

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACION**

**TEMA:**

**Simulación de un sistema automatizado aplicado a prótesis de  
una extremidad superior.**

**AUTOR:**

**Vásquez Vinuesa, Valeria Isabel**

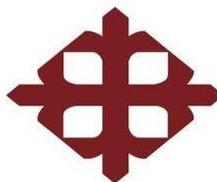
**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACION**

**TUTOR:**

**Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael, M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**4 de septiembre del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACION

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Vásquez Vinuesa, Valeria Isabel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Electrónica y Automatización**

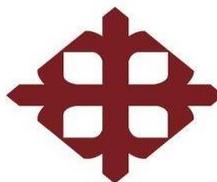
TUTOR

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
ING. BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, M.Sc.

Guayaquil, a los 04 del mes septiembre del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACION

### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Vásquez Vinueza, Valeria Isabel**

#### DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Simulación de un sistema automatizado aplicado a prótesis de una extremidad superior**, 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.

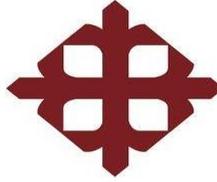
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 04 del mes septiembre del año 2023**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Vásquez Vinueza, Valeria Isabel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACION

### AUTORIZACIÓN

Yo, **Vásquez Vinueza, Valeria Isabel**

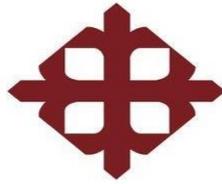
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Simulación de un sistema automatizado aplicado a prótesis de una extremidad superior**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 04 del mes septiembre del año 2023**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Vásquez Vinueza, Valeria Isabel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

### CERTIFICADO COMPILATE

La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular **Simulación de un sistema automatizado aplicado a prótesis de una extremidad superior** presentado por el estudiante **VASQUEZ VINUEZA VALERIA ISABEL** de la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**, donde obtuvo del programa COMPILATE, el valor de **3%** de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Certifican,

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS <i>magister</i>	<b>Valeria Vasquez</b>	<b>3%</b> Similitudes	<b>&lt; 1%</b> Texto entre comillas 0% similitudes entre comillas
Nombre del documento: Valeria Vasquez.docx ID del documento: a3bf3ebb5ee32b3dbfc8704a93833b959475668 Tamaño del documento original: 3,88 MB	Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez Fecha de depósito: 1/9/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 1/9/2023	Número de palabras: 8563 Número de caracteres: 59.629	

**ING. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ**  
Revisor - COMPILATE

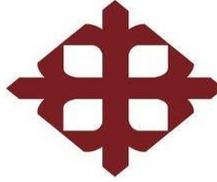
## **AGRADECIMIENTO**

Al culminar este arduo camino que ha representado la realización de mi tesis, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en este logro. En especial, quiero honrar la memoria de mi querido abuelito, quien, aunque ya no está físicamente con nosotros, siempre ha sido una fuente inagotable de inspiración y sabiduría.

El apoyo incondicional de mis padres ha sido el motor que me ha impulsado a llegar hasta aquí. Su amor, paciencia y comprensión han sido fundamentales en cada paso que he dado en este proceso. Mi familia, en su conjunto, ha brindado su aliento y respaldo en momentos cruciales, recordándome constantemente que no estaba solo en esta travesía.

No puedo pasar por alto el papel esencial de mis docentes, quienes, con su conocimiento, guía y consejos, han iluminado mi camino académico. Su dedicación y compromiso con la educación han sido una fuente constante de inspiración y aprendizaje.

Este logro no es solo mío, sino el resultado de un esfuerzo colectivo. A cada uno de ustedes, les extiendo mi más sincero agradecimiento. Vuestra presencia en mi vida ha marcado una diferencia incalculable, y este trabajo no habría sido posible sin su apoyo incondicional.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACION

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

ING. BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR MGS.

DECANO

f. \_\_\_\_\_

ING. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ MGS.

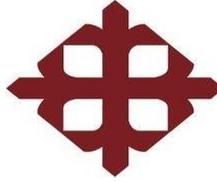
COORDINADOR DE TITULACION

f. \_\_\_\_\_

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS

SANCHEZ MGS.

OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACION

CALIFICACIÓN

---

ING. HIDALGO, RAFAEL, M.Sc.

TUTOR

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
CAPÍTULO 1.....	2
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Definición del problema .....	3
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Objetivo general .....	3
1.4 Objetivos específicos.....	3
1.5 Tipo de investigación.....	4
1.6 Metodología .....	4
CAPÍTULO 2.....	5
FUNDAMENTACION TEÓRICA .....	5
2.1 Prótesis Electrónica .....	5
2.1.1 Reseña Histórica .....	5
2.2.1 Diseño de una Prótesis en el siglo XX.....	8
2.2 Sistemas Protésicos .....	10
2.2.1 Prótesis Mecánicas .....	10
2.2.2 Prótesis Eléctricas.....	11
2.2.3 Prótesis Neumáticas.....	12
2.2.4 Prótesis Electrónicas .....	13
2.3 Tipos de Prótesis Electrónicas.....	13
2.3.1 Tipos de Prótesis de miembro superior .....	13
2.3.1.1 Componentes y Tecnología .....	15
2.3.2 Tipos de Prótesis de miembro inferior .....	16
2.3.2.1 Componentes y Tecnología .....	18
2.3.3 Prótesis de Órganos internos .....	18

2.3.3.1 Tipos de prótesis de órganos internos .....	18
2.3.3.2 Componentes y Tecnología .....	21
<b>2.4 Sensores en prótesis electrónicas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Interfaces en prótesis electrónicas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6 Actuadores y Movimiento .....</b>	<b>23</b>
2.6.1 Tipos de Actuadores.....	23
2.6.2. Movimientos en prótesis electrónicas .....	24
<b>2.7 Control y Programación.....</b>	<b>24</b>
2.7.1 Algoritmo de Control.....	25
2.7.1.1. Tipos de Algoritmos de Control.....	25
2.7.2 Programación Personalizada.....	25
<b>2.8 Desarrollo tecnológico de las prótesis electrónicas .....</b>	<b>26</b>
<b>2.9 Costo y Acceso .....</b>	<b>28</b>
2.9.1 Factores que Influyen en el Costo: .....	28
2.9.2 Factores que Influyen en el Acceso: .....	29
<b>2.10 Beneficios sociales y psicológicos.....</b>	<b>30</b>
2.10.1 Beneficios Sociales: .....	30
2.10.2 Beneficios Psicológicos: .....	31
<b>2.11 Investigación y Futuro .....</b>	<b>31</b>
<b>2.12 Ética y consideraciones sociales .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>36</b>
<b>DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Índice de Amputaciones en Ecuador .....</b>	<b>36</b>
3.1.1 Causas de amputaciones en Ecuador .....	36
<b>3.2 Estadística de discapacidad en Ecuador a causa de amputaciones .....</b>	<b>37</b>
3.2.1 Tabla de indicador de amputaciones por género .....	37
<b>3.3 Grafica de porcentajes de amputaciones por genero.....</b>	<b>38</b>
3.3.1 Grafica de porcentajes Femenino.....	38
3.3.2. Grafica de porcentajes Masculino.....	38
3.3.2 Grafica de porcentajes LGBTI .....	39

<b>3.4 Modelo de Prótesis.....</b>	<b>39</b>
3.4.1 Simulador Onshape.....	39
3.4.2 Presentación de la plataforma Onshape.....	40
4.2.3 Metodología aplicada para el diseño de la prótesis electrónica .....	41
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Conclusiones.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2. Recomendaciones.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIA.....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prótesis de hierro .....	6
Figura 2. le Petit Loraine .....	7
Figura 3. Prótesis de hierro de ganchos Hook.....	8
Figura 4 Prótesis mecánica .....	11
Figura 5 Prótesis eléctrica .....	12
Figura 6 Prótesis neumática .....	12
Figura 7 Prótesis electrónica .....	13
Figura 8 Prótesis de mano .....	14
Figura 9 Prótesis de antebrazo.....	14
Figura 10 Prótesis de brazo .....	15
Figura 11 Electrodo .....	15
Figura 12 Prótesis transtibial .....	17
Figura 13 Prótesis Transfemoral .....	17
Figura 14 Implante de válvula cardíaca .....	19
Figura 15 Riñón artificial.....	19
Figura 16 Prótesis pancreática .....	20
Figura 17 Prótesis ocular.....	20
Figura 18 Audífono coclear .....	20
Figura 19. Porcentaje femeninos.....	38
Figura 20. Porcentaje masculinos .....	38
Figura 21. Porcentaje LGBTI.....	39
Figura 22 Logotipo de Onshape .....	40
Figura 23. Amputación de un adulto de 48 años .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de amputaciones por genero .....	36
---	----

## RESUMEN

Las prótesis electrónicas son dispositivos diseñados para reemplazar o mejorar las funciones de una extremidad o parte del cuerpo humano. Utilizan tecnología electrónica y sensorial para replicar el movimiento y la funcionalidad de las extremidades naturales. Estas prótesis incluyen componentes como sensores, actuadores, interfaces cerebro-computadora y sistemas de control que permiten a los usuarios realizar una variedad de movimientos y tareas.

Las prótesis electrónicas pueden tener un impacto significativo en la vida de las personas con discapacidades, ya que restauran la movilidad, la autonomía y la calidad de vida. Vienen en diferentes tipos, incluyendo prótesis de miembro superior e inferior, así como prótesis de órganos internos.

Sin embargo, las prótesis electrónicas también plantean consideraciones éticas y sociales, como el acceso equitativo, la privacidad de los datos, la autoimagen y la integridad del cuerpo. La investigación y el desarrollo continúan avanzando en áreas como interfaces cerebro-computadora, sensación táctil realista y personalización de diseño para abordar estas preocupaciones y mejorar aún más la funcionalidad y la aceptación de estas prótesis.

En última instancia, las prótesis electrónicas tienen el potencial de transformar la vida de las personas con discapacidades, brindándoles nuevas oportunidades para participar en la sociedad, mejorar su autoestima y lograr una mayor independencia en su vida cotidiana.

**Palabras:** (extremidad artificial, sensores, actuadores, interfaces cerebro-computadora, aprendizaje automático, inteligencia artificial, control proporcional, estigma, autonomía)

## **ABSTRACT**

Electronic prostheses are devices designed to replace or improve the functions of a limb or part of the human body. They use electronic and sensory technology to replicate the movement and functionality of natural limbs. These prosthetics include components such as sensors, actuators, brain-computer interfaces, and control systems that allow users to perform a variety of movements and tasks.

Electronic prosthetics can have a significant impact on the lives of people with disabilities, restoring mobility, autonomy, and quality of life. They come in different types, including upper and lower limb prostheses, as well as internal organ prostheses. However, electronic prosthetics also raise ethical and social considerations, such as equal access, data privacy, self-image, and bodily integrity. Research and development continue to advance in areas such as brain-computer interfaces, realistic tactile sensation, and design customization to address these concerns and further improve the functionality and acceptance of these prosthetics.

Ultimately, electronic prosthetics have the potential to transform the lives of people with disabilities, providing them with new opportunities to participate in society, improve their self-esteem, and achieve greater independence in their daily lives.

**Words:** (artificial limb, sensors, actuators, brain-computer interfaces, machine learning, artificial intelligence, proportional control, stigma, autonomy)

## **CAPÍTULO 1.**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **INTRODUCCIÓN**

Al dirigir nuestra mirada hacia el futuro desde la perspectiva de la ingeniería electrónica, con el propósito de enriquecer la calidad de vida de personas que han experimentado ciertos tipos de amputaciones, este artículo se focaliza en la presentación de las prótesis electrónicas.

Por lo tanto, es crucial entender que el término "prótesis" deriva del griego "prothesis", que se compone de "pro" que significa "antes" y "thesis" de "tithemi" que denota "colocar" en el contexto de posición. Esto implica que las prótesis se originaron y evolucionaron como extensiones artificiales que reemplazan parcial o completamente partes del cuerpo que se han perdido, y que confieren versatilidad al realizar las actividades cotidianas.

## **1.1 Definición del problema**

En Ecuador, así como en todo el planeta, se ha observado un incremento en las amputaciones de extremidades debido a factores como accidentes de tráfico y enfermedades crónico-degenerativas.

En el Ecuador, 1 de cada 100 personas pierde una extremidad y se realizan alrededor de 200 amputaciones todos los días, Es probable que este porcentaje aumente. Actualmente existen 4.606 personas con necesidades protésicas.

## **1.2 Justificación del problema**

De esta manera, teniendo como base las prótesis mecánicas, se lleva a conocer una prótesis electrónica ya que esta posee mejores funciones y una facilidad a la hora de modificar sus características como tamaño, color, textura, centro de gravedad, alineación y el manejo de los dedos en las prótesis de extremidades superiores.

## **1.3 Objetivo general**

- Simular un sistema automatizado de prótesis electrónica a una extremidad superior.

## **1.4 Objetivos específicos**

- Investigar sobre que es una prótesis electrónica.
- Diseñar el sistema electrónico de una prótesis.
- Dar a conocer sobre su funcionamiento y uso de una prótesis electrónica.

### **1.5 Tipo de investigación**

Se realizó un tipo de investigación descriptiva para el proyecto que se realizó, estableciendo una descripción detallada en el cual no se buscan causas o consecuencias.

### **1.6 Metodología**

Se implementó una metodología cualitativa en la que se llevó a cabo investigaciones para recolectar información.

## **CAPÍTULO 2.**

### **FUNDAMENTACION TEÓRICA**

#### **2.1 Prótesis Electrónica**

##### **2.1.1 Reseña Histórica**

El avance en la concepción de prótesis ha estado directamente relacionado con los progresos en la manipulación de los materiales empleados por humanos, así como con los avances tecnológicos y la comprensión de la biomecánica del cuerpo humano. Una prótesis se desarrolla con el propósito de mejorar o reemplazar una función, parte o incluso un miembro completo del cuerpo humano que haya sido afectado. Por lo tanto, una prótesis no solamente brinda beneficios al paciente, especialmente a aquellos que han sufrido amputaciones, sino que también contribuye al desarrollo psicológico al generar una sensación de integridad al restaurar la movilidad y la apariencia.

El primer rastro registrado de una prótesis en un miembro superior se remonta al año 2000 a.C., cuando se halló una prótesis unida al antebrazo de una momia egipcia. Esta prótesis estaba sujeta mediante un soporte adaptado. Gracias al dominio del hierro, los seres humanos lograron fabricar manos más robustas capaces de manipular objetos pesados. Por ejemplo, durante la Segunda Guerra Púnica (218-202 a.C.), el general romano Marcus Sergius creó una mano de hierro que le permitía empuñar su espada; esta es la primera mención documentada de una mano protésica de hierro.

En la búsqueda de mejoras, en el año 1400 se diseñó la mano de alt-Ruppín, también confeccionada en hierro. Esta mano presentaba un pulgar rígido en oposición y dedos flexibles que podían doblarse de manera pasiva. Los dedos podían asegurarse mediante un mecanismo de trinquete, e incluso la mano contaba con una muñeca móvil. El uso habitual del hierro en la fabricación de manos con un pulgar rígido

en oposición y dedos flexibles que podían doblarse de manera pasiva. Los dedos podían asegurarse mediante un mecanismo de trinquete, e incluso la mano contaba con una muñeca móvil. El uso habitual del hierro en la fabricación de manos protésicas era tan común que inspiró el título de una obra de Goethe, quien se basó en el caballero germánico Götz von Berlichingen y su mano de hierro."

Figura 1. Prótesis de hierro



Fuente (Revista general universitaria)

Fue solo en el siglo XVI que se evidenció un marcado progreso en la evolución de las prótesis destinadas a miembros superiores. Este avance puede atribuirse al trabajo llevado a cabo por Ambroise Paré, un médico militar francés, quien desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de mejoras significativas en los mecanismos de estas prótesis. Paré diseñó el primer brazo artificial móvil que llegaba hasta el codo, conocido bajo el nombre de "Le petit Loraine". Aunque el mecanismo en sí era relativamente rudimentario dadas las condiciones de la época, tenía la capacidad de permitir la apertura y el cierre de los dedos mediante la aplicación de presión o tracción. Adicionalmente, incorporaba una palanca que facilitaba la flexión y extensión a nivel del codo. Esta innovadora prótesis fue desarrollada para un individuo que había perdido la función de la articulación del codo.

Paralelamente a este logro, Paré también introdujo la primera mano estética fabricada

en cuero, lo que marcó un cambio revolucionario en la elección de materiales para el diseño de prótesis destinadas a miembros superiores.



Figura 2. le Petit Loraine

Fuente (Revista general universitaria)

En el transcurso del siglo XIX, surgieron nuevos materiales como el cuero, polímeros naturales y madera que se emplearon en la manufactura de prótesis. Adicionalmente, los resortes desempeñaron una función fundamental al contribuir al desarrollo de innovadores mecanismos destinados a transmitir fuerza y garantizar la fijación adecuada. Entre las notables contribuciones en el ámbito de las prótesis para miembros superiores, se destaca la innovación presentada por el inventor alemán Peter Beil.

En esta época, se logró diseñar una prótesis de mano con la capacidad de efectuar movimientos de apertura y cierre en los dedos. Sin embargo, el control de esta prótesis dependía de los movimientos generados por el tronco y el hombro en el lado contrario, lo que dio origen a la concepción de prótesis autoimpulsadas. Posteriormente, el Conde Beafort presentó un brazo protésico que incorporaba la

capacidad de flexionar el codo, cuya acción se activaba mediante la presión de una palanca contra el pecho. Aprovechando también la energía proporcionada por el hombro del lado contrario, se lograron movimientos activos tanto en el codo como en la mano. En este diseño, el movimiento del pulgar móvil se lograba mediante el empleo de un gancho dividido sagitalmente, presentando similitudes con los modernos ganchos Hook.



Figura 3. Prótesis de hierro de ganchos Hook  
Fuente (PAM)

### 2.2.1 Diseño de una Prótesis en el siglo XX

En el transcurso del siglo XIX, surgieron nuevos materiales como el cuero, polímeros naturales y madera que se emplearon en la manufactura de prótesis. Adicionalmente, los resortes desempeñaron una función fundamental al contribuir al desarrollo de innovadores mecanismos destinados a transmitir fuerza y garantizar la fijación adecuada. Entre las notables contribuciones en el ámbito de las prótesis para miembros superiores, se destaca la innovación presentada por el inventor alemán Peter Beil.

En esta época, se logró diseñar una prótesis de mano con la capacidad de efectuar movimientos de apertura y cierre en los dedos. Sin embargo, el control de esta prótesis dependía de los movimientos generados por el tronco y el hombro en el lado contrario, lo que dio origen a la concepción de prótesis autoimpulsadas.

Posteriormente, el Conde Beafort presentó un brazo protésico que incorporaba la capacidad de flexionar el codo, cuya acción se activaba mediante la presión de una palanca contra el pecho. Aprovechando también la energía proporcionada por el hombro del lado contrario, se lograron movimientos activos tanto en el codo como en la mano. En este diseño, el movimiento del pulgar móvil se lograba mediante el empleo de un gancho dividido sagitalmente, presentando similitudes con los modernos ganchos Hook.

A lo largo del siglo XX, se logró el propósito de reintegrar a los individuos amputados a su entorno laboral gracias a los esfuerzos del médico francés Gripoulleau. Este profesional diseñó una variedad de elementos que podían funcionar como unidades terminales, incluyendo anillos, ganchos y varios instrumentos metálicos. Estos elementos posibilitaban la realización de tareas que requerían fuerza o precisión. En 1912, en Estados Unidos, Dorrance desarrolló el "Hook" (Gancho), una unidad terminal que podía abrirse de forma activa mediante movimientos de la cintura escapular y cerrarse pasivamente mediante una banda elástica. En paralelo, en Alemania, surgió el gancho Fischer, que se destacaba por su mayor capacidad y flexibilidad en cuanto a las formas de agarre y sujeción de objetos.

El concepto de prótesis impulsadas por los músculos del muñón tuvo su origen en Alemania gracias a Sauerbruch. Este ideó un método para conectar los músculos flexores del antebrazo con el mecanismo de una mano artificial mediante varillas de marfil insertadas en túneles cutáneos. Esto permitió que la prótesis pudiera moverse activamente gracias a las contracciones musculares.

Fue en 1946 cuando se implementaron sistemas de propulsión asistida, lo que llevó al desarrollo de prótesis neumáticas y eléctricas. Estos sistemas posibilitan que el movimiento sea activado por una fuente externa al cuerpo. Las prótesis con control

mioeléctrico comenzaron a emerger en Rusia en la década de 1960. Estas prótesis se activan mediante pequeños impulsos generados durante la contracción de los músculos del muñón, los cuales se amplifican para lograr el movimiento de la prótesis. Inicialmente, estas prótesis se utilizaban mayormente en personas con amputaciones de antebrazo y tenían una fuerza de agarre de dos kilogramos.

En la actualidad, las prótesis de mano se enfocan en funciones de apertura y cierre de la pinza. Aunque varían en el tipo de control que emplean, su funcionalidad básica es similar. Países como Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Japón lideran los avances tecnológicos y la investigación en el ámbito de las prótesis. (Maya, 2007)

## **2.2 Sistemas Protésicos**

Todas las extremidades artificiales activas requieren energía para funcionar; sistema transferencia de estos poderes; un sistema de comando o movimiento y un dispositivo de agarre. Eligiendo La prótesis utilizada tiene un papel determinante en el grado de amputación. (Martinez, 2013)

### **2.2.1 Prótesis Mecánicas**

Las prótesis mecánicas de mano son dispositivos empleados con el propósito de llevar a cabo aperturas o cierres voluntarios. Esto se logra mediante un arnés que se coloca alrededor de los hombros, parte del pecho y la porción del brazo que el usuario controla. El mecanismo se basa en la expansión de una banda elástica por medio del arnés para realizar la apertura o cierre. La activación de la apertura o el cierre se logra a través de la relajación muscular, gracias a un resorte que proporciona la fuerza necesaria para ejercer presión o efectuar un pellizco. Aunque estos componentes son recubiertos con un guante para brindar una apariencia más estética, esta configuración limita la capacidad para agarrar objetos pequeños, ya que el guante puede dificultar la sujeción.

La dimensión de la prótesis y la cantidad de bandas elásticas requeridas dependen de la fuerza requerida y del material empleado en su construcción. Estas variables se ajustan en función de las necesidades específicas de cada individuo. Dado que estas prótesis son controladas por movimientos naturales del cuerpo, es esencial que el usuario sea capaz de realizar movimientos generales, como la expansión del pecho, el descenso y ascenso del hombro, la abducción y aducción escapular, y la flexión glenohumeral. (Dorador, 2009)

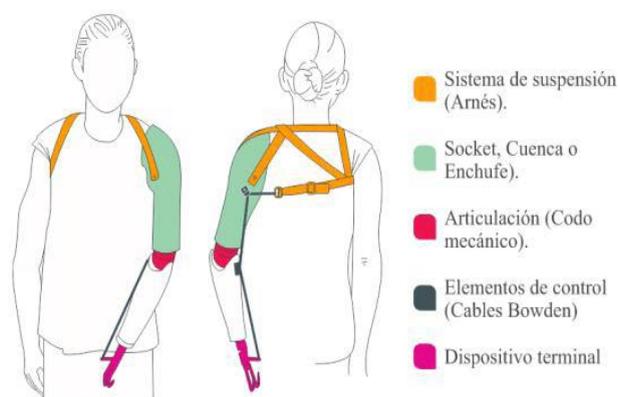


Figura 4 Prótesis mecánica

Fuente (Proteus)

### 2.2.2 Prótesis Eléctricas

Estas prótesis incorporan motores eléctricos en la parte terminal del dispositivo, ya sea en la muñeca o el codo, y se alimentan con una batería que puede recargarse. La forma en que se controlan estas prótesis varía, ya sea a través de un servocontrol, un botón pulsador o un botón con interruptor de arnés. En algunos casos, se combinan estas modalidades para optimizar su funcionamiento. Para establecer la conexión entre la prótesis y el muñón, se utiliza un componente intermedio denominado socket, que permite la suspensión mediante succión. Aunque adquirir y reparar este tipo de prótesis resulta más costoso, presenta desventajas evidentes, como la necesidad de protegerla de la exposición a la humedad y su peso. (Saenz, 2014)

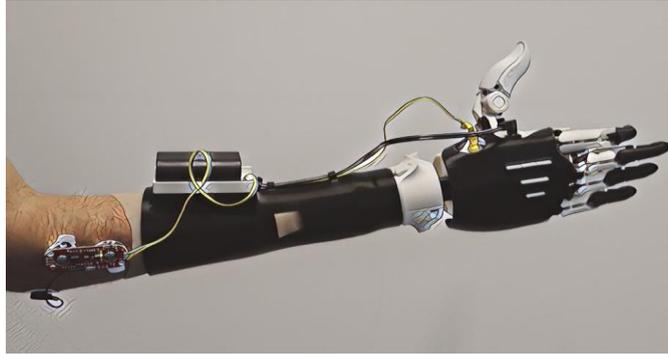


Figura 5 Prótesis eléctrica  
Fuente (Xataka)

### 2.2.3 Prótesis Neumáticas

Estas prótesis funcionaban mediante la activación de ácido carbónico comprimido, que generaba una considerable cantidad de energía. Sin embargo, esto también conllevaba desafíos relacionados con la complejidad de los dispositivos auxiliares y el riesgo asociado al manejo del ácido carbónico.



Figura 6 Prótesis neumática  
Fuente (Xtaka)

## 2.2.4 Prótesis Electrónicas

Las prótesis electrónicas, también conocidas como prótesis biónicas o prótesis cibernéticas, son dispositivos médicos diseñados para reemplazar o mejorar las funciones de una parte del cuerpo que ha sido amputada o que no funciona adecuadamente. Estas prótesis utilizan tecnología electrónica y mecánica avanzada para imitar y en algunos casos mejorar la funcionalidad de la parte del cuerpo perdida.



Figura 7 Prótesis electrónica

Fuente (RevProteus)

## 2.3 Tipos de Prótesis Electrónicas

Las prótesis de miembro superior son dispositivos diseñados para reemplazar o mejorar la función de una mano, brazo o antebrazo amputado o que no funciona adecuadamente. Estas prótesis utilizan tecnología avanzada para imitar la función natural de la extremidad perdida y permitir que el usuario realice una variedad de movimientos y actividades cotidianas.

### 2.3.1 Tipos de Prótesis de miembro superior

Las prótesis de miembro superior son dispositivos diseñados para reemplazar o mejorar la función de una mano, brazo o antebrazo amputado o que no funciona adecuadamente. Estas prótesis utilizan tecnología avanzada para imitar la función natural de la extremidad perdida y permitir que el usuario realice una variedad de movimientos y actividades cotidianas.

### **Prótesis de Mano:**

Reemplazan la función de la mano, permitiendo que el usuario realice agarrar, soltar y manipular objetos.

Pueden tener diferentes tipos de agarre, como el agarre en pinza o el agarre lateral, para adaptarse a diferentes actividades.



Figura 8 Prótesis de mano

Fuente (Redalyc)

### **Prótesis de Antebrazo:**

Reemplazan la función del antebrazo y la muñeca.

Pueden tener articulaciones que permiten movimientos más complejos, como la rotación de la muñeca.



Figura 9 Prótesis de antebrazo

Fuente (Redalyc)

## **Prótesis de Brazo:**

Reemplazan la función completa del brazo y la mano.

Pueden incluir articulaciones y sensores avanzados para una mayor funcionalidad.

(Norton, 2007)



Figura 10 Prótesis de brazo  
Fuente (Ingeniería UC)

### **2.3.1.1 Componentes y Tecnología**

#### **Sensores Musculares:**

Algunas prótesis utilizan electrodos que capturan las señales eléctricas generadas por los músculos residuales del usuario. Estas señales se utilizan para controlar la prótesis.



Figura 11 Electrodos  
Fuente (Medplus)

### **Interfaces Cerebro-Computadora (ICC):**

Permiten que el usuario controle la prótesis mediante señales cerebrales. Esto implica la lectura y la interpretación de las señales eléctricas del cerebro.

### **Actuadores y Mecanismos:**

Utilizan motores y sistemas mecánicos para imitar los movimientos naturales de la extremidad.

Algunas prótesis también tienen sistemas de retroalimentación que proporcionan al usuario sensaciones táctiles.

### **Algoritmos de Control:**

Los algoritmos determinan cómo la prótesis responde a las señales del usuario, lo que permite movimientos precisos y naturales. (Universitaria)

## **2.3.2 Tipos de Prótesis de miembro inferior**

Las prótesis de miembro inferior son dispositivos médicos diseñados para reemplazar o mejorar la función de una pierna, pie o parte inferior de la extremidad que ha sido amputada o que no funciona correctamente. Estas prótesis utilizan tecnología avanzada para imitar los movimientos y la funcionalidad de la extremidad perdida, permitiendo que los usuarios vuelvan a caminar, moverse y llevar a cabo diversas actividades cotidianas.

### **Prótesis Transtibiales (Bajo la Rodilla):**

Reemplazan una parte de la pierna que se encuentra por debajo de la rodilla.

Incluyen una pata y un pie protésicos que se ajustan a la extremidad residual.



Figura 12 Prótesis transtibial

Fuente (Medplus)

### **Prótesis Transfemorales (Sobre la Rodilla):**

Reemplazan una parte de la pierna que se encuentra por encima de la rodilla.

Incluyen una pierna y un pie protésicos más elaborados para imitar el movimiento de la rodilla.



Figura 13 Prótesis Transfemoral

Fuente (Medplus)

### **Prótesis Transtibiales y Transfemorales Controladas por Microprocesadores:**

Utilizan sensores y microprocesadores para adaptar la marcha y los movimientos de la prótesis según las necesidades del usuario.

### **2.3.2.1 Componentes y Tecnología**

#### **Pata y Pie Protésicos:**

Están diseñados para proporcionar soporte, amortiguación y el movimiento necesario.

Pueden ser mecánicos, hidráulicos o incluso de carbono, según la necesidad y el nivel de actividad del usuario.

#### **Sistemas de Suspensión:**

Mantienen la prótesis en su lugar y permiten que el usuario se mueva con comodidad.

Pueden ser de socket, que se ajusta al muñón residual, o de manga, que se ajusta alrededor del muñón.

#### **Sensores y Microprocesadores:**

Algunas prótesis avanzadas utilizan sensores y microprocesadores para detectar la fase de la marcha y ajustar la flexión y extensión de la rodilla o el tobillo de manera más natural.

### **2.3.3 Prótesis de Órganos internos**

Las prótesis de órganos internos, también conocidas como órganos artificiales o implantes médicos, son dispositivos diseñados para reemplazar la función de un órgano interno que no está funcionando correctamente o que ha sido dañado por enfermedad o lesión. Estas prótesis utilizan tecnología avanzada para replicar la función natural del órgano y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

#### **2.3.3.1 Tipos de prótesis de órganos internos**

##### **Prótesis Cardíacas y Válvulas Cardíacas:**

Las prótesis cardíacas, como los marcapasos y desfibriladores, ayudan a regular el ritmo cardíaco.

Las válvulas cardíacas artificiales reemplazan las válvulas cardíacas defectuosas.

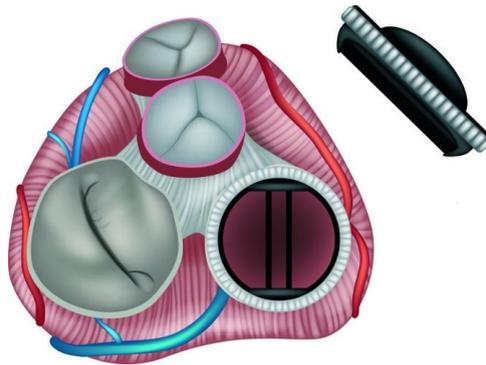


Figura 14 Implante de válvula cardíaca

Fuente (Ciencia UNAM)

### **Prótesis de Riñón y Diálisis:**

Los riñones artificiales o máquinas de diálisis realizan la función de filtrar la sangre en pacientes con enfermedad renal avanzada.

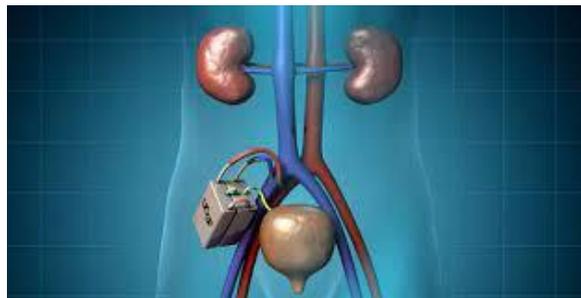


Figura 15 Riñón artificial

Fuente (FAMMA)

### **Prótesis Pancreáticas:**

Los dispositivos de administración de insulina, como las bombas de insulina, son una forma de prótesis pancreáticas para pacientes con diabetes.



Figura 16 Prótesis pancreática  
Fuente (FAMM)

### **Prótesis Oculares y Corneales:**

Los implantes oculares y las lentes de contacto avanzadas se utilizan para mejorar la visión en casos de enfermedades oculares.



Figura 17 Prótesis ocular  
Fuente (FAMMA)

### **Prótesis Auditivas y Cocleares:**

Los audífonos y los implantes cocleares mejoran la audición en personas con discapacidad auditiva.



Figura 18 Audífono coclear  
Fuente (FAMMA)

### **2.3.3.2 Componentes y Tecnología**

#### **Materiales Biocompatibles:**

Los materiales utilizados en las prótesis de órganos internos deben ser seguros y biocompatibles para evitar reacciones adversas del cuerpo.

#### **Electrónica y Control:**

Algunas prótesis, como los marcapasos, utilizan electrónica para monitorear y regular la función del órgano.

#### **Sensores y Retroalimentación:**

Algunas prótesis pueden incorporar sensores que recopilan información sobre el estado del órgano y ajustan su función en consecuencia. (PAM)

### **2.4 Sensores en prótesis electrónicas**

Los sensores e interfaces son componentes cruciales en las prótesis electrónicas, ya que permiten la comunicación entre el usuario y la prótesis, facilitando el control y la interacción fluida.

#### **Sensores Musculares (EMG - Electromiografía):**

Estos sensores capturan las señales eléctricas generadas por los músculos del usuario. Se colocan en la piel sobre los músculos residuales y se utilizan para detectar la actividad muscular y el intento de movimiento. La información EMG se traduce en comandos que controlan la prótesis.

#### **Sensores de Presión:**

Estos sensores detectan la presión ejercida sobre la superficie de la prótesis. Pueden utilizarse para detectar el agarre de un objeto o para ajustar la fuerza aplicada al agarrar.

#### **Sensores de Flexión/Extensión:**

Se utilizan en articulaciones para detectar los ángulos de flexión y extensión de la prótesis. Estos sensores permiten imitar los movimientos naturales de la extremidad.

### **Sensores de Aceleración y Giroscopios:**

Estos sensores detectan cambios en la aceleración y la orientación espacial. Se utilizan para determinar la posición y el movimiento de la prótesis, lo que ayuda a ajustar la respuesta de la prótesis.

### **Sensores Táctiles:**

Algunas prótesis incluyen sensores táctiles en las superficies de agarre para proporcionar retroalimentación táctil al usuario y permitir un agarre más preciso.  
(Montealegre, n.d.)

## **2.5 Interfaces en prótesis electrónicas**

**Interfaces Musculares:** Las señales EMG capturadas por los sensores musculares se utilizan para controlar la prótesis. Los algoritmos interpretan las señales y generan movimientos en la prótesis según la intención del usuario.

### **Interfaces Cerebro-Computadora (ICC):**

Estas interfaces permiten al usuario controlar la prótesis mediante señales cerebrales. Los electrodos registran las señales eléctricas del cerebro, que se traducen en comandos para la prótesis.

### **Interfaces de Control Remoto:**

Algunas prótesis pueden controlarse mediante dispositivos externos, como un control remoto o una aplicación en un dispositivo móvil.

### **Interfaces de Respuesta Visual o Auditiva:**

Algunas prótesis incluyen señales visuales o auditivas para indicar el estado de la prótesis o proporcionar retroalimentación al usuario.

## **Interfaces de Mecatrónica:**

Utilizan combinaciones de sensores y algoritmos para ajustar automáticamente la función de la prótesis en función de las condiciones y necesidades del usuario.

La elección de los sensores y las interfaces depende de varios factores, como las capacidades del usuario, el nivel de control deseado y la funcionalidad de la prótesis. La tecnología en este campo sigue avanzando, lo que significa que las prótesis electrónicas pueden adaptarse y mejorar aún más la experiencia del usuario a medida que se desarrollan nuevas formas de detección y control.

## **2.6 Actuadores y Movimiento**

Los actuadores son componentes clave en las prótesis electrónicas que permiten que la extremidad artificial realice movimientos y funciones específicas. Son responsables de convertir las señales generadas por los sensores y las interfaces en acciones físicas en la prótesis. (Vera, 2007)

### **2.6.1 Tipos de Actuadores**

#### **Motores Eléctricos:**

Los motores eléctricos son los actuadores más comunes en las prótesis electrónicas. Transforman la energía eléctrica en movimiento mecánico. Pueden proporcionar movimientos precisos y controlados en articulaciones y partes de la prótesis.

#### **Actuadores Hidráulicos:**

Los actuadores hidráulicos utilizan fluidos hidráulicos para generar movimiento. Son eficientes para movimientos de gran potencia y fuerza, pero también pueden ser más complejos en términos de diseño y mantenimiento.

#### **Actuadores Neumáticos:**

Similar a los hidráulicos, pero utilizan aire comprimido en lugar de líquido. Los

actuadores neumáticos son ligeros y adecuados para movimientos rápidos y suaves.

### **Actuadores Mecánicos:**

Algunas prótesis utilizan sistemas mecánicos más simples, como resortes y palancas, para generar movimientos básicos. (Gomez, 2006)

## **2.6.2. Movimientos en prótesis electrónicas**

### **Movimientos Articulares:**

Los actuadores permiten movimientos en las articulaciones de la prótesis, imitando la gama de movimiento natural de la extremidad humana. Esto incluye flexión, extensión, rotación y abducción/aducción.

### **Agarre y Soltado:**

En las prótesis de mano, los actuadores controlan los movimientos de agarre y soltado, permitiendo al usuario manipular objetos.

### **Ajuste Automático:**

Algunas prótesis pueden tener actuadores que se ajustan automáticamente según el entorno y las necesidades del usuario, como ajustar la longitud de una pierna protésica para diferentes superficies.

### **Respuesta Sensorial:**

Algunas prótesis avanzadas incorporan actuadores para proporcionar retroalimentación sensorial al usuario, permitiéndoles "sentir" la presión, la textura o la temperatura de los objetos que están tocando.

## **2.7 Control y Programación**

El control y la programación son aspectos fundamentales en las prótesis electrónicas, ya que permiten que la prótesis responda de manera adecuada a las señales del usuario y realice movimientos y funciones específicas de manera precisa y natural.

### **2.7.1 Algoritmo de Control**

Los algoritmos son conjuntos de instrucciones que determinan cómo la prótesis responderá a las señales de entrada, ya sean señales musculares capturadas por sensores EMG o señales cerebrales detectadas por interfaces cerebro-computadora. Los algoritmos de control son esenciales para interpretar estas señales y generar respuestas apropiadas en la prótesis.

#### **2.7.1.1. Tipos de Algoritmos de Control**

##### **Control Proporcional:**

La prótesis responde proporcionalmente a la intensidad de la señal de entrada. Por ejemplo, cuanto más fuerte sea la señal EMG, mayor será la velocidad o la fuerza del movimiento de la prótesis.

##### **Control de Patrones:**

Se utilizan patrones específicos de señales para activar movimientos y funciones específicas en la prótesis. Por ejemplo, ciertos patrones de contracción muscular pueden desencadenar movimientos de agarre.

##### **Control Predictivo:**

Los algoritmos anticipan el movimiento deseado por el usuario y ajustan la prótesis en consecuencia. Esto puede hacer que los movimientos sean más fluidos y naturales.

##### **Control Adaptativo:**

Los algoritmos se ajustan automáticamente en función del rendimiento del usuario y las condiciones del entorno. Esto mejora la precisión y la adaptabilidad de la prótesis.

### **2.7.2 Programación Personalizada**

Cada usuario de prótesis electrónicas es único, por lo que la programación de la

prótesis debe adaptarse a las necesidades, preferencias y habilidades individuales. Los profesionales de la salud y los técnicos de prótesis trabajan en colaboración con los usuarios para realizar ajustes y personalizaciones específicas.

### **Calibración Inicial:**

Antes de usar una prótesis, se realiza una calibración inicial para establecer la relación entre las señales de entrada (como las señales EMG) y los movimientos de la prótesis. Esto garantiza que la prótesis responda de manera adecuada y proporcional a las señales generadas por el usuario.

### **Ajustes Continuos:**

A medida que el usuario se adapta a la prótesis y mejora su control, pueden ser necesarios ajustes continuos para optimizar la funcionalidad y la comodidad. Esto puede incluir cambios en la sensibilidad de los sensores, la velocidad de respuesta de la prótesis y otros parámetros.

### **Interfaz de Programación:**

Algunas prótesis electrónicas tienen interfaces de programación que permiten a los usuarios realizar ajustes básicos por sí mismos, como cambiar los modos de movimiento o ajustar la fuerza del agarre (Gimenez, 2013)

## **2.8 Desarrollo tecnológico de las prótesis electrónicas**

El desarrollo tecnológico en el campo de las prótesis electrónicas ha avanzado significativamente en las últimas décadas, lo que ha llevado a la creación de prótesis más avanzadas, funcionales y cómodas para los usuarios.

### **Sensores Avanzados:**

Se han desarrollado sensores más precisos y sensibles que pueden capturar señales musculares y cerebrales con mayor precisión. Esto permite un control más fino y natural de las prótesis.

### **Interfaces Cerebro-Computadora (ICC):**

El desarrollo de interfaces cerebro-computadora ha permitido a los usuarios controlar prótesis directamente con su actividad cerebral. Estas interfaces están siendo cada vez más precisas y accesibles.

### **Materiales Ligeros y Resistentes:**

Los avances en la fabricación de materiales han permitido la creación de prótesis más ligeras, duraderas y cómodas. Los materiales como la fibra de carbono son ampliamente utilizados para lograr estas mejoras.

### **Movimiento Más Natural:**

Los actuadores y sistemas de control más sofisticados permiten un movimiento más natural y coordinado en las prótesis, lo que se traduce en una experiencia más cercana a la de una extremidad real.

### **Robótica y Biónica:**

La robótica y la biónica han permitido la creación de prótesis que imitan y, en algunos casos, superan las capacidades de las extremidades naturales. Ejemplos incluyen prótesis de mano que pueden realizar movimientos individuales de los dedos.

### **Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial:**

La aplicación de técnicas de aprendizaje automático e inteligencia artificial en las prótesis permite que se adapten y aprendan de los patrones de movimiento del usuario, mejorando la precisión y la eficiencia con el tiempo.

### **Interfaces Táctiles y Sensoriales:**

Algunas prótesis incluyen sensores táctiles y sistemas de retroalimentación para proporcionar a los usuarios una sensación táctil y sensorial, lo que mejora la interacción con el entorno.

### **Impresión 3D:**

La impresión 3D se ha utilizado para crear componentes personalizados y adaptados para prótesis, lo que permite una mayor personalización y un proceso de fabricación más eficiente.

### **Conectividad y Telemetría:**

Algunas prótesis se han vuelto más inteligentes y conectadas, lo que permite la comunicación con dispositivos externos, como aplicaciones móviles y servicios en la nube, para ajustes y seguimiento remoto.

### **Realidad Aumentada y Virtual:**

Las tecnologías de realidad aumentada y virtual se han utilizado para ayudar a los usuarios a adaptarse y aprender a controlar sus prótesis de manera más efectiva.

Estos avances están permitiendo que las prótesis electrónicas sean más funcionales, cómodas y accesibles para las personas que las necesitan. El desarrollo continuo en este campo promete una mayor integración de la tecnología en la medicina y la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidades.

(Smith, 2003)

## **2.9 Costo y Acceso**

El costo y el acceso a las prótesis electrónicas pueden variar significativamente según diversos factores, incluyendo la tecnología involucrada, el tipo de prótesis, la región geográfica, el nivel de personalización y la disponibilidad de servicios de atención médica.

### **2.9.1 Factores que Influyen en el Costo:**

#### **Tecnología y Funcionalidad:**

Las prótesis electrónicas más avanzadas, con sensores sofisticados, interfaces cerebro-computadora y movimientos altamente precisos, tienden a ser más costosas.

#### **Personalización:**

La personalización de la prótesis para adaptarse a las necesidades y preferencias individuales puede aumentar el costo. Las prótesis a medida tienden a ser más caras.

**Tipo de Prótesis:**

Las prótesis de miembro superior tienden a ser más complejas y, por lo tanto, pueden tener un costo más alto que las prótesis de miembro inferior.

**Materiales Utilizados:**

Los materiales de alta calidad, como la fibra de carbono, pueden aumentar el costo de la prótesis.

**Servicios de Atención Médica:**

Los servicios de atención médica, como la evaluación, la instalación y el seguimiento, pueden aumentar el costo total de la prótesis.

**2.9.2 Factores que Influyen en el Acceso:**

**Cobertura del Seguro Médico:**

En algunos países, los seguros médicos pueden cubrir total o parcialmente el costo de las prótesis electrónicas. Sin embargo, la cobertura puede variar y puede haber restricciones.

**Recursos Financieros:**

Las personas con recursos financieros limitados pueden tener dificultades para acceder a prótesis electrónicas avanzadas debido a su costo.

**Ubicación Geográfica:**

La disponibilidad de tecnología avanzada y servicios de atención médica puede variar según la región, lo que puede afectar el acceso.

**Desarrollo de la Tecnología:**

Las últimas tecnologías pueden no estar disponibles en todas partes, lo que puede limitar el acceso a prótesis electrónicas avanzadas.

### **Apoyo Gubernamental:**

Algunos gobiernos y organizaciones sin fines de lucro ofrecen programas de asistencia o subsidios para ayudar a las personas a acceder a prótesis electrónicas. (UNICEF, 2004)

## **2.10 Beneficios sociales y psicológicos**

Las prótesis electrónicas no solo tienen un impacto físico en la vida de las personas, sino que también ofrecen una serie de beneficios sociales y psicológicos significativos.

### **2.10.1 Beneficios Sociales:**

#### **Inclusión y Participación:**

Las prótesis electrónicas permiten a las personas con discapacidades participar activamente en la sociedad al realizar actividades diarias, laborales y recreativas. Esto promueve la inclusión y reduce la segregación.

#### **Mejora de la Autonomía:**

Las prótesis electrónicas brindan a los usuarios mayor independencia para realizar tareas que antes podrían haber sido difíciles o imposibles de lograr sin asistencia.

#### **Capacidad de Trabajo:**

Las personas con prótesis electrónicas pueden reintegrarse al mercado laboral, lo que beneficia tanto a los individuos como a la economía en general.

#### **Interacción Social:**

Las prótesis electrónicas pueden mejorar la confianza y la autoestima, lo que puede llevar a una mayor participación en actividades sociales y relaciones interpersonales.

#### **Modelo a Seguir:**

Los usuarios de prótesis electrónicas pueden servir como modelos a seguir,

inspirando a otros y desafiando estereotipos sobre la discapacidad.

### **2.10.2 Beneficios Psicológicos:**

**Autoconfianza y Autoestima:** Las prótesis electrónicas pueden mejorar la autoimagen y la autoconfianza de los usuarios al permitirles realizar tareas que antes parecían inalcanzables.

**Reducción de Estrés Emocional:** La capacidad de recuperar la movilidad y la funcionalidad puede reducir el estrés y la ansiedad emocional asociados con la discapacidad.

**Sentido de Logro:** Superar las dificultades y aprender a controlar una prótesis electrónica puede proporcionar un fuerte sentido de logro y empoderamiento.

**Menos Estigmatización:** Las prótesis electrónicas modernas pueden ser más estéticas y menos perceptibles, lo que reduce la estigmatización y los sentimientos de autodefinición por la discapacidad.

**Mejora de la Calidad de Vida:** Los beneficios físicos, sociales y psicológicos combinados contribuyen a una mejora general en la calidad de vida de los usuarios de prótesis electrónicas.

**Adaptación y Resiliencia:** El proceso de aprender a usar una prótesis electrónica puede cultivar habilidades de adaptación y resiliencia, lo que puede aplicarse en otras áreas de la vida.

### **2.11 Investigación y Futuro**

La investigación y el futuro de las prótesis electrónicas están marcados por avances tecnológicos, investigaciones en curso y una visión de cómo la tecnología puede seguir mejorando la calidad de vida de las personas con discapacidades.

#### **Interfaces Cerebro-Computadora (ICC) Avanzadas:**

La investigación en ICC está en constante avance, buscando mejorar la precisión

y la velocidad de la comunicación entre el cerebro y la prótesis. Esto podría llevar a una mayor naturalidad en el control y la ejecución de movimientos.

### **Tecnología Vestible y Portátil:**

La miniaturización de sensores y electrónica permitirá desarrollar prótesis vestibles y portátiles que se integren de manera más discreta en la vida cotidiana de los usuarios.

### **Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático:**

La integración de IA y aprendizaje automático en las prótesis permitirá adaptarse a los patrones de movimiento del usuario de manera más precisa y predecible, mejorando la funcionalidad y la eficiencia.

### **Sensación Táctil Realista:**

La investigación se centra en desarrollar prótesis que proporcionen una sensación táctil más realista al usuario, lo que permitiría una interacción más intuitiva con el entorno.

### **Uso de Impresión 3D:**

La impresión 3D se está utilizando cada vez más para crear prótesis personalizadas y adaptadas, lo que reduce los costos y el tiempo de fabricación.

### **Reducción de Costos:**

Se busca hacer que las prótesis electrónicas sean más accesibles al reducir los costos de fabricación y optimizar los procesos de producción.

### **Comunicación con Dispositivos Externos:**

Se está trabajando en formas de permitir que las prótesis se comuniquen con otros dispositivos, como teléfonos móviles y electrodomésticos, para una mayor integración en la vida cotidiana.

## **Investigación en Neuro-prótesis:**

La neuro-prótesis busca integrar prótesis electrónicas directamente con el sistema nervioso, lo que podría permitir un control aún más preciso y natural de las prótesis. La investigación y el desarrollo en el campo de las prótesis electrónicas están en constante evolución, impulsados por la colaboración entre científicos, ingenieros, médicos y, lo más importante, los usuarios finales. A medida que la tecnología avanza, es probable que veamos un mayor grado de personalización, funcionalidad y accesibilidad en las prótesis electrónicas, lo que mejorará significativamente la vida de las personas con discapacidades. (Pedroza, 2015)

## **2.12 Ética y consideraciones sociales**

Las prótesis electrónicas presentan una serie de consideraciones éticas y sociales que deben abordarse cuidadosamente a medida que la tecnología avanza. Estas consideraciones son fundamentales para garantizar que el desarrollo y la implementación de las prótesis electrónicas sean beneficiosos para todas las partes involucradas. Algunas de las principales consideraciones incluyen:

### **Acceso Equitativo:**

Es importante asegurarse de que las prótesis electrónicas estén disponibles y sean accesibles para todas las personas, independientemente de su origen económico, ubicación geográfica o nivel de discapacidad. La inequidad en el acceso podría agravar las disparidades en la atención médica.

### **Consentimiento Informado:**

Los usuarios potenciales de prótesis electrónicas deben recibir información completa y comprensible sobre los beneficios, riesgos y limitaciones de la tecnología. El consentimiento informado es esencial para garantizar que los usuarios tomen decisiones informadas sobre su tratamiento.

**Privacidad y Seguridad de los Datos:**

Las prótesis electrónicas pueden recopilar y transmitir datos biométricos y personales. La protección de la privacidad y la seguridad de estos datos debe ser una prioridad, garantizando que los usuarios tengan control sobre cómo se recopilan, almacenan y utilizan sus datos.

**Estigma y Autoimagen:**

Algunos usuarios pueden sentir estigmatización o preocupaciones sobre su autoimagen debido a la visibilidad de las prótesis electrónicas. El diseño y la estética juegan un papel importante para abordar estas preocupaciones y promover la aceptación social.

**Autonomía y Consentimiento en la Investigación:**

La investigación en prótesis electrónicas a menudo involucra la participación de usuarios. Es esencial respetar su autonomía y obtener su consentimiento informado para cualquier estudio o experimento en el que participen.

**Integridad del Cuerpo e Identidad:**

Algunos usuarios pueden sentirse preocupados por cómo las prótesis electrónicas afectan su sentido de identidad y la integridad de su cuerpo. Es importante respetar y abordar estas preocupaciones en el diseño y la implementación de las prótesis.

**Desarrollo de Adicción Tecnológica:**

El uso excesivo o la dependencia de las prótesis electrónicas podrían generar problemas de adicción tecnológica. Los usuarios y profesionales de la salud deben estar atentos a este riesgo y promover un uso saludable.

**Responsabilidad en la Toma de Decisiones:**

Las decisiones sobre el diseño, el control y la funcionalidad de las prótesis electrónicas deben involucrar a los usuarios y tener en cuenta sus preferencias y

necesidades.

### **Discriminación y Equidad:**

Las personas con discapacidades deben ser tratadas con equidad y no deben enfrentar discriminación en la sociedad debido al uso de prótesis electrónicas.

### **Evaluación y Regulación:**

Los dispositivos médicos, incluidas las prótesis electrónicas, deben someterse a una evaluación rigurosa y regulación para garantizar su seguridad y eficacia.

La ética y las consideraciones sociales son esenciales para garantizar que las prótesis electrónicas sean desarrolladas y utilizadas de manera responsable y beneficiosa. Es crucial que los diseñadores, ingenieros, médicos, usuarios y la sociedad en general participen en un diálogo continuo para abordar estas cuestiones y asegurar que las prótesis electrónicas mejoren la vida de las personas sin comprometer valores fundamentales. (Roa, 2005)

## **CAPÍTULO 3.**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Índice de Amputaciones en Ecuador**

Las amputaciones son procedimientos médicos en los que una parte o la totalidad de una extremidad o estructura corporal se extirpa quirúrgicamente. Las causas de amputación pueden variar y pueden deberse a diversas circunstancias médicas, traumas, enfermedades o afecciones. Es importante destacar que las amputaciones son procedimientos médicos serios y, en muchos casos, se consideran como último recurso después de agotar todas las opciones de tratamiento.

En el Ecuador, 1 de cada 100 personas pierde una extremidad y se realizan alrededor de 200 amputaciones todos los días, Es probable que este porcentaje aumente. Actualmente existen 4.606 personas con necesidades protésicas.

##### **3.1.1 Causas de amputaciones en Ecuador**

###### **Traumas y Lesiones:**

Accidentes automovilísticos, accidentes laborales, lesiones deportivas, heridas por armas de fuego o armas blancas.

Teniendo la incidencia anual en Ecuador de casos traumas y lesiones en 6,5 por cada 10.000 habitantes, siendo más frecuente en el sexo masculino, al ubicarse en el 8,9 por cada 10.000 hombres. (Ecuador, 2022)

###### **Enfermedades Vasculares:**

Las enfermedades que afectan los vasos sanguíneos, como la arteriosclerosis, pueden reducir el flujo sanguíneo a las extremidades, lo que puede causar daño tisular y aumentar el riesgo de infección.

Entre 2018 y 2022 se registró un promedio anual de 247 000 primeras consultas y casi 1,5 millones de consultas subsecuentes. También son unas de las primeras

causas de amputaciones en el país, acumulando el 25% del total. (ESPOL, 2022)

### **Diabetes:**

La diabetes mal controlada puede provocar daño en los nervios y los vasos sanguíneos, lo que puede llevar a úlceras en los pies que no cicatrizan adecuadamente.

En Ecuador, se conoce que la población de 10 a 59 años presenta una prevalencia de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) de 2,7% en hombres y 2,8% en mujeres, el cual un 2,5% del total recurren a las amputaciones.

## **3.2 Estadística de discapacidad en Ecuador a causa de amputaciones**

Teniendo en cuenta un total de 221,144 personas con amputaciones registradas en el país.

### **3.2.1 Tabla de indicador de amputaciones por género**

Genero	N° de Registros
Femenino	93,308
LGBTI	12
Masculino	121,836
Total	221,144

Tabla 1 Indicadores de amputaciones por genero

Fuente (Autor)

### 3.3 Grafica de porcentajes de amputaciones por genero

#### 3.3.1 Grafica de porcentajes Femenino

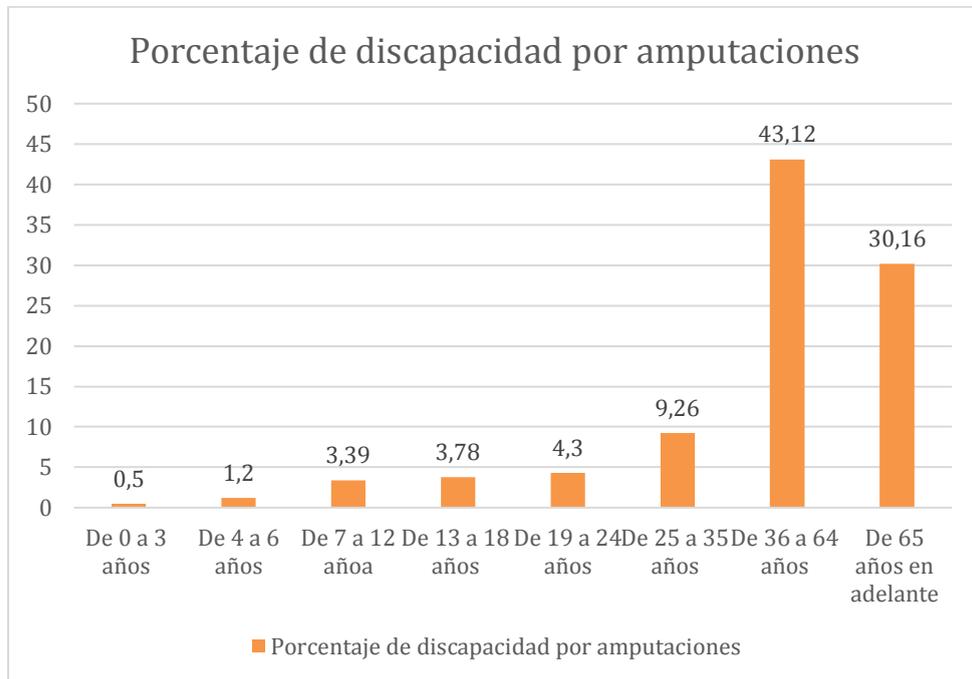


Figura 19. Porcentaje femeninos

Fuente (autor)

#### 3.3.2. Grafica de porcentajes Masculino

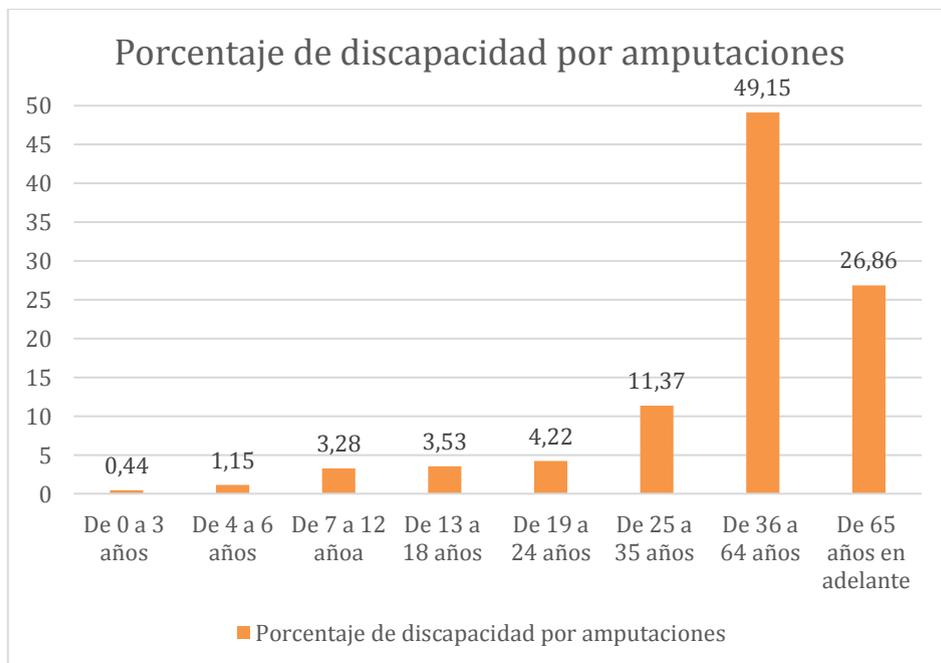


Figura 20. Porcentaje masculinos

Fuente (autor)

### 3.3.2 Grafica de porcentajes LGBTI

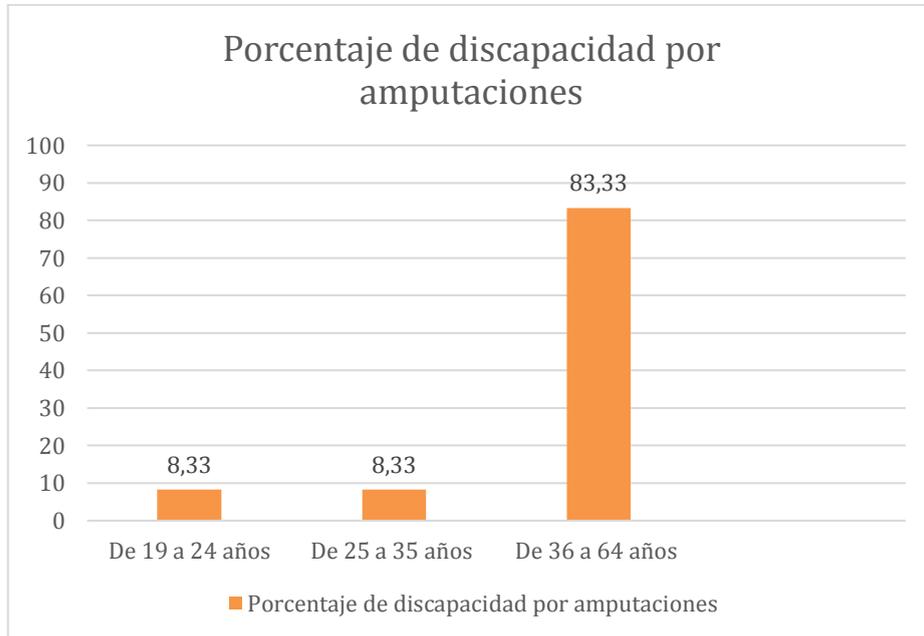


Figura 21. Porcentaje LGBTI

Fuente (autor)

## 3.4 Modelo de Prótesis

### 3.4.1 Simulador Onshape

Onshape es una plataforma de diseño asistido por ordenador (CAD, por sus siglas en inglés) basada en la nube que se utiliza para modelado 3D, diseño de productos y colaboración en proyectos de ingeniería y diseño. Fundada en 2012 por antiguos miembros del equipo de SolidWorks (otro software CAD popular), Onshape se destaca por su enfoque en la colaboración en tiempo real, la accesibilidad desde cualquier lugar a través de la nube y su capacidad para trabajar en múltiples plataformas, incluyendo dispositivos móviles.



Figura 22 Logotipo de Onshape

Fuente (Onshape)

### **3.4.2 Presentación de la plataforma Onshape**

Onshape es una plataforma completamente basada en la nube, lo que significa que no es necesario instalar ningún software en tu computadora. Todo el trabajo de diseño se realiza a través de un navegador web, lo que facilita la colaboración en tiempo real entre equipos dispersos geográficamente.

#### **Acceso desde cualquier lugar:**

Al estar basado en la nube, puedes acceder a tus diseños y proyectos desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Esto hace que sea fácil trabajar desde la oficina, desde casa o incluso mientras te desplazas.

#### **Colaboración en tiempo real:**

Onshape permite a varios usuarios trabajar en un diseño simultáneamente. Puedes ver las ediciones en tiempo real de tus colegas y colaborar en proyectos sin problemas.

#### **Historial de versiones:**

Onshape lleva un registro completo de todas las versiones anteriores de tus diseños. Esto facilita la revisión de cambios, la restauración de diseños anteriores y la gestión de proyectos de manera eficiente.

**Modelado paramétrico:**

Ofrece herramientas de modelado paramétrico que te permiten crear modelos 3D paramétricos y editarlos de manera intuitiva.

**Aplicaciones integradas:**

Onshape incluye una serie de aplicaciones integradas que permiten ampliar sus capacidades y realizar tareas adicionales, como simulación, análisis y renderización.

**Seguridad y control de acceso:**

Ofrece opciones de seguridad y control de acceso para proteger tus diseños y datos confidenciales.

**Compatibilidad con estándares industriales:**

Onshape es compatible con varios formatos de archivo estándar de la industria, lo que facilita la colaboración con otros sistemas CAD y la integración en flujos de trabajo existentes.

**Planes de suscripción:**

Onshape ofrece una variedad de planes de suscripción, incluyendo opciones gratuitas y de pago, lo que permite a los usuarios elegir la mejor opción según sus necesidades y presupuesto.

**4.2.3 Metodología aplicada para el diseño de la prótesis electrónica****Paso 1: Definición de objetivos y requisitos**

Definir claramente los objetivos de diseño y los requisitos de la prótesis. Esto incluye el tipo de prótesis que estás diseñando, en este caso una prótesis de una extremidad superior. Tomando en cuenta que el mayor porcentaje de amputaciones en Ecuador recae en el sexo masculino entre los 35 a 64 años se realizara una prótesis electrónica para este rango de edad.

**Paso 2: Toma de medidas**

Teniendo en cuenta los 16 cm restantes de la amputación, realizaremos una prótesis que

cumpla con las medidas de la extremidad faltante, teniendo en cuenta la medida de aquella extremidad existente que equivale a 46 cm la longitud promedio de un antebrazo de un hombre entre los 35 a 64 años en Ecuador.

Esto nos da como resultado una extremidad artificial de 30 cm de longitud.

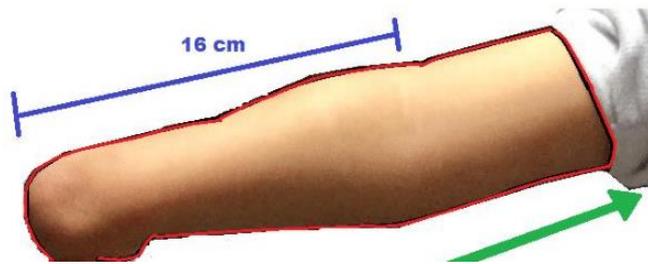


Figura 23. Amputación de un adulto de 48 años

Fuente (MSP)

### **Paso 3: Diseño conceptual**

Nuestro prototipo debe tener 30 cm de longitud incluyendo con la muñeca y los dedos.

### **Paso 4: Diseño detallado en Onshape**

Utilizando la plataforma Onshape para crear un modelo 3D detallado de la prótesis. Se inicio creando componentes, articulaciones y detalles específicos.

### **Paso 5: Análisis y simulación**

Se realizo pruebas de simulaciones de movimiento y pruebas de ergonomía en Onshape para evaluar el rendimiento de la prótesis y garantizar que cumple con los estándares de seguridad.

## **CAPÍTULO 4.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. Conclusiones**

Al concluir el primer objetivo específico, se cumple la definición de Prótesis Electrónica a lo largo de esta investigación, hemos explorado en detalle lo que constituye una prótesis electrónica. Hemos descubierto que se trata de dispositivos médicos avanzados que utilizan componentes electrónicos y tecnología para reemplazar o mejorar las funciones de una extremidad perdida o dañada.

Se utilizó el software OneShape para el Diseño del Sistema Electrónico, con la selección de sensores y actuadores adecuados, este proceso implica una combinación de ingeniería y tecnología de vanguardia.

Y como último objetivo se explicó el funcionamiento y uso de las Prótesis Electrónicas a través de esta investigación, Hemos destacado la importancia de la interfaz entre el usuario y la prótesis, que a menudo involucra la captura de señales bioeléctricas, como las provenientes de los músculos o el sistema nervioso.

Estas conclusiones de este trabajo nos permiten comprender mejor la esencia de las prótesis electrónicas, desde su definición hasta su diseño y funcionamiento, y nos brindan una visión más profunda de cómo estas tecnologías están impactando positivamente en la vida de las personas que las necesitan.

## 4.2. Recomendaciones

Desde una perspectiva médica, antes de recomendar o diseñar una prótesis electrónica para un paciente, es esencial llevar a cabo una evaluación integral que incluya la salud general, el estado emocional y las necesidades específicas del individuo. Esto garantiza que la prótesis se adapte de manera óptima a las circunstancias de cada paciente. En el proceso de adaptación a una prótesis electrónica, se debe proporcionar una rehabilitación adecuada. Los médicos y terapeutas deben trabajar en estrecha colaboración con los ingenieros para desarrollar programas de entrenamiento personalizados que ayuden a los pacientes a maximizar su funcionalidad y comodidad con la prótesis. Es importante establecer un seguimiento a largo plazo con los pacientes que utilizan prótesis electrónicas. Esto permite detectar y abordar problemas de salud, ajustes necesarios en la prótesis y cambios en las necesidades del paciente a medida que evolucionan con el tiempo.

Por otro lado, desde una perspectiva de la ingeniería electrónica, Ingenieros deben enfocarse en diseñar interfaces de usuario intuitivas que permitan controlar y ajustar fácilmente las prótesis electrónicas. Esto puede incluir la implementación de sensores biométricos avanzados y sistemas de control adaptativos.

En resumen, la mejora continua de las prótesis electrónicas requiere una combinación de consideraciones médicas y avances tecnológicos. La colaboración interdisciplinaria y la atención centrada en el paciente son esenciales para garantizar que estas prótesis sean eficaces, seguras y beneficiosas para quienes las necesitan.

## REFERENCIA

- Ascencio, O., Gómez, D., Espejo, A. y Martín, P. (2007). Diseño y modelamiento de pie para prótesis transfemoral con sistema de amortiguación. *Revista Épsilon*. 9. 7-18.
- Brito, J.L., Quinde, M.X., Cusco, D. y Calle, J.I. (2013). Estudio del estado del arte de las prótesis de mano. *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*. (9). 57-64.
- Contreras, L. y Roa, M. (2005). Modelamiento de la marcha humana por medio de gráficos de unión. *Tecnura*. 9(16). 26-42.
- DANE. (2005). Censo general 2005. Discapacidad en personas con limitaciones permanentes. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 1-34.
- Díaz, J. C. y Dorador, J. M. (2009). Mecanismo de transmisión y actuadores utilizados en prótesis de mano. *Memorias del XV Congreso Anual de la SOMIM*. UNAM, México, D.F: 335-343.
- Díaz, J.C. y Dorador, J.M. (2010). El futuro en las prótesis de mano. *Memorias del XVI Congreso Internacional Anual de la SOMIM*. México D.F. 1-11.
- Dorador, J., (2004). Robótica y prótesis inteligentes. *Revista Digital Universitaria*. 6(1). 1-15.
- DRAE, Diccionario de la Lengua Española. (2014). Amputación. Recuperado de: <http://lema.rae.es/drae/?val=amputacion>.
- Escudero. Z., Lejía, L., Álvarez, J. y Muñoz, R. (s.f.). Prótesis para extremidad superior controlada mediante la interpretación de la señal mioeléctrica en músculos remanentes. Sección Bioelectrónica CINVESTAV-IPN. 1-4. Recuperado de: <http://proton.ucting.udg.mx/posgrado/cursos/idc/pdf/idc/140.pdf>.

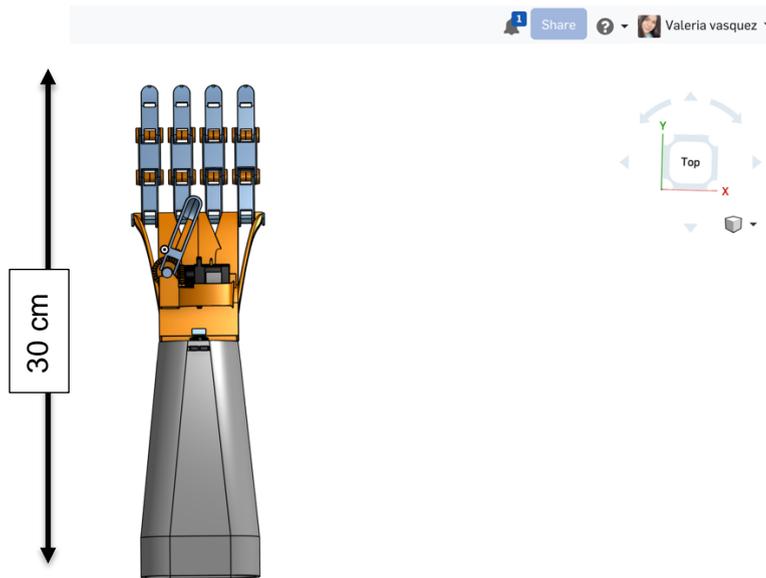
- Espinoza, M.J., García, D. (2014). Niveles de amputación en extremidades inferiores: repercusión en el futuro del paciente. *Revista de Medicina Clínica CONDES*. 25(2). 276-280.
- Flores, I. y Juárez, A. (2004) Actualidad y tendencias en el diseño de prótesis de miembro superior. *Memorias del X Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica*, Querétaro, México, D.F. 1255-1258.
- Flores, R. y Dorador, J. (2009). Diseño de una mano mecatrónica para prótesis. *Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, 223-232.
- Giménez, J., Bresó, M., Guirao, L., Fayos, J., Atienza, C. y Solera, J. (2013). Implantes que mejoran la calidad de vida de personas con amputaciones transfemorales. *Revista de Biomecánica* 60. 55-60.
- Gómez, J.L. (2006) Las prótesis: Restauración del individuo. *Ciencia y desarrollo, el conocimiento a tu alcance*. Rescatado de: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/196/Articulos/Lasprotesis/Lasprotesis01.htm>.
- Grosso, J.M. y Tibaduiza, D. (2009) Diseño conceptual de un exoesqueleto para asistir la rehabilitación de miembro inferior. *Revista UNAB – II Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica*. 1(1), 1-6.
- ISO/TC 168, The international organization for Standardization. (1989). Prothesis and orthotics. Recuperado de: [http://www.iso.org/iso/standards\\_development/technical\\_committees/other\\_bodies/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=53630](http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/other_bodies/iso_technical_committee.htm?commid=53630).
- ISO 8549-1, The international organization for Standardization. (1989). Prothesis and orthotics - vocabulary - Part 1: General terms for external limb prostheses and external orthoses. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:8549:-1:ed-1:v1:en>.

- ISO 8549-2, The international organization for Standardization. (1989). Prothesis and orthotics - vocabulary - Part 2: Terms relating to external limb prostheses and wearers of these prostheses. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8549:-2:ed-1:v1:en>.
- ISO 8549-4, The international organization for Standardization. (2014). Prothesis and orthotics - vocabulary - Part 4: Terms relating to limb amputation. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8549:-4:ed-1:v1:en>.
- Kurtz, R. (2003). Standard hand book of biomedical engineering design. McGraw Hill, New york.
- León, F.M., Camacho, J. (2008). Diseño de una interfaz electrónica para el conocimiento de patrones EMG para prótesis de mano. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Bucaramanga, Colombia. 1-174.
- Loaiza, J. y Arzola, N. (2011). Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano. 78(169), 191-200.
- Martínez, F. (2013). Diseño de prótesis transfemoral activa (tesis de doctorado). Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Departamento de Ingeniería Electrónica, Cuernavaca Morelos, México, D.F.
- Martínez, F., Claudio, A., Vergara, S., Rodríguez, J.M. y Olmos, A. (2010). Estrategias de control implementadas en el diseño de prótesis para extremidades inferiores. Memorias del Congreso Anual 2010 de la AMCA, 1-6.
- Maya, A. L., Guerrero, J.F., Ramírez, J.F. (2007). Parámetros de diseño de una prótesis de rodilla en Colombia. (18), 770-773. Recuperado de: <https://goo.gl/2CC1IY>.

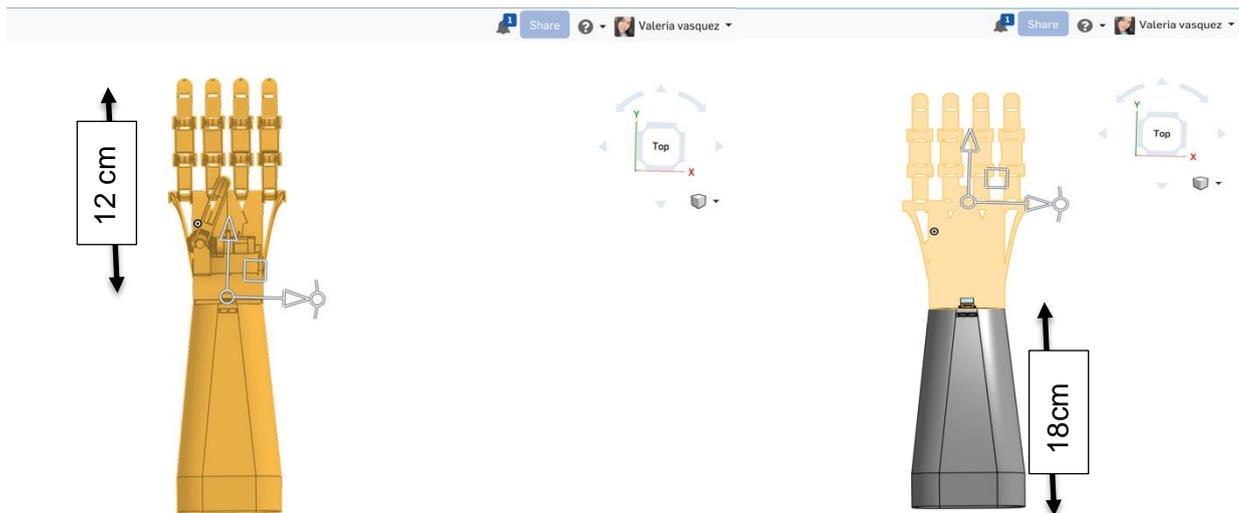
## Anexos

### Gráficos del diseño simulado de la prótesis electrónica

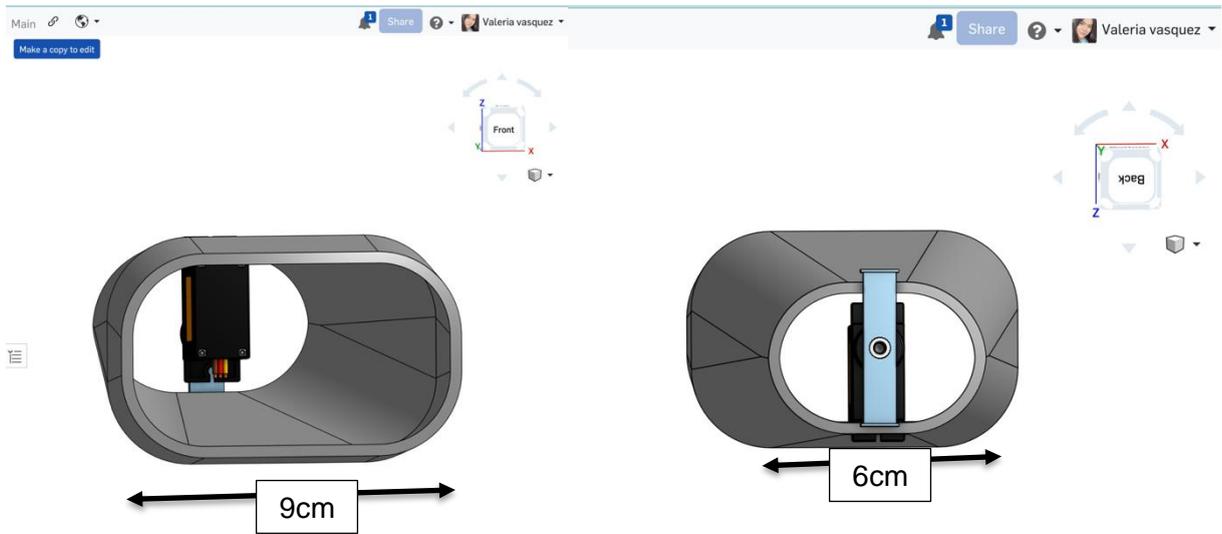
En esta sección se apreciará el diseño realizado de la prótesis electrónica con la medida respectiva que se planteó.



Anexo A. Diseño de la protesis electronica con la respectiva medida establecida



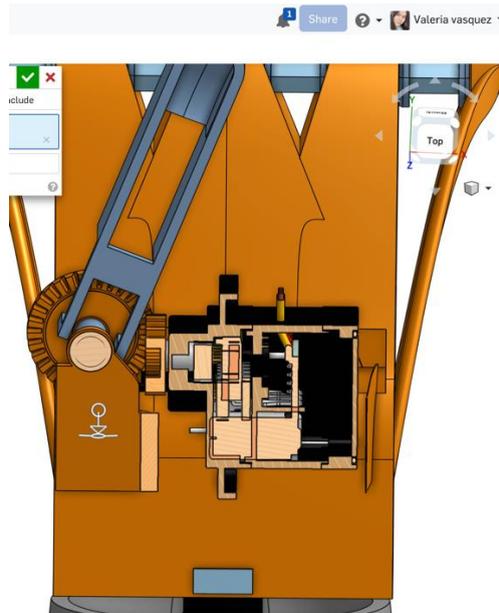
Anexo B. Diseño de la protesis electronica con la respectiva medida establecida



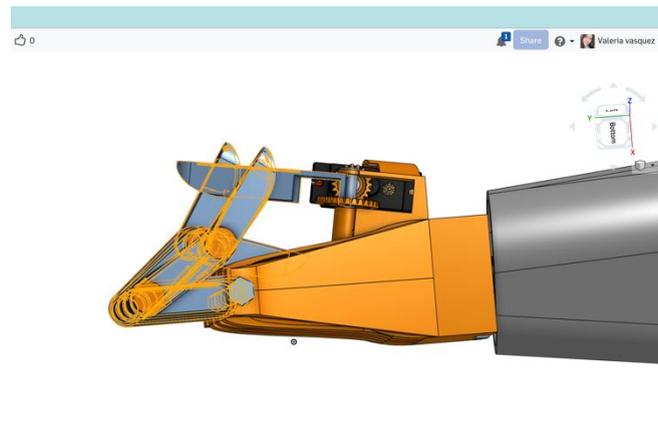
Anexo B. Diseño de la parte de ma muñeca y la parte de la extremidad artificial que encajara con la extremidad amputada del usuario.



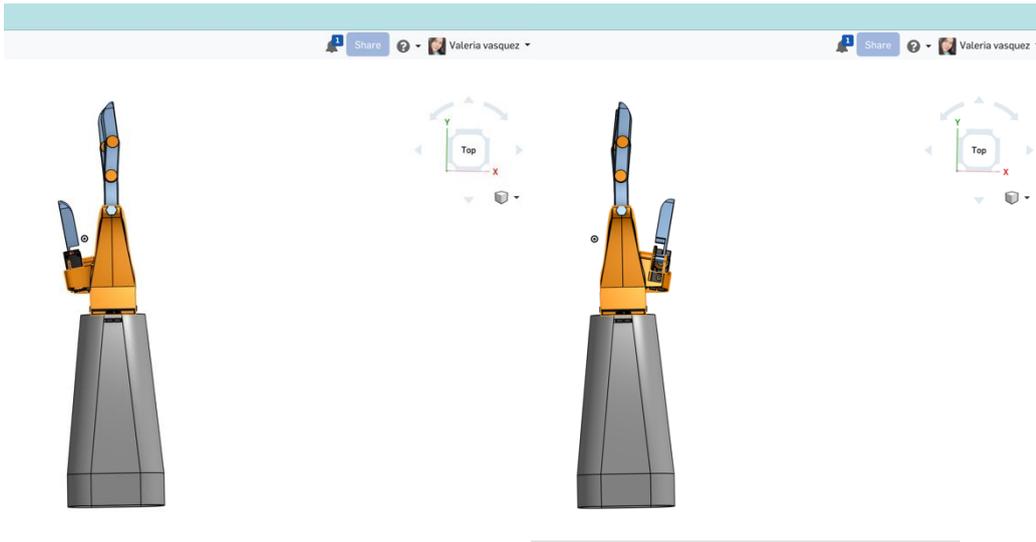
Anexo C. Diseño e implementación de un motor de rotación para darle movimiento a la muñeca .



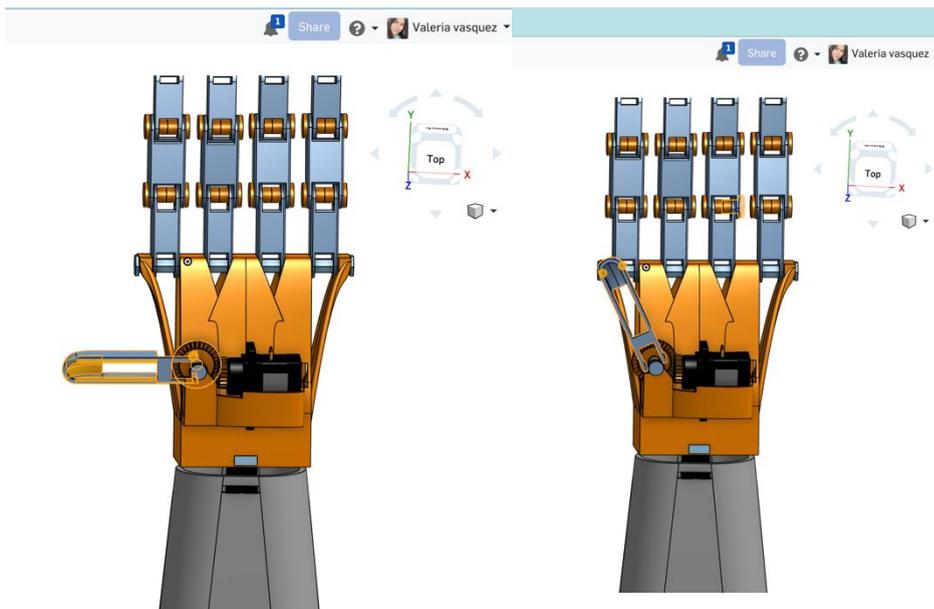
Anexo D. Diseño e implementacion de un servomotor para la rotación del pulgar .



Anexo E. Correcto funcionaiento al realizar el movimiento de Cierra de la mano .



Anexo F. Correcto funcionamiento al realizar la rotación de la muñeca.



Anexo G. Correcto funcionamiento al realizar el movimientos del dedo pulgar.



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, **Vásquez Vinueza, Valeria Isabel** con C.C: 0942059346 autora del Trabajo de Titulación: **Simulación de un sistema automatizado aplicado a prótesis de una extremidad superior** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN** 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, 04 de septiembre del 2023**

f.   
Nombre: **Vásquez Vinueza, Valeria Isabel**  
C.C: C.C: 0942059346



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Simulación de un sistema automatizado aplicado a prótesis de una extremidad superior.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Vásquez Vinuesa, Valeria Isabel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael, M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electrónica y Automatización		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniera en Electrónica y Automatización		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	04 de septiembre del 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	50
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Prótesis electrónica, Inteligencia artificial		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Extremidad artificial, sensores, actuadores, interfaces cerebro-computadora, aprendizaje automático, inteligencia artificial, control proporcional, estigma, autonomía		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>Las prótesis electrónicas son dispositivos diseñados para reemplazar o mejorar las funciones de una extremidad o parte del cuerpo humano. Utilizan tecnología electrónica y sensorial para replicar el movimiento y la funcionalidad de las extremidades naturales. Estas prótesis incluyen componentes como sensores, actuadores, interfaces cerebro-computadora y sistemas de control que permiten a los usuarios realizar una variedad de movimientos y tareas.</p> <p>Las prótesis electrónicas pueden tener un impacto significativo en la vida de las personas con discapacidades, ya que restauran la movilidad, la autonomía y la calidad de vida. Vienen en diferentes tipos, incluyendo prótesis de miembro superior e inferior, así como prótesis de órganos internos.</p> <p>Sin embargo, las prótesis electrónicas también plantean consideraciones éticas y sociales, como el acceso equitativo, la privacidad de los datos, la autoimagen y la integridad del cuerpo. La investigación y el desarrollo continúan avanzando en áreas como interfaces cerebro-computadora, sensación táctil realista y personalización de diseño para abordar estas preocupaciones y mejorar aún más la funcionalidad y la aceptación de estas prótesis.</p> <p>En última instancia, las prótesis electrónicas tienen el potencial de transformar la vida de las personas con discapacidades, brindándoles nuevas oportunidades para participar en la sociedad, mejorar su autoestima y lograr una mayor independencia en su vida cotidiana.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	Teléfono: +5939874585412	E-mail: <a href="mailto:valeria.vasquez@cu.ucsg.edu.ec">valeria.vasquez@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre: Ing. Ricardo Xavier Ubilla González Msc.</b>		
	<b>Teléfono: +593- 999528515</b>		
	<b>E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			