, social y laboral.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

Diseñar y simular una prótesis electrónica con movimientos robóticos a partir de señales miográficas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar el moldeado de la prótesis a través del programa SolidWorks.
- Elaborar la simulación del movimiento usando el programa SolidWorks.
- Obtener las señales Electromiografías para realizar una interpretación de los datos obtenidos del sensor.
- Convertir los pulsos eléctricos en las acciones motoras a través de servomotores.

1.5. Hipótesis

Con el modelado y simulación de una prótesis robótica para el remplazo de un miembro superior usando SolidWorks con esta herramienta se puede hacer un estudio más específico para entender la funcionabilidad de una prótesis robótica.

1.6. Metodología de la investigación

En esta metodología de investigación que se estudiara en el presente trabajo de titulación es del tipo empírico-analítico enfocado a lo cuantitativo.

1.7. Estado del Arte

En los tiempos actuales, un estudio prolongado de la mecatrónica nos ha permitido desarrollar prótesis complejas, y si bien es “elegante”, tiene cabida junto con los avances en la neurociencia, los científicos están estudiando las señales del cerebro pueden controlar completamente una prótesis robótica de los amputados. Dado que en sus principios la implementación de esta no se ha podido ser del todo práctica por los grados de libertad y no permitía múltiples acciones al mismo tiempo (movimientos limitados).

Cirugía protésica para amputados como este estará unida a él de modo que se adhiera al nervio y a través de los nervios direccionar el movimiento, pero este método es el más complicado porque el paciente debe tener una fuerza mental (aun no visto afectado por la amputación), lo que permite tener menos control de trabajo. Debido a la dificultad de este último, no se ha estudiado con profundidad estudiando las prótesis utilizando este tipo de señal, además de complejidad que incluya estudiar nuestro cerebro.

En otros estudios comunes relacionado con la prótesis robótica se relaciona con las señales miografías, mioeléctricas o simplemente musculares, que utilizan como base de obtención de las ondas analógicas para manipulación de la prótesis a través de contracciones del músculo que induzcan la movilidad. Para las prótesis que son efectivas y la que mejor aplicación en utilidad por su alta fortaleza y exactitud.

Aparte de hay opciones de prótesis que hasta la actualidad se han estudiado y utilizando múltiples tipos de estas, con la elaboración de diferentes materiales para una mejor adaptación y mayor comodidad posible para que la persona saque provecho de su función.

A continuación, mencionaré los diferentes tipos de prótesis que se han desarrollado y estudiado en los últimos años debido al desarrollo de la tecnología, las ventajas y desventajas que han surgido.

- Prótesis estética

- Prótesis Mecánicas
- Prótesis Neumáticas
- Prótesis Híbridas
- Prótesis de mano biónica 1 Limb
- Prótesis de mano Michelangelo
- Prótesis Bebionic

CAPÍTULO 2 : FUNDAMENTACIÓN TEORICA

El proyecto aborda el problema de las personas a las que, por alguna razón, les han amputado miembros, como las manos, y cómo reemplazar las prótesis electrónicas diseñadas para usar la función en beneficio de la humanidad. Para ello, es necesario explicar de forma exhaustiva todos los conceptos básicos contenidos en el proyecto y completar toda la actividad.

2.1. Prótesis

Las prótesis se definen como una pieza o segmento, por razones cosméticas o médicas, que se adhiere a una parte del cuerpo para reemplazar una extremidad inexistente. Existen varios tipos de prótesis que están diseñadas y fabricadas principalmente para reemplazar las funciones de la extremidad natural de una persona por una razón, y algunas están destinadas a cambiar la imagen de la extremidad de una persona. Iado estético. Desde la antigüedad, se han desarrollado varios tipos de prótesis para mejoraría de la calidad de vida de las personas que han sufrido por la guerra, haciéndolas inadecuadas.

A veces es necesario extirpar una parte del cuerpo si hay cáncer. Además, el tratamiento a veces puede provocar la caída del cabello. De cualquier manera, se puede usar una prótesis para ayudar a crear la apariencia después de una cirugía u otro tratamiento contra el cáncer. Puede ayudar a que una persona parezca que no se ha eliminado ninguna parte del cuerpo o que no se ha producido la caída del cabello. Además, ayuda a las personas a sentirse mejor y a funcionar con la mayor normalidad posible (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

La cultura egipcia fue unos de los precursores en el progreso y el desarrollo de prótesis. Básicamente, los hace de "fibra" de una manera rústica, para reemplazar las extremidades sensibles con comodidad. La evidencia en clara este creado por artesanos de la época para adaptarse al pie derecho de la hija de un sacerdote egipcio, investigaciones de vanguardia hasta la fecha

han demostrado la creación de dicho dedo estaba habituado a la apariencia estética de un pie humano (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).



Figura 2-1 Prótesis de un dedo gordo hecho de madera en la época A.C.
Autor: (Cerracin, 2011)

La Edad Media con el avance de las prótesis, pero capacidad limitada en la época por el uso de artilugios de madera o ganchos para el remplazo ya se ha de manos o piernas, además de esto, solo quienes tenían un buen poder económico podían hacerse el uso de ellos; resulta molesto y desagradable para los caballeros utilizar con el único propósito de estas prótesis es proporcionar al oponente un escudo protector para ocultar sus debilidades. (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

En la época del Renacimiento los avances fueron mayores y los procedimientos para las personas amputadas, gracias a los aportes de la ingeniería se crearon prótesis con mejores características visuales hasta incluso se podía doblar los dedos, ahora enfocándose en los miembros superiores e inferiores, Ambroise Paré, muchos lo consideraban barbero y cirujano de origen francés (1510-1590) fue uno de los primeros en la época Renacentista en describir una lesión expuesta y remediada sin necesidad a la amputación (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

Llegando a hoy en día, los avances de la ciencia han permitido la fabricación de prótesis extremadamente baratas, con muchos de los beneficios del progreso tecnológico. Las sustituciones postizas convencionales son las que se usan hoy en día reflejadas en alguna parte del cuerpo que no afecta la estética de una persona, reemplaza por completo las partes perdidas y no afecta el estilo de vida ni la apariencia de su imagen. Y

entre las más utilizadas se encuentran las siguientes (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.1. Prótesis Auditivas

Estas prótesis auditivas son artefactos pequeños que permiten receptor las ondas sonoras, que aumentan progresivamente el volumen para enviar el sonido del sistema auditivo como se muestra en la (figura 2.2).

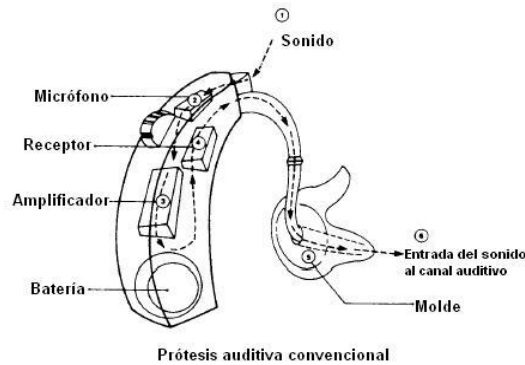


Figura 2-2 Modelo de Prótesis auditiva convencional correctiva.

Fuente: (Dr. Hernandez, 2014)

La función de esta radica, cuando recepta las ondas sonoras puedan transmitir el sonido viaja a través del canal auditivo y los convierte en pequeñas señales eléctricas a la cóclea (dentro del oído)., y con esto permiten que las personas que tengan una deficiencia auditiva puedan escuchar sin dificultad alguna, estas son usadas comúnmente quienes tienen han perdido o tuvieron una complicación auditiva para la pérdida parcial, y de esta manera con esta prótesis la podemos conocer porque los “audífonos” les permiten superar esta dificultad. Por lo general, puede encontrar varios tipos de prótesis que se pueden ajustar para adaptarse al canal auditivo y a los requisitos individuales. (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.2. Prótesis Valvulares Cardíacas

Esta prótesis por manera quirúrgica se adhiere para reemplazo en las válvulas sanguíneas en las personas que sufren de algún tipo de lesión o enfermedades valvulares, el objetivo es hacer que la sangre fluya en la dirección correcta del flujo. Problema cuando no se soluciona puede ocasionar a Las personas con fatiga leve o ahogamiento pueden empeorar

la enfermedad y provocar complicaciones graves, como la estenosis aórtica. Es recomendable un alojamiento con La cirugía proporciona prótesis para las personas con estos problemas cardíacos graves del ritmo de vida completo, como tal se visualiza en Figura 2.3 se cómo implanta una prótesis aórtica que supla las funciones de la arteria deteriorada (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

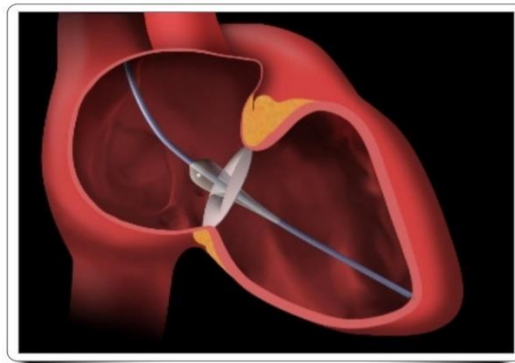


Figura 2-3 Una Implantación de la prótesis aórtica en el corazón.
Fuente: (Martinez Magaly, 2011)

2.1.3. Prótesis dentales

Para este tipo de prótesis dentales son piezas pequeñas son para reemplazar entre uno a varios dientes ya sea en la mandíbula con el fin de ayudar en realizar la mordida correcta y nos favorece estéticamente a una sonrisa sin la falta de algún diente lo impida.

Esto da un beneficio a las personas que han sufrido una pérdida de unas de las piezas dentales, y es común que el odontólogo nos recomiende un especialista de protésico dental, en la cual la labor es elaborar pequeñas prótesis en bases de los diseños y formas requeridas para el paciente. Cuando la pieza ya está elaborada, y el odontólogo hace el respectivo procedimiento para realizar la incorporación mandíbula mediante un corto proceso dental, así como se muestra en la Figura 2.4

Las prótesis dentales tienen su similar a lo que llamamos las dentaduras postizas, que gracias a su gran mayoría de personas de la tercera edad (ya sea por motivos de salud e higiene) es con el fin de realizar mordiscos y poder alimentarse de manera correcta.



Figura 2-4 Modelo de la Prótesis dental mixta.
Fuente: (Branemark, 2021)

También para conocimiento del paciente el odontólogo da a conocer e informar que existen distintas y para que tomen unas prótesis dentales, como la económica, estética y de durabilidad. Y que éstas se pueden clasificar en:

- Removibles: La característica principal de esta que se puede remover la pieza dental que puede extraerla o implantarla sin recurrir a un ortodoncista.
- No Removibles: Por lo tanto, esta es más conocida por ser fija, este tipo de prótesis dental ya sea enroscada o atornillada en la mandíbula y solo de este modo el ortodoncista puede retirar o adherir.
- Mixta: este método recurre a los dos métodos anteriormente, ya que cuenta con la parte fija implantada y la otra parte es extraíble y que esto va en conjunto.
- Implanto soportada: En cambio este conjunto es sujeta por otros implantes estáticos (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.4. Prótesis Faciales

Este uso de método de prótesis faciales se consiste que tipos de materiales que el único objetivo es de modificar las facciones del rostro humano con el fin de ayudar a alterar la apariencia de la persona.

Esta es ampliamente utilizada en cine, series de televisión, dado que este uso es muy común con maquillaje prostético especial para modificar el rostro y alterar su imagen, la elaboración de estos mismo está hecha de distintos materiales los cuales está el: Látex de espuma, Silicona, etc. Estos

proveen unos detalles muy realistas en relación con las facciones específicas del rostro, con este tipo método podemos alterar la curva de la nariz, mejillas, pómulos y darle un cambio físico como hacerlo rejuvenecer o envejecer a la persona. En la parte cinematográfica es muy normal el uso de estos ya que se usan más que todo en efectos físicos a la persona ya que se puede crear personajes de fantasía (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

Los métodos de esta prótesis se conforman de 3 materiales adhesivos: Pros-Aide, Beta Bond o un simple látex líquido. El más destacado y que se usado en la industria por muchos años es el Pros-Aide. En los tiempos actuales el Beta Bond es utilizada especialmente por los actores por lo que no causa algún tipo de infección o irritación a la piel, como en la figura 2.5. Por último, tenemos al látex líquido que debido a su corta duración se usa para hacer ver las prótesis más reales, al aplicar en las prótesis, y por ende con esto realizar un realismo en pintar y lograr un detallado para apreciación visual. El método de remover los materiales faciales una vez finalizado el uso se aplica un solvente específico para diluir por completo la prótesis (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.5. Prótesis Maxilofaciales

El método de esta prótesis maxilofacial busca en reemplazar eficazmente alguna parte faltante ya sea en rostro o en la cabeza con elementos artificiales, este enfoque es específico para el uso odontológico sin conocimiento público. Estos protesista maxilofaciales están en conjunto con cirujanos, neurocirujanos y otorrinolaringólogos, quienes se encargan del diseño, creación y adhesión de colocación de prótesis en el rostro.

Este tipo de prótesis tiene un uso muy común en el área ocular ya que tiene el fin de cubrir por completo la falta ya sea de uno de los dos ojos del individuo, como lo muestra la figura 2.6, con esto se podrá que el individuo de una superación del trauma y una adaptación posterior a un accidente que acarreo la pérdida (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).



Figura 2-5 Prótesis ocular de exenteración Orbitaria
Fuente: (Aguilar, 2017)

Para esto se crea una base del material denominado PMMA (Polimetil Metacrilato) con esto se adquieren las dimensiones para cubrir la parte afectada, ya elaborada la prótesis recurrimos a la mejora estética con el uso de pintura a mano para darle un detallado para que se vea lo más real posible sí que se vea desproporcionado el rostro.

Además de esto como uso estético se destina a los niños pequeños con el objetivo de estimular y conseguir un desarrollo craneofacial en una formación simétrica (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.6. Prótesis Mamarias

Este implemento de prótesis mamarias son un complemento artificial que con ayuda quirúrgica en los senos de una mujer es esencialmente se da por 2 simples razones:

- 1) Por Simple Estética, es con el fin de aumentar el tamaño de los pechos en el que muchas mujeres desean tener un busto más grande (80% de ocasiones).
- 2) Con el fin de restaurar los pechos de las mujeres, que han padecido de cáncer de mama, debido a la extirpación de alguno de ellos.

Para este tipo de prótesis es conocido para rellenar los pechos ya sea con: suero salino, de gel de silicona y algunas otras sustancias opcionales. Depende del método de preparación, superficie, volumen o espesor. Como se ve en la Figura 2.7 (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

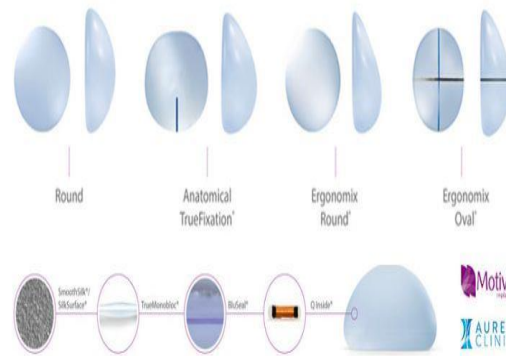


Figura 2-6 Diferentes variantes de Prótesis Mamarias
Fuente: (Clinic, 2019)

2.1.7. Prótesis Ortopédicas

Para este elemento elaborado para reemplazar de manera artificial ya sea parcial o total de alguna extremidad amputada del cuerpo como se observa en la (figura 2.8). Con este avance tecnológico en la ciencia, se busca suplir la mejor manera y la mayor comodidad en funcionalidades del cuerpo a través de la prótesis ortopédica, en este sentido el usuario que la esté portando no se sienta limitado o interferido en momento de ejecutar alguna actividad.



Figura 2-7 Diferentes tipos de Prótesis Ortopédicas de una pierna
Fuente: (Ortopedia, 2019)

Unas de las funcionalidades características son de reponer la movilidad a la persona amputada y tener las posibilidades de realizar movimientos sin la ayuda de otros (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

En la actualidad existen múltiples diseños ya sea de brazos o piernas ortopédicas que son hecho a la medida en la cual se ajusta en la comodidad y características en las personas amputadas dependiendo su tamaño, peso y estética. Esto es una ayuda fenomenal para la otra pierna (sana) no se fatigue

con el peso corporal y no genere problemas a futuro (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.8. Prótesis estética

Para este tipo de prótesis se la denomina “cosméticas”, ya que no permiten realizar ningún movimiento en específicos, esta sirve para ocultar estéticamente la parte faltante estando diseñado para quienes prefieren únicamente la estética sobre la funcionalidad completa, esta prótesis en si radica en el encaje a la medida de una mano interior que garantice la comodidad y consistencia, ya sea construido con el material de silicona con el fin de brindar una mayor versatilidad y contribuyendo a la nueva adaptación física de la persona (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.9. Prótesis Mecánicas

Se permitió más flexibilidad en el desarrollo de este tipo de restauración en el momento de realizar una acción a quien debido a los diferentes mecanismos o sistemas mecánicos utilizados para controlar el grado de movimiento de la restauración, existen formas de adhesión (objetos adhesivos) cuestionables y algo limitadas, por lo que no se recomienda el uso de esta restauración. El movimiento que generan estos mecanismos lo proporciona el muñón, que puede ser el antebrazo o/o un brazo conectado a algún tipo de pinza, de manera que los impulsos del antebrazo pueden representar el movimiento del antebrazo. (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.10. Prótesis Neumáticas

Esta prótesis requiere una pinza neumática a la articulación de las "falanges" y resto de prótesis, utilizamos fibra de carbono porque tiene buena compresión y ofrece una gran movilidad para cada dedo sea independiente (en la relación de una mano) además de los movimientos de la palma, todos estos podemos conseguirlo por un compresor. Estos elementos que nos permiten un control mecánico y compresión del aire en este tipo de prótesis son las más difíciles de una implementación, es así como su funcionalidad

que resulta relativamente costoso el mantenimiento y no son demasiado utilizable en el mercado (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.11. Prótesis Híbridas

Estas prótesis están destinadas a amputados por encima del antebrazo hasta el codo, el movimiento producido como consecuencia de la activación eléctrica del cuerpo permite el movimiento en la prótesis. Al usar estas prótesis, las personas a menudo usan sus propios cuerpos para iniciar los movimientos del codo mientras las "manos" están controladas por señales. Electrográficas del, de modo que las dos partes del se complementan entre sí y crean un movimiento completo (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

Todas las prótesis mencionadas son el resultado del deseo del hombre de integrar a la persona incapacitada por la amputación, así como de poder integrarse a la sociedad donde su falta de extremidades es considerada un problema, sujeto infame o influenciarlo en actividades generales. La ciencia y la tecnología son cada vez más avanzadas, brindan más comodidad a las personas, la investigación y la invención de nuevas y avances de prótesis no se quedan atrás, por lo tanto, las innovaciones tecnológicas de ahora han desarrollado prótesis que son incluso mejores que las ortopedias existentes, que cuentan con la moderna tecnología y son más adecuados para amputados.

En el mundo de nuevas gamas de las tecnologías de prótesis ortopédicas Al usar estas prótesis, las personas a menudo usan sus propios cuerpos para iniciar los movimientos del codo mientras las "manos" están controladas por señales en la actualidad (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.12. Prótesis de mano biónica 1 Limb

Desarrollada por Touch Bionics, actualmente es unos de los más populares en el mercado mundial debido a su completa funcionabilidad en comparación con los movimientos principales de la mano, y así como los movimientos automáticos de los dedos, y esto les permite a los discapacitados

realizar algunas acciones más específicas y completas como agarrar objetos sin problemas, para que estas personas puedan mantener el ritmo de vida antes de la discapacidad sin verse uno limitado (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).



Figura 2-8 Modelo de Prótesis biónica | Limb sosteniendo una pelota de plástico
Fuente: (Ferriz, 2022)

La funcionabilidad de este se basa en las señales mioeléctricas que son receptadas por los sensores que implantamos en Las prótesis permiten el movimiento independiente de cada parte de la mano ya sea por contracción o expansión de los músculos (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.1.13. Prótesis de mano Michelangelo

Esta prótesis de la mano de Michelangelo posee una mejor confiabilidad de precisión para realizar tareas de cualquier tipo con el fin de emular por completo la extremidad amputada, se ha desarrollado por tecnología Axon-Bus es un sistema moderno para aceptar estructuras de transcodificación y transmisión digital internamente los elementos electrónicos que transmiten los datos rápidamente a fin de ordenar los movimientos que especifique el usuario (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

Estos movimientos de la prótesis esta generado a partir de las señales mioeléctricas derivadas del muñón de la persona, lo que nos permite que podamos sujetar correctamente algún objeto y también el libre movimiento del dedo pulgar para diferentes posturas. Para estas prótesis ofrecen el agarre de una manera mucha más segura con movimiento independientes para cada dedo y pinza para varias formas diferentes; es también uno de los más usado

y adquiridos dado que ofrece unas grandes ventajas en la actualidad (ver figura 2.10) (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).



Figura 2-9 Modelo de Prótesis Michelangelo
Fuente: (Brito Jofre, 2013)

2.1.14. Prótesis Bebionic

Esta prótesis es la que tiene mejor avance tecnológico hasta la fecha, que posee en si 14 patrones de agarre y que permite aun mejores y más precisos movimientos en comparación de la prótesis de Michelangelo debido a que las articulaciones completas de todas las falanges de cada dedo (ver figura 2.11).



Figura 2-10 Modelo de Prótesis Bebionic sosteniendo un huevo
Fuente: (Sophimania, 2012)

También dispone de múltiples funcionalidades con motores individuales para el movimiento de los dedos, controles certeros en posición de los dedos gracias a los microprocesadores implantados dentro de las misma, control velocidad y agarre automático. Las Funcionalidades con las señales mioeléctricas y tecnológicas inalámbricas transmitidas para la mano Bebionic y no están relacionados con la persona afectada y por lo tanto estéticamente

son similares a un pene al diseño del innovador (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

Como se pudo observar, las todas las prótesis robóticas mencionadas anteriormente, ya sea manejado con tecnología antigua o nueva tecnología, en su gran mayoría ejecutarán los movimientos en base a las señales mioeléctricas obtenidas por las contracción y expansión con los músculos de la persona, para cual sea el caso, se acople a la extremidad muscular para la emisión de las señales de la prótesis requiere implementar sistemas microelectrónicos-mecánicos que posee una alta complejidad, lo que resulta el costo elevado para quienes sufre de alguna amputación y cuentan con los recursos suficientes (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

2.2. SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño mecánico CAD que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows para permitirle crear de forma rápida e intuitiva modelos, ensamblajes y dibujos sólidos en 3D. Se basa en el modelo paramétrico y, dado que las cotas y las relaciones utilizadas para realizar las operaciones se almacenan en el modelo, puede reducir el esfuerzo de modificar y cambiar el diseño (adr formacion , 2020).

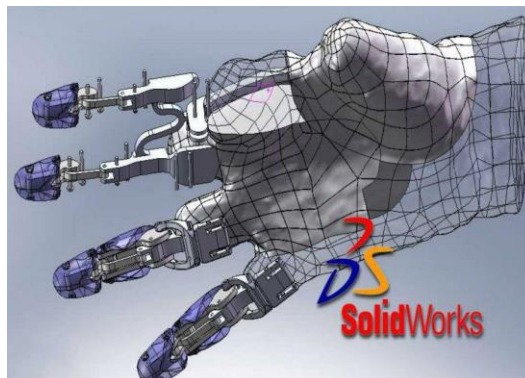


Figura 2-11 SolidWorks
Fuente: (Pro Córdoba , 2022)

SolidWorks proporciona a los ingenieros y diseñadores un software de diseño fácil de usar y herramientas potentes que les permiten cubrir todo el proceso de desarrollo de productos (construir, validar, comunicar y administrar) para asegurarse de que siempre esté listo antes de la producción.

De esta manera, puede reducir los costos de producción y acelerar el tiempo de comercialización a medida que mejoran el flujo de información y la comunicación del diseño dentro de la empresa y entre proveedores y clientes (adr formacion , 2020).

2.3. EMG

La lectura de electromiografía (EMG) es un procedimiento de diagnóstico para evaluar los músculos y controlar las neuronas (neuronas motoras). El análisis de la señal EMG puede revelar problemas con la propagación nerviosa o muscular o con la transmisión de la señal de nervio a músculo. Las neuronas motoras transmiten señales eléctricas que hacen que los músculos se contraigan. En EMG, se utilizan pequeños dispositivos llamados electrodos para convertir estas señales en valores gráficos, de audio o digitales, que luego son interpretados por expertos. En la EMG con aguja, los electrodos de aguja se insertan directamente en el músculo para registrar la actividad eléctrica en ese músculo. Esta prueba de conducción nerviosa es parte de la electromiografía e involucra el uso de electrodos (electrodos de superficie) adheridos a la piel, medimos la velocidad y la fuerza de una señal que viaja entre dos o más direcciones. (Mayo Clinic , 2022).

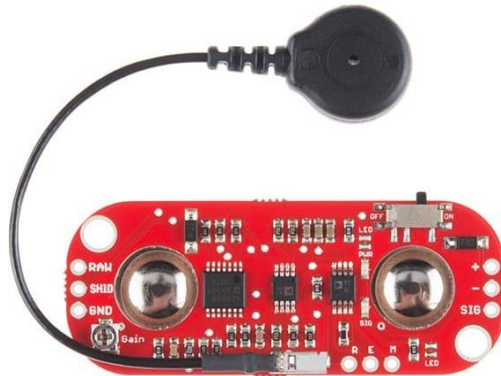


Figura 2-12 Placa Lógica EMG
Fuente: (ElectroStore, 2022)

2.4. Arduino

Un Arduino es una plataforma de creación electrónica de código abierto, lo cual se basa en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para creadores y desarrolladores para entender los conceptos de los que es un software y hardware libres. El hardware libre son aquellos dispositivos que

cuyas especificaciones y diagramas son accesibles para el público y de esta manera puede replicarlos. Con esto podemos decir que Arduino ofrece bases para cualquier otra persona o empresa puedan crear sus propias placas, en la cual pueden ser diferentes entre sí, pero funcionales a partir de la misma base.



Figura 2-13 Arduino Mega Modelo 2560
Fuente: (Delgado, 2022)

El software libre es el programa informático en la cual cuyo código es accesible para cualquiera pueda utilizarlo o modificarlo. Este Arduino nos ofrece la plataforma IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), en el cual es un entorno de programación de que cualquier programador puede crear aplicaciones para las placas de Arduino, de esta manera se le puede dar cualquier tipo de utilidades (Fernández, 2020)

2.5. Servomotor

El servomotor es un motor electrónico que es capaz de operar en diferentes posiciones desde 0° hasta 108° para mantenerse fijo. Este no es realidad una clase específica de motor, si no una combinación de pieza específicas que incluyen un motor de corriente continua o alterna, de cuál es el más adecuado para el sistema de control de bucle cerrado.

A continuación, mostrare visualmente el funcionamiento detallado de un servomotor por su diagrama de bloque en la (figura 2.14) (Infante Alarcón & Fuentes González , 2019).

DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SERVOMOTOR

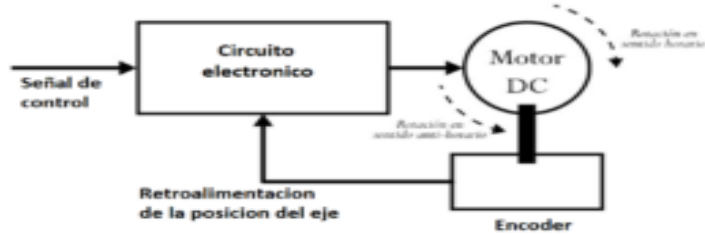


Figura 2-14 Diagrama de Bloque de un Servomotor
Fuente: (García, 2016)

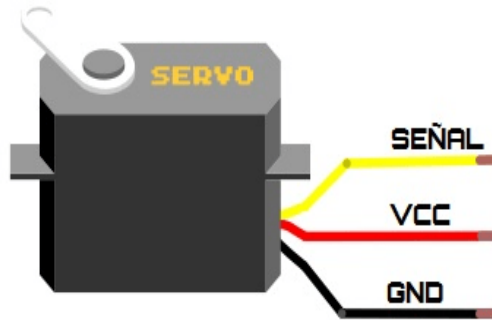


Figura 2-15 Servomotor y sus conexiones
Fuente: (Creatividad codificada, 2020)

2.5.1. Funcionamiento

Estos servomotores son controlados por un envío de pulso eléctrico de ancho variable, o modulación de ancho de pulso (PWM), a través de los cables de control. Existe un pulso mínimo y un pulso máximo con una frecuencia de repetición. El Servomotor en general puede girar en 90° en cualquier dirección para un movimiento total de 180° . Para esta posición neutra del motor se lo define la posición en la que el servo posee la misma cantidad de rotación de potencial tanto de sentido de las agujas del reloj como en sentido contrario.

2.5.2. Señal PWM

Esta señal tiene una modulación de anchura o pulso, por sus siglas en inglés PWM (Pulse Width Modulation), ya que los sistemas más empleados para el control de servos. Estos sistemas consisten generar una onda cuadrada en la cual varía el tiempo en el pulso de nivel alto, en la cual el periodo se mantiene (normalmente), y con el objetivo se modifica la posición del servo según desee.

CAPÍTULO 3 : Desarrollo de la Metodología de la Investigación

En este capítulo se estudiará una descripción de la simulación de la prótesis robótica que consta con 13 grados de libertad. En el método de fundamentación teórica está descritos y ajustando funciones, características generales de un brazo, definiendo los requerimientos para la simulación, el hardware y software necesario para la configuración y desarrollo del proyecto.

3.1. Definición de los requerimientos

Para cumplir el objetivo de diseñar y simular una prótesis electrónica con movimiento robóticos a partir de señales miográficas, empezando desde la investigación de la prótesis hasta los reconocimientos de las actividades generadas por los músculos que ayudan a guiar los movimientos de los servomotores para lograr el desplazamiento requerido.

3.2. Hardware

Se establece las características que tiene los componentes del hardware para la implementación del proyecto.

3.2.1. Adquisición de información

Para la adquisición de información se emplea el sensor EMG MYOWARE de la marca Advanced Technology considerada como la mejor opción para interpretar las señales eléctricas generadas por los músculos y así interpretar las mediciones para convertirlos en comando de la prótesis. Adicional este sensor fue seleccionado por su mediano costo y fiabilidad en las tomas de las lecturas posee una conexión a una entrada analógica para la interpretación de los estímulos eléctricos.

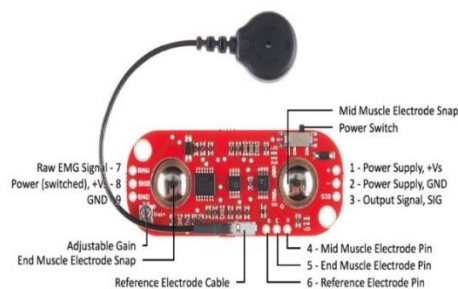


Figura 3-1 Sensor EMG y sus componentes

Fuente: (ElectroStore, 2022)

3.2.2. Unidad de interpretación de Datos

La unidad de interpretación de datos es la placa física de circuitos programable o también llamada microcontrolador ARDUINO UNO será la encargada de interpretar las señales que envía el sensor EMG para posteriormente convertirlos en movimientos.



Figura 3-2 ARDUINO UNO
Fuente: (Loli, 2018)

3.2.3. Unidad de Procesamiento

La herramienta para el soporte de la simulación de la prótesis robótica que se desarrollada en la PC con el programa de SolidWorks, tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Procesador Ryzen 5 3600
- La placa madre de modelo ASROCK
- Una tarjeta Gráfica Radeon 570Rx
- Dos memorias una SSD 250 GB y una HDD de 1TB
- 16 GB de RAM
- Una fuente de 800 vatios

Los requisitos necesarios para usar el Programa de SolidWorks 2020:

- Windows 10, 64 bits
- Un procesador a 3,3 GHz
- 16 GB de RAM o mas
- Tener una Tarjeta Gráfica certificada con los controladores
- Se requiere una memoria de estado sólido para un mejor rendimiento



Figura 3-3 PC de gama media-alta
Fuente: *(Ensure The Quality, 2022)*

3.2.4. Servomotores

Este dispositivo eléctrico autónomo que gira en sus 180° en su alta eficiencia en su gran precisión, este nos ayudara a mover las articulaciones de los dedos a través de mecanismos de transmisión de movimiento como polea que permiten la apertura y cierre de la mano dependiendo de los pulsos que se envíe desde el Sensor EMG a los servos.



Figura 3-4 Servomotor Tower Pro SG90
Fuente: *(Electrostore, 2022)*

3.3. Software

Se fijan los elementos software que nos ayuda para la programación y diseño del prototipo para un correcto funcionamiento.

3.3.1. SolidWorks

Este Software CAD nos ayudara al modelado estético y mecánico en 3D de la prótesis robótica, además de realizar simulación del movimiento idealizando como seria la actividad en la mano en un paciente real.



Figura 3-5 Software SolidWorks CAD 2022
Fuente: (TriMech, 2021)

3.3.2. Arduino

Arduino es un software que nos permite construir la programación para recolectar la información que recibimos del sensor EMG. Usando comandos de lectura y escritura para luego dirigir los parámetros a los servomotores y estos hagan el funcionamiento correcto.



Figura 3-6 Software de Programación de Arduino
Fuente: (Manuel, 2017)

3.4. Diseño de Prototipo

Para realizar una prótesis que sea funcional para el paciente debe tener la medidas justas y acorde a la persona amputada de esta manera se asegura que el modelo sea ergonómico para el paciente, por lo que se realizó el diseño en SolidWorks para posteriormente tuviera la posibilidad de construirlo sin ninguna dificultad. Para que todos los componentes funcionen en armonía se debe colocar cada dispositivo en su lugar y con el mecanismo correcto, para ello se procede a explicar el diagrama de conexión de los elementos eléctricos y electrónicos.

3.4.1. Conexiones del Hardware

La figura 3-7 representa el esquema de conexiones con elementos físicos realizado para el control total de la prótesis con la ayuda de la

programación y control de los servomotores. La figura 3-8 muestra el diagrama de conexiones eléctrico.

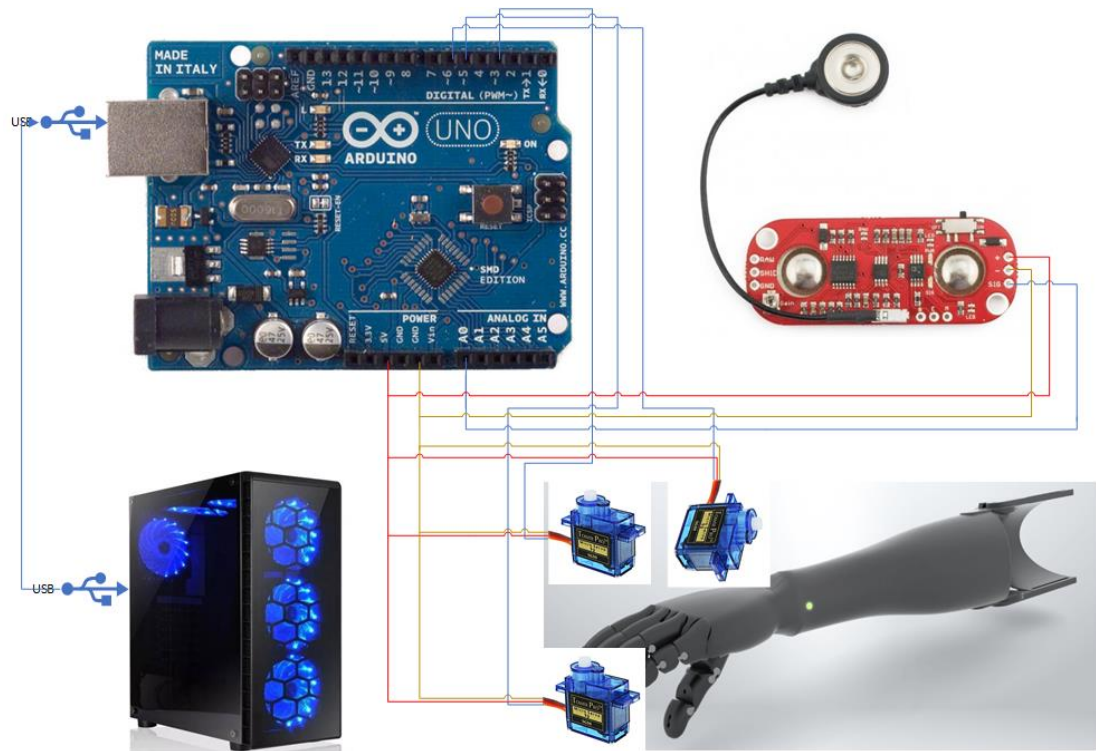


Figura 3-7 Esquema de Conexiones del Proyecto
Fuente: Rodríguez, A., 2022

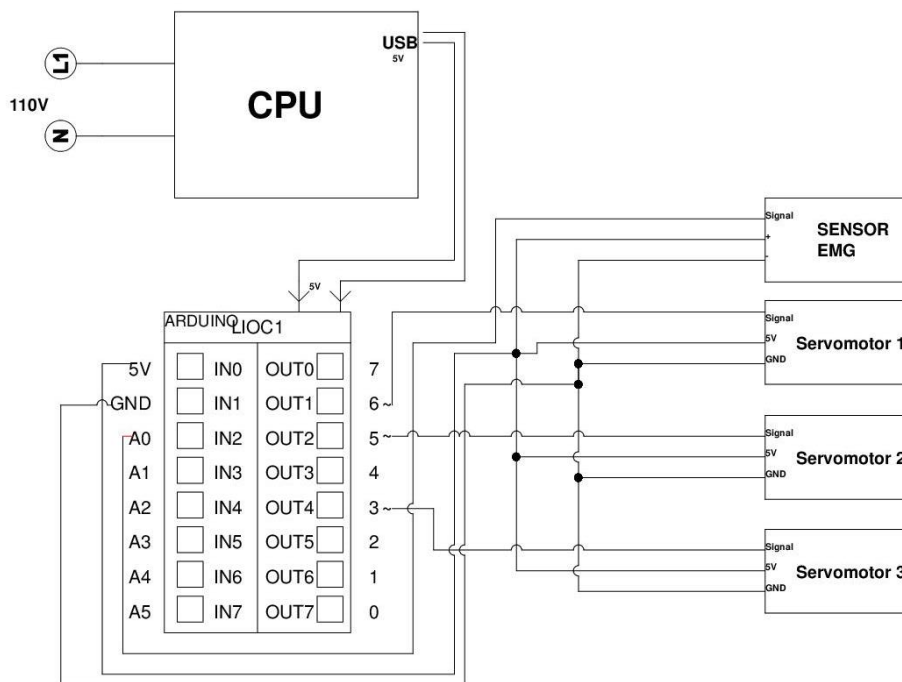


Figura 3-8 Esquema de Conexiones Eléctricas y Electrónicas
Fuente: Rodríguez, A., 2022

3.4.2. Diseño de Prototipo en SolidWorks

Para obtener mayor versatilidad con el diseño del prototipo se escogió diseñarlo con el software SolidWorks, de esta manera se podía diseñar a detalle cada componente y elemento de la prótesis. Para la idealización del diseño se tomó como referencia la curvatura y silueta del brazo contrario para que de esta manera quede ergonómica y estéticamente bien. A continuación, se muestran las diferentes etapas del diseño hasta el ensamble de todos los componentes.

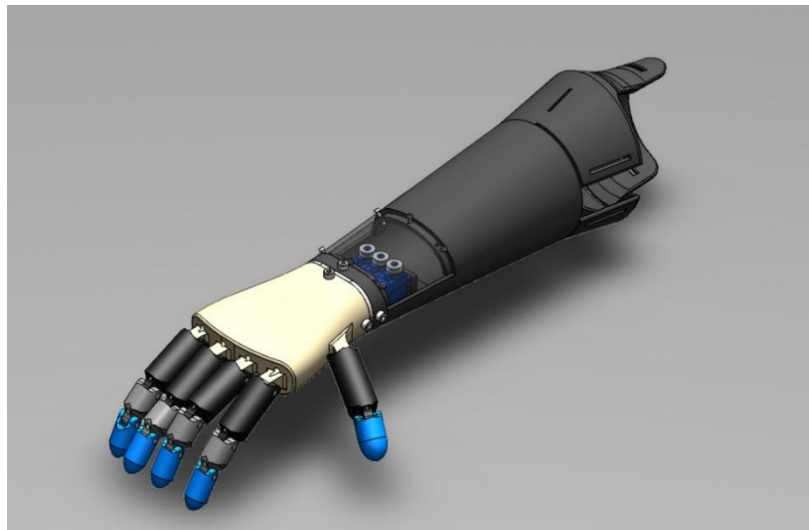


Figura 3-9 Prótesis de Brazo en SolidWorks
Fuente: Rodríguez, A., 2022

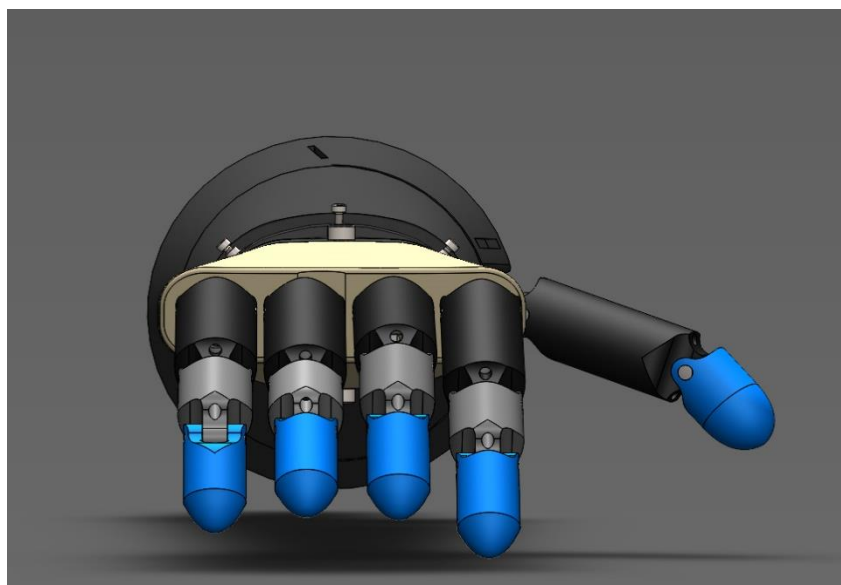


Figura 3-10 Vista Frontal de Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

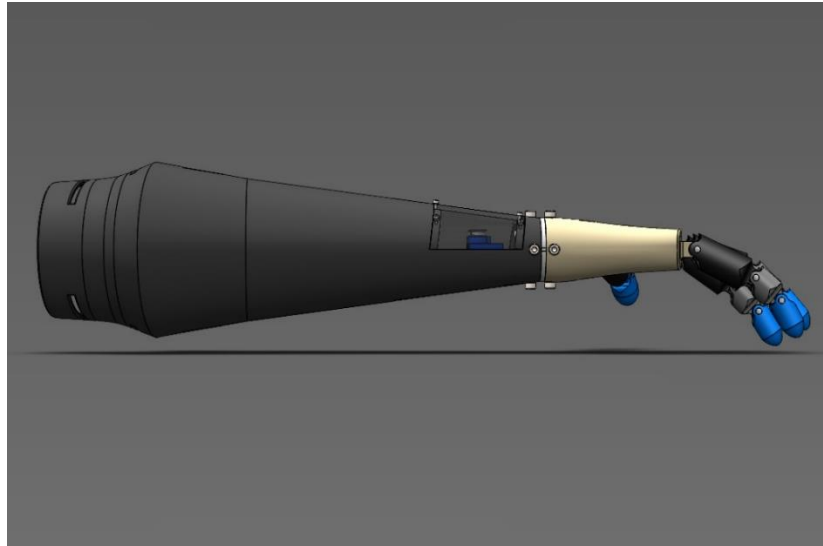


Figura 3-11 Vista Lateral de Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

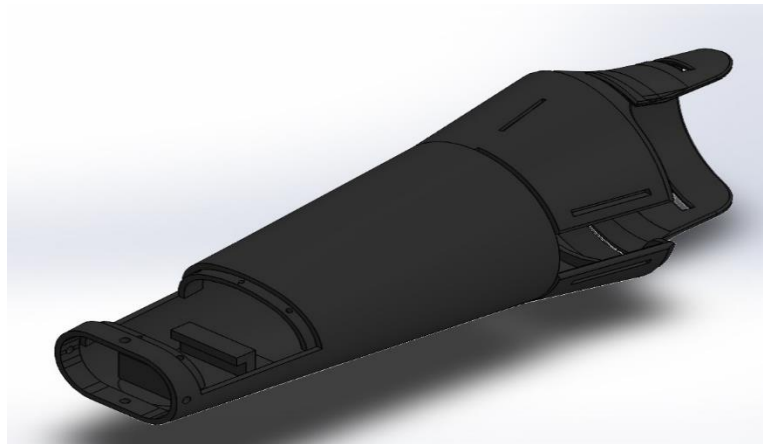


Figura 3-12 Antebrazo de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

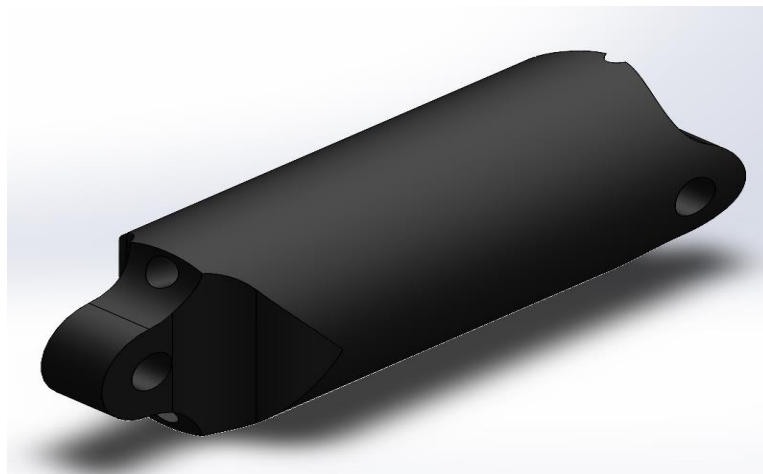


Figura 3-13 Falange de Pulgar de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

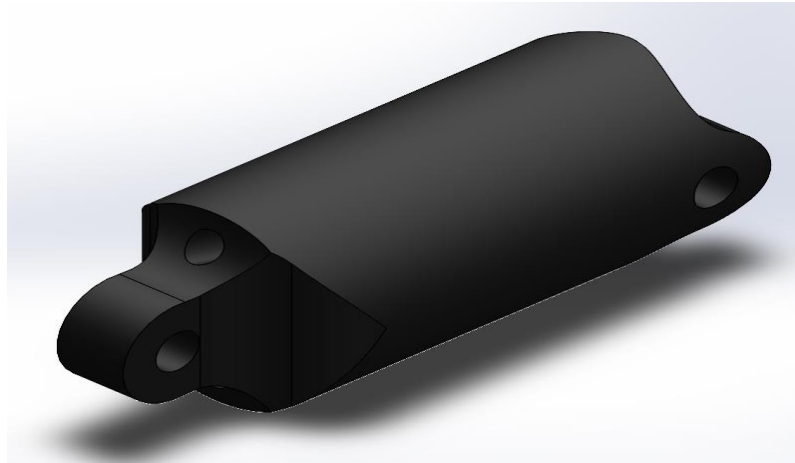


Figura 3-14 Falange de Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

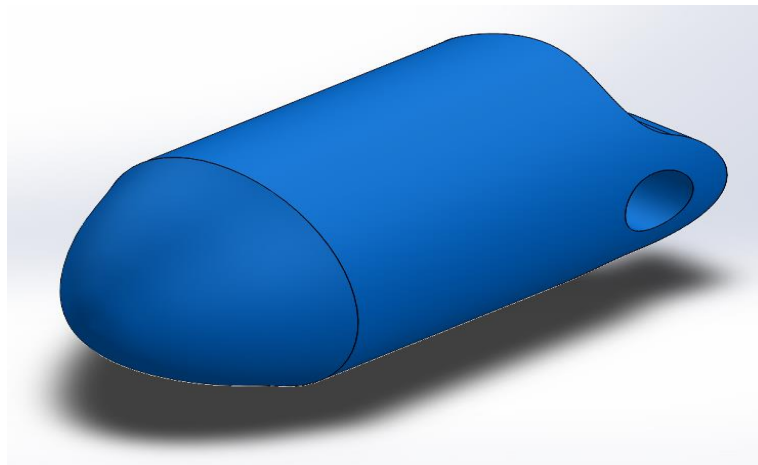


Figura 3-15 Falangeta de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

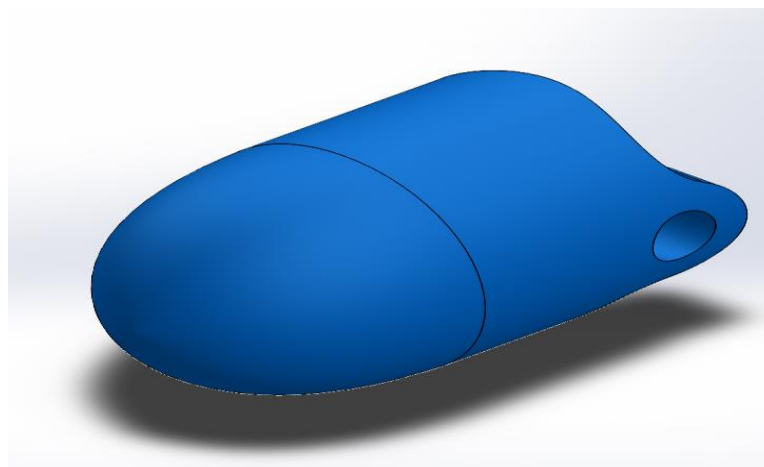


Figura 3-16 Falangina del Pulgar de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

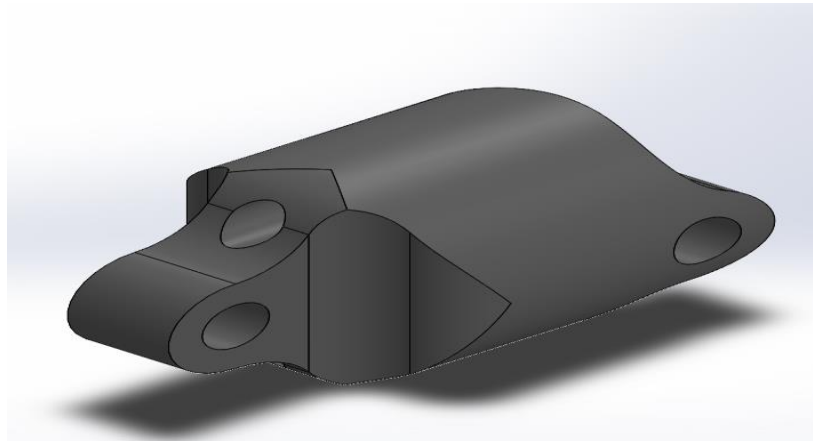


Figura 3-17 Falangina de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

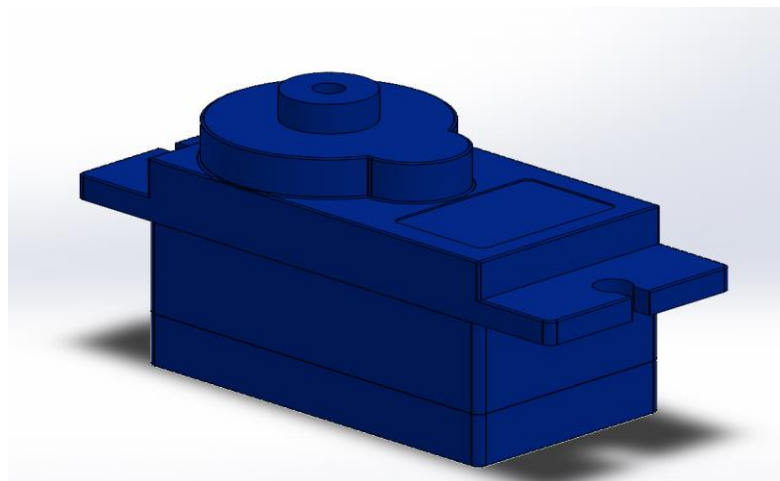


Figura 3-18 Microservomotor SG90
Fuente: Rodríguez, A., 2022

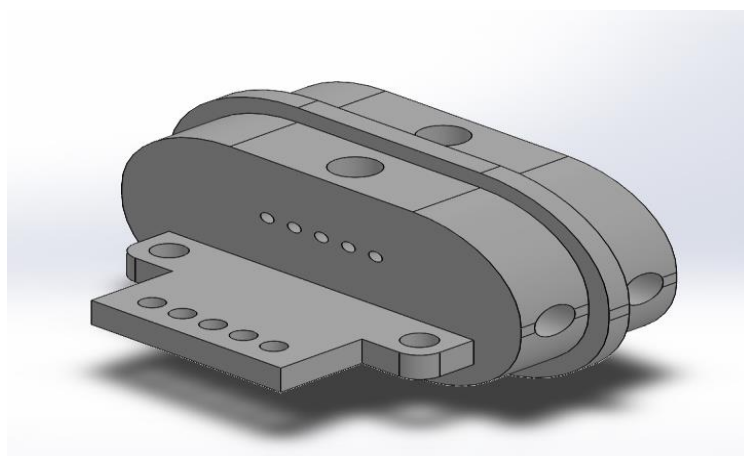


Figura 3-19 Nudo de la Muñeca de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

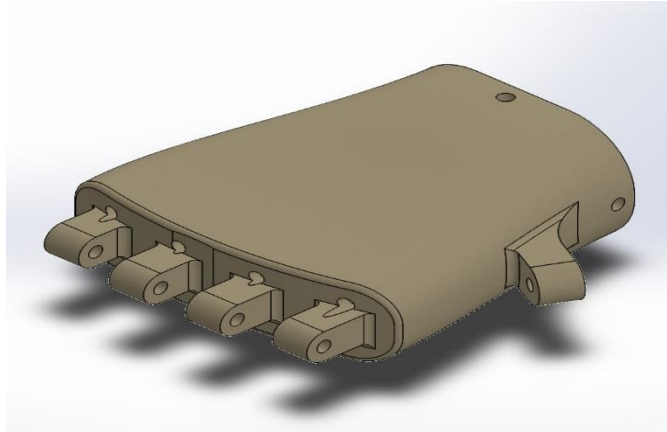


Figura 3-20 Palma de la Mano de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

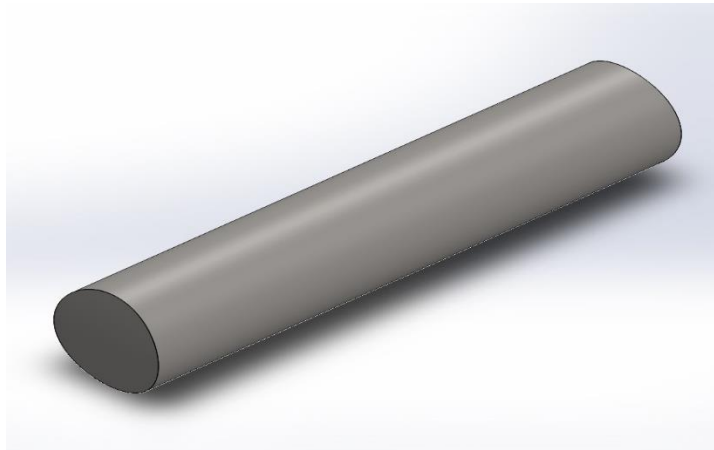


Figura 3-21 Pasador de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

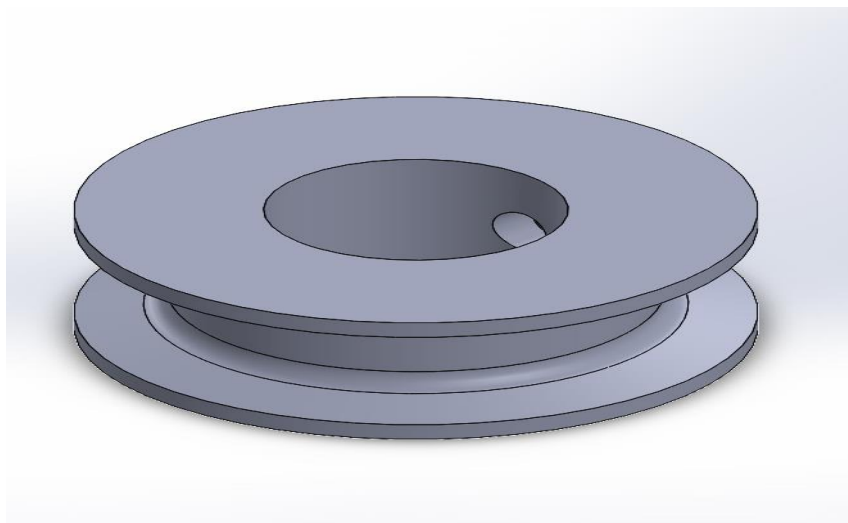


Figura 3-22 Polea de Servomotor
Fuente: Rodríguez, A., 2022

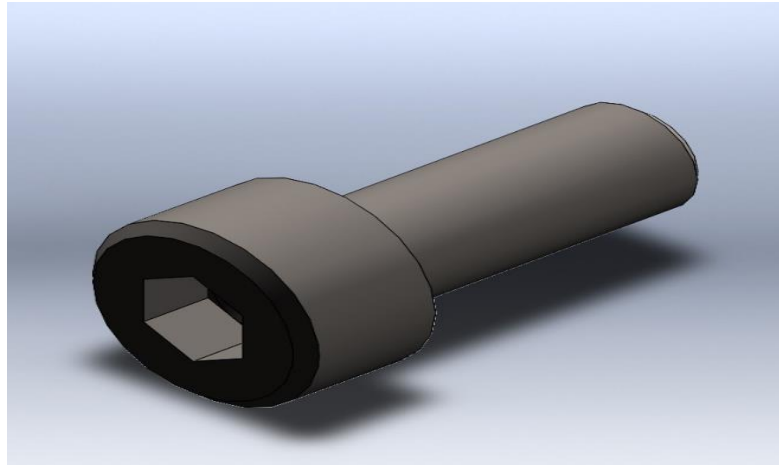


Figura 3-23 Pasador Hexagonal
Fuente: Rodríguez, A., 2022

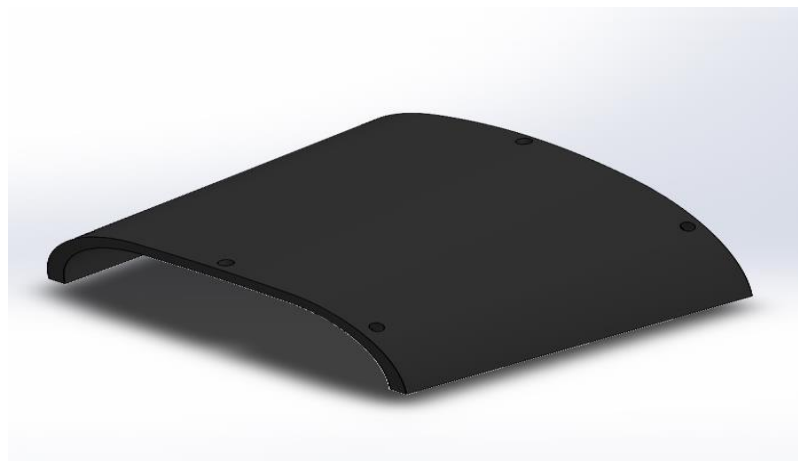


Figura 3-24 Tapa Superior de la Prótesis
Fuente: Rodríguez, A., 2022

3.5. Programación en Arduino

Para la programación en Arduino debemos saber que antes de escribir el lenguaje debemos tener 2 requisitos como son la librería Servo.h y el Software Serial.h para la comunicación serial y el control del Servomotor.

Dentro de la programación encontramos añadidas las dos librerías para la comunicación y el uso del servomotor. Comenzamos a declarar las variables para el control de los servomotores, dándole una numeración a cada uno para poder identificarlos. Dentro de las configuraciones en el bucle inicial (void setup) debemos iniciar la comunicación serial a una velocidad de 9600 Baudios y declarar los pines PWM con los que va a trabajar cada servomotor.

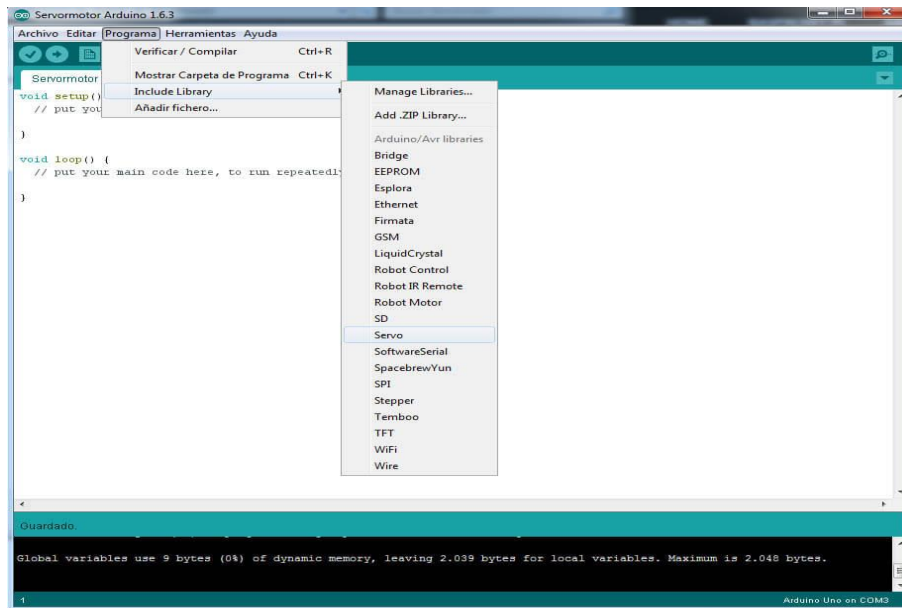


Figura 3-25 Incluir las Librerías necesarias
Fuente: Rodríguez, A., 2022

En el apartado del bucle de repetición (void loop) iniciamos declarando la variable sensorValue como tipo entera, la cual leerá los datos enviados por el sensor EMG que está conectado al pin analógico A0. Debemos saber que este sensor nos enviara valores de 0 a 1023, los cuales podemos interpretarlo de acuerdo con el movimiento realizado.

Por lo que usamos en la sentencia if que condiciona a la variable del sensor a que cuando sea mayor o igual que 1000 entonces ejecutara un comando de escritura en grados a los 3 servomotores para que comiencen en una posición inicial 0, luego se espera 1 segundo (1000ms) y se ejecuta el movimiento requerido que es cerrar completamente la mano ya que es donde el sensor detecta mayor cantidad de variación de voltaje por la presión que se ejerce en el musculo, dándoles instrucciones a los servos que lleven la mano a una posición de 180° que a través del mecanismo de transmisión de movimiento lograra el cierre total de la mano, luego cuando el sensor no detecte pulsos eléctricos o las señales sean mínimas entonces lo interpretara como el movimiento de apertura de la mano moviendo los servos de la posición de 180° dándole una espera de 1 segundo para finalmente llevarlo a una posición inicial 0, donde se encuentre la mano totalmente abierta. Finalmente mostramos el valor recogido por el sensor en el monitor serial para

efectos de prueba, dándole una tolerancia de tiempo de 250 ms entre lectura y lectura para mayor estabilidad en las lecturas.

```
Prgrama_Brazo
#include <Servo.h>
#include SoftwareSerial.h

Servo servoMotor1;
Servo servoMotor2;
Servo servoMotor3;

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  servoMotor1.attach(3);
  servoMotor2.attach(5);
  servoMotor3.attach(6);
}

void loop() {

  int sensorValue = analogRead(A0);

  if (sensorValue >= 1000){
    servoMotor1.write(0);
    servoMotor2.write(0);
    servoMotor3.write(0);
    delay(1000);
    servoMotor1.write(180);
    servoMotor2.write(180);
    servoMotor3.write(180);
  }

  if (sensorValue <= 100){
    servoMotor1.write(180);
    servoMotor2.write(180);
    servoMotor3.write(180);
    delay(1000);
    servoMotor1.write(0);
    servoMotor2.write(0);
    servoMotor3.write(0);
  }

  Serial.println(sensorValue);
  delay(250);
}
```

Figura 3-26 Programación Arduino
Fuente: Rodríguez, A., 2022

CAPÍTULO 4: Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

Se diseñó el modelado de la prótesis con la ayuda del programa SolidWorks, el cual permitió realizarlo de acuerdo con las medidas del paciente de esta manera aseguramos que sea ergonómico y estéticamente simulando la anatomía del brazo humano.

Se realizó la simulación del movimiento usando un estudio de movimiento en el programa SolidWorks representando el movimiento que podría realizar con la mano, además de mostrarle al usuario los movimientos que le posibilita la prótesis creando un estímulo de superación a las acciones que antes no podría realizar.

Se obtuvo las señales electromiografías con la ayuda del sensor EMG y la interpretación de los datos por medio del microcontrolador Arduino, estas señales se pueden modificar y convertir en la escala requerida a la que se ajuste el proyecto. Además, por medio del programa Arduino IDE logramos obtener y verificar los valores emitidos por el sensor a través del monitor serial para su posterior uso.

Se convirtieron los pulsos eléctricos en señales analógicas que con la comparación de las sentencias if ayuda a condicionar el uso de los servomotores con la finalidad de realizar la apertura y cierre de la mano dependiendo de lo que el paciente realice con el sensor en el brazo.

4.2. Recomendaciones

El sensor EMG de MyoWare cuenta con varias señales de salida las RAW y las RMS ambas se pueden evaluar dentro del software, por lo que se recomienda integrar ambas señales para obtener un resultado más fiable de lo que se quiere realizar con la prótesis.

Los entrenamientos para las personas amputadas serian de gran ayuda para que puedan ejecutar los comandos con mayor facilidad, por lo que se recomienda antes y después de la implementación del prototipo se debe acudir al médico para que haga la rehabilitación adecuada.

En caso de que se requiera implementar en un paciente se recomienda tomar las medidas del brazo de la persona amputada, para tener una mayor comodidad al momento de utilizarlo y no tenga dificultad de movimiento ni dolor en alguna de las partes implicadas.

De ser requerida la implementación de este proyecto, se recomienda que el prototipo sea mejorado con las nuevas tecnologías para que tengan otras funciones las cuales ayuden a los pacientes que hayan perdido una funcionalidad motora superior.

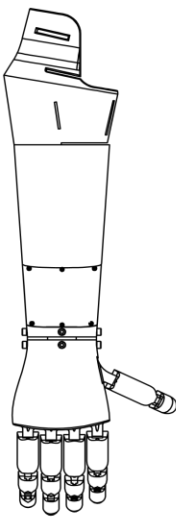
BIBLIOGRAFÍA

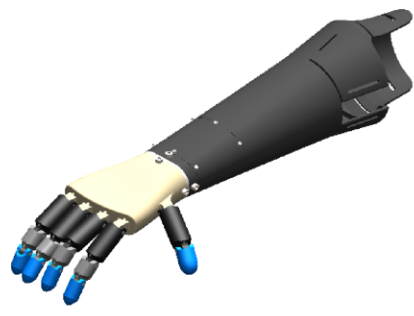
- adr formacion . (12 de 02 de 2020). Qué es solidWorks?. *adr formacion* .
Obtenido de https://www.adrformacion.com/knowledge/ingenieria-y-proyectos/_que_es_solidworks_.html
- Aguilar, G. (30 de 05 de 2017). Prótesis maxilofacial. *portal odontologos.mx*.
Obtenido de <https://www.odontologos.mx/odontologos/publicaciones/publicaciones.php?id=105>
- García González, A. (2 de 12 de 2016). *Qué es y cómo funciona un servomotor*.
Panamahitek. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Branemark, C. (27 de 08 de 2021). Qué tipos de prótesis dentales existen.
Centro Branemark las Palmas. Obtenido de <https://www.centrobranemarklaspalmas.com/blog/tipos-protesis-dentales/>
- Brito Jofre, Q. M. (06 de 2013). *Estudio del estado del arte de la prótesis de mano*.
ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-8-Protisis-Michelangelo-19_fig8_312081540
- Cerracin, R. (15 de 02 de 2011). *Los antiguos egipcios también utilizaban prótesis*.
Amigos de la egiptología. Obtenido de <https://egiptologia.com/los-antiguos-egipcios-tambien-utilizaban-protesis/>
- Clinic, E. A. (10 de 12 de 2019). *Tipos de implantes mamarios: anatómicos, ergonómicos y redondas*.
Aurea Clinic. Obtenido de <https://aureaclinic.com/tipos-de-protesis-mamarias-redondas-anatomicas-ergonomicas/>
- Creatividad codificada*. (17 de 01 de 2020). *Controlar servomotor con Arduino*.
Creatividad codificada. Obtenido de <https://creatividadcodificada.com/arduino/controlar-servomotor-con-arduino/>
- Delgado, M. (12 de 02 de 2022). *Arduino en Español* . Obtenido de <https://manueldelgadocrespo.blogspot.com/p/arduino-mega-2560.html>
- Dr. Hernandez, H. (1 de 02 de 2014). *Prótesis auditivas*. Otorrinolaringología.
Obtenido de <http://articulos.sld.cu/otorrino/?tag=protisis-auditiva>
- Electrostore*. (12 de 02 de 2022). *Electrostore*. Obtenido de <https://grupolectrostore.com/shop/motores/servomotores/servomotor-tower-pro-sg90-18-kg-cm-micro/>

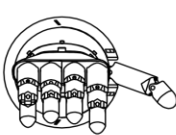
- ElectroStore*. (12 de 02 de 2022). *Electrostore*. Obtenido de <https://grupolectrostore.com/shop/sensores/senales-bioelectricas/sensor-muscular-myoware-emg/>
- Ensure The Quality*. (12 de 02 de 2022). *Ensure The Quality*. Obtenido de <https://nk1bd.com/product/amd-ryzen-5-3600-gaming-pc/>
- Fernández, Y. (3 de 08 de 2020). *Xataka basics*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Ferriz, G. (12 de 02 de 2022). *ortopediagarciaferriz*. Obtenido de <https://www.ortopediagarciaferriz.com/es/product/6726227-mano-i-limb-ultra--emo#>
- Infante Alarcón , A. F., & Fuentes González , J. J. (05 de Sep de 2019). Diseño e implementación de un prototipo de prótesis robótica para antebrazo y mano derecha con movimientos independientes mediante señales neuronales. Tesis de Grado. Escuel Superior politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/47761>
- Loli, D. (5 de 12 de 2018). *Kolwidi*. Obtenido de <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/la-familia-arduino>
- Manuel, R. (17 de 01 de 2017). *ticArte*. Obtenido de <https://www.ticarte.com/contenido/arduino-hardware-y-software-para-todos>
- Martinez Magaly, C. C. (6 de 02 de 2011). *Cuidándote.net*. Obtenido de <https://www.cuidandote.net/2011/02/cuidados-de-enfermeria-tras-la-implantacion-transapical-de-protesis-valvular-aortica-en-la-reanimacion-de-cirugia-cardiaca-del-hospital-meixoeiro-de-vigo/>
- Mayo Clinic . (12 de 02 de 2022). *Mayo Clinic*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/emg/about/pac-20393913>
- Ortopedia, S. (6 de 03 de 2019). *sbvortopedia*. Obtenido de <https://sbvortopedia.com/todo-lo-que-debes-saber-acerca-de-las-protesis/>
- Pro Córdoba* . (12 de 02 de 2022). *5/6: Curso: diseño asistido por computación – solid works*. Obtenido de procordoba.org/56-curso-diseno-asistido-por-computacion---solid-works-4023.html
- Sophimania. (11 de 09 de 2012). *lamula.pe*. Obtenido de <https://sophimania.lamula.pe/2012/11/09/presentan-el-mejor-brazo-bionico-de-todos-los-tiempos/sophimania/>
- TriMech. (1 de 09 de 2021). *TriMech Blog*. Obtenido de <https://blog.trimech.com/solidworks-2022-launch-dates>

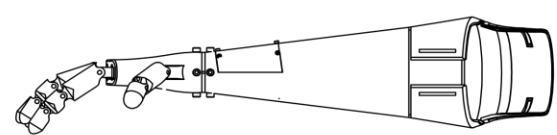
ANEXOS

4	3	2	1
F			F
E			E
D			D
C			C
B			B
A			A









SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NOMBRE</th> <th style="width: 10%;">FIRMA</th> <th style="width: 10%;">FECHA</th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	NOMBRE	FIRMA	FECHA					DIBUJ.							VERIF.							APROB.							FABR.							CALID.									TÍTULO:	
NOMBRE	FIRMA	FECHA																																												
DIBUJ.																																														
VERIF.																																														
APROB.																																														
FABR.																																														
CALID.																																														
		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO Planos_Ensamble ^{A4}																																											
		PESO:	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1																																										



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés** con C.C: 0940408180 autor del Trabajo de Titulación **Simulación de una prótesis robótica de miembro superior utilizando el programa SolidWorks**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de Febrero de 2022

f. 

Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés

C.C: 0940408180



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Simulación de una prótesis robótica de miembro superior utilizando el programa SolidWorks.		
AUTOR(ES)	Rodríguez Párraga, Gustavo Andrés		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Suarez Murillo, Efraín Oswaldo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de febrero del 2022	No. DE PÁGINAS:	40
ÁREAS TEMÁTICAS:	Programación, Diseño		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Prótesis, Sensor EMG, Arduino, SolidWorks, Diseño Estructural.		
<p>Este proyecto de simulación está orientado a ver cómo es el comportamiento de los sensores EMG en base a la programación ARDUINO en la cual con este se podrá dar los valores para los movimientos de los servomotores los cuales tendrá como funcionalidad la apertura y cierre de la mano lo que esto nos da entender que el lenguaje de la programación es indispensable para este tipo de proyecto, con la ayuda del programa de SolidWorks se hará el modelado y la misma herramienta que nos brinda el programa podremos hacer la simulación acorde lo estipulado del proyecto. En este proyecto damos a conocer también los tipos de prótesis que existen hasta el momento en las cuales ya se implementan en la vida cotidiana de las personas que hayan sufrido de amputaciones o por alguna enfermedad que presente en las cuales conllevan a usar las prótesis que se misionaran dentro de este proyecto que constan para el conocimiento a futuro de exista a la posibilidad de que implemente este proyecto para darle unas nuevas oportunidades a las personas que no tenga un miembro superior y vuelva a tener esa capacidad que perdieron, este proyecto nos dejó como resultado el prototipo que se podría verse en una persona la cual perdió un brazo que a su vez observamos su óptimo funcionamiento respectivo.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	+593979969751	E-mail: gustarod1098@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre:	Ing. Palacios Meléndez, Edwin Fernando	
	Teléfono:	+593-967608298	
	E-mail:	edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec	
SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACION:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			