



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DISEÑO GRÁFICO**

**DISEÑO Y MANUFACTURA DE PRÓTESIS ESTÉTICA 3D**  
**INFANTIL DE BRAZO CON TEMÁTICA DE “IRON-MAN”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**LICENCIADA EN DISEÑO GRÁFICO**

**AUTORES: DELIA ALEJANDRA ALCOCER CASTELO**  
**SONIA ESTHEFANIA PUENTE CAZORLA**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DISEÑO GRÁFICO**

**DISEÑO Y MANUFACTURA DE PRÓTESIS ESTÉTICA 3D**  
**INFANTIL DE BRAZO CON TEMÁTICA DE “IRON-MAN”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**LICENCIADA EN DISEÑO GRÁFICO**

**AUTORES:** DELIA ALEJANDRA ALCOCER CASTELO  
SONIA ESTHEFANIA PUENTE CAZORLA

**DIRECTORA:** ING. ALEXANDRA ORFELINA PAZMIÑO ARMIJOS

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Delia Alejandra Alcocer Castelo y Sonia Esthefania Puente Cazorla

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Delia Alejandra Alcocer Castelo y Sonia Esthefania Puente Cazorla, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de Mayo de 2024



**Delia Alejandra Alcocer Castelo**

**060404857-9**



**Sonia Esthefania Puente Cazorla**

**065049919-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DISEÑO GRÁFICO**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular Certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y MANUFACTURA DE PRÓTESIS ESTÉTICA 3D INFANTIL DE BRAZO CON TEMÁTICA DE “IRON-MAN”**, realizado por las señoritas: **DELIA ALEJANDRA ALCOCER CASTELO** y **SONIA ESTHEFANIA PUENTE CAZORLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Lcdo. Ramiro David Santos Poveda  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2024-05-22

Ing. Alexandra Orfelina Pazmiño Armijos  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-22

Ing. María Lorena Villacrés Pumagualle  
**ASESORA DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-22

## **DEDICATORIA**

A mis padres por brindarme su apoyo, amor y paciencia en todo momento, por ser un pilar fundamental en toda mi vida, así sea en la distancia. A mi hermano, que con su risa contagiosa me hace olvidar de mis problemas. A mis familiares más cercanos, a mi abuelito Ángel que estuvo conmigo durante estos años de estudio brindándome sonrisas y abrazos.

Delia Alcocer

A mi familia por ser mi principal apoyo en todo camino, a mi mamá por estar conmigo desde el inicio de mi carrera hasta el final, a mi hermano por alegrarme la vida con sus ocurrencias y amor, a mi papá por brindarme su cariño y apoyo, a mis tíos Vivita, Chelito y Cris por ayudarme a ser mejor con sus consejos y sabiduría, a mis primos Lucho y Teo por sacarme siempre una sonrisa, y en especial a mi papito Vichi que ha sido mi pilar fundamental en cada paso de mi vida, a mi Pintas por estar conmigo en cada desvelada, por ser mi compañera de vida y mi guía para seguir adelante. A mis amigos que me han brindado amor, sinceridad y acompañamiento por largos años. Y sobre todo a mí, por no rendirme en los momentos más complicados.

Sonia Puente

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ayudarme a cumplir mis metas y objetivos. Por hacerme participe en proyectos que los llevo en el corazón, como GIEBI que me brindo personas amables y sabias. Al Ing. Alan Tierra, quien me acompañó y brindó sus conocimientos durante mi proceso universitario, guiando mi formación personal y laboral. Y a mi mejor amiga y compañera de titulación, con quien inicié este emocionante viaje llamado Universidad.

Delia Alcocer

Agradezco profundamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme cumplir mis sueños y metas, al Ing. Alan Tierra por ser nuestro pilar en todo este proceso, agradezco su compañerismo y sabiduría que me han ayudado a superarme como profesional y como persona. A la Ing. Heidy Vergara por todo el apoyo, cariño y consejos a lo largo de todo este camino, por su bondad y enseñanza que me han permitido crecer y ser mejor. A mi compañera de titulación y mejor amiga con la que he compartido los mejores momentos desde el inicio de mi carrera.

Sonia Puente

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Planteamiento del Problema.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Objetivo General.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Objetivos Específicos.....</b>	<b>5</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Anomalías Congénitas.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1 Definición.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 Clasificación de Anomalías Congénitas.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2.1 Malformaciones.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2.2 Disrupción.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2.3 Deformación.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2.4 Displasia.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2.5 Síndrome.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Defecto congénito de Brida Amniótica.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1 Definición.....</b>	<b>7</b>

2.2.1.1	<i>Bandas amnióticas o bridas</i> .....	7
2.2.2	<b>Etiología</b> .....	8
2.2.2.1	<i>Teoría de Thorpin</i> .....	8
2.2.2.2	<i>Teoría de Dellenbach y col</i> .....	8
2.2.3	<b>Complicaciones</b> .....	8
2.3	<b>Prótesis</b> .....	9
2.3.1	<b>Definición</b> .....	9
2.3.2	<b>Historia</b> .....	10
2.3.2.1	<i>Alta Edad Media (476 a 1000)</i> .....	10
2.3.2.2	<i>El Renacimiento y Barroco (1400 a 1800)</i> .....	11
2.3.2.3	<i>Revolución Francesa y Edad contemporánea (1800-actualidad)</i> .....	14
2.3.3	<b>Clasificación de prótesis de extremidades superiores</b> .....	21
2.3.3.1	<i>Según su función</i> .....	21
2.3.3.2	<i>Según nivel de amputación</i> .....	23
2.4	<b>Influencia de Superhéroes en niños</b> .....	25
2.4.1	<b>Definición de Superhéroe</b> .....	25
2.4.2	<b>Desarrollo cognitivo y emocional</b> .....	25
2.4.2.1	<i>Desarrollo cognitivo en la infancia</i> .....	25
2.4.2.2	<i>Desarrollo emocional en la infancia</i> .....	26
2.4.3	<b>Importancia de la identificación de los niños con superhéroes</b> .....	26
2.4.4	<b>Iron – Man como modelo a seguir</b> .....	27
2.4.4.1	<i>Creatividad e inventiva de Tony Stark</i> .....	27
2.4.4.2	<i>Valores éticos y morales</i> .....	27
2.5	<b>Modelado 3D</b> .....	27
2.5.1	<b>Definición</b> .....	27
2.5.2	<b>Clasificación</b> .....	28
2.5.2.1	<i>Modelos sólidos</i> .....	28
2.5.2.2	<i>Modelos poligonales</i> .....	28
2.5.3	<b>Topología</b> .....	29
2.5.3.1	<i>Quads</i> .....	29
2.5.3.2	<i>Tris</i> .....	29
2.6	<b>Maya 3D</b> .....	30
2.7	<b>Blender</b> .....	30
2.8	<b>Impresión 3D</b> .....	31
2.8.1	<b>Definición</b> .....	31
2.8.2	<b>Funcionamiento</b> .....	31

<b>2.8.3</b>	<b><i>Tipos de impresoras</i></b> .....	31
<b>2.8.3.1</b>	<b><i>Adición de polímeros o FDM</i></b> .....	31
<b>2.8.3.2</b>	<b><i>Por laser</i></b> .....	32
<b>2.8.4</b>	<b><i>Materiales</i></b> .....	32
<b>2.8.4.1</b>	<b><i>TPU</i></b> .....	32
<b>2.8.4.2</b>	<b><i>PLA</i></b> .....	33
<b>2.9</b>	<b>Software de impresión 3</b> .....	33
<b>2.9.1</b>	<b><i>Cura</i></b> .....	33
<b>2.9.2</b>	<b><i>Simplify3D</i></b> .....	33
<b>2.10</b>	<b>Metodología Bruno Munari</b> .....	34
<b>2.11</b>	<b>Socket</b> .....	34

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>Marco metodológico</b> .....	35
<b>3.1</b>	<b>Metodología Bruno Munari</b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>Problema</b> .....	35
<b>3.3</b>	<b>Definición del problema</b> .....	35
<b>3.4</b>	<b>Componentes del problema</b> .....	35
<b>3.5</b>	<b>Recopilación de datos</b> .....	36
<b>3.5.1</b>	<b><i>Etapa de adquisición de datos</i></b> .....	36
<b>3.5.1.1</b>	<b><i>Medidas antropomórficas de la mano derecha</i></b> .....	36
<b>3.6</b>	<b>Análisis de datos</b> .....	37
<b>3.7</b>	<b>Creatividad</b> .....	37
<b>3.7.1</b>	<b><i>Etapa creativa de diseño 3D</i></b> .....	37
<b>3.7.1.1</b>	<b><i>Bocetos</i></b> .....	37
<b>3.7.1.2</b>	<b><i>Colocación de bocetos en Maya 3D</i></b> .....	38
<b>3.7.2</b>	<b><i>Geometrización de elementos</i></b> .....	38
<b>3.7.2.1</b>	<b><i>Geometrización de mano</i></b> .....	39
<b>3.7.2.2</b>	<b><i>Socket</i></b> .....	53
<b>3.7.2.3</b>	<b><i>Geometrización de antebrazo</i></b> .....	53
<b>3.7.3</b>	<b><i>Preimpresión 3D</i></b> .....	62
<b>3.7.3.1</b>	<b><i>Socket</i></b> .....	62

3.7.3.2	<i>Antebrazo</i>	65
3.7.3.3	<i>Dedos</i>	71
3.7.3.4	<i>Palma</i>	73
3.7.4	<b>Post procesado</b>	75
3.7.4.1	<i>Socket</i>	75
3.7.4.2	<i>Lijado</i>	75
3.7.4.3	<i>Unión de piezas impresas</i>	77
3.7.4.4	<i>Pintado</i>	77
3.7.4.5	<i>Sellado de la prótesis</i>	78
3.8	<b>Materiales y tecnología</b>	81
3.9	<b>Experimentación</b>	82
3.10	<b>Modelos</b>	85
3.11	<b>Verificación</b>	85

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b>	87
4.1	<b>Comparación de medidas antropomórficas</b>	87
4.1.1	<i>Similitud</i>	87
4.1.2	<i>Diferencia</i>	88
4.2	<b>Características generales de la prótesis</b>	89
4.2.1	<i>Análisis de costos</i>	89
4.2.1.1	<i>Imprevistos en impresiones 3D</i>	90
4.2.1.2	<i>Costo de la prótesis final</i>	90
4.2.1.3	<i>Costo total de impresiones 3D</i>	91

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Medidas del brazo derecho del usuario .....	36
<b>Tabla 3-2:</b> Descripción de las medidas consideradas.....	41
<b>Tabla 3-3:</b> Lista de materiales .....	81
<b>Tabla 3-4:</b> Lista de material tecnológico.....	82
<b>Tabla 4-1:</b> Comparación de medidas.....	87
<b>Tabla 4-2:</b> Diferencia entre la mano derecha y prótesis.....	88
<b>Tabla 4-3:</b> Características generales de la prótesis.....	89
<b>Tabla 4-4:</b> Costos de materiales .....	89
<b>Tabla 4-5:</b> Costo de imprevistos en PLA .....	90
<b>Tabla 4-6:</b> Costo de imprevistos en TPU .....	90
<b>Tabla 4-7:</b> Costo de impresión en PLA.....	90
<b>Tabla 4-8:</b> Costo de impresión en TPU.....	91
<b>Tabla 4-9:</b> Costo final de impresión de la prótesis.....	91
<b>Tabla 4-10:</b> Costo total de impresión .....	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Feto afectado por Brida Amniótica.....	7
<b>Ilustración 2-2:</b> Comparación de fetos .....	8
<b>Ilustración 2-3:</b> Amputación natural por brida amniótica .....	9
<b>Ilustración 2-4:</b> Formación de anillos por brida amniótica .....	9
<b>Ilustración 2-5:</b> Edad media discapacidad.....	10
<b>Ilustración 2-6:</b> Mano protésica de hierro, Götz von Berlichingen, 1504.....	11
<b>Ilustración 2-7:</b> Extremidades inferiores, Pare Ambroise, 1529.....	12
<b>Ilustración 2-8:</b> Prótesis de mano y brazo, Pare Ambroise, 1529 .....	13
<b>Ilustración 2-9:</b> Prótesis de rodilla.....	14
<b>Ilustración 2-10:</b> Artificial Limbs and Amputations, 1885.....	15
<b>Ilustración 2-11:</b> P. Mecánica de mano, Thomas & Haddan.....	16
<b>Ilustración 2-12:</b> Miembros humanos y sus sustitutos .....	17
<b>Ilustración 2-13:</b> Mano cosmética .....	18
<b>Ilustración 2-14:</b> Mano Standford .....	19
<b>Ilustración 2-15:</b> Mano Robot Matsuok .....	19
<b>Ilustración 2-16:</b> Mano Robonaut, 1999.....	20
<b>Ilustración 2-17:</b> Mano del Instituto de Robótica del Centro Alemán .....	21
<b>Ilustración 2-18:</b> Prótesis Cosmética Ortopedia Gordillo .....	22
<b>Ilustración 2-19:</b> Prótesis funcional de mano de Gancho Fijo .....	22
<b>Ilustración 2-20:</b> Niveles de Amputación de extremidades superiores .....	23
<b>Ilustración 2-21:</b> Prótesis por debajo del codo Ortopédica Sur .....	24
<b>Ilustración 2-22:</b> Prótesis por arriba del codo Ortopédica Sur .....	25
<b>Ilustración 2-23:</b> Malla cuadrangular .....	29
<b>Ilustración 2-24:</b> Malla triangular.....	30
<b>Ilustración 3-1:</b> Boceto vista frontal.....	37
<b>Ilustración 3-2:</b> Boceto vista lateral.....	37
<b>Ilustración 3-3:</b> Boceto vista trasera.....	37
<b>Ilustración 3-4:</b> Bocetos en Maya 3D.....	38
<b>Ilustración 3-5:</b> Colocación de vistas .....	38
<b>Ilustración 3-6:</b> Creación de la base .....	39
<b>Ilustración 3-7:</b> Segmentación de falanges con medidas.....	39
<b>Ilustración 3-8:</b> Herramienta Struct.....	40
<b>Ilustración 3-9:</b> Modelado dedo índice.....	41

<b>Ilustración 3-10:</b> Modelado dedo pulgar .....	42
<b>Ilustración 3-11:</b> Modelado de los 5 dedos .....	42
<b>Ilustración 3-12:</b> Edición de malla .....	43
<b>Ilustración 3-13:</b> Dedos suavizados.....	43
<b>Ilustración 3-14:</b> Cubo para crear palma .....	44
<b>Ilustración 3-15:</b> Modelado palma .....	45
<b>Ilustración 3-16:</b> Realizar relieve .....	45
<b>Ilustración 3-17:</b> Base cilíndrica para la muñeca .....	46
<b>Ilustración 3-18:</b> Muñeca sin suavizado .....	46
<b>Ilustración 3-19:</b> Muñeca con suavizado.....	47
<b>Ilustración 3-20:</b> Edición de caras de cilindro.....	47
<b>Ilustración 3-21:</b> Malla en quads de muñeca.....	48
<b>Ilustración 3-22:</b> Sólidos antes de unir puntos .....	49
<b>Ilustración 3-23:</b> Unión de puntos .....	49
<b>Ilustración 3-24:</b> Sólido unido.....	50
<b>Ilustración 3-25:</b> Mano con smooth.....	51
<b>Ilustración 3-26:</b> Perforación 1 .....	52
<b>Ilustración 3-27:</b> Perforación 2.....	52
<b>Ilustración 3-28:</b> Colocación del socket .....	53
<b>Ilustración 3-29:</b> Geometría inicial.....	54
<b>Ilustración 3-30:</b> Medidas exactas.....	54
<b>Ilustración 3-31:</b> Mallado de pieza.....	55
<b>Ilustración 3-32:</b> Estilización de pieza .....	55
<b>Ilustración 3-33:</b> Deformación de puntos .....	56
<b>Ilustración 3-34:</b> Perfeccionamiento de malla.....	56
<b>Ilustración 3-35:</b> Extrusión de caras.....	57
<b>Ilustración 3-36:</b> Bevel.....	58
<b>Ilustración 3-37:</b> Solidificación .....	58
<b>Ilustración 3-38:</b> Revisión de medidas .....	59
<b>Ilustración 3-39:</b> Smooth.....	59
<b>Ilustración 3-40:</b> Vista frontal .....	60
<b>Ilustración 3-41:</b> Vista lateral derecha.....	60
<b>Ilustración 3-42:</b> Vista lateral izquierda .....	61
<b>Ilustración 3-43:</b> Vista posterior.....	61
<b>Ilustración 3-44:</b> Mallado final.....	62
<b>Ilustración 3-45:</b> Colocación del socket .....	62

<b>Ilustración 3-46:</b> Postes de soporte.....	63
<b>Ilustración 3-47:</b> Adecuar perfiles de impresión .....	64
<b>Ilustración 3-48:</b> Simulación de impresión .....	65
<b>Ilustración 3-49:</b> Tiempo de impresión .....	65
<b>Ilustración 3-50:</b> Colocación del antebrazo.....	66
<b>Ilustración 3-51:</b> Colocación de postes .....	66
<b>Ilustración 3-52:</b> Colocación de postes .....	67
<b>Ilustración 3-53:</b> Colocación de postes .....	67
<b>Ilustración 3-54:</b> Adecuar perfiles de impresión .....	68
<b>Ilustración 3-55:</b> Simulación de impresión .....	69
<b>Ilustración 3-56:</b> Tiempo de impresión .....	69
<b>Ilustración 3-57:</b> Impresión de pieza 3D .....	70
<b>Ilustración 3-58:</b> Lijado de antebrazo.....	70
<b>Ilustración 3-59:</b> Dedos sin postes.....	71
<b>Ilustración 3-60:</b> Dedos con postes .....	71
<b>Ilustración 3-61:</b> Perfil PLA para dedos.....	72
<b>Ilustración 3-62:</b> Creación del código-G de dedos.....	73
<b>Ilustración 3-63:</b> Creación de postes para palma.....	74
<b>Ilustración 3-64:</b> Creación del código-G de palma.....	74
<b>Ilustración 3-65:</b> Socket de TPU .....	75
<b>Ilustración 3-66:</b> Lijado de antebrazo.....	76
<b>Ilustración 3-67:</b> Palma con foco.....	77
<b>Ilustración 3-68:</b> Dedos pegados con cautín.....	77
<b>Ilustración 3-69:</b> Pintado de pieza.....	78
<b>Ilustración 3-70:</b> Materiales para el sellado .....	79
<b>Ilustración 3-71:</b> Pieza con XTC 3D vista posterior .....	80
<b>Ilustración 3-72:</b> Pieza con XTC vista frontal.....	81
<b>Ilustración 3-73:</b> Primera impresión de dedo índice.....	82
<b>Ilustración 3-74:</b> Primer socket de prueba al 100%.....	83
<b>Ilustración 3-75:</b> Socket al 30% .....	83
<b>Ilustración 3-76:</b> Antebrazo prueba 1 .....	84
<b>Ilustración 3-77:</b> Piezas con mala impresión.....	84
<b>Ilustración 3-78:</b> Prótesis finalizada.....	85
<b>Ilustración 4-1:</b> Medidas antropomórficas de la prótesis y la mano derecha .....	88

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ENCUESTA AL USUARIO

**ANEXO B:** ENCUESTA AL REPRESENTANTE

## RESUMEN

La adaptación del usuario con amputación transradial a una prótesis estética convencional y su falta de personalización resulta en un extenso periodo de adaptación para el usuario. Esto afecta negativamente su calidad de vida, desarrollo emocional e independencia, por lo tanto el objetivo del presente proyecto se basa en generar una prótesis estética mediante el modelado 3D y su manufactura aditiva para un usuario de 8 años incentivando su uso y su adaptabilidad. La metodología implementada se basó en la creación de una prótesis ideal para el usuario. Este proceso comienza con la definición precisa del problema y las necesidades del usuario, seguida de la recopilación de datos sobre soluciones existentes. La información recopilada se analiza a fondo para generar ideas creativas y explorar diferentes soluciones potenciales. Posteriormente, se seleccionan cuidadosamente los materiales y tecnologías más adecuados. Se experimentan y crean prototipos para probar y evaluar las ideas, permitiendo refinar el diseño de forma iterativa. Mediante esta metodología se procedió al diseño de una prótesis temática personalizada, utilizando tecnologías emergentes como la manufactura aditiva. Se prestó especial atención a la selección de materiales específicos, con el objetivo de garantizar la comodidad, funcionalidad y resistencia de la prótesis. La elección de la cromática y los elementos gráficos se basó en la temática de "Iron-Man", buscando incrementar su atractivo visual y promover una mayor aceptación por parte del usuario. En este contexto se concluye que la prótesis estética personalizada creada para el usuario se ajustó perfectamente a las necesidades y preferencias del mismo, generando una mejora significativa en su calidad de vida y bienestar emocional.

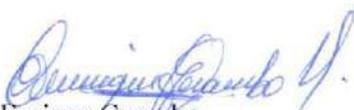
**Palabras claves:** <IMPRESIÓN ADITIVA>, <MODELADO 3D>, <IRON-MAN>, <ADAPTABILIDAD>, <PRÓTESIS ESTÉTICA>.



## **ABSTRACT**

This research is based on the adaptation of the user with a transradial amputation to a conventional aesthetic prosthesis and its lack of personalization resulting in an extensive period of adaptation for the user. This affects negatively his quality of life, emotional development and independence, therefore the aim of this research is based on generating an aesthetic prosthesis through 3D modeling and additive manufacturing for an 8 year old user, encouraging its use and adaptability. The implemented methodology was based on the creation of an optimal prosthesis for the user. This process begins with the precise definition of the problem and the user's needs, followed by the collection of data on existing solutions. The information gathered is thoroughly analyzed to generate creative ideas and explore different potential solutions. Subsequently, we carefully select the most suitable materials and technologies. Experiments and prototypes are created to test and evaluate the ideas, allowing the improvement of the design in an iterative way. This methodology was used to design a personalized thematic prosthesis, using emerging technologies such as additive manufacturing. We focused on the selection of specific materials, in order to ensure the comfort, functionality and durability of the prosthesis. The choice of the chromatic and graphic elements was based on the "Iron-Man" theme, seeking to increase its visual attractive and promote a greater acceptance by the user. In this context, it is concluded that the personalized esthetic prosthesis created for the user was perfectly adjusted to his needs and preferences, generating a significant improvement in his quality of life and emotional well-being.

**Keywords:** <ADITIVE IMPRESSION>, <3D MODELLING>, <IRON-MAN>, <ADAPTABILITY>, <AESTHETIC PROSTHESIS>

  
Lcdo. Enrique Guambo

CI:0601802424

**DOCENTE**

## **INTRODUCCIÓN**

El tema del presente trabajo de titulación es el diseño y manufactura de prótesis estética 3d infantil de brazo con temática de "Iron-Man", con el fin de mejorar su calidad de vida, bienestar emocional y promover una mayor aceptación y uso continuo de la prótesis. El interés por llevar a cabo este trabajo surgió del deseo de ofrecer una solución innovadora y personalizada para mejorar la vida del usuario. Se notó la necesidad de abordar su impacto emocional y la aceptación por parte del usuario, aspectos para su integración en la sociedad. La metodología empleada para el desarrollo de este proyecto fue metodología de Bruno Munari la cual nos ayudó a resolver de una buena manera el problema del usuario que requería la prótesis. Así mismo, se llevó a cabo un proceso de experimentación para probar diferentes piezas y asegurar que la prótesis fuera cómoda y estéticamente atractiva. Se utilizaron tecnologías emergentes como la impresión 3D para el diseño y la fabricación de la prótesis, lo que permitió una mayor comodidad y personalización. Además, se realizó una investigación exhaustiva sobre las prótesis convencionales disponibles en el mercado, con el fin de identificar los desafíos asociados con su uso y adaptación a las necesidades del usuario. Esta combinación de enfoques metodológicos permitió desarrollar una prótesis que es aceptada y funcional por el usuario. Los principales objetivos de este trabajo son diseñar y desarrollar una prótesis estética personalizada que se ajuste perfectamente a las necesidades y preferencias del usuario, generando una mejora significativa en su calidad de vida y bienestar emocional. Además, se busca evaluar la aceptación y la eficacia de la prótesis en el contexto específico del niño, con miras a su integración continua en la sociedad. Estos objetivos se orientan hacia el presente y futuro, procurando tanto la satisfacción inmediata del usuario como su bienestar a largo plazo.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 1.300 millones de individuos, lo que equivale a una de cada seis personas a nivel global, experimentan discapacidades significativas. Además, se observa que algunas personas con discapacidad enfrentan un acortamiento de su esperanza de vida de hasta 20 años en comparación con aquellas sin discapacidad. Las personas con discapacidad también presentan un riesgo al doble de padecer condiciones de salud, tales como depresión, asma, diabetes, accidentes cerebrovasculares, obesidad y problemas dentales. Por otro lado, la falta de accesibilidad en las instalaciones de atención médica representa un obstáculo que puede ser hasta seis veces más difícil de superar para las personas con discapacidad (OMS, 2023).

La discapacidad motora puede originarse por factores genéticos, como en el caso de la fibrosis quística, o debido a causas externas, como accidentes y amputaciones. Haga clic aquí para escribir texto. Las amputaciones en las extremidades superiores son poco frecuentes y su manejo implica tres etapas: una intervención quirúrgica, seguida de un proceso de rehabilitación que abarca aspectos médicos, de fisioterapia y terapia ocupacional, y finalmente, la implementación y adaptación de una prótesis controlada por un especialista en prótesis (JOTABUS, 2024).

La maestría de Mariano Bucco tiene como objetivo principal investigar el estado actual y la adopción de la impresión 3D, así como comprender sus futuras implicaciones en el ámbito de la atención médica. En este sentido, se destaca que las áreas que más se benefician de la impresión 3D son aquellas que requieren una alta dosis de personalización. Esto cobra especial relevancia en la medicina, donde la incapacidad para obtener un tamaño o forma precisa puede ser más que una simple decepción; especialmente en casos de prótesis odontológicas, donde la exactitud es crucial para la comodidad y la salud del usuario. La precisión en la fabricación de prótesis y trasplantes médicos se vuelve indispensable, lo que ha llevado a muchos analistas de la industria a prever un papel significativo de la impresión 3D en la medicina. Esta tecnología tiene proyecciones notables en diversas áreas médicas, especialmente en ortopedia, prótesis y medicina regenerativa (Mariano Bucco, 2016).

El estudio se enfocó en el desarrollo de 24 modelos de prótesis de mano ajustables dirigidos a niños de 6 a 12 años. La investigación incluyó una revisión exhaustiva de los avances en prótesis de mano, centrándose en la capacidad de flexión y extensión de los dedos para lograr un agarre cilíndrico de objetos. Para establecer las dimensiones fundamentales de la mano, se tomaron

medidas de 90 niños y niñas en una institución educativa, utilizando un promedio como referencia para el diseño y escala de los prototipos. La estructura básica del sistema se diseñó siguiendo una forma antropomórfica similar a la mano humana, mientras que para la transmisión de movimiento se empleó un mecanismo de dedo antropomórfico. Los modelos se construyeron a partir de un prototipo base, ajustados según las dimensiones promedio de las manos. Se realizó un análisis cinemático y dinámico del prototipo, además de fabricarlo con material PLA mediante impresión 3D, utilizando una estructura de relleno compuesta por triángulos hexagonales. Finalmente, se produjo un prototipo definitivo diseñado para un niño de 11 años (Cristobal y Pozo, 2021).

Desde la década de 2000, la impresión 3D ha encontrado aplicación en el ámbito médico, marcando sus inicios con la fabricación pionera de implantes dentales y prótesis personalizadas. Los usos médicos de la impresión 3D, ya sean actuales o potenciales, se pueden clasificar en diversas categorías, incluyendo la producción de órganos y tejidos, la creación de prótesis a medida, implantes y modelos anatómicos, así como la investigación farmacéutica centrada en las formas de dosificación de medicamentos.

Existen alrededor de dos docenas de procesos de impresión 3D, cada uno utilizando tecnologías de impresora distintas, con variaciones en velocidades y resoluciones, y empleando una amplia gama de materiales. Estas tecnologías tienen la capacidad de dar forma a objetos tridimensionales con prácticamente cualquier estructura concebible, siempre y cuando esté definida en un archivo de diseño asistido por ordenador (CAD) (Horustech, 2022).

El enfoque de diseño formal y estético para prótesis infantiles se basa en la observación del impacto de la pérdida o ausencia de una extremidad en niños de 3 a 7 años. Este estudio y sus propuestas buscan transformar la percepción de las prótesis en estos niños, no solo como dispositivos funcionales, sino como elementos que generen una experiencia positiva. Para alcanzar este objetivo, se lleva a cabo una investigación psicoemocional que aborda aspectos dirigidos a mejorar estéticamente las prótesis impresas en 3D, haciéndolas más atractivas y accesibles para los padres de estos niños. Los hallazgos muestran que las mejoras estéticas, basadas en el diseño gráfico, representan una valiosa alternativa para fomentar la aceptación de estas prótesis por parte de los niños, permitiéndoles usarlas con satisfacción. Se puede afirmar que estas prótesis ganan valor adicional en cuanto a su apariencia. Esto posibilita al desarrollo de prótesis diseñadas específicamente para niños y niñas, fomentando una conexión más estrecha. Existe una amistad cercana entre el niño y su prótesis (Farid Vanegas Mejía, 2023).

Las personas usan sus extremidades diariamente en varias actividades esenciales. La dependencia es determinada por las extremidades y las habilidades que se desarrollan con ellas. Como resultado, se diseñan prótesis con el propósito de reemplazar la pérdida de un miembro o parte del cuerpo debido a diversas causas que requieren esta sustitución. Entre las causas más frecuentes

se encuentran los accidentes, enfermedades crónicas como la diabetes o condiciones congénitas presentes desde el nacimiento. La fabricación digital es una tecnología que ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década, siendo un ejemplo destacado de ello la impresión 3D. Esta tecnología se emplea en diversos campos, ya que permite utilizar una amplia variedad de materiales con gran precisión y la capacidad de imprimir formas complejas (Eduardo Vázquez Vela Sánchez, 2016).

El estudio antropométrico y ergonómico centrado en individuos con deformidades o amputaciones en las extremidades superiores es limitado en Ecuador. La confección de prótesis se ve afectada por la escasez, mayormente importadas y posteriormente ajustadas para adaptarse a los usuarios. Esta situación se atribuye a la carencia de un análisis ergonómico y antropométrico, resultando en prótesis estandarizadas que carecen de atractivo estético y funcionalidad. Los resultados estadísticos obtenidos para el rango de edades de 5 a 10 años son los siguientes: altura promedio de 1 metro y 21 centímetros, longitud del dedo pulgar promedio de 5.25 centímetros, longitud del dedo índice promedio de 6.47 centímetros, longitud del dedo medio promedio de 7.19 centímetros, longitud del dedo anular promedio de 5.97 centímetros, longitud del dedo meñique promedio de 5.55 centímetros, longitud promedio de la mano de 15.15 centímetros y longitud promedio de la muñeca de 4.47 centímetros (Chicaiza Herrera Jorge Dario, 2019).

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La fabricación de una prótesis estética personalizada de extremidad superior para un usuario con un nivel de ausencia transradial ha representado un desafío significativo para su calidad de vida, desarrollo emocional y autonomía. Si bien existen prototipos convencionales disponibles en el mercado, estas suelen carecer de personalización, lo cual produce un periodo de adaptación al prototipo extenso. Por tal motivo se decide desarrollar una prótesis con temática de "Iron-Man" tratando de reducir el periodo de adaptación que amplie significativamente su rango de frecuencia de uso. Además, la tecnología de diseño 3D ha avanzado considerablemente, pero su aplicación en la creación de prótesis personalizadas y temáticas específicamente diseñadas para niños con un nivel de ausencia transradial de su extremidad superior izquierda es limitada.

## **1.3 Justificación**

La creación de una prótesis cosmética personalizada inspirada en "Iron-Man" para un usuario tiene un efecto significativo en la vida del usuario. Personalizar la prótesis mediante el diseño e impresión 3D permite adaptarla perfectamente a las necesidades físicas del usuario, lo que no solo mejora su funcionalidad diaria, sino que también garantiza su comodidad y eficiencia al usarla. No es solo una cuestión técnica, esta adaptación personalizada tiene un impacto emocional poderoso ya que la temática de "Iron-Man" no solamente inspira al niño a utilizar la prótesis, sino que también le proporciona un estímulo extra como identidad y confianza son importantes. La prótesis se activa al conectarse con un superhéroe que admira. Se convierte en una forma de

expresar su individualidad y sus intereses. Esto es fundamental para reforzar su autoestima, ya que le ayuda a sentirse identificado emocionalmente. Conectado con algo que le apasiona. La integración de la temática de "Iron-Man" en la prótesis tiene un impacto significativo. No solo tiene un aspecto emocional, sino también lúdico y estético. Promueve esto el desarrollo al hacer que el uso de la prótesis sea una experiencia más agradable y divertida al usuario. Al tener la prótesis se promueve su autonomía y se crea un estímulo al alinear una prótesis con sus intereses siendo apto para uso continuo. La necesidad de crear una prótesis personalizada con la temática de "Iron-Man" se basa en mejorar la aceptación emocional y la experiencia general del niño de 8 años que tiene una ausencia transradial. La combinación de la personalización precisa, la conexión emocional con un ídolo y el enfoque lúdico y estético contribuyen significativamente a fortalecer su autoestima, mejorar su aceptación de la prótesis y fomentar su desarrollo emocional y físico.

#### **1.4 Objetivo General**

Generar una prótesis estética mediante el modelado 3D y su manufactura aditiva para un niño de 8 años incentivando su uso y su adaptabilidad.

#### **1.5 Objetivos Específicos**

- Analizar las medidas antropométricas de las extremidades superiores del usuario.
- Analizar las características y requisitos para el diseño de una prótesis temática de "Iron-Man" que cumpla con los estándares de seguridad, ergonomía y comodidad para el usuario con una ausencia transradial.
- Modelar el prototipo de prótesis 3D con temática de "Iron-Man" con métricas similares a la extremidad derecha del usuario.
- Manufacturar el prototipo con la temática de "Iron-Man" para el usuario con una ausencia transradial

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica acerca de la discapacidad en extremidades superiores, sus diferentes anomalías congénitas, malformaciones, deformaciones como también la influencia de la prótesis y su historia, evolución. Como también la influencia de superhéroes en los niños. De igual manera, una revisión acerca de la tecnología en 3D, modelado en 3D, su protocolo y componentes importantes.

#### 2.1 Anomalías Congénitas

##### 2.1.1 Definición

Se define como anomalía congénita cualquier alteración en el desarrollo morfológico, estructural o funcional de un órgano o sistema que está presente desde el nacimiento. Esta condición puede manifestarse de manera familiar o esporádica, ya sea de manera externa o interna, y puede ser única o múltiple. Dependiendo de su origen, estas anomalías se dividen en malformaciones, deformaciones, disrupciones y displasias (Donoso Bernales y Oyarzún Ebensperger 2012a).

##### 2.1.2 Clasificación de Anomalías Congénitas

###### 2.1.2.1 Malformaciones

Se refiere a una irregularidad o disposición física de un órgano o componente del cuerpo, resultado de un desarrollo intrínsecamente anormal desde la concepción o en las primeras etapas de la embriogénesis, como en el caso del labio leporino (Oyarzún Ebensperger, 2012a).

###### 2.1.2.2 Disrupción

Consiste en una anomalía morfológica de un órgano o área específica del organismo cuyo desarrollo estaba comprometido o inicialmente normal, pero se ve afectado por una interferencia externa, como en el síndrome de banda amniótica (Oyarzún Ebensperger, 2012b).

###### 2.1.2.3 Deformación

Se trata de una alteración en la forma, posición o estructura de una parte del organismo, resultado de fuerzas mecánicas anormales que actúan sobre una parte que se había desarrollado previamente de manera normal, como en el caso del pie equino varo (Donoso Bernales y Oyarzún Ebensperger, 2012d).

###### 2.1.2.4 Displasia

Implica una organización celular anormal que modifica la morfología original o la estructura de un tejido u órgano, como en el caso de la displasia esquelética (Donoso Bernales y Oyarzún Ebensperger, 2012e).

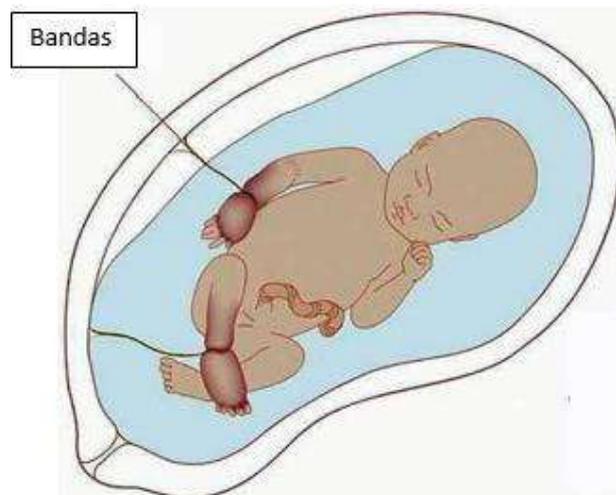
###### 2.1.2.5 Síndrome

Representa un patrón reconocido de múltiples anomalías que afectan diversas áreas del desarrollo y presumiblemente comparten una causa común (Donoso Bernales y Oyarzún Ebensperger, 2012f).

## 2.2 Defecto congénito de Brida Amniótica

### 2.2.1 Definición

El síndrome de bandas amnióticas es un trastorno congénito en el que partes específicas del feto resultan dañadas por bandas fibrosas dentro del útero, lo que restringe la circulación sanguínea y afecta su desarrollo. Los brazos, las piernas o los dedos son las zonas más comúnmente afectadas. Dependiendo de la parte del cuerpo involucrada, este síndrome puede tener diferentes resultados. Al nacer pueden ocurrir diversas anomalías. Por ejemplo, si una de estas correas se enrolla alrededor de una extremidad ya mencionada, existe la posibilidad de amputación completa del brazo o la pierna (Ortiz Murillo et al, 2011 págs. 184 -187).



**Ilustración 2-1:** Feto afectado por Brida Amniótica

**Fuente:** (Infogen, 2022)

#### 2.2.1.1 Bandas amnióticas o bridas

El síndrome de bridas amnióticas (SBA) es un conjunto de anomalías congénitas que involucran lesiones resultantes de la contracción o amputación de extremidades o dedos, y presencia de reborde amniótico. Esta es una condición rara que tiende a manifestarse de una forma esporádica. Suele aparecer como un anillo de constricción al final de algunas extremidades o dedos, aunque la amputación puede resultar en casos más graves. Miembro completo o asociado a otras deformidades del diagnóstico prenatal. Esto se logra sólo en casos raros (aproximadamente 29-50%). En este caso particular, se presenta el ejemplo de un usuario que recibió un diagnóstico ecográfico de brida amniótica durante la semana 12 de su embarazo. Tienen la capacidad de adherirse a cualquier parte del feto, enredándose y causando diversas complicaciones en su desarrollo fetal (Tierra Alan, 2017a pág. 5).



**Ilustración 2-2:** Comparación de fetos

Fuente: (Infogen, 2022)

### **2.2.2 Etiología**

Las bridas amnióticas son anomalías poco comunes que han sido objeto de estudio para determinar sus posibles causas. Estas se han explorado a través de dos teorías, las cuales se presentan a continuación:

#### **2.2.2.1 Teoría de Thorpin**

Cuando el amnios, la membrana que envuelve al embrión, se rompe prematuramente, puede unirse al feto y, con el crecimiento, estirarse, lo que conlleva a la formación de bandas amnióticas, generando esta anomalía (Tierra Alan, 2017b pág. 6).

#### **2.2.2.2 Teoría de Dellenbach y col**

Esta teoría sugiere que el amnios se encuentra inicialmente adherido al feto, lo que lleva a que, a medida que la cavidad amniótica se desarrolla con el tiempo, se formen las bridas, dando origen a esta anomalía (Tierra Alan, 2017c pág. 6).

### **2.2.3 Complicaciones**

Las bandas amnióticas tienen la capacidad de unirse a la superficie del embrión, lo que resulta en la captura y compresión de las estructuras anatómicas del feto. Esto causa una compresión que conduce a la falta de flujo sanguíneo, conocida como isquemia, y eventualmente a la muerte del tejido, llamada necrosis. Sufriendo la estructura afectada del feto una amputación natural. (Figura 3) En cambio, si la estructura fetal está en proceso de desarrollo, se formaría un anillo (o surco) cuando está ya formada, que variaría en profundidad según la intensidad de la compresión. (Figura 4) Estas bandas también pueden llevar al fallecimiento del bebé al afectar estructuras vitales como la cabeza o el cordón umbilical. Es esencial resaltar que este tipo de anomalía no tiene origen hereditario ni genético (Tierra Alan, 2017d pág. 7).



**Ilustración 2-3:** Amputación natural por brida amniótica

Fuente: (Tierra Alan, 2017d pág. 7)



**Ilustración 2-4:** Formación de anillos por brida amniótica

Fuente: (Tierra Alan, 2017d pág. 7)

## 2.3 Prótesis

### 2.3.1 Definición

Una prótesis representa una innovación diseñada con el propósito de optimizar o sustituir una función, una porción o incluso la totalidad de una extremidad afectada del cuerpo humano. En consecuencia, su impacto va más allá de la mera restauración física, ya que, especialmente en el caso de amputados, una prótesis juega un papel crucial en el progreso psicológico del individuo. Al proporcionar la capacidad de recuperar movilidad y apariencia, la prótesis contribuye significativamente a la reconstrucción de una percepción integral de sí mismo, fomentando la restauración no solo de funciones físicas, sino también de la autoimagen y la confianza del usuario. Este enfoque integral de la rehabilitación no solo impulsa la mejora de la calidad de vida

del usuario, sino que también promueve un sentido renovado de bienestar emocional y social (Manuel et al, 2007).

### **2.3.2 Historia**

A medida que transcurre el tiempo y los avances tecnológicos se incrementan constantemente, han surgido nuevas prótesis en consonancia con la era de su creación, presentando variaciones distintivas entre sí. A continuación, se describirán diversos modelos de prótesis, organizados en un orden cronológico ascendente, para ilustrar la evolución y diversificación continua en este campo.

#### **2.3.2.1 Alta Edad Media (476 a 1000)**

En la etapa de la Alta Edad Media, se observaron escasos progresos en el ámbito de la protésica, limitándose principalmente al uso de ganchos de mano y patas de palo. La mayoría de las prótesis desarrolladas durante este periodo se destinaban a ocultar deformidades o lesiones resultantes de conflictos bélicos. En el caso de los caballeros, se les proporcionaba prótesis diseñadas específicamente para sostener escudos o para ajustarse al estribo, con escasa atención prestada a la funcionalidad. Fuera del contexto de la batalla, solo los individuos acomodados tenían la fortuna tener una prótesis de pierna de madera o un gancho de mano para satisfacer diversas necesidades diarias. Frecuentemente, eran los comerciantes, incluyendo a los armeros, los encargados de concebir y fabricar extremidades artificiales. Personas de diversas ocupaciones, entre ellas relojeros, destacaban por su habilidad para incorporar complicadas funciones internas mediante resortes y engranajes (Figura 5) (Kim, 2007a pág. 5).

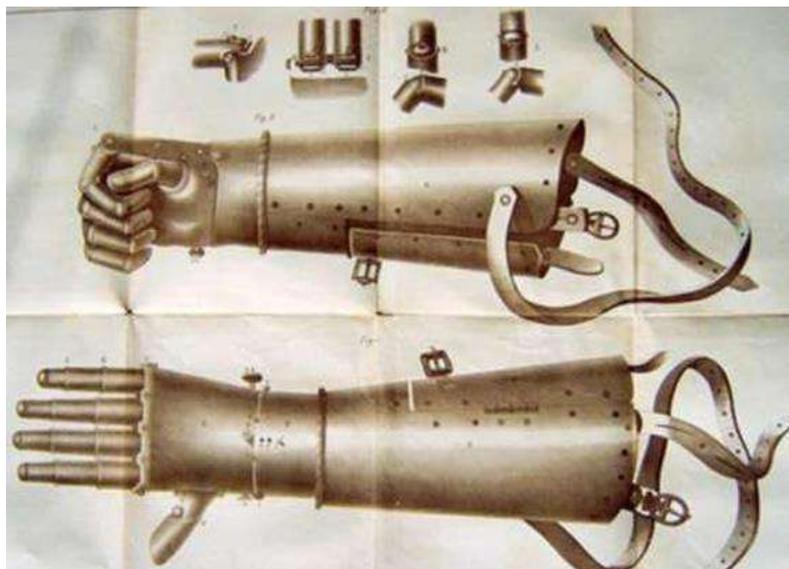


**Ilustración 2-5:** Edad media discapacidad

Fuente: (Kim, 2007a pág. 5)

### 2.3.2.2 El Renacimiento y Barroco (1400 a 1800)

El Renacimiento se caracterizó por un notable florecimiento en el arte, la ciencia, la medicina y la filosofía, así como por avances significativos en el campo de la prótesis. Durante este periodo, se empezaron a fabricar prótesis utilizando diversos materiales como madera, cobre, hierro y acero. En la región de Württemberg, Alemania, vivía un caballero perteneciente a una familia adinerada llamado Götz von Berlichingen, también conocido como Götz de la Mano de Hierro. Este apodo se originó debido a que Götz perdió su mano derecha en la guerra de sucesión de Landshut (Figura 6). Al enfrentarse a su situación, ideó una prótesis fabricada en hierro que se extendía hasta su antebrazo y se sujetaba a su cuerpo mediante correas de cuero. Con esta innovadora prótesis de pierna, puede empuñar una espada y montar a caballo en el campo de batalla. Incluso puedes usar un bolígrafo para escribir. Cada dedo tiene una articulación porque es una prótesis controlada por un inteligente mecanismo de resorte ubicado dentro de la mano la inteligencia artificial hizo posible este logro (Kim, 2007b pág.7).

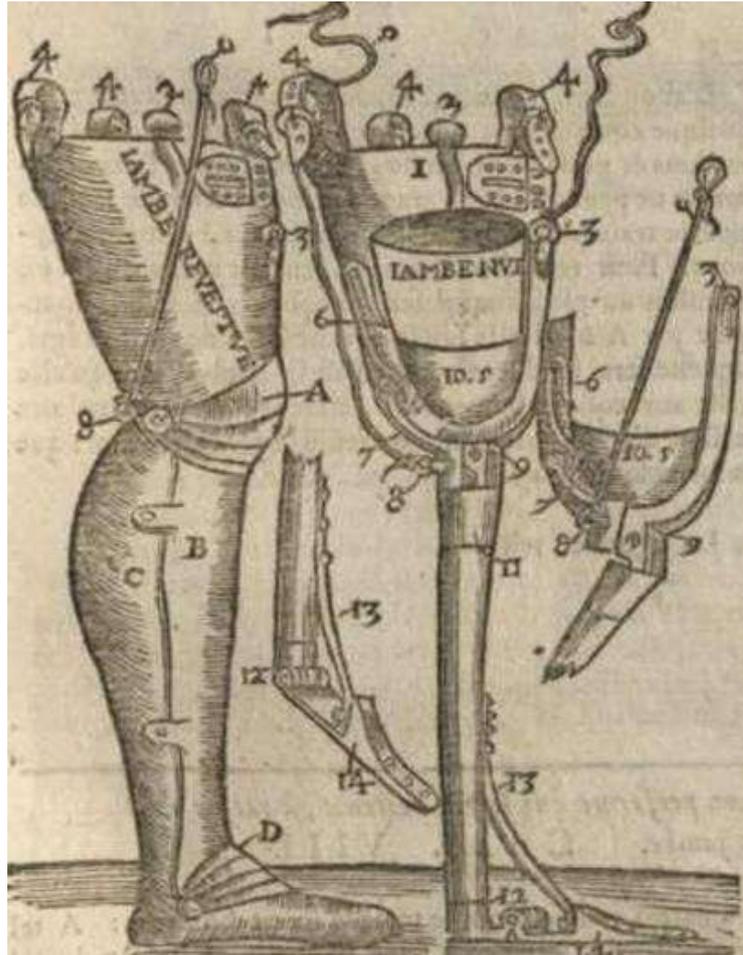


**Ilustración 2-6:** Mano protésica de hierro, Götz von Berlichingen, 1504.

**Fuente:** (Kim, 2007b pág.7)

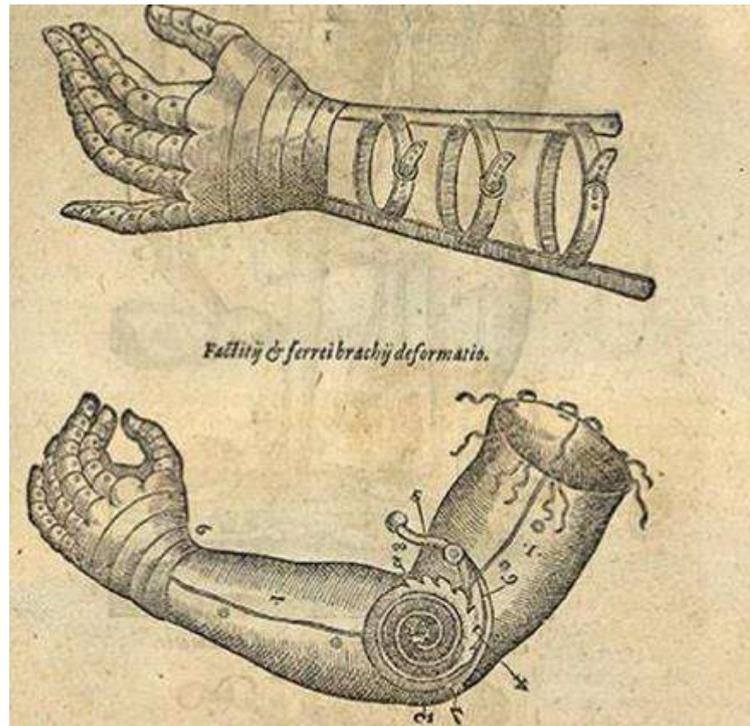
Ambroise Paré, reconocido como el pionero en cirugía y amputaciones, transformó radicalmente el campo con sus innovadoras ideas. En el año 1529, introdujo procedimientos avanzados de amputación, marcando un hito significativo en la historia de la cirugía. Además, en 1536, desarrolló prótesis destinadas a individuos que habían sufrido la amputación de extremidades inferiores (Figura 7) y superiores (Figura 8), consolidando aún más su contribución a la evolución de la medicina y la rehabilitación.

Paré también dejó una marca importante en la ciencia y la medicina al diseñar un dispositivo utilizado sobre la rodilla. Este invento se fundamentaba en una pata de palo con la capacidad de flexionar la rodilla mediante un sistema de control de giro y bloqueo. Además, incorporaba una prótesis fija para el pie, y todo el prototipo se adaptaba mediante un arnés ajustable. Estas ideas vanguardistas han evolucionado hasta convertirse en fundamentos esenciales para la fabricación contemporánea de prótesis. Su enfoque dedicado al verdadero propósito de una prótesis, es decir, su funcionalidad en las actividades cotidianas, sigue siendo un referente en la actualidad (Kim, 2007c pág. 8).



**Ilustración 2-7:** Extremidades inferiores, Pare Ambroise, 1529.

Fuente: (Kim, 2007c pág. 8)



**Ilustración 2-8:** Prótesis de mano y brazo, Pare Ambroise, 1529

Fuente: (Kim, 2007c pág. 8)

En 1696, un cirujano en Holanda introdujo una prótesis de rodilla pionera que carecía de bloqueo y se distinguía por sus bisagras externas, así como por la presencia de laceraciones de cuero en los muslos, diseñadas con el propósito de brindar un soporte efectivo para el peso. Este revolucionario prototipo fue concebido por Pieter Verduyn (Figura 9). En la actualidad, su diseño perdura como un elemento fundamental que ha influido en la fabricación contemporánea de prótesis, especialmente aquellas destinadas a codos y otras articulaciones. Este legado resalta la relevancia duradera de las innovaciones históricas en el desarrollo continuo de tecnologías de asistencia para la movilidad (Fischer LP et al., 2000).



**Ilustración 2-9:** Prótesis de rodilla

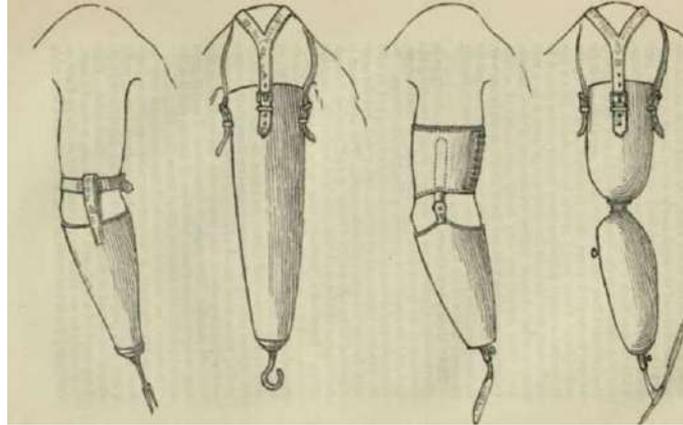
**Fuente:** (Fischer LP et al., 2000)

Es esencial destacar que en los años sucesivos se introdujeron varios prototipos de prótesis, centrándose en gran medida en el desarrollo de las extremidades inferiores. Estos modelos, un total de 12, se crearon tomando como referencia los prototipos previos de Paré Ambroise y Pieter Verduyn, pero se realizaron modificaciones significativas en cuanto al tipo de material utilizado y los costos asociados. Este período marcó una fase crucial en la evolución de las prótesis, ya que no solo se buscaba mejorar la funcionalidad, sino también hacer que estas soluciones fueran más accesibles en términos de materiales y costos, permitiendo así una mayor disponibilidad para aquellos que las necesitaban.

#### *2.3.2.3 Revolución Francesa y Edad contemporánea (1800-actualidad)*

Durante este tiempo, hubo avances significativos en las prótesis para extremidades superiores, y estos progresos fueron registrados en el libro "Artificial Limbs and Amputations", publicado en 1885 en Londres por Henry Heather Bigg. El propósito de este trabajo es detallar los nuevos prototipos de prótesis que han sido diseñados para lograr una mejor adaptación a las actividades diarias. (Figura 10). La publicación de Bigg ofreció una valiosa perspectiva sobre las nuevas innovaciones en el ámbito de las prótesis, enfatizando la importancia de mejorar la funcionalidad y comodidad para hacer más fácil la vida cotidiana de quienes las usan. Henry Heather Bigg hizo contribuciones notables al ámbito de la inclusión mecánica en tratamientos médicos. Su trabajo se destacó especialmente en la fabricación de diversos prototipos de prótesis que mejoraron significativamente la locomoción y ampliaron las capacidades de los usuarios. Estas prótesis

diseñadas por Bigg permitían realizar tareas diversas, como escribir y utilizar una variedad de herramientas, incluyendo ganchos para agarrar objetos, pinzas, cuchillos, esferos, entre otros. Su enfoque innovador no solo buscaba restaurar funciones físicas, sino también proporcionar a los usuarios una mayor independencia y versatilidad en sus actividades diarias (Johanna Goldberg, 2007a, pág. 1114 - 1119).



**Ilustración 2-10:** Artificial Limbs and Amputations, 1885.

**Fuente:** (Lekuona Amundarain, Domínguez Somonte y Espinosa Escudero, 2021)

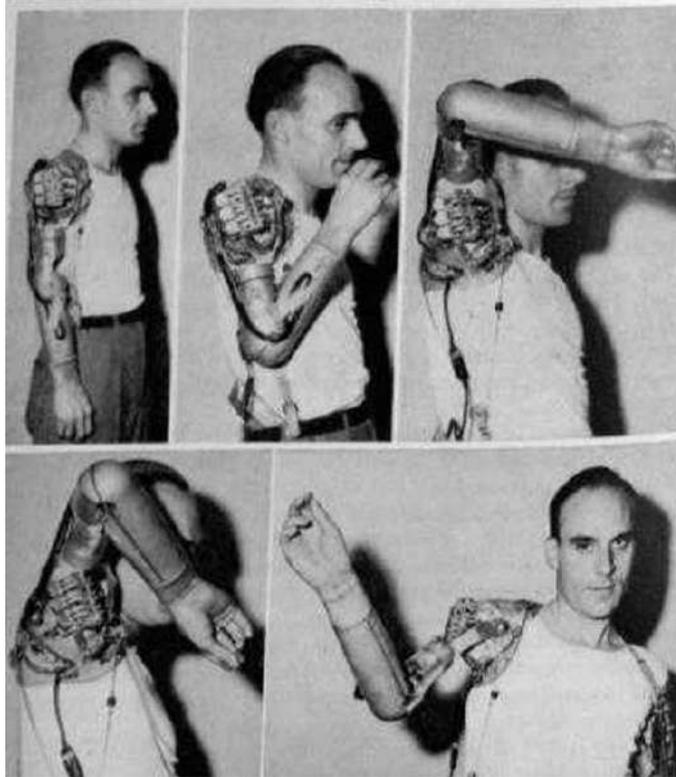
Por otra parte Atha Thomas y Chester C. Haddan. Thomas poseía conocimientos sobre investigaciones de prótesis y métodos de rehabilitación y Haddan fue presidente de la Asociación de Fabricantes de Miembros y sobre cirugía ortopédica. En el año 1945, "Amputation Prosthesis" fue coescrito por personas de América donde se muestran modelos de prótesis funcionales. Unidos en torno a una idea específica, las prótesis no deben solo producir un buen impacto visual, sino también una buena y eficiente rehabilitación para el usuario dando funcionalidad a cada una de sus inspiraciones en mecanismos mecánicos. Para cumplir con cada una de las funciones que el usuario pueda realizar (Figura 11) (Johanna Goldberg, 2007).



**Ilustración 2-11:** P. Mecánica de mano, Thomas & Haddan

**Fuente:** (Johanna Goldberg, 2007)

En 1954, el Comité Asesor sobre Miembros Artificiales de Estados Unidos publicó "Miembros humanos y sus sustitutos", un informe que detallaba proyectos innovadores en el campo de las prótesis. Este documento abordaba avances significativos, incluyendo el desarrollo de prótesis modernas como el brazo eléctrico. Además, se destacaban nuevas técnicas de estabilización de la rodilla y mejoras en las prótesis inspiradas en los trabajos previos de Chester C. Haddan. La publicación reflejaba el continuo progreso y la dedicación a la innovación en el diseño de miembros artificiales, evidenciando el interés y la inversión en la mejora de la calidad de vida y funcionalidad de las personas que utilizan prótesis (Figura 12) (Johanna Goldberg, 2007).



**Ilustración 2-12:** Miembros humanos y sus sustitutos

Fuente: (Johanna Goldberg, 2007).

En 1962, William A. Tosberg exploró la evolución de los materiales utilizados en prótesis a lo largo de la historia. Concluyó que, tras la Segunda Guerra Mundial, el material predominante en las prótesis pasó a ser el plástico. Este material destacaba por su facilidad de tratamiento y su mayor semejanza con la piel humana, aunque muchas de estas prótesis aún carecían de funcionalidad. Este cambio marcó un hito, ya que los científicos comenzaron a incursionar en nuevos mecanismos, con el plástico asumiendo un papel predominante en lugar de los materiales tradicionales como la madera o el acero. Esta transición hacia materiales más flexibles y estéticamente similares a la piel abrió nuevas posibilidades para el diseño y la fabricación de prótesis más cómodas y visualmente integradas (Figura 13).



**Ilustración 2-13:** Mano cosmética

Fuente: (William A. Tosbwrg, 1962)

A lo largo del tiempo, los prototipos de manos protésicas experimentaron mejoras significativas impulsadas por los avances tecnológicos. Se exploró la implementación de motores independientes en cada dedo, así como la incorporación de sensores para lograr una mayor similitud con el movimiento real de la mano. Estos desarrollos representaron un paso adelante en la búsqueda de prótesis más sofisticadas y funcionales.

Cabe destacar que estas prótesis mejoradas no estuvieron a la venta en sus etapas iniciales. En cambio, los llevan a cabo principalmente universidades o centros de investigación como parte de la investigación. A través de este enfoque, los científicos y expertos en rehabilitación pueden explorar y perfeccionar la funcionalidad de estas prótesis de mano avanzadas antes de aplicarlas en última instancia a una gama más amplia de entornos. Para esto se inventó algo que basa en un sistema de tensión de cables, apoyado en sensores de fuerza, que permite un control preciso del agarre del dedo. Este avance marca un hito en el desarrollo de prótesis de mano porque la capacidad de realizar Se hace realidad un agarre más preciso y adaptable de diferentes objetos. Siendo así en 1981, se inventó una prótesis de mano innovadora en la Universidad de Stanford en Salisbury. La mano tiene dos dedos y un pulgar oponible, con motores independientes en cada dedo para transmitir potencia y facilitar el movimiento necesario para agarrar objetos. Combinación de los motores independientes y los sensores de fuerza proporcionan un nivel de control más sofisticado. Acercando la funcionalidad de estas prótesis a la destreza natural de la mano humana este es destacable la atracción entre tecnología y bienestar social (Figura 14) (Andrés Cano Sánchez, 2010) .



**Ilustración 2-14:** Mano Stanford

**Fuente:** (Lekuona Amundarain, Domínguez Somonte y Espinosa Escudero, 2021) .

En 1995, en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de MIT, se propuso el modelo de mano Robot Matsuoka. Esta mano innovadora presentaba una mayor similitud con una mano humana real, ya que cada uno de sus dedos constaba de dos falanges y dos juntas articulares. Para controlar estos movimientos, se implementó un sistema cable-polea impulsado por motores, otorgándole a la mano dos grados de libertad, lo que le permitía movimientos tridimensionales en el espacio. El propósito fundamental de esta creación fue simular movimientos de manipulación, marcando un avance significativo en la capacidad de las prótesis para imitar con mayor precisión las acciones naturales de la mano humana (Figura 15) (Andrés Cano Sánchez, 2010).



**Ilustración 2-15:** Mano Robot Matsuok

**Fuente:** (Andrés Cano Sánchez, 2010).

En 1999, fue presentada la mano Robonaut, diseñada con cinco dedos que proporcionan un total de 12 grados de libertad, complementados por dos grados de libertad adicionales en la muñeca (Figura 16). Esta mano revolucionaria utiliza un eje flexible de acero para controlar el movimiento de cada dedo, lo que impulsa las articulaciones conectadas a un motor de corriente continua sin escobillas ubicado en el antebrazo. Este motor suministra la potencia necesaria para generar movimientos precisos.

El conjunto de 43 sensores, que incluyen, es impresionante y está equipado en la mano Robonaut. Celdas de carga, encoders y sensores táctiles de fuerza. Estos sensores trabajan juntos para contribuir aportando una retroalimentación detallada sobre la posición y fuerza como también del control preciso del prototipo. La mano es posicionada por esta combinación de tecnologías avanzadas. Robonaut representa un hito en el desarrollo de prótesis al permitir una funcionalidad y destreza sin precedentes.

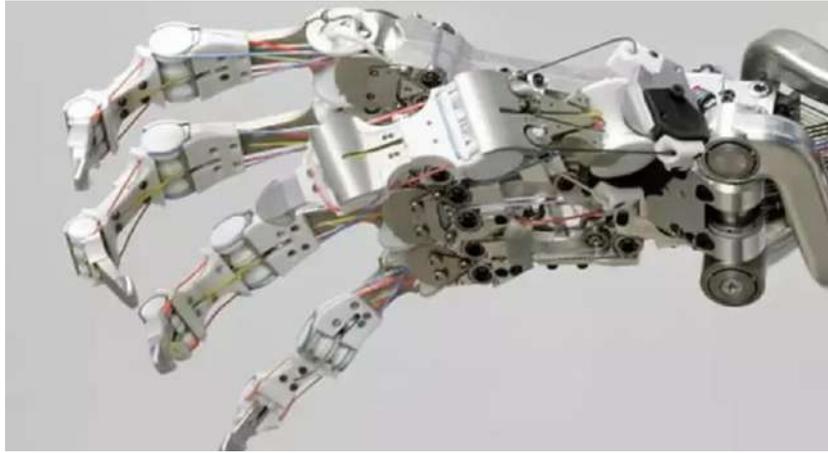


**Ilustración 2-16:** Mano Robonaut, 1999

Fuente: (Andrés Cano Sánchez, 2010).

En 2011, el Instituto de Robótica del Centro Aeroespacial Alemán introdujo un prototipo de mano notablemente resistente fabricado con una fibra sintética llamada Dyneema (Figura 17). Cada dedo de este prototipo innovador tiene la capacidad de absorber y liberar energía gracias a una red de 38 tendones, lo que le confiere una elasticidad excepcional. Se considera un prototipo de mano extremadamente resistente y difícil de destruir debido a su capacidad para resistir fuerzas de hasta 30 Newton.

El guante funciona utilizando sensores que copian los movimientos de la mano. Se pueden controlar también a través de comandos emitidos por una computadora. El desarrollo de esta tecnología, aunque avanzada, conlleva un costo significativo, estimado entre 70.000 y 100.000 euros. Este prototipo destaca no solo por su resistencia excepcional, sino también por su versatilidad en términos de control y su capacidad para adaptarse a diversos escenarios y necesidades (Portaltic, 2011).



**Ilustración 2-17:** Mano del Instituto de Robótica del Centro Alemán

Fuente: (Portaltic, 2011)

### **2.3.3 Clasificación de prótesis de extremidades superiores**

Las prótesis de extremidades superiores se dividen en categorías según su funcionalidad, el nivel de amputación y el material utilizado. Estas clasificaciones se desglosan en subtipos específicos que se detallan más adelante.

#### **2.3.3.1 Según su función**

- **Pasivas o cosméticas**

Las prótesis pasivas se caracterizan por carecer de movimientos y centrarse únicamente en mejorar el aspecto estético del miembro amputado. Son comúnmente conocidas como prótesis estéticas, ya que su principal función es mejorar la apariencia física. Estas prótesis se fabrican utilizando polímeros como PVC rígido, látex flexible o silicona, seleccionados por su ligereza y baja necesidad de mantenimiento, ya que carecen de piezas móviles (Figura 18).

En la confección de este tipo de prótesis, los componentes utilizados son prefabricados y se encuentran disponibles en diversas dimensiones y formas para adaptarse a distintos tamaños y géneros. Las prótesis pasivas se diseñan con los dedos en posición de reposo, el pulgar en posición neutral y flexión de las articulaciones, mientras que los cuatro dedos restantes presentan una discreta flexión. Algunos modelos incorporan un refuerzo maleable en el interior de los dedos, lo que permite ajustar su posición según sea necesario (Acurio Maldonado y Rivas Pinto, 2017).

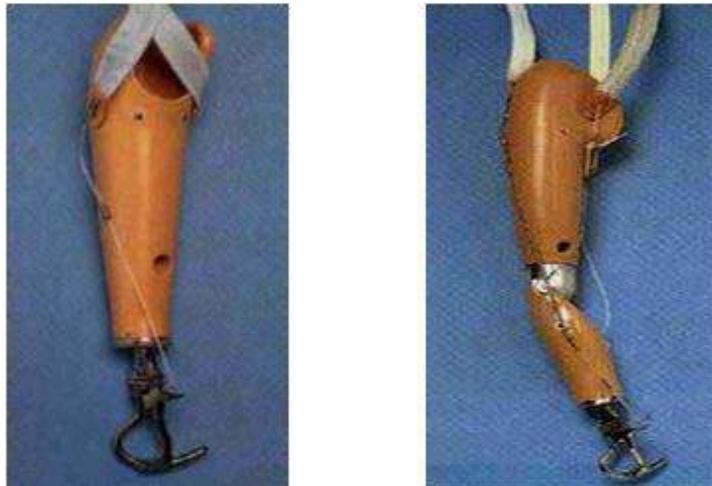


**Ilustración 2-18:** Prótesis Cosmética Ortopedia Gordillo

Fuente: (Acurio Maldonado y Rivas Pinto, 2017)

- **Activas o funcionales**

Las prótesis activas de fuerza propia, también conocidas como prótesis funcionales, son dispositivos capaces de desempeñar diversas funciones. Estas prótesis asumen la función de la parte del brazo ausente, proporcionando tanto un valor funcional como, en algunos casos, aspectos estéticos. Según las características específicas de cada prototipo, estas prótesis pueden permitir acciones como la apertura y cierre de la mano, la rotación de la muñeca y el codo, entre otras. La técnica empleada para operar este tipo de prótesis es la de tracción, también denominada simple o doble efecto. Esta técnica se vale de accesorios como ganchos de trabajo, tenazas, ganchos fijos, aros o martillos, los cuales colaboran con el usuario en la ejecución de las actividades diarias (Figura 19) (Palacios Guzmán Miguel et al. 2023).

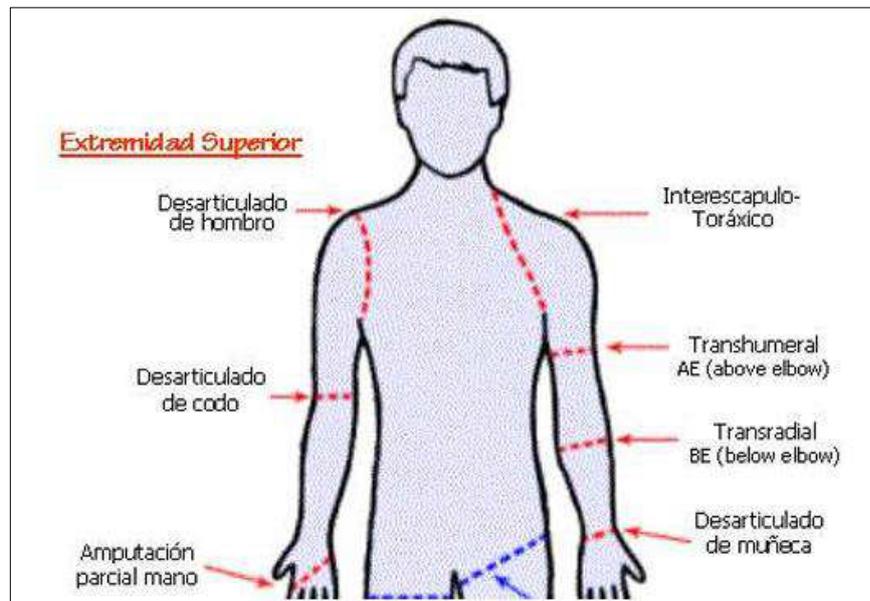


**Ilustración 2-19:** Prótesis funcional de mano de Gancho Fijo

Fuente: ((Palacios Guzmán Miguel et al. 2023)

### 2.3.3.2 Según nivel de amputación

Varios usuarios deben someterse a intervenciones quirúrgicas que implican la eliminación o extirpación parcial, e incluso total, de una extremidad mediante una o más estructuras óseas. Este procedimiento se lleva a cabo de manera perpendicular al eje longitudinal del miembro afectado. Se denomina "desarticulado" cuando este proceso se realiza a través de una interlínea articular, pudiendo ser esta de hombro, codo o muñeca en el caso de las extremidades superiores. A continuación, se presenta un gráfico que detalla lo mencionado anteriormente (Figura 20) (Dr. Carlos Arce González 2005).



**Ilustración 2-20:** Niveles de Amputación de extremidades superiores

Fuente: (Dr. Carlos Arce González 2005).

En las líneas siguientes se detallarán los dos niveles de amputación conocidos como nivel transradial, que implica la extirpación por debajo del codo, y el nivel transhumeral, que implica la amputación por encima del codo.

- **Amputación de falanges o dedos**

La necesidad de una prótesis debido a la amputación del pulgar solo surge cuando la amputación ocurre a nivel de la falange proximal. La fijación de esta prótesis puede lograrse utilizando una correa alrededor de la muñeca para asegurar el pulgar protésico o mediante soportes que rodean tanto la parte frontal como la trasera de la mano. En el caso de amputación de uno o varios de los otros cuatro dedos, el enfoque para la prótesis es similar al requerido para la amputación del pulgar. La relevancia de las prótesis específicas para la amputación del pulgar o de otros dedos depende del nivel de la amputación y la capacidad funcional restante de la mano. La fijación de estas prótesis es crucial para garantizar su utilidad y estabilidad. Al adaptarse a las necesidades específicas de cada tipo de amputación, estas prótesis pueden facilitar la funcionalidad y ayudar

en las actividades diarias, permitiendo a quienes las utilizan recuperar cierto grado de destreza y movilidad en las manos (Universidad de Pereira, 2013a págs. 38).

- **Amputación de muñeca**

La amputación en la muñeca puede llevarse a cabo de dos maneras: la amputación transcarpiana o la desarticulación de la articulación misma. Estos métodos de amputación son preferibles a una amputación a través del antebrazo, ya que al no afectar la articulación radiocubital, se preservan la capacidad de girar la mano hacia dentro y hacia afuera (pronación y supinación). Esto es crucial para las actividades cotidianas, ya que estos movimientos son fundamentales para una amplia gama de acciones, desde agarrar objetos hasta realizar tareas que requieren giros de la muñeca (Universidad de Pereira, 2013b pág. 5).

- **Amputación de hombro**

La amputación del hombro puede tomar dos formas: la amputación interescapulotorácica, también conocida como amputación de Littewood o cuarterectomía, y la desarticulación del hombro. La desarticulación del hombro implica la eliminación completa de la articulación, lo que puede facilitar la adaptación de prótesis más sencillas y ligeras, pero a expensas de la estabilidad y el control (Universidad de Pereira, 2013c pág. 5).

- **Nivel Transradial o por debajo del codo:**

Cuando se tiene este nivel de amputación, es necesario utilizar un encaje protésico que se adapte al muñón mediante una estructura exoesquelética. Esta estructura tiene como objetivo imitar la forma natural del antebrazo. Además, se conecta en la terminación del antebrazo a una mano, que puede ser pasiva o activa interna, reproduciendo así la estructura natural de la mano y el antebrazo en su conjunto (Figura 21) (Doctorius, 2022).



**Ilustración 2-21:** Prótesis por debajo del codo Ortopédica Sur

Fuente: (Doctorius, 2022)

- **Nivel Transhumeral o por arriba del codo:**

En el caso de esta categoría de amputación, las prótesis constan de un encaje protésico que se adapta al muñón mediante una estructura tubular. Esta estructura está revestida por una funda de espuma suave para proporcionarle la forma natural del brazo y antebrazo. Es importante destacar que incluye una articulación, que puede ser pasiva o activa, en la zona del codo. Asimismo, se

conecta a una mano, que puede ser pasiva o activa interna, reproduciendo de esta manera la estructura natural de la extremidad superior (Figura 22) (Gailey et al. 2002).



**Ilustración 2-22:** Prótesis por arriba del codo Ortopédica Sur

Fuente: (Gailey et al. 2002)

## **2.4 Influencia de Superhéroes en niños**

### **2.4.1 Definición de Superhéroe**

Un individuo heroico con una noble causa en favor de la sociedad; dotado de habilidades excepcionales, tecnología avanzada o destrezas físicas, psicológicas o místicas altamente desarrolladas. Identificado como un superhéroe, este ser adopta un nombre secreto y viste un atuendo distintivo que suele reflejar su vida, personalidad, poderes o incluso su origen (la transformación de una persona común en un superhéroe). Además de esta definición detallada y fantástica, el Diccionario ofrece dos significados para el término superhéroe: Hay uno que es "un personaje en una película o historia con un poder especial que lo emplea para hacer actos buenos y ayudar a otros", y otro que es "alguien que ha hecho algo muy valiente para ayudar a otra persona" (Grimmer Tamsin, 2022 pág. 1).

### **2.4.2 Desarrollo cognitivo y emocional**

#### **2.4.2.1 Desarrollo cognitivo en la infancia**

El desarrollo cognitivo comienza cuando el niño comienza a encontrar un equilibrio entre adaptarse al entorno que lo rodea y asimilar esa realidad a sus propias estructuras mentales. En otras palabras, a medida que el niño interactúa con su entorno, va integrando esas experiencias a su forma de pensar y las ajusta según sus vivencias previas. Para que este proceso se dé, es necesario que se presente un equilibrio, que es el balance que se logra entre lo que ocurre externamente y las estructuras internas de pensamiento del niño. Este enfoque sobre el desarrollo cognitivo en los niños destaca la importancia de la interacción entre el entorno y la mente del niño. Es esencial comprender cómo los niños asimilan y se adaptan a nuevas experiencias para desarrollar su comprensión del mundo que los rodea. Este equilibrio entre la asimilación y la acomodación es crucial para su crecimiento cognitivo, ya que les permite integrar nuevas ideas y ajustar sus conocimientos previos, construyendo así una comprensión más sólida y compleja del

mundo. Este enfoque sobre el desarrollo cognitivo resalta la importancia de la interacción entre el individuo y su entorno para el crecimiento mental. Resalta cómo la mente se ajusta y modifica su pensamiento en función de las experiencias vividas. El desarrollo cognitivo se ve favorecido por el equilibrio entre la asimilación y la acomodación, ya que esto posibilita a los niños integrar diferentes ideas y adaptar sus conocimientos anteriores para construir una comprensión más amplia y compleja del mundo que les rodea (Piaget, 1976).

#### *2.4.2.2 Desarrollo emocional en la infancia*

Desde el momento del nacimiento, los niños crecen inmersos en un entorno cargado de emociones. Durante los primeros años, los niños aprenden a expresar sus propias emociones, a percibir las de los demás y a manejarlas, intentando controlar sus propias reacciones emocionales. La forma en que este aprendizaje se lleve a cabo y cómo se desarrollen emocionalmente influirá en su bienestar y calidad de vida.

Los primeros lazos emocionales se forman en el ámbito familiar. La escuela, por su parte, representa el segundo ambiente educativo crucial para el desarrollo emocional de los niños. En este contexto, es fundamental fomentar y apoyar el crecimiento integral de todos los estudiantes (Heras et al. 2016).

El entorno emocional en el que crecen los niños tiene un impacto profundo en su desarrollo. La habilidad para reconocer, entender y manejar las emociones es crucial para el bienestar emocional y social a lo largo de la vida. Los vínculos familiares y el ambiente escolar juegan un papel fundamental en el desarrollo emocional de los niños. Al promover un entorno emocionalmente saludable en casa y en la escuela, se les brinda a los niños las herramientas necesarias para manejar sus emociones y desarrollarse de manera integral, lo que puede tener un impacto positivo en su bienestar a largo plazo.

#### *2.4.3 Importancia de la identificación de los niños con superhéroes*

Los superhéroes tienen un papel importante en la vida de los niños, sobre todo en los más pequeños, ya que pueden influir positivamente en su desarrollo. Cada niño tiene su héroe favorito, que posee habilidades extraordinarias y cuyo objetivo principal es salvar al mundo de los villanos que lo amenazan. Los niños suelen intentar imitar y admirar a estos superhéroes, que se convierten en sus modelos a seguir. De estos modelos pueden surgir tendencias tempranas hacia la ciencia y la tecnología. Los superhéroes fomentan el interés de los niños por explorar conceptos del mundo real relacionados con estos campos y representan un gran incentivo para despertar el interés de los niños en temas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (Eres Mamá, 2022a).

## **2.4.4 Iron – Man como modelo a seguir**

### **2.4.4.1 Creatividad e inventiva de Tony Stark**

"Iron-Man" ha sido un superhéroe muy querido que ha motivado a numerosos niños a mostrar interés por la tecnología y la ingeniería. Tony Stark, la mente maestra tras la armadura de "Iron-Man", es un brillante inventor y empresario que emplea su inteligencia y destrezas técnicas para luchar contra el mal. La tecnología puede ser aplicada mediante la armadura misma. Mediante "Iron-Man", los niños pueden comprender que la tecnología es importante. El potencial de resolver problemas y contribuir a mejorar lo convierte en una herramienta poderosa (Eres Mamá, 2022b).

Al presentar una conexión, ha sido inspiración para muchos jóvenes como personaje. Este héroe demuestra que la ciencia, la tecnología no sólo tiene aplicaciones prácticas; Hacer cosas buenas por la sociedad. Esta es una excelente manera de estimular el interés de los niños. Disciplinas como la ingeniería y la tecnología, mostrando cómo se utilizan estos campos. Crear un impacto positivo en el mundo (Eres Mamá, 2022c).

### **2.4.4.2 Valores éticos y morales**

Los principios éticos y morales guían el comportamiento de una persona. Tome a Tony como ejemplo. Stark, también conocido como "Iron Man", algunos valores identificables:

- **Responsabilidad:** Tony Stark toma responsabilidad por sus acciones y decisiones, inclusive cuando las consecuencias son adversas.
- **Honestidad:** Tony inicialmente era arrogante y egoísta, con el tiempo Stark aprende a ser honesto consigo mismo y con los demás.
- **Compromiso:** Tony Stark está comprometido a proteger a la humanidad y utilizar su tecnología.
- **Lealtad:** Tony Stark muestra lealtad a sus amigos y aliados, incluso poniéndose en peligro.
- **Innovación:** Tony Stark, usando su inteligencia para resolver problemas y crear soluciones innovadoras para el bien.

## **2.5 Modelado 3D**

### **2.5.1 Definición**

Modelar implica crear una representación matemática de superficies utilizando principios geométricos. El resultado es un modelo 3D, que puede ser presentado de dos maneras: como una imagen bidimensional en pantalla mediante un proceso llamado renderización 3D o como un objeto físico, ya sea mediante una impresora 3D o una herramienta de fabricación por control numérico. La mayoría de los modelos 3D se pueden clasificar en dos categorías principales: modelos sólidos y modelos poligonales.

La modelación 3D es una herramienta fundamental en varios sectores, desde la fabricación hasta el entretenimiento. La capacidad de generar representaciones digitales precisas de objetos tridimensionales resulta útil no solo para la visualización y el diseño, sino también para fabricar prototipos físicos mediante tecnologías avanzadas de manufactura. La clasificación en modelos sólidos y poligonales proporciona diversas perspectivas para representar y manipular formas tridimensionales, cada una con sus propias aplicaciones y ventajas en distintos ámbitos como la animación, los videojuegos, la ingeniería y la medicina (Jorquera Ortega, 2017a pág. 92).

## **2.5.2 Clasificación**

### *2.5.2.1 Modelos sólidos*

Los modelos sólidos son representaciones de objetos que emplean conceptos de volumen y ecuaciones matemáticas para describir sus superficies. Aunque son más fieles a la realidad que los modelos poligonales, pueden resultar menos intuitivos para trabajar con ellos. Estos modelos sólidos son ampliamente usados en simulaciones no visuales, como en el campo médico, y son parte fundamental en programas avanzados de modelado paramétrico, como Catia o Solidworks. En los campos como la industria médica o la ingeniería, cuando se requiere precisión y realismo, las maquetas son cruciales. Aunque son complejas de usar, su capacidad para representar objetos de una manera más realista las hace ideales cuando se requiere precisión y confiabilidad. indispensable en el campo. básico. Así mismo, el uso en programas de modelado avanzado ofrece una variedad de opciones para el diseño y creación de productos en áreas donde se requieren representaciones tridimensionales altamente detalladas y precisas (Jorquera Ortega, 2017b pág. 93).

### *2.5.2.2 Modelos poligonales*

Los modelos poligonales representan únicamente la superficie o contorno de un objeto. Están compuestos por la unión de múltiples polígonos, que al sumarse crean una representación tridimensional conocida como malla poligonal. Cada polígono se forma a partir de tres elementos básicos: el punto, la línea y el plano (o polígono). Es importante que se unan al menos tres puntos (o vértices) para crear un polígono. Estos modelos, al representar principalmente la apariencia exterior de un objeto, son comunes y se caracterizan por tener solo una cara, denominada "normal". Trabajar con este tipo de geometría resulta más sencillo y directo, además de que su renderización es rápida. Históricamente, se han empleado principalmente en la industria de los medios visuales, ya sea para cine, imágenes o videojuegos, aunque en la actualidad también se utilizan para la creación de modelos destinados a impresión en 3D. Ofreciendo una forma práctica y eficiente de representar objetos tridimensionales, ya que su enfoque en la superficie exterior los hace ideales para aplicaciones en la industria del entretenimiento y el diseño visual. Su facilidad para trabajar con ellos, su rapidez como también en el renderizado y su adaptabilidad a una variedad de medios los convierten en una opción popular para los creativos. Contenido gráfico,

desde efectos visuales hasta creación de mundos en películas. Virtualidad en los videojuegos. Su creciente uso en la impresión 3D muestra cómo la tecnología está extendiendo su alcance más allá de los límites tradicionales de la industria del entretenimiento; encontrando aplicaciones prácticas en la fabricación y el diseño de objetos físicos (Jorquera Ortega, 2017c pág. 93).

### 2.5.3 Topología

#### 2.5.3.1 Quads

Se busca preservar la geometría de polígonos cuadrados en los objetos tridimensionales, evitando, en la medida de lo posible, el uso de triángulos u otros polígonos con más de cuatro lados. Esto se hace porque los triángulos, así como los polígonos con múltiples lados, tienden a comportarse de manera impredecible al deformarse sobre la superficie del modelo.

Mantener la geometría de polígonos cuadrados en modelos 3D tiene ventajas técnicas y prácticas. Los polígonos cuadrados pueden ofrecer una mejor uniformidad y previsibilidad en la deformación de los modelos, lo que facilita el proceso de animación, manipulación y modificación de los objetos en entornos tridimensionales. Además, al tener una estructura más regular, se pueden procesar de manera más eficiente, lo que contribuye a una mejor optimización y rendimiento en aplicaciones gráficas como videojuegos o renderizado de imágenes. El objetivo de esta práctica es mantener la coherencia y estabilidad de los modelos 3D, lo cual es fundamental para implementarlos en diversas industrias y aplicaciones (Suárez et al. 2017a pág.57).



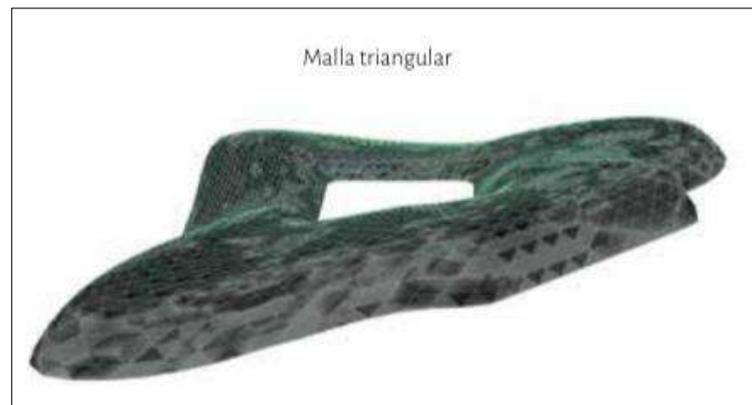
**Ilustración 2-23:** Malla cuadrangular

**Fuente:** (Suárez et al. 2017)

#### 2.5.3.2 Tris

Estas estructuras están compuestas únicamente por triángulos, que son los polígonos más simples conformados por tres lados conectados en sus extremos, formando una superficie plana cerrada conocida como cara. Este enfoque es adecuado para ciertas aplicaciones, como el diseño arquitectónico. Sin embargo, este método demanda aproximadamente el doble de triángulos que cuadriláteros para representar la misma forma. El uso exclusivo de triángulos en modelos tridimensionales tiene ventajas y limitaciones. Aunque los triángulos son elementos básicos y

versátiles en la representación de superficies, su exclusividad puede resultar en una mayor complejidad de la estructura, requiriendo una mayor cantidad de elementos para representar una forma determinada. A pesar de esto, en ciertos contextos, como en el uso de triángulos es útil. El diseño arquitectónico puede beneficiarse de la simplicidad de los triángulos. La representación de superficies planas y estructuras definidas. Usar triángulos o no es una decisión importante. Los cuadriláteros en modelos 3D varían según las necesidades específicas del diseño y las aplicaciones previstas (Suárez et al. 2017).



**Ilustración 2-24:** Malla triangular

Fuente: (Suárez et al. 2017)

## 2.6 Maya 3D

Maya es un destacado software de renombre internacional utilizado en el campo de la animación digital 3D y efectos visuales. Ofrece una amplia variedad de herramientas que abarcan desde el modelado, la animación y la dinámica hasta la pintura y el renderizado, entre otras funcionalidades esenciales. Con Maya, tienes la capacidad de crear y modificar modelos tridimensionales en diversos formatos de modelado y animarlos mediante su conjunto de herramientas especializadas. Además, Maya brinda la posibilidad de renderizar escenas animadas en 3D, logrando imágenes de alta calidad y efectos visuales convincentes. También permite la creación de simulaciones visuales realistas a través de sus capacidades de dinámica y herramientas específicas, como Maya® Fluid Effects™, que posibilita la simulación y representación de fluidos viscosos, efectos atmosféricos, pirotécnicos y oceánicos (Autodesk, 2010).

## 2.7 Blender

Blender es una herramienta de creación de contenido en 2D y 3D que se lanzó en diciembre de 1993 y se convirtió en una herramienta funcional en agosto de 1994. Este software ofrece una amplia gama de capacidades que incluyen modelado, texturización, iluminación, animación y procesamiento de vídeo, todo en un único paquete. Blender es una aplicación Open Source muy popular en el mundo de la gráfica 3D. Es utilizado por profesionales de medios y

artistas para producir visualizaciones 3D, tanto estáticas como animadas, y para incorporar contenido interactivo en aplicaciones independientes. Además, su motor 3D en tiempo real permite la creación de contenido interactivo que se puede ejecutar de forma independiente. Blender permite la interoperabilidad entre diferentes plataformas, se puede ampliar con complementos, ocupa un espacio mínimo en el disco duro y ofrece un flujo de trabajo altamente integrado (Paola y Villeda, 2012 pág. 2).

## **2.8 Impresión 3D**

### **2.8.1 Definición**

Una impresora 3D es un dispositivo que puede materializar figuras tridimensionales a partir de un diseño digital. Esto implica que puede crear objetos que poseen tres dimensiones: longitud, anchura y altura. En esencia, la impresora 3D toma un diseño tridimensional elaborado en un software de computadora y lo convierte en un modelo físico real. Las impresoras 3D han revolucionado la manera en que concebimos la fabricación y producción de objetos. Esta tecnología tiene un gran impacto en campos como la medicina, la ingeniería, la arquitectura y el diseño de productos al ofrecer la posibilidad de convertir ideas y diseños en objetos tangibles. Con la capacidad de transformar diseños, se ha democratizado el proceso de fabricación Transformar objetos digitales en objetos físicos, permitiendo la creación de prototipos y productos personalizados. Más conveniente y eficiente. Esto resultó en un crecimiento significativo en la adopción. Aplicaciones de la impresión 3D en diversos campos industriales y creativos (Berchon y Luyt, 2016a pág. 19).

### **2.8.2 Funcionamiento**

El proceso de impresión 3D consta de varias etapas. Primero, creamos un dibujo del objeto. Tres dimensiones sobre papel. Luego, utilizando software de diseño asistido por computadora. (CAD), donde diseñamos objetos en una computadora, representa la segunda etapa proceso. Luego imprimimos el objeto en capas usando una impresora. 3D, que es la tercera etapa del proceso. La impresión 3D se basa en un método Layering, ya que los objetos se construyen capa por capa. Crear objeto con este método, se pueden lograr detalles intrincados y detallados con gran versatilidad y precisión. Este la capacidad de diseñar en un programa digital y luego imprimir físicamente el diseño abre un mundo de posibilidades para prototipos, piezas personalizadas e incluso producción. Estructuras arquitectónicas complejas. Este proceso está transformando industrias enteras al ofrecer una forma rápida, eficiente y económica de llevar ideas desde la fase de concepto hasta la realidad tangible (Berchon y Luyt, 2016b pág. 20).

### **2.8.3 Tipos de impresoras**

#### **2.8.3.1 Adición de polímeros o FDM**

La técnica de adición de polímeros o FDM (siglas en inglés de "Deposición de Material Fundido") implica la fusión de un filamento de polímero, generalmente plástico, mediante una boquilla que

deposita capa tras capa el material derretido para crear un objeto sólido. En este proceso, se va añadiendo progresivamente el material por capas para formar la figura deseada. El proceso de impresión 3D consta de varias etapas. Primero, creamos un dibujo del objeto. Tres dimensiones sobre papel. Luego, utilizando software de diseño asistido por computadora. (CAD), donde diseñamos objetos en una computadora, representa la segunda etapa proceso. Luego imprimimos el objeto en capas usando una impresora. 3D, que es la tercera etapa del proceso. La impresión 3D se basa en un método Layering, ya que los objetos se construyen capa por capa. Crear objeto Con este método, se pueden lograr detalles intrincados y detallados con gran versatilidad y precisión. Este La capacidad de diseñar en un programa digital y luego imprimir físicamente el diseño abre un mundo de posibilidades para prototipos, piezas personalizadas e incluso producción. Estructuras arquitectónicas complejasLa FDM es una excelente herramienta para introducir a las personas al mundo de la fabricación aditiva y fomentar la creatividad en diversos campos debido a su facilidad de uso y costos más bajos (Berchon y Luyt, 2016c pág. 20).

#### *2.8.3.2 Por laser*

Mediante el uso de tecnología láser, nos enfrentamos a dos métodos distintos:

El proceso SLA, también conocido como fotosolidificación, implica la solidificación de un polímero bajo la influencia de la luz. Se inicia sumergiendo una base en un recipiente lleno de resina líquida y se va elevando de forma gradual, capa por capa. Un láser solidifica la resina a medida que la base sale del recipiente, dando forma al objeto. Esta técnica, también llamada Estereolitografía, permite obtener piezas de una calidad extremadamente alta. Aunque la SLA puede ser más lenta en comparación con otras técnicas, su capacidad para producir piezas de alta calidad es altamente valorada en aplicaciones donde la precisión y la calidad son prioritarias sobre la velocidad de impresión (Berchon y Luyt, 2016d pág. 22).

SLS, que es la abreviatura de "Sinterización Selectiva por Láser", implica el empleo de un láser sobre un polvo fabricado. A diferencia del SLA, el material en este proceso se halla presente en estado de polvo. El polvo es impactado por el láser, lo que causa su fusión y solidificación a través el proceso de sinterización. La capacidad de utilizar una variedad de polvos, que van desde plásticos hasta metales, otorga a la SLS tiene un valor significativo en la fabricación de piezas con materiales específicos para usos industriales, médicos o de ingeniería (Berchon y Luyt, 2016c pág. 22).

### **2.8.4 Materiales**

#### *2.8.4.1 TPU*

El TPU es un elastómero altamente versátil con propiedades únicas que ofrece niveles superiores de rendimiento y flexibilidad de procesamiento. Es el polímero ideal para aplicar en diversos mercados, como el del calzado, alambres y cables, films y láminas, compuestos, adhesivos y piezas moldeadas especializadas. Los diseñadores se benefician del TPU desde hace más de 60

años fabricantes y usuarios finales están involucrados. La versatilidad del TPU radica en su clave que puede personalizarse su dureza. El TPU puede tener una textura blanda como la goma o dura como los plásticos rígidos. El TPU es versátil en su apariencia y tacto como también puede ser transparente o puede ser suave al tacto o proporcionar adhesión, también puede estar coloreado (Lubrizol, 2017).

#### **2.8.4.2 PLA**

El Poliacido Láctico (PLA) es un tipo de bioplástico o polímero elaborado a partir de cultivos como la caña de azúcar, el trigo o el maíz, lo que lo convierte en un material biodegradable y, por ende, considerado ecológico. Sus cualidades sobresalientes lo han posicionado como uno de los filamentos más comunes y populares en la impresión 3D mediante tecnología FDM. Su característica principal radica en ser un termoplástico que ofrece facilidad de manejo, ya que durante su impresión no suele generar deformaciones ni contracciones, lo que contribuye a su amplia utilización y popularidad. El PLA se ha convertido en una opción preferida en la impresión 3D debido a su fácil manipulación y a las propiedades amigables durante el proceso de impresión. La ausencia de deformaciones y contracciones lo hace ideal para impresiones precisas y detalladas, atrayendo tanto a principiantes como a usuarios expertos. Personas expertas en el ámbito de la impresión 3D. También, es biodegradable ha contribuido a que se posicione como una alternativa más amigable con el medio ambiente, la sostenibilidad es cada vez más importante en un contexto de creciente popularidad (Impresoras 3D plus, 2023).

### **2.9 Software de impresión 3D**

#### **2.9.1 Cura**

Facilita la gestión de los ajustes con su interfaz intuitiva este software de impresión 3D. porque tienes herramientas esenciales para la impresión. Cura, creado por Ultimaker para sus propias impresoras 3D, se ha vuelto una opción popular debido a su accesibilidad y compatibilidad. La mayoría de las impresoras 3D disponibles en el mercado son fáciles de usar. Además, su flexibilidad se ve incrementada gracias a un sistema práctico que permite la expansión mediante la incorporación de plugins. Su capacidad para adaptarse a una variedad de impresoras 3D y su interfaz clara hacen que sea una opción accesible para aquellos que buscan una solución práctica y efectiva para la gestión de impresiones 3D (All3DP, 2023).

#### **2.9.2 Simplify3D**

Simplify3D es un programa de gestión para impresión 3D que ofrece a profesionales la capacidad de crear archivos de impresión, realizar simulaciones previas y llevar a cabo análisis de mallas, entre otras funciones. Los usuarios pueden administrar, ajustar y cambiar entre diversas configuraciones de máquinas desde una sola plataforma. Se les da a los usuarios la oportunidad de ver simulaciones animadas antes de la impresión para calcular velocidades de impresión y seguir secuencias son problemas comunes. También ayuda en la gestión de imprimir múltiples

piezas, organizar el orden de impresión y mejorar la configuración para su optimización, se puede especificar de cada una. Su motor de scripting incorporado permite la inserción de comandos personalizados, modificaciones en secuencias críticas y ajustes en la sintaxis de comandos para movilizarse en la interfaz (M. Alicia, 2023).

### **2.10 Metodología Bruno Munari**

La metodología de Bruno Munari, una de las tantas existentes para el diseño y la resolución de problemas, nos guía en la creación de una prótesis ideal para el usuario. Este proceso comienza con la definición precisa del problema y las necesidades del usuario, seguida de la recopilación exhaustiva de datos sobre soluciones existentes. La información recopilada se analiza a fondo para generar ideas creativas y explorar diferentes soluciones potenciales. Posteriormente, se seleccionan cuidadosamente los materiales y tecnologías más adecuados. Se experimentan y crean prototipos para probar y evaluar las ideas, permitiendo refinar el diseño de forma iterativa (Plaza Marcelo y Leal Isabel 2022 pág. 1).

### **2.11 Socket**

El socket protésico o acople para el usuario es una parte crucial de la prótesis y debe ser adecuado. Diseñado personalmente para asegurar confort y utilidad. El usuario y la prótesis en sí, son de suma importancia que esta parte se ajuste perfectamente al usuario, ya que es la zona donde se coloca el muñón, su comodidad y correcto ajuste son fundamentales para el buen funcionamiento de la prótesis y el confort. La personalización del socket protésico es importante. Se puede tener en cuenta las necesidades y preferencias específicas del usuario para garantizar un ajuste cómodo y seguro. También, se logra una sujeción óptima que evita con la ayuda del cierre al vacío. Este proceso evitar que el socket se deslice o se salga del muñón durante el uso. Esto provee no solo estabilidad si no, proporciona seguridad al usuario, sino que también mejora su movilidad y confianza al utilizar la prótesis en sus actividades diarias.

## **CAPÍTULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Metodología Bruno Munari**

Para el desarrollo de este proyecto de prótesis se aplicó la metodología de Bruno Munari donde nos ayudará a comprender la necesidad y deseo del usuario que necesita la prótesis. La experimentación nos permite probar diseños para asegurar que la prótesis sea cómoda y estéticamente atractiva.

#### **3.2 Problema**

La creación de una prótesis estética personalizada de miembro superior para un usuario con amputación transradial ha supuesto un reto importante para su calidad de vida, desarrollo emocional e independencia. Si bien existen prototipos convencionales en el mercado, estos generalmente carecen de personalización, lo que conlleva un extenso periodo de adaptación. En vista de ello, se decide desarrollar una prótesis inspirada en "Iron-Man" con el objetivo de reducir el periodo de adaptación y aumentar significativamente su frecuencia de uso.

#### **3.3 Definición del problema**

Se centra en la creación de una prótesis estética personalizada para un usuario con amputación transradial. Aunque existen prototipos convencionales disponibles en el mercado, su falta de personalización resulta en un extenso periodo de adaptación para el usuario. Esto afecta negativamente su calidad de vida, desarrollo emocional e independencia. Con el fin de mitigar estos desafíos, se propone el desarrollo de una prótesis inspirada en "Iron-Man". Sin embargo, a pesar de esta iniciativa, el usuario enfrenta molestias al utilizar el muñón y la necesidad de cambiar la prótesis a medida que crece, lo que representa un desafío continuo en su adaptación y uso constante.

#### **3.4 Componentes del problema**

La prótesis cosmética se crea mediante impresión 3D, también llamada fabricación aditiva. Este proceso innovador utiliza un modelo digital para crear objetos tridimensionales capa por capa, a diferencia de los métodos tradicionales que eliminan material de un bloque (sustracción). Los materiales seleccionados para la impresión son PLA y TPU. El PLA se destaca por ser fácil de imprimir y económico, mientras que el TPU aporta flexibilidad y resistencia al impacto, dos características esenciales para una prótesis. En cuanto al diseño, se inspira en "Iron-Man", el personaje favorito del usuario. Esta elección busca motivar al usuario a usar la prótesis con mayor frecuencia y a sentirse identificado con ella, ya que representa un símbolo de fuerza y superación.

### 3.5 Recopilación de datos

#### 3.5.1 Etapa de adquisición de datos

Esta fase marcó el inicio del proceso para desarrollar la prótesis estética, permitiendo conocer al sujeto de prueba y recabar información esencial. A continuación, se presentan los datos recopilados durante esta etapa.

El análisis reveló que el usuario no experimenta complicaciones en su extremidad derecha, lo que ofrece una base sólida para obtener medidas precisas y crear una réplica exacta en la mano izquierda. Es importante resaltar que el usuario solo presenta el defecto congénito de brida amniótica en su brazo izquierdo, detallaremos las medidas antropomórficas a continuación.

##### 3.5.1.1 Medidas antropomórficas de la mano derecha

Para obtener las medidas antropométricas de la mano derecha del usuario, se consideró su edad de 8 años. Se procedió tomando la mano del niño y midiendo las partes requeridas utilizando una cinta métrica. Este proceso se llevó a cabo con la supervisión y asistencia de sus padres para no incomodar en ningún momento al usuario.

**Tabla 3-1:** Medidas del brazo derecho del usuario

Parte de la mano	Medida en CM
Dedo pulgar	4,5 cm
Dedo índice	5,2 cm
Dedo medio	6,2 cm
Dedo anular	5,8 cm
Dedo meñique	4,5 cm
Ancho palma	6,4 cm
Largo palma	7 cm
Largo desde hueso de la muñeca hasta el final del dedo medio	14,4
Ancho de la muñeca	5 cm
Largo antebrazo desde el hueso del codo al hueso de la muñeca	19 cm
Diámetro codo	19 cm
Diámetro antebrazo	14,5 cm

Fuente: Alcocer D., y Puente S., 2024.

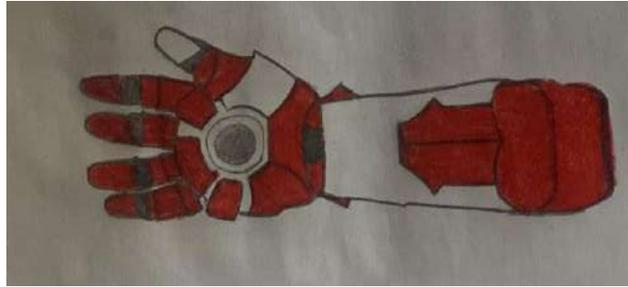
### 3.6 Análisis de datos

Cada medida tomada de la mano derecha nos será útil para establecer las dimensiones equivalentes en la mano izquierda que planeamos fabricar. Cada una de las mediciones antropomórficas de la mano derecha servirá como referencia para obtener las medidas deseadas en nuestra prótesis. Esto implica que, utilizando la mano derecha como modelo, crearemos un reflejo simétrico en la mano izquierda, garantizando que la prótesis mantenga una longitud estéticamente adecuada y proporcional a la mano real. Esto asegura una réplica equilibrada y acorde a las proporciones naturales.

### 3.7 Creatividad

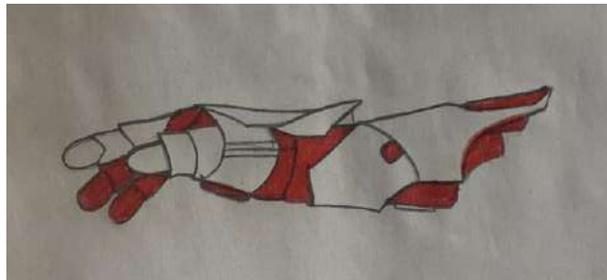
#### 3.7.1 Etapa creativa de diseño 3D

##### 3.7.1.1 Bocetos



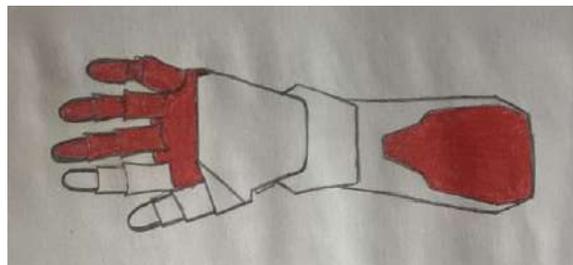
**Ilustración 3-1:** Boceto vista frontal

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-2:** Boceto vista lateral

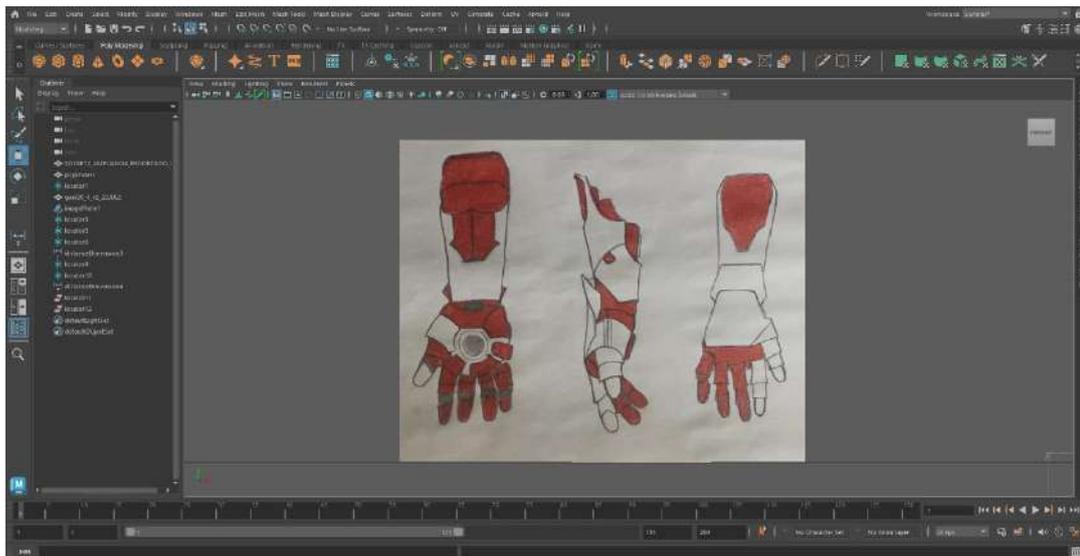
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-3:** Boceto vista trasera

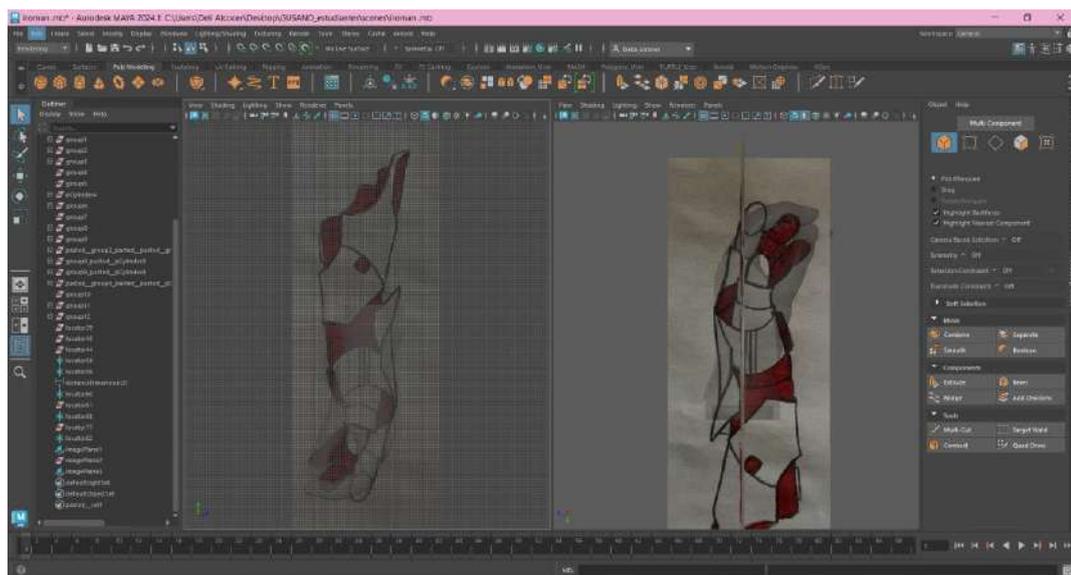
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.1.2 Colocación de bocetos en Maya 3D



**Ilustración 3-4:** Bocetos en Maya 3D

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



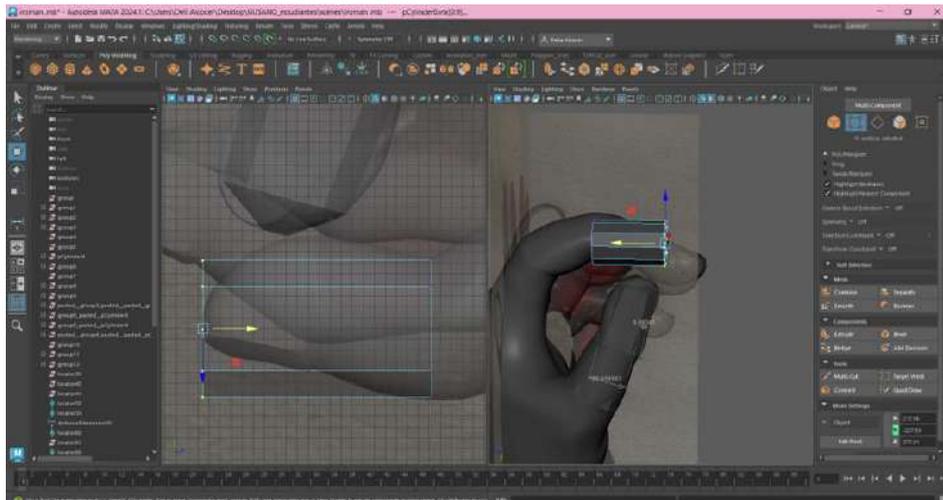
**Ilustración 3-5:** Colocación de vistas

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.2 Geometrización de elementos

En esta sección del capítulo, se realiza en el modelado 3D de cada dedo de la mano utilizando el software Maya. Comenzaremos con el dedo índice, siguiendo un proceso que se puede replicar para los demás dedos con las medidas específicas de cada uno.

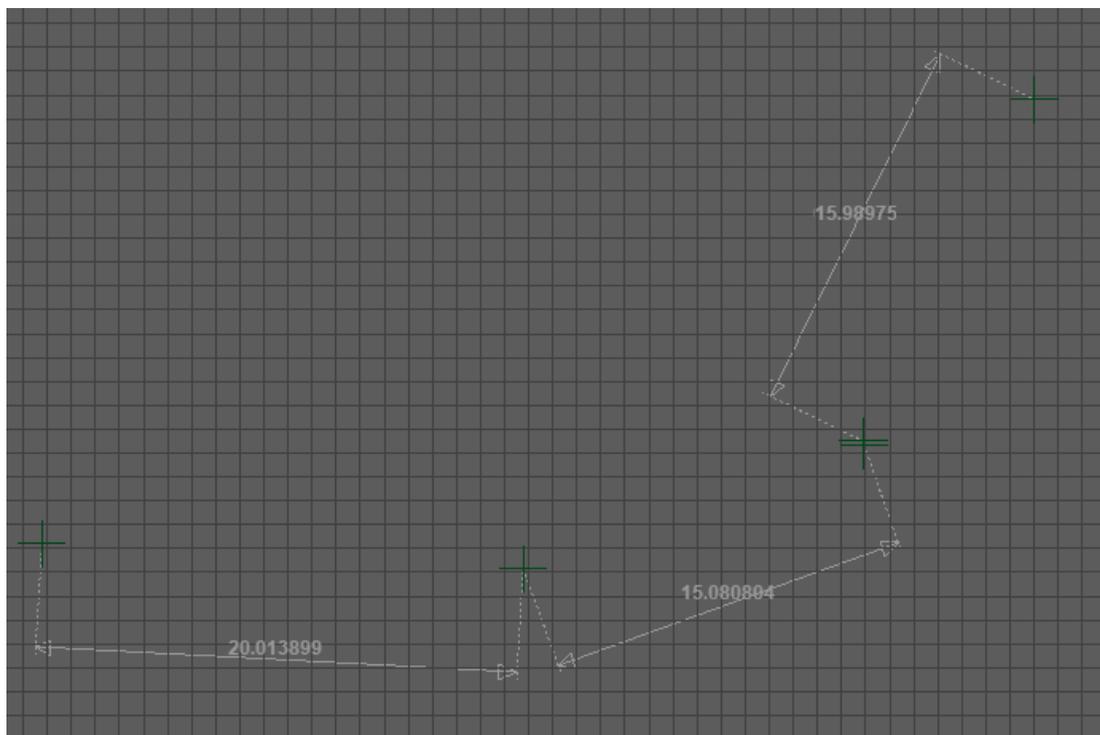
### 3.7.2.1 Geometrización de mano



**Ilustración 3-6:** Creación de la base

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Para comenzar el modelado, se crea una primitiva cilíndrica con 8 caras y se eliminan las caras superior e inferior. Luego, se procede a la segmentación de las falanges del dedo, donde se determina la longitud total y se divide en medidas para la falange distal, media y proximal. Las medidas para cada dedo son las siguientes:



**Ilustración 3-7:** Segmentación de falanges con medidas

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Se determina la longitud total del dedo a modelar. Para el índice, se divide esta longitud en las medidas de las falanges distal, media y proximal. En este caso, las medidas son:

Índice:

Falange distal: 2 cm

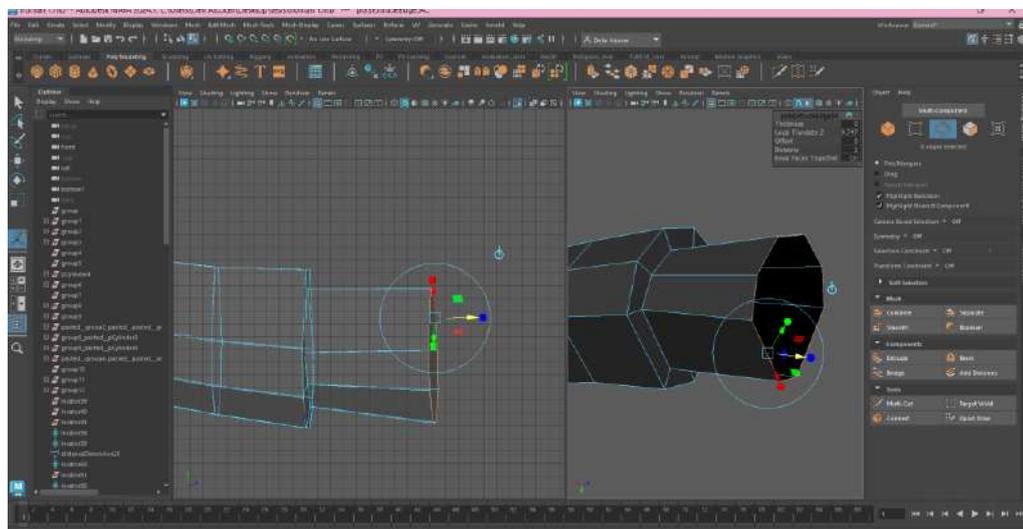
Falange media: 1.5 cm

Falange proximal: 1.5 cm

Longitud total: 5 cm

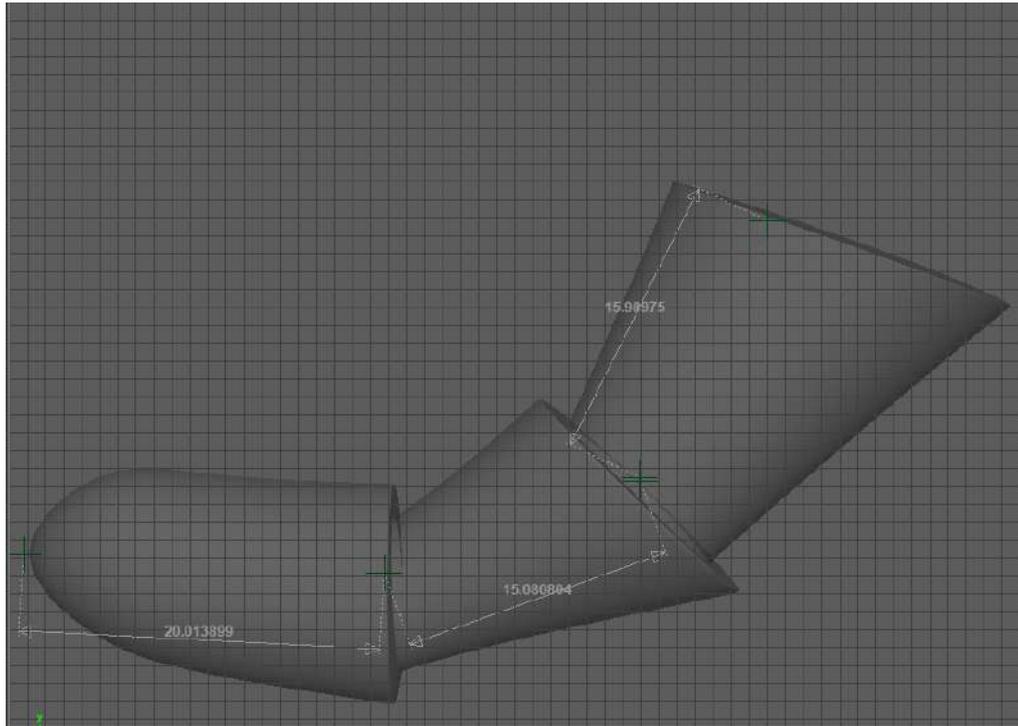
- Modelado de las falanges

Después, utilizando la herramienta "Struct", se modelan las falanges de cada dedo. Se cierra la base de la última falange y se asegura que tenga una terminación de quads. Este proceso se repite para los demás dedos, ajustando las medidas de las falanges según corresponda para cada uno.



**Ilustración 3-8:** Herramienta Struct

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-9:** Modelado dedo índice

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

- Cierre de la base:

Se finaliza el modelado cerrando la parte inferior de la última falange, asegurándose de que la base tenga una estructura terminada en quads.

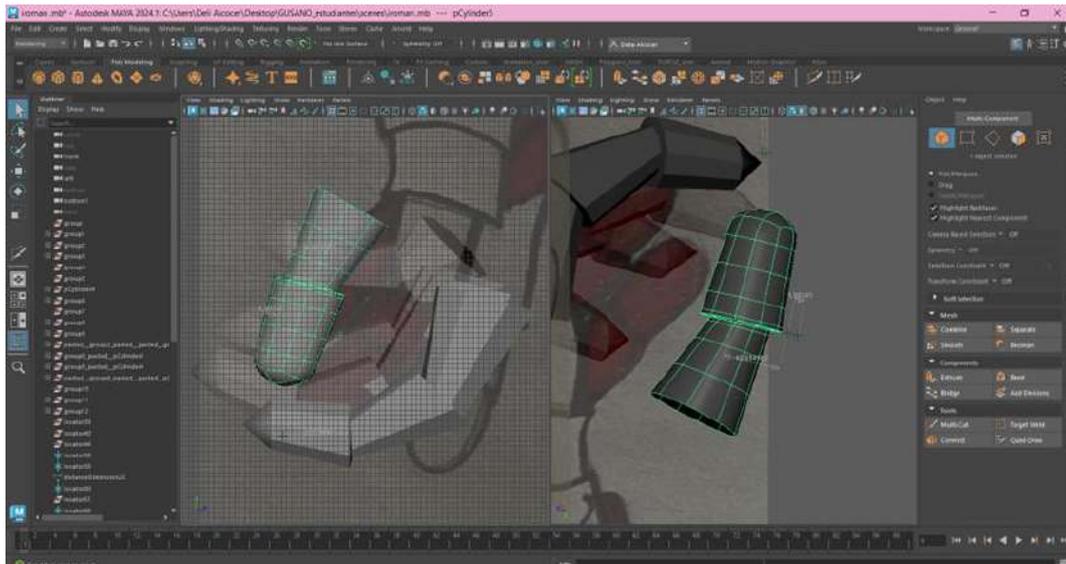
- Repetición para los demás dedos:

Se repite el proceso completo para cada dedo, ajustando las medidas de las falanges según corresponda:

**Tabla 3-2:** Descripción de las medidas consideradas

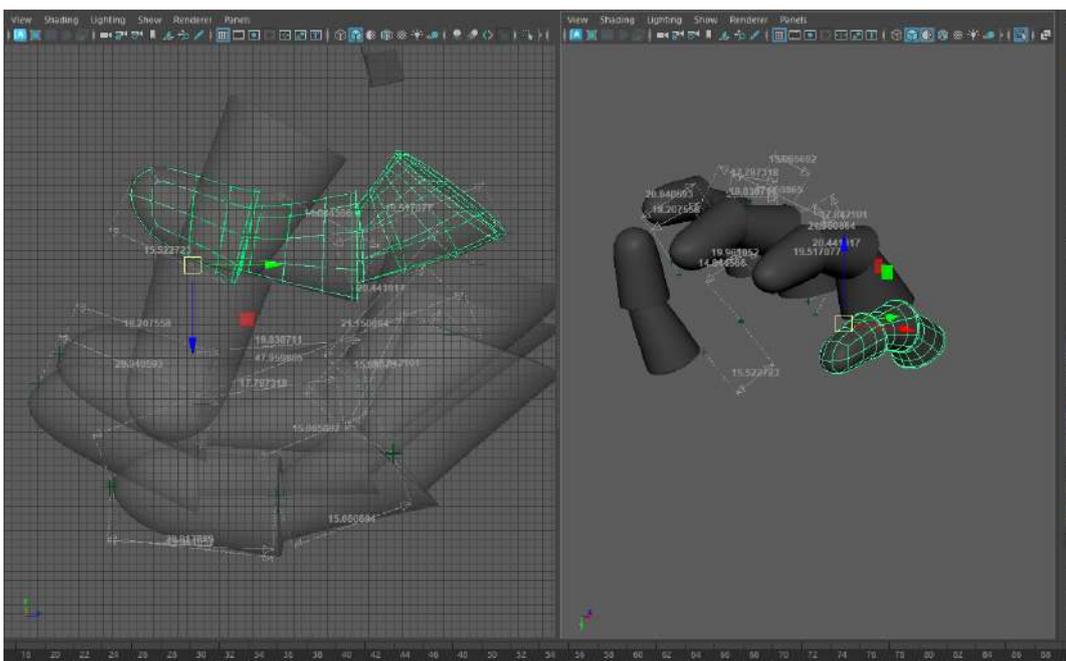
	<b>Dedo Índice</b>	<b>Dedo medio</b>	<b>Dedo anular</b>	<b>Meñique</b>	<b>Pulgar</b>
Falange distal	2cm	2cm	1.8 cm	1,5 cm	2,5 cm
Falange media	1,5 cm	2 cm	2 cm	1,5 cm	
Falange proximal	1,5 cm	2 cm	2 cm	1,5 cm	2cm
Longitud total	5cm	6 cm	5.8 cm	4,5 cm	4,5 cm

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-10:** Modelado dedo pulgar

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

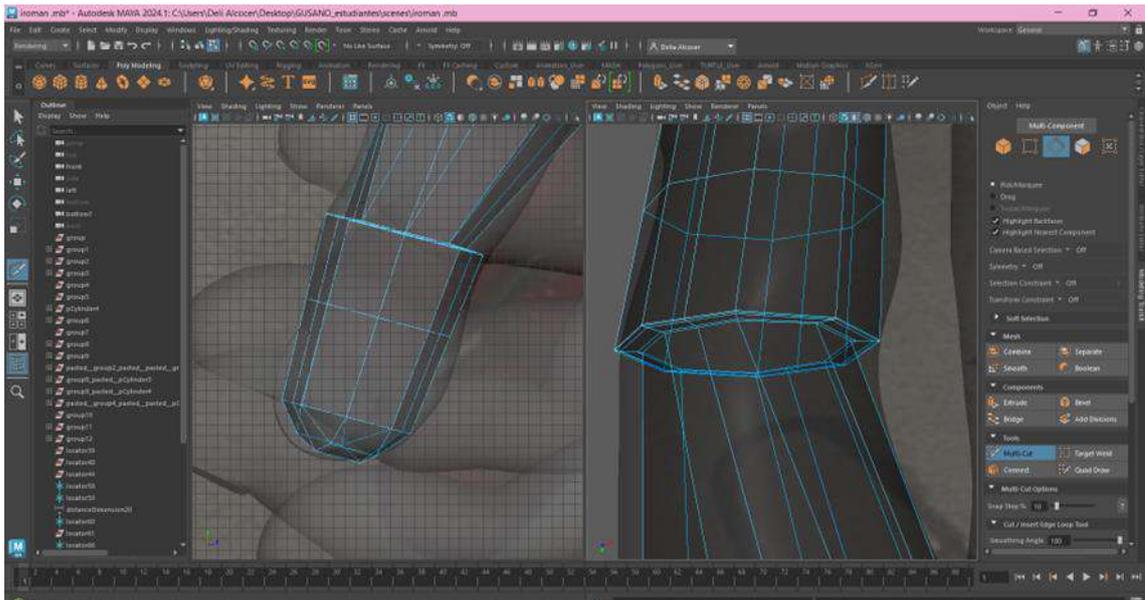


**Ilustración 3-11:** Modelado de los 5 dedos

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

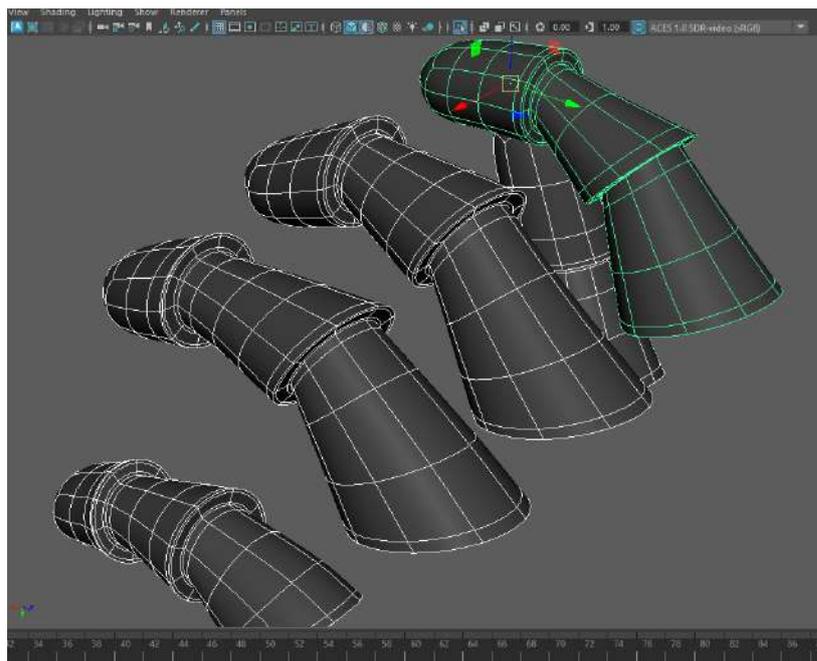
- Refinamiento:

La malla final se crea para lograr las terminaciones deseadas, particularmente un borde recto en la base de cada falange. Esto es crucial para obtener la apariencia final de la pieza al aplastar el número 3.



**Ilustración 3-12:** Edición de malla

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



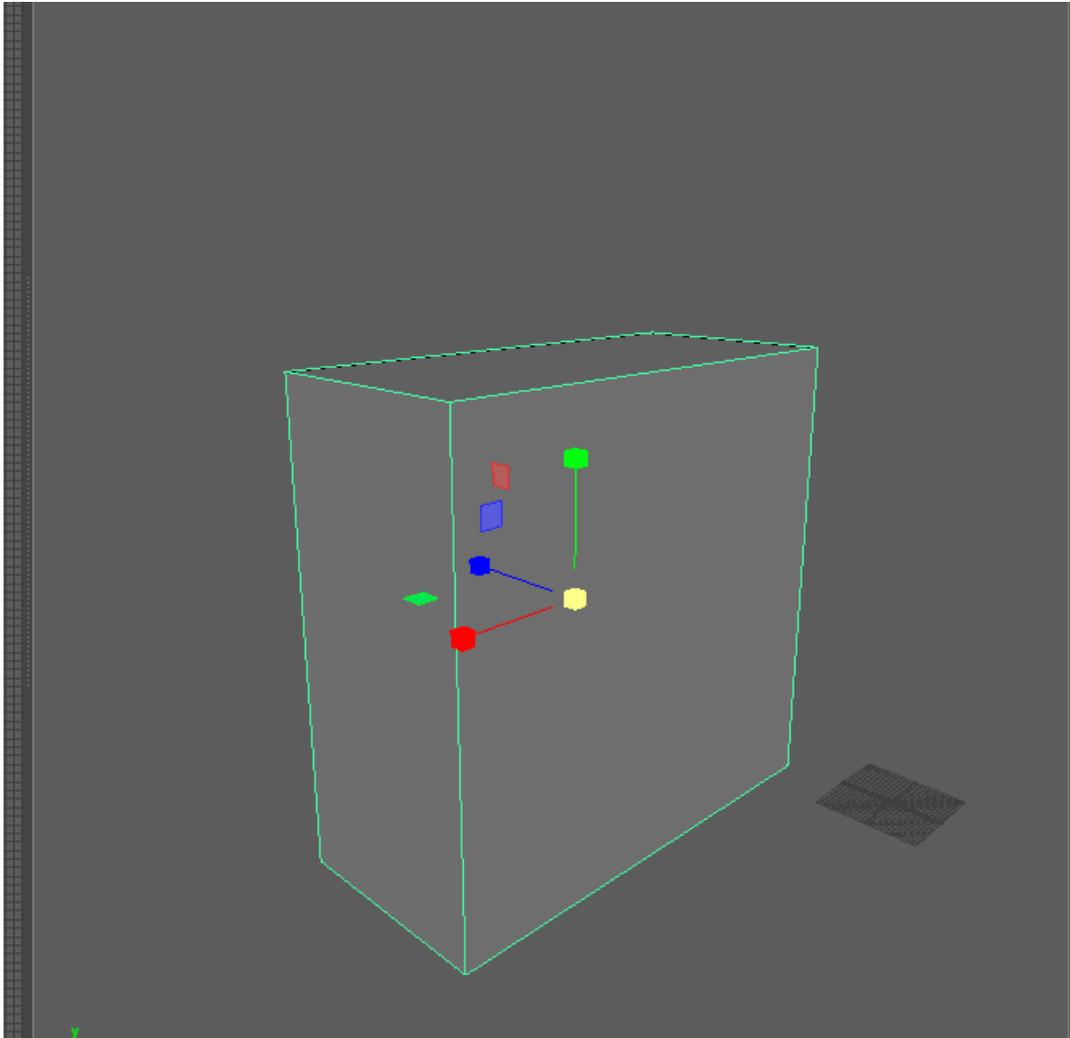
**Ilustración 3-13:** Dedos suavizados

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Se aplasta el número 1 para observar la malla base. Se utiliza la herramienta bevel o multi-cut para crear la geometría que define las terminaciones deseadas en la base de las falanges. Siguiendo estos pasos, se crea una malla con las terminaciones precisas para que la pieza tenga un aspecto final profesional y realista.

- Modelado de la palma:

Se comienza con un cubo de 7 cm de largo, 7 cm de ancho y 2,5 cm de profundidad, ajustando las medidas al usuario. Inspirándose en el guante de "Iron-Man", pero siguiendo la anatomía del usuario se realizan detalles de la armadura editando la malla.

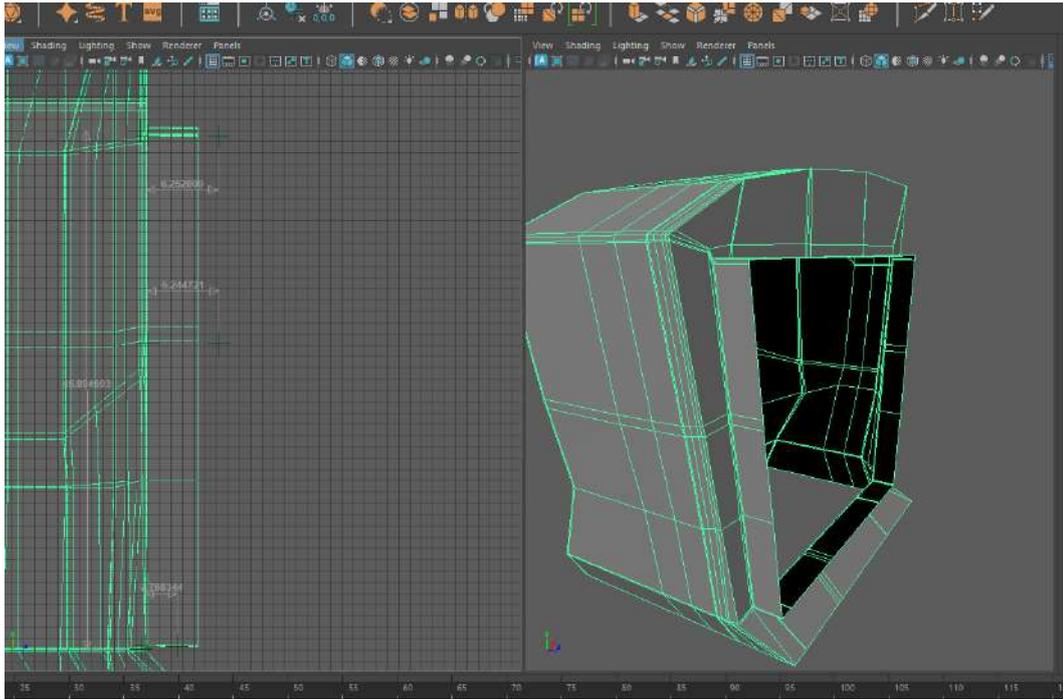


**Ilustración 3-14:** Cubo para crear palma

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

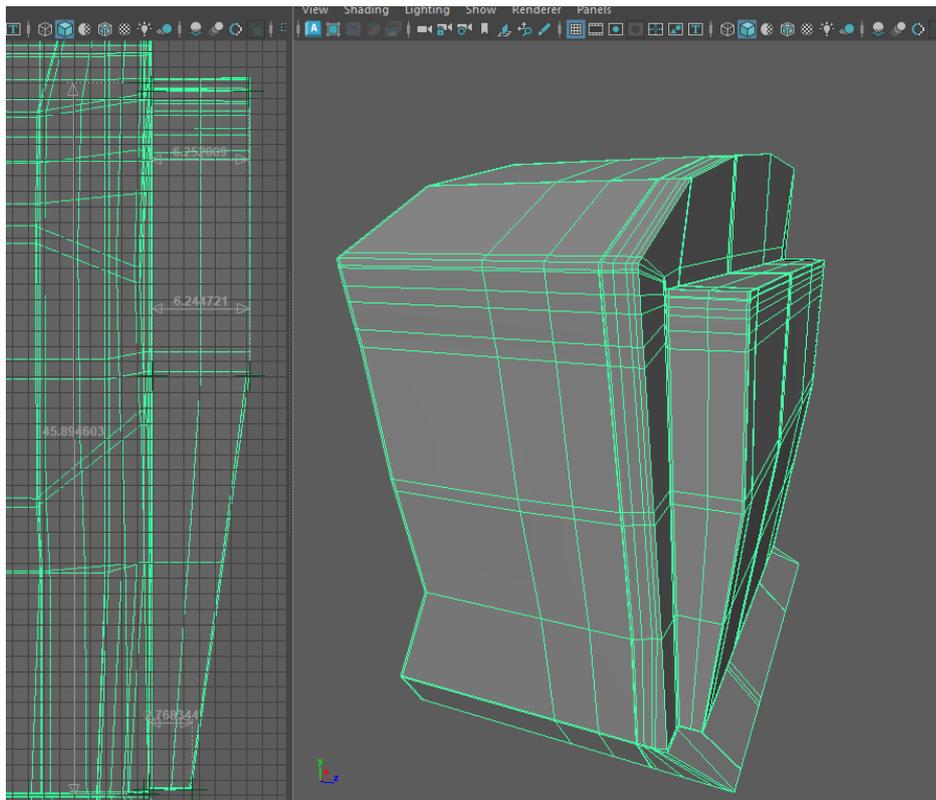
- Detalles y estructura:

Utilizando las herramientas "multicut" y "bevel", se crea una estructura similar a la del boceto. Se realiza un "struck" en la parte superior de la mano, creando un cuadrado. La malla se deforma, manteniendo una topología de quads. Tomando como referencia la forma del usuario de la mano, se realiza la palma moviendo los puntos necesarios.



**Ilustración 3-15:** Modelado palma

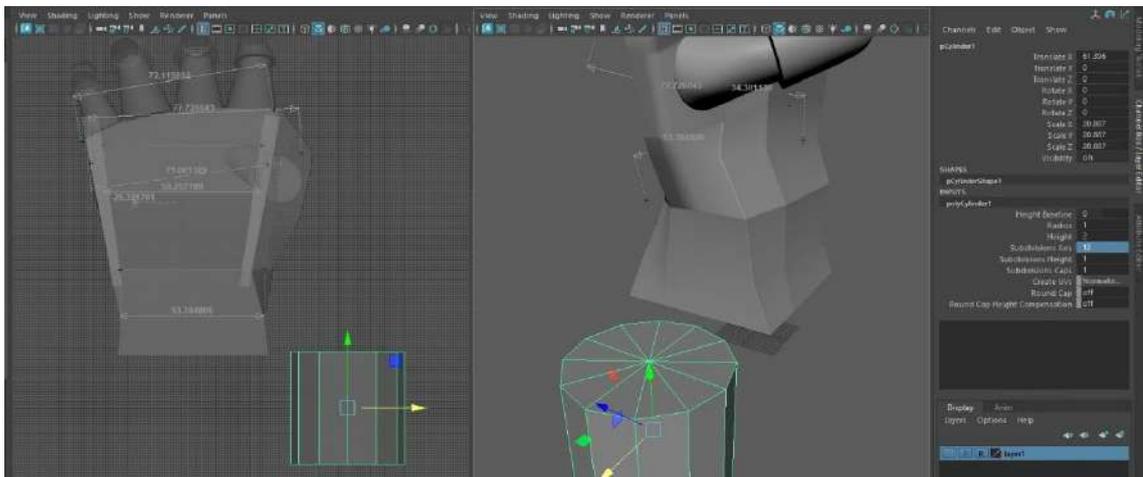
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-16:** Realizar relieve

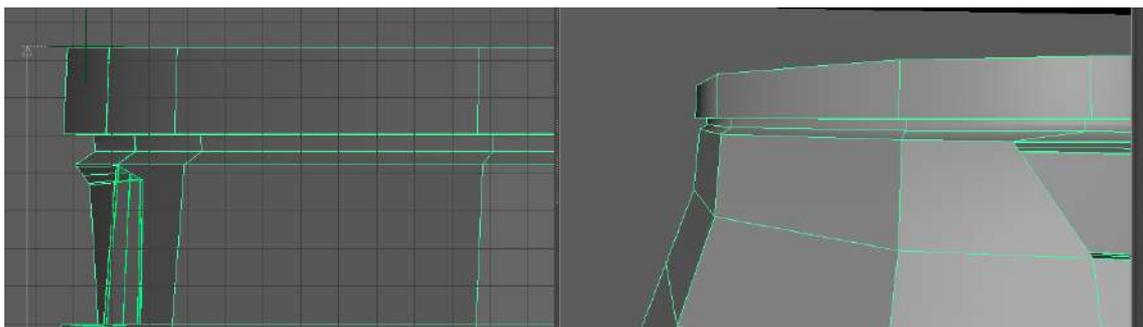
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Después de acabar con la palma de la mano se necesita la parte de la muñeca donde tiene que ser una circunferencia de base. Para eso se agrega un cilindro de 1,7 cm de altura de 12 caras, se borra la base superior e inferior del cilindro. Comenzamos a modificar la malla para dar las terminaciones del boceto, de la parte de la muñeca, se realiza y struck hacia adentro, para formar una indidura como un detalle, también se realiza en la parte de la muñeca un struck hacia adentro formando botón del guante de Iroman. Por último se cierra la base del cilindro teniendo en cuenta que la malla este en quads. Para unir las dos formas que es la palma y la muñeca se seleccionan las dos geometrías y selecciona la herramienta de combine, después con Vertex Selection activado, utiliza la herramienta Target Weld que ayuda a unir vértices y asi tener una sola geometría.



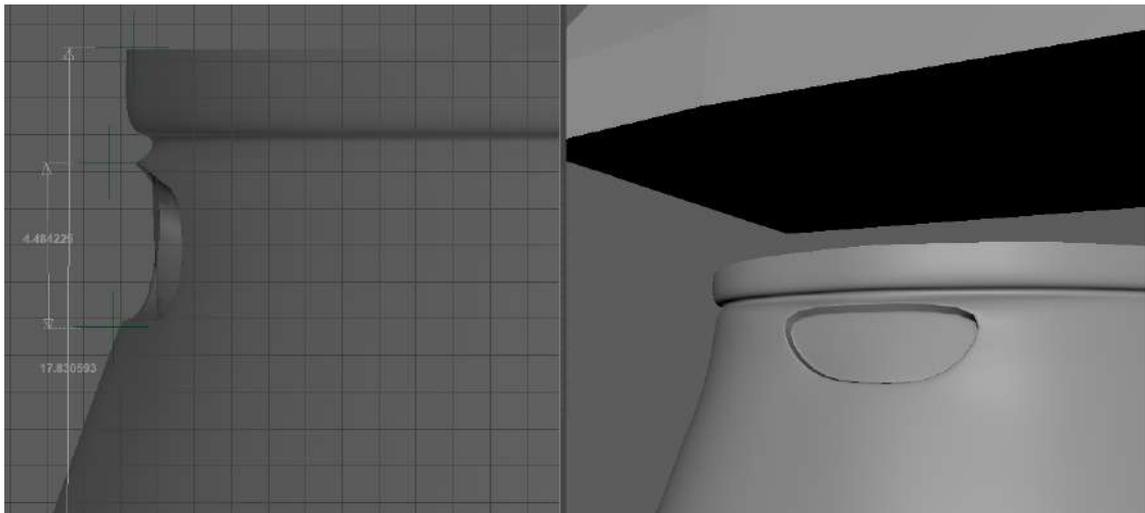
**Ilustración 3-17:** Base cilíndrica para la muñeca

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-18:** Muñeca sin suavizado

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

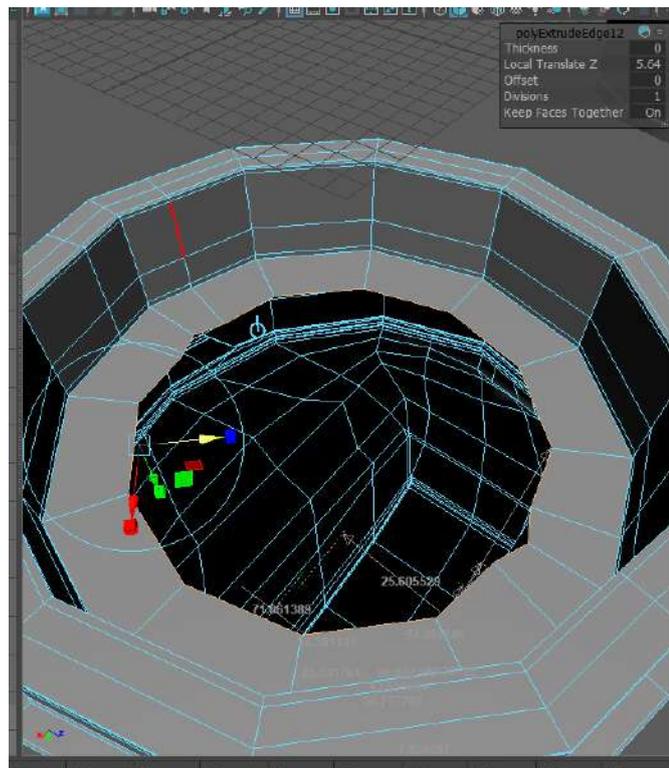


**Ilustración 3-19:** Muñeca con suavizado

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

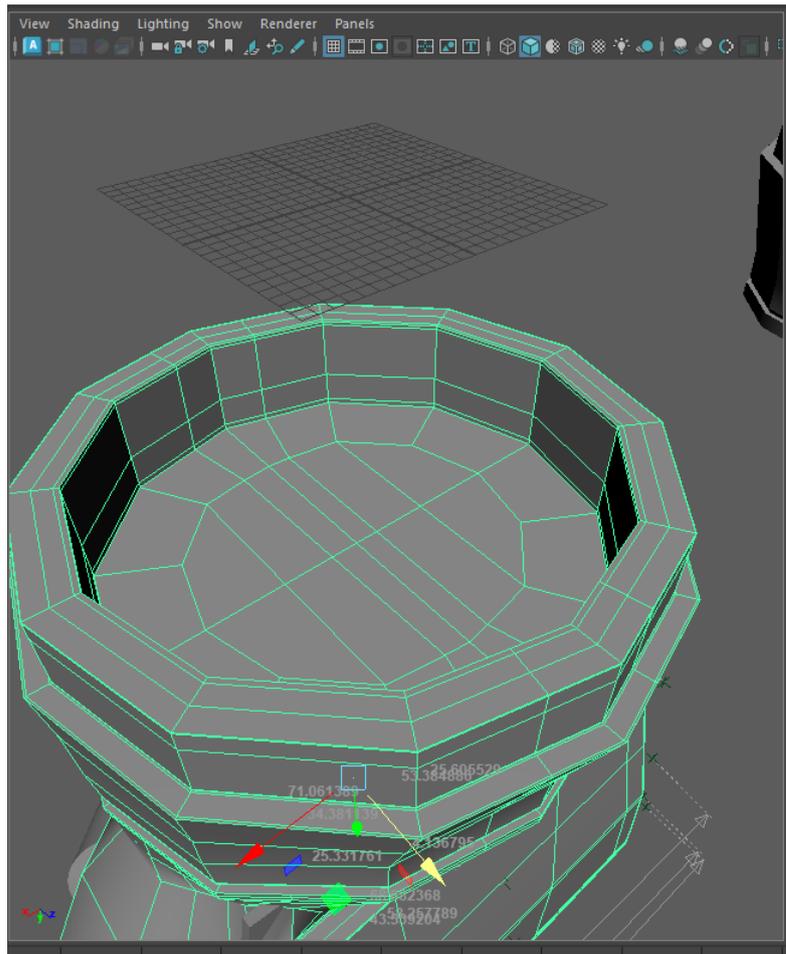
- Encastre

Se crea un cilindro de 12 caras para la muñeca, que actuará como encastre para la unión con el antebrazo en el post procesado. Se ajustan las medidas para que coincidan con el antebrazo.



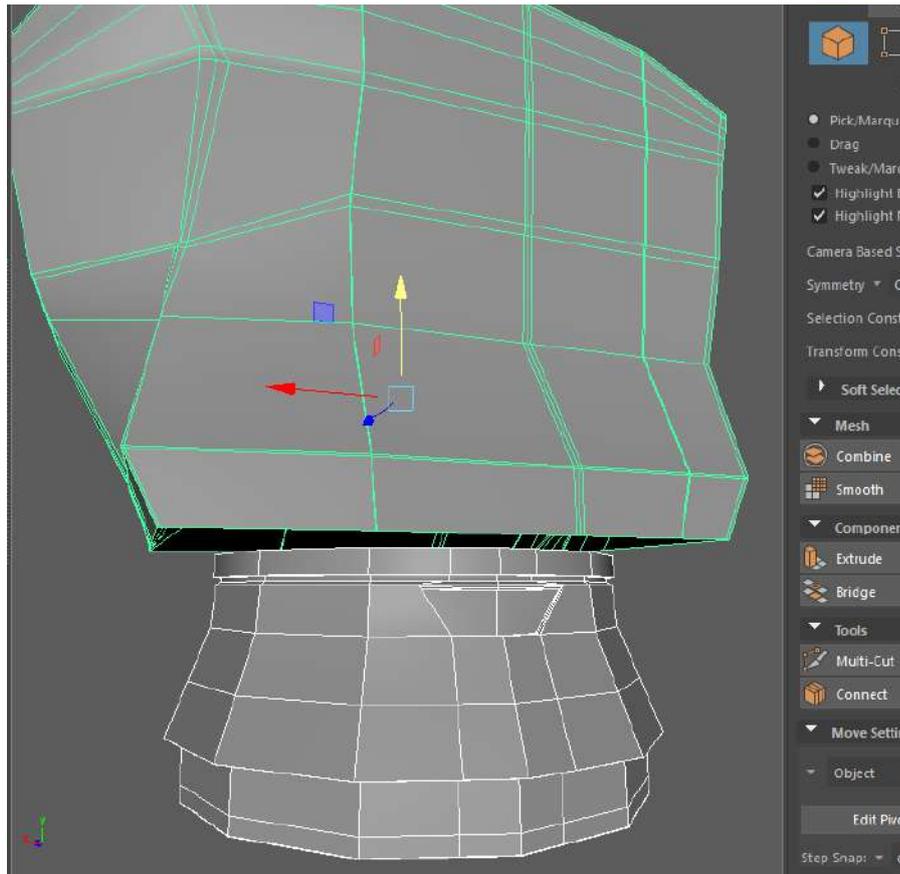
**Ilustración 3-20:** Edición de caras de cilindro

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.



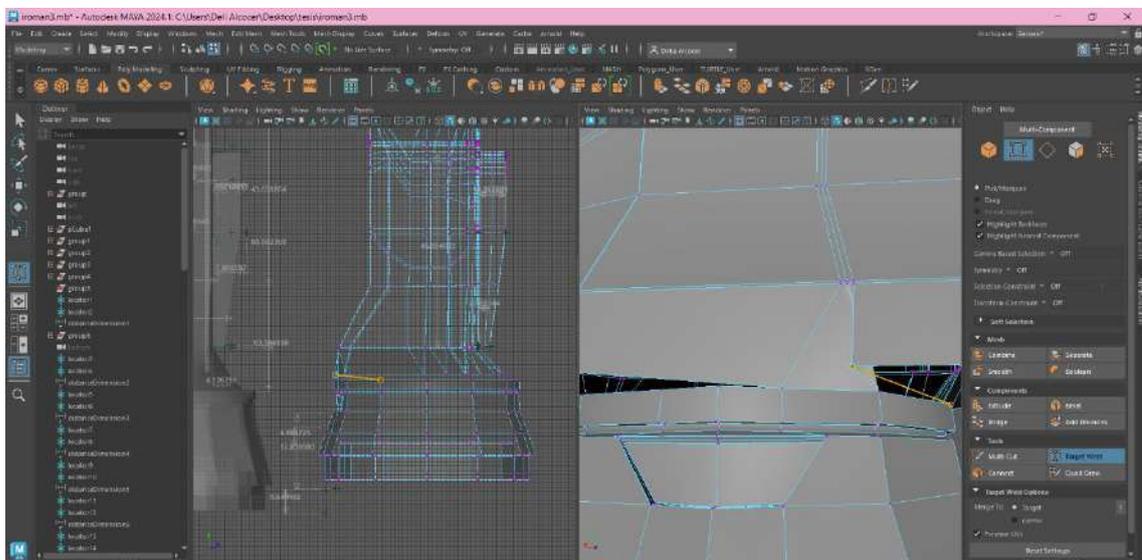
**Ilustración 3-21:** Malla en quads de muñeca

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.



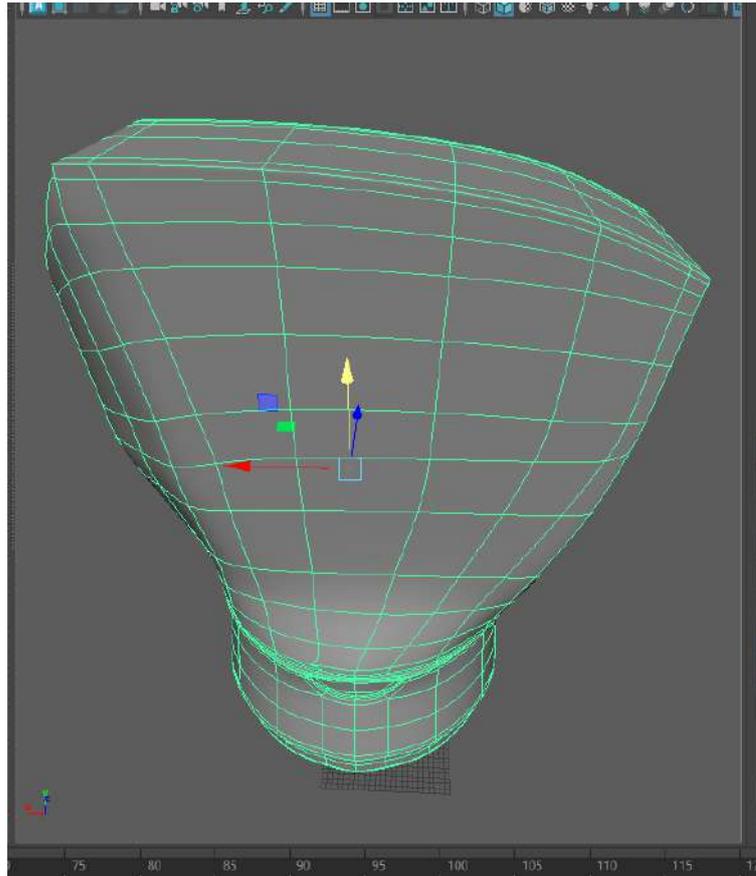
**Ilustración 3-22:** Sólidos antes de unir puntos

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-23:** Unión de puntos

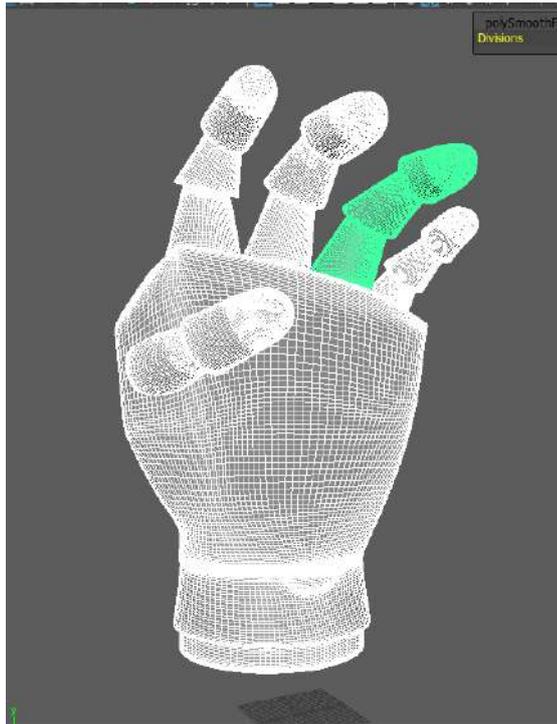
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-24:** Sólido unido

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

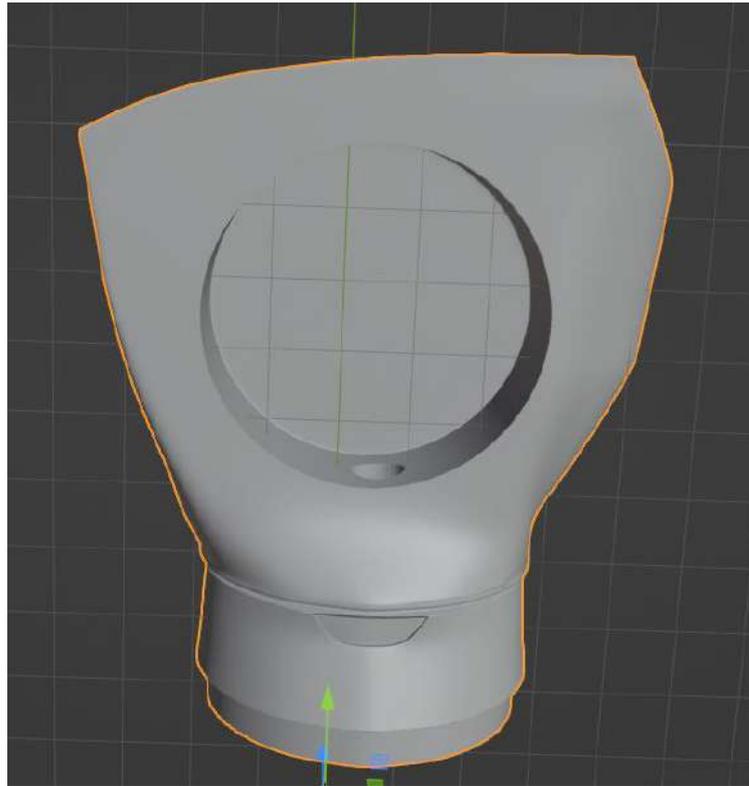
Una vez obtenido un sólido único con las medidas correctas y una malla cuadrangular uniforme, se aplican 4 suavizados ("smooths") a las piezas por separado: dedos y palma. El objetivo de realizar estos suavizados es que la pieza en el software de impresión coincida con la visualización en Maya. Como se observa en la imagen, el lado izquierdo muestra una pieza en Simplify3D sin suavizado, mientras que el lado derecho presenta la misma pieza con 4 suavizados, sin textura y con formas más curvilíneas. En este punto, la pieza está lista para configurar el perfil de impresión y la temperatura adecuada.



**Ilustración 3-25:** Mano con smooth

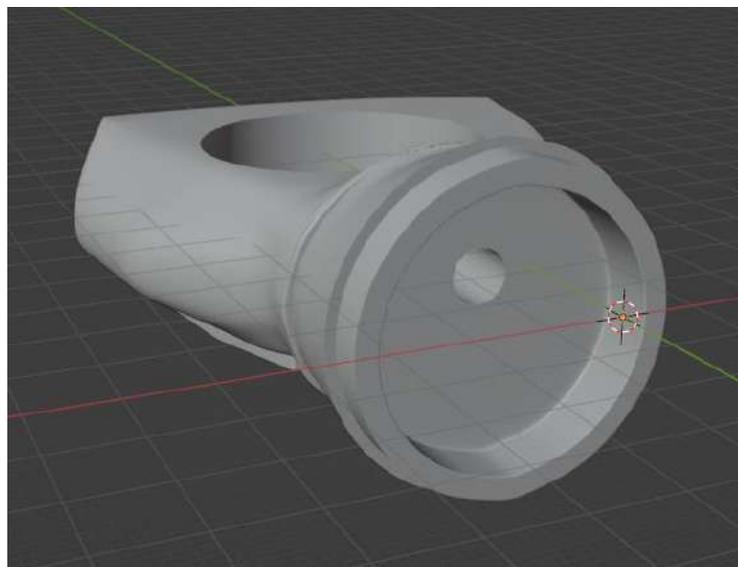
**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Para la palma, es necesario perforar dos agujeros con la ayuda de un cilindro. para ello, Importa el archivo STL de la palma a Blender 3D y crea dos cilindros: uno de 4,6 cm de largo Ancho y 1,7 cm de alto para dar cabida a la conexión de luces LED, el otro mide 0,8 cm de ancho y 2,7 cm de alto para pasar el cable a través de la batería en el antebrazo. La perforación se realiza seleccionando la figura a perforar y utilizando la herramienta booleana, aplicando la acción de "diferencia". Tras realizar la perforación con ambos cilindros, se exporta el archivo en formato STL, quedando listo para la impresión.



**Ilustración 3-26:** Perforación 1

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

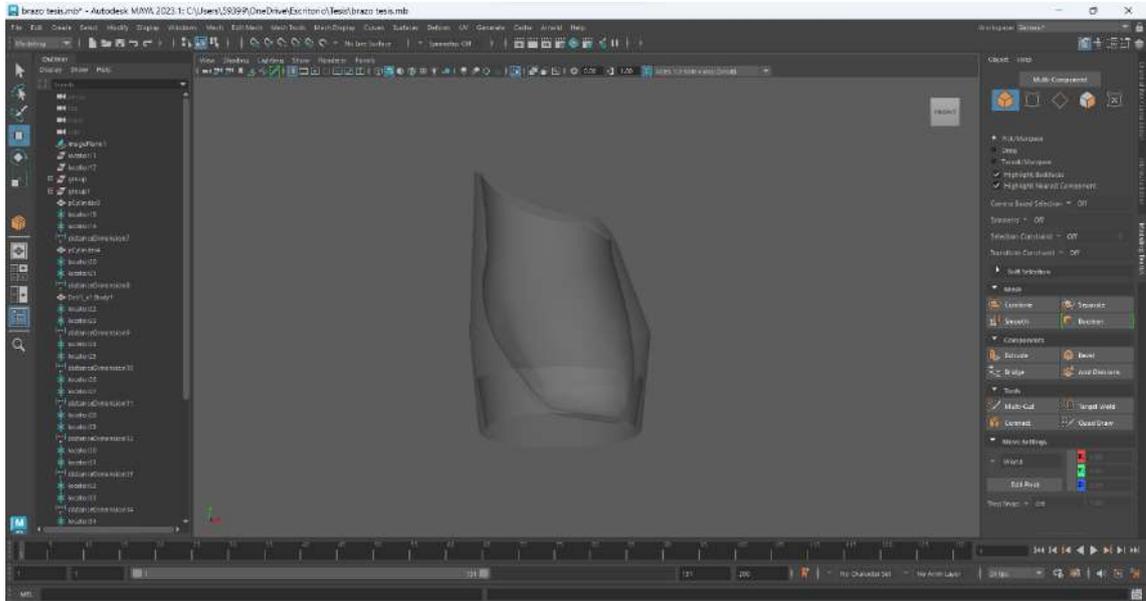


**Ilustración 3-27:** Perforación 2

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.2.2 Socket

La prioridad al diseñar la pieza del antebrazo de la prótesis debe ser garantizar la perfecta adaptación al socket protésico. Este encaje, concebido para alojar la extremidad residual del usuario, actúa como un vínculo esencial entre la extremidad y la prótesis. Es importante destacar que el diseño del socket se proporcionó previamente en formato STL.

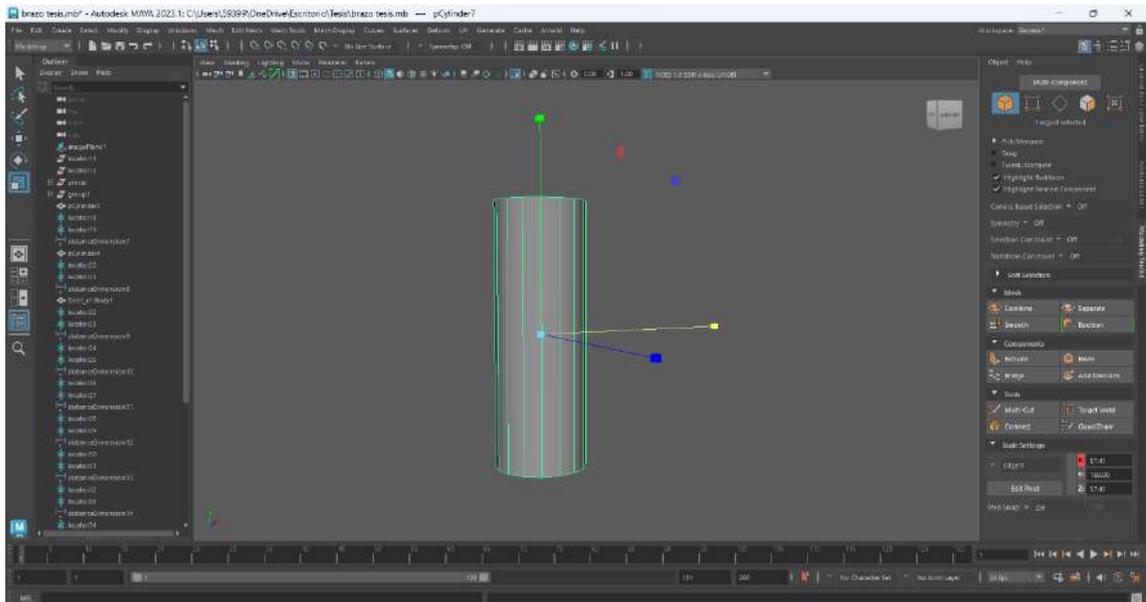


**Ilustración 3-28:** Colocación del socket

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.2.3 Geometrización de antebrazo

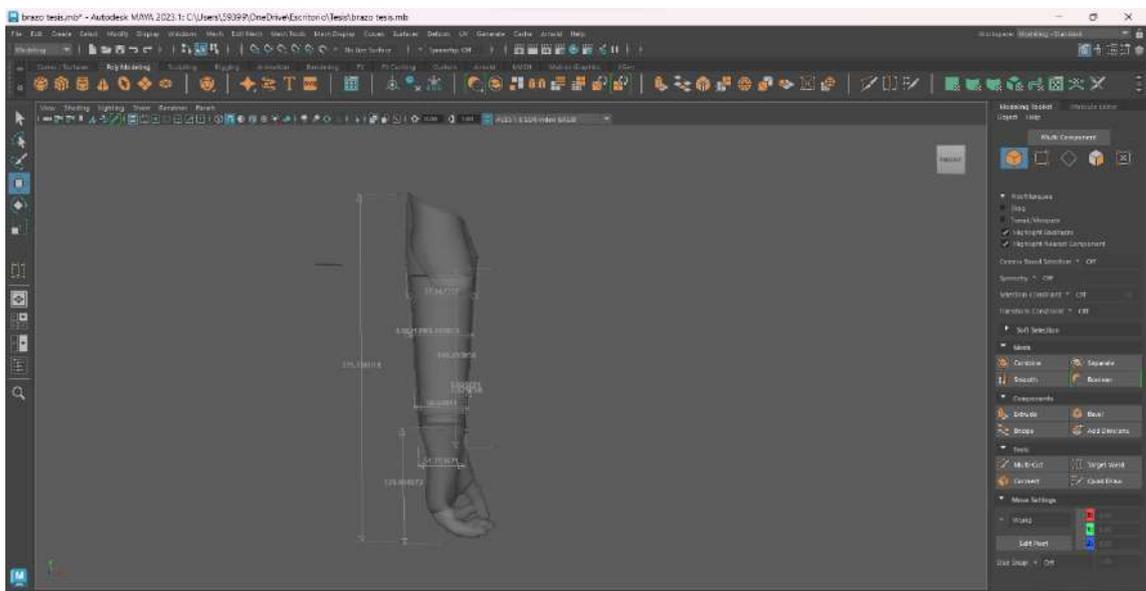
Empezamos por crear un cilindro que representa la forma geométrica principal del antebrazo, utilizando las medidas exactas del brazo del usuario. El cilindro tiene una longitud de 19 cm, desde el codo del enchufe hasta la muñeca. En cuanto al ancho, el diámetro en la parte superior del antebrazo es de 14.5 cm y en la muñeca es de 4.5 cm.



**Ilustración 3-29:** Geometría inicial

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Hemos ajustado la pieza inicial de modo que se adapte perfectamente al socket y a la mano del usuario. Verificamos que las medidas estén establecidas correctamente. Verificamos que el tamaño de las dimensiones del cilindro modificado coincida con el socket y la muñeca del usuario.

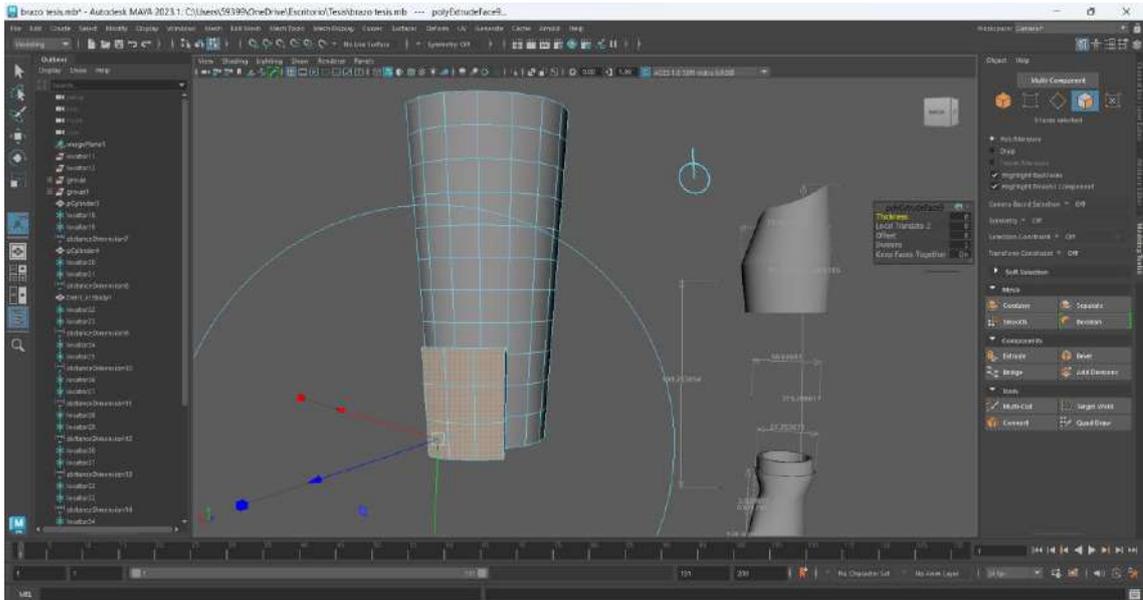


**Ilustración 3-30:** Medidas exactas

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

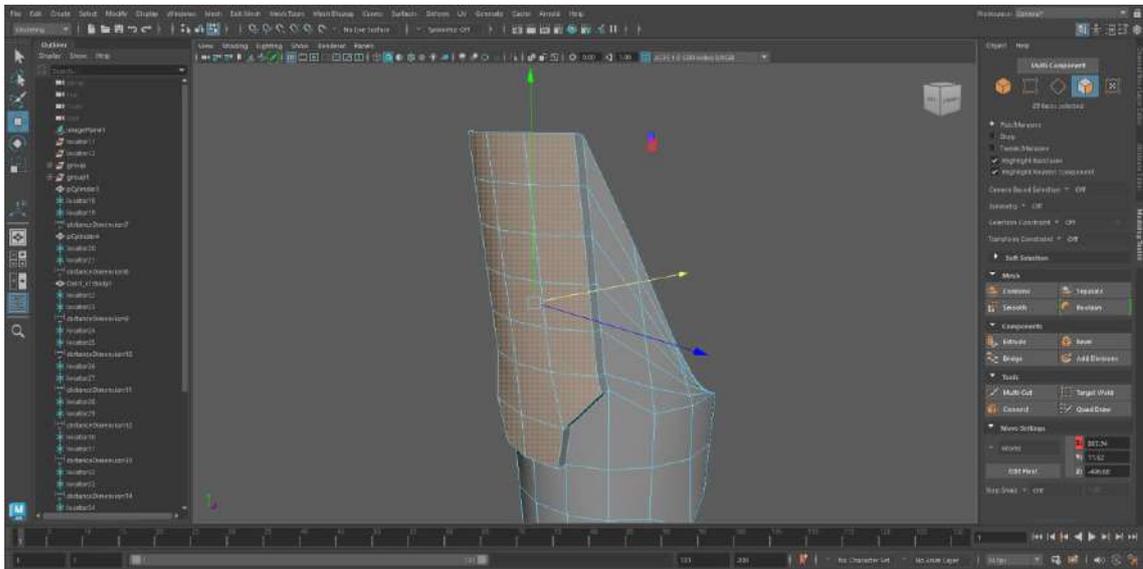
A continuación, avanzamos hacia la generación y ajuste de la malla utilizando la herramienta “Connect” para asegurar una coherencia y equilibrio óptimos en nuestro modelado. Nos enfocamos en una topología en Quads que servirá como base sólida para futuras modificaciones

y estilizaciones de la malla mediante puntos y líneas con precisión y detalle. Seguidamente, procedemos con la herramienta de extrusión para esculpir la pieza. Comenzamos a dar forma, ajustando las caras de la parte inferior del modelo que seleccionamos. Los puntos deben concordar con el borrador inicial. Igualmente, realizamos cambios en las caras y alcanzar el resultado deseado requiere que se alcancen los puntos en la parte superior del modelo. Este proceso nos permite ser meticulosos para perfeccionar cada detalle y lograr un modelado refinado y estilizado.



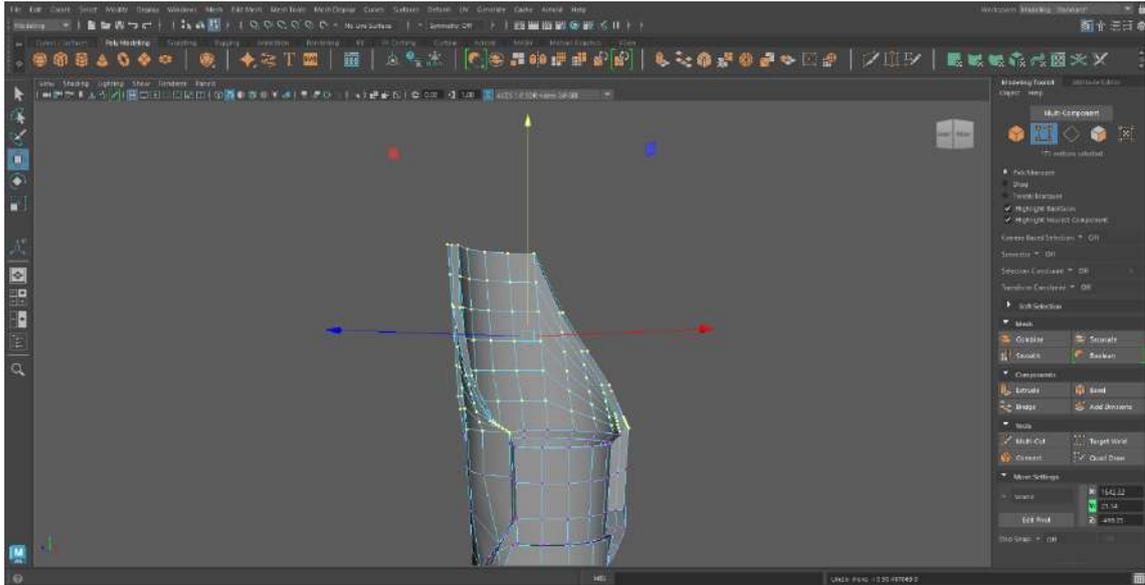
**Ilustración 3-31:** Mallado de pieza

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-32:** Estilización de pieza

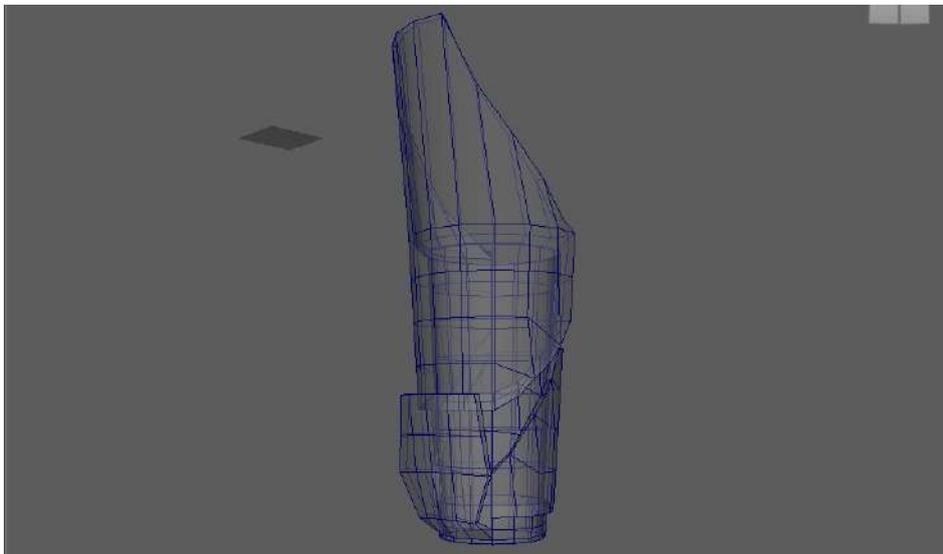
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-33:** Deformación de puntos

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

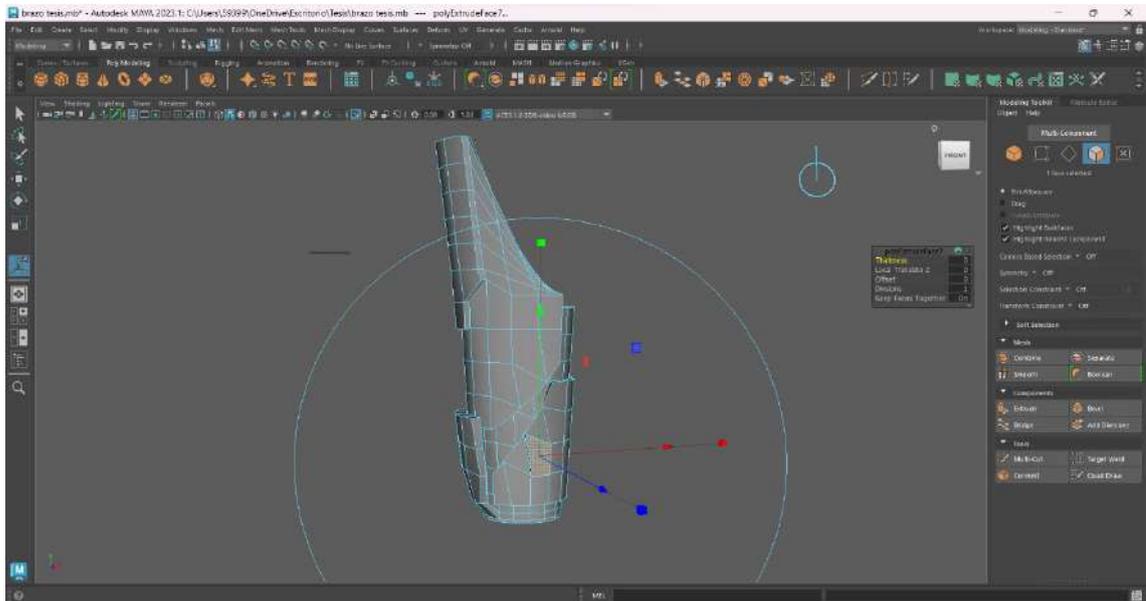
Se realiza una revisión para asegurarnos de que la malla esté estructurada y no presente puntos sueltos que puedan causar errores durante el proceso de impresión. Ajustamos las líneas de la malla para garantizar una formación precisa, utilizando la herramienta "Multicut" para generar líneas continuas que formen una simetría en todo el modelado sin olvidarnos la malla en quads. Este proceso nos permite optimizar la calidad y la integridad del modelo, preparándolo para una impresión sin errores.



**Ilustración 3-34:** Perfeccionamiento de malla

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

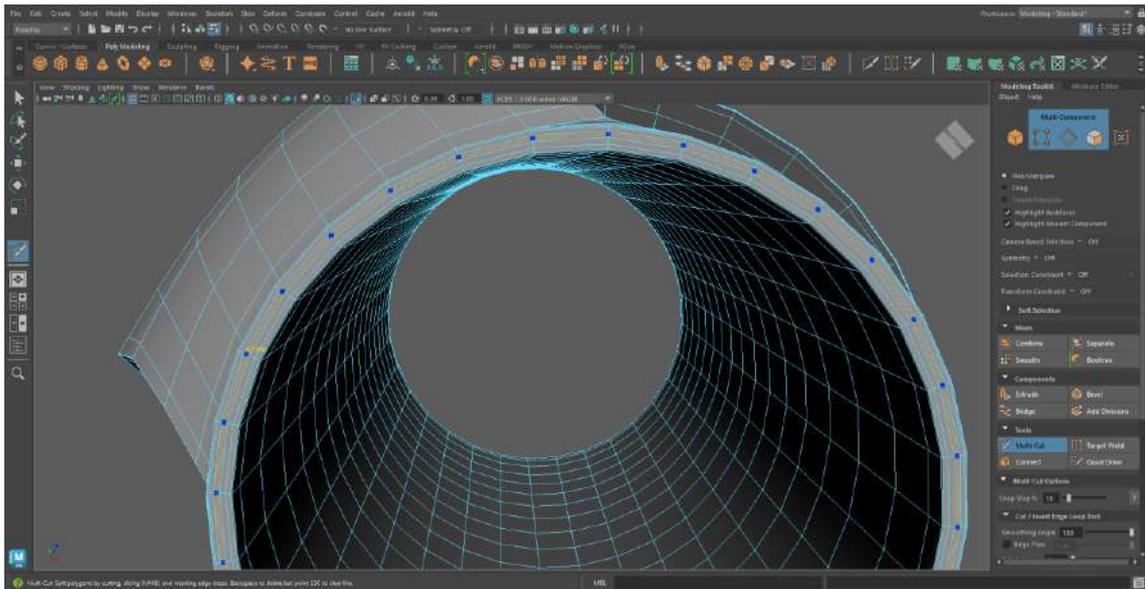
Una vez alcanzado este punto, nos centramos en añadir detalles utilizando la herramienta de extrusión. Usando la herramienta de "Mover", hacemos ajustes precisos para dar forma a los detalles deseado.



**Ilustración 3-35:** Extrusión de caras

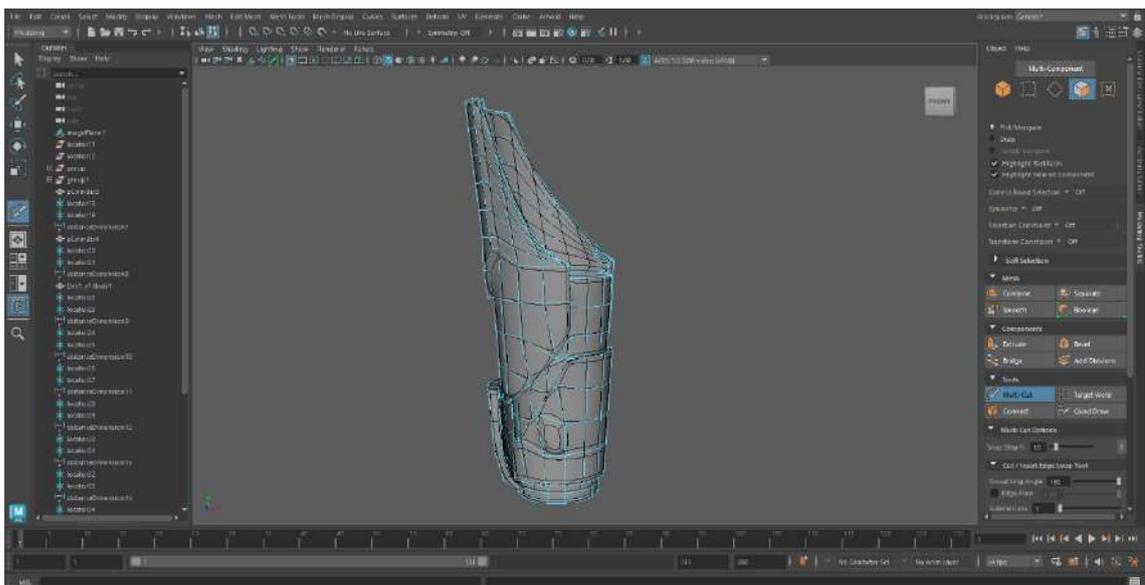
**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Procedemos al siguiente paso que incluye la colocación de las líneas necesarias utilizando la herramienta "Multicut". Garantizar que al suavizar la malla, esta mantenga su forma inicial deseada sin distorsiones es fundamental en este paso. Estas líneas las colocamos estratégicamente en cada esquina de las partes sobresalientes del modelado, lo que también nos permite conservar una forma rectangular en vez de redondeada. Este proceso garantiza que cada aspecto del modelado se mantenga fiel a nuestras especificaciones, lo que resulta en un acabado final impecable y coherente.



**Ilustración 3-36: Bevel**

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

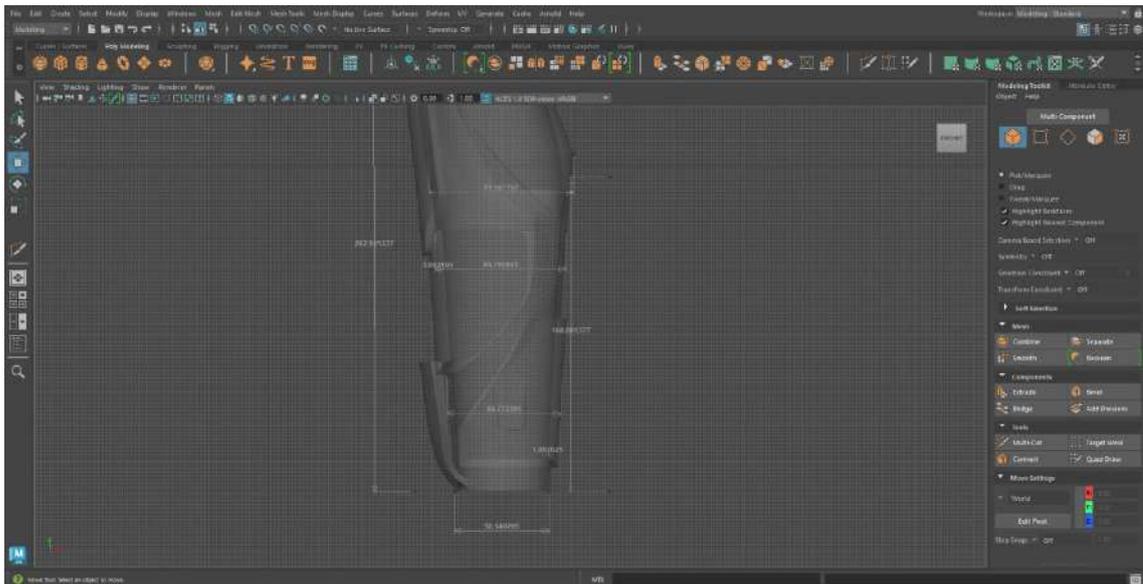


**Ilustración 3-37: Solidificación**

Realizado por: Alcocer D, Puente S, 2024.

Una vez completado el diseño de nuestro modelado, llevamos a cabo una verificación exhaustiva de las medidas establecidas inicialmente. Dado que hemos utilizado la herramienta de "extrusión", es importante recalibrar las dimensiones finales de nuestra pieza. No obstante, es fundamental asegurarnos de mantener la simetría del brazo del usuario en todo momento. Este proceso de verificación nos garantiza que el modelo final cumpla con precisión los requerimientos

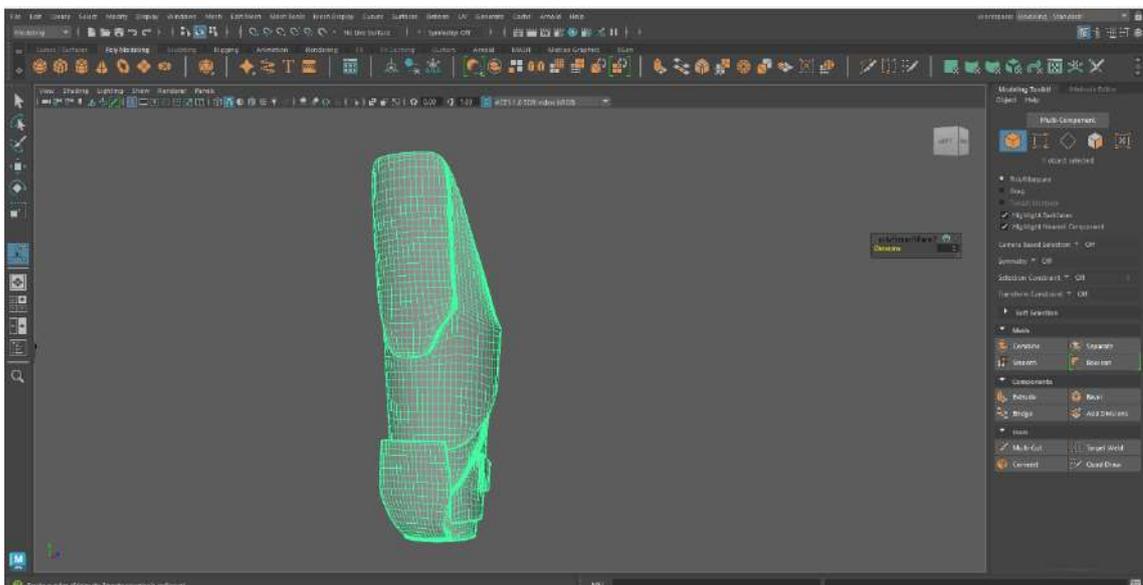
establecidos, manteniendo la proporcionalidad y la funcionalidad para una adaptación perfecta de nuestro usuario a la prótesis.



**Ilustración 3-38:** Revisión de medidas

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

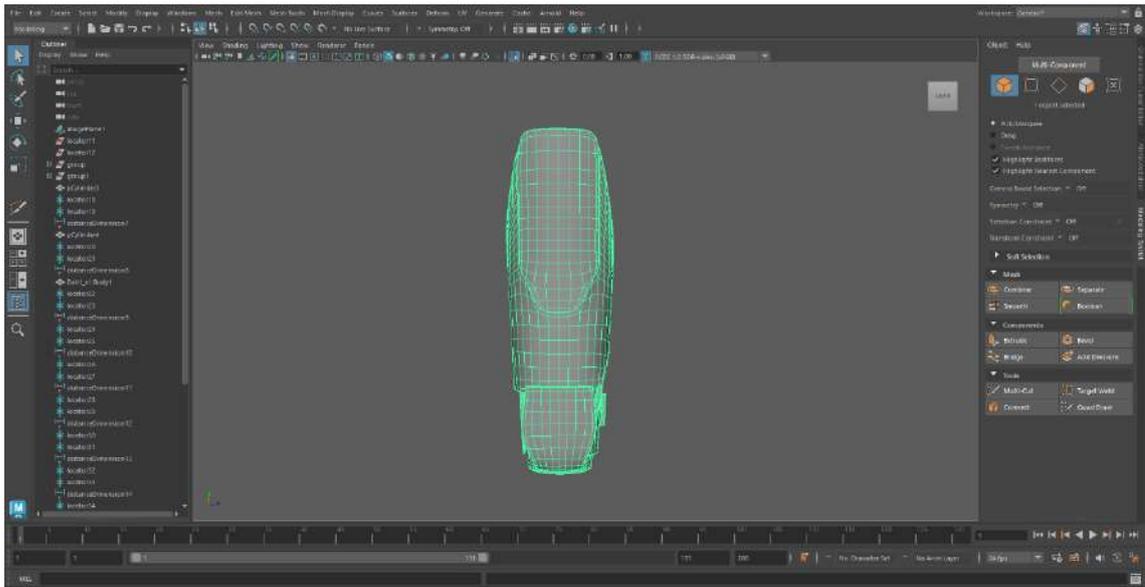
- Vista en Perspectiva



**Ilustración 3-39:** Smooth

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

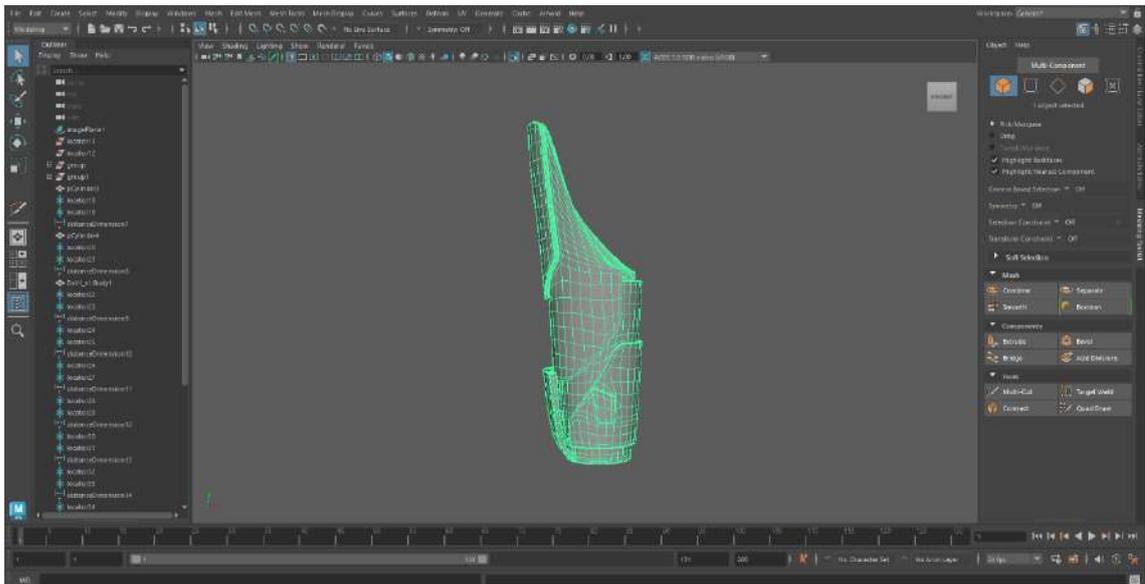
- Vista frontal



**Ilustración 3-40:** Vista frontal

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

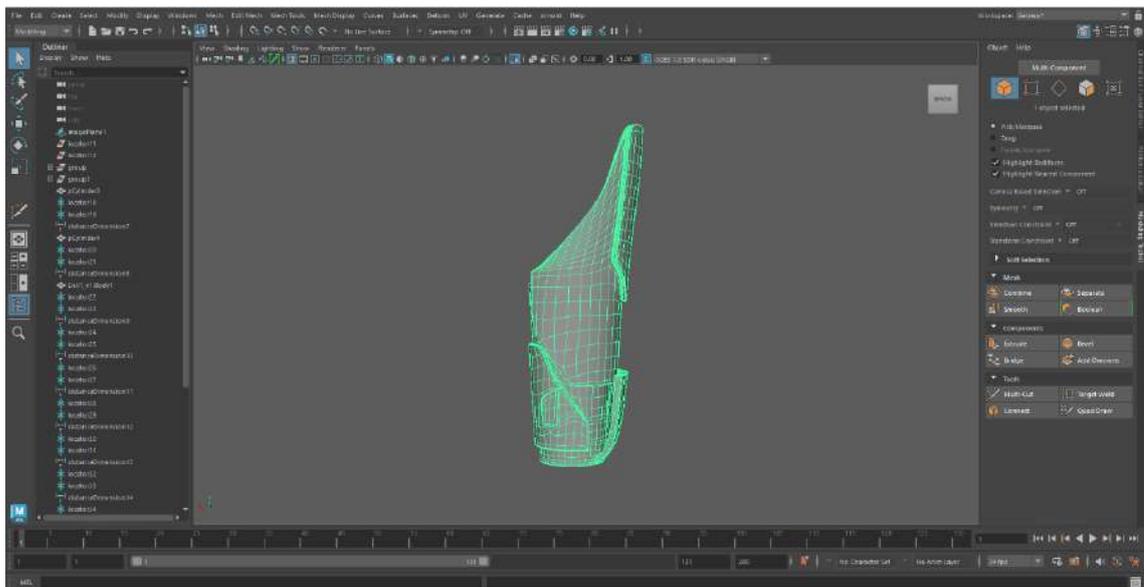
- Vista lateral derecha



**Ilustración 3-41:** Vista lateral derecha

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

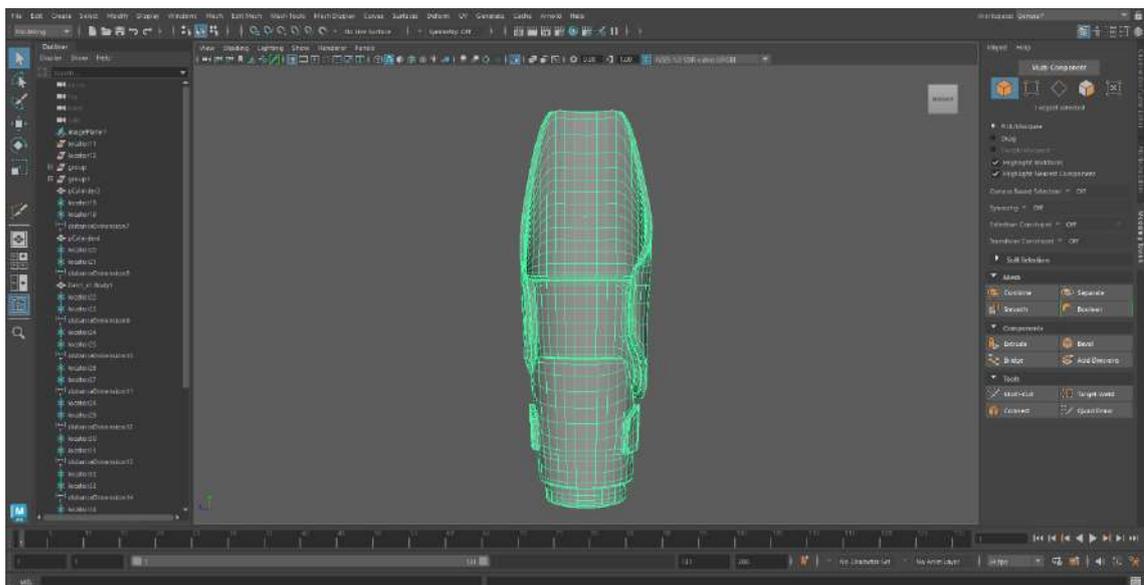
- Vista lateral izquierda



**Ilustración 3-42:** Vista lateral izquierda

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

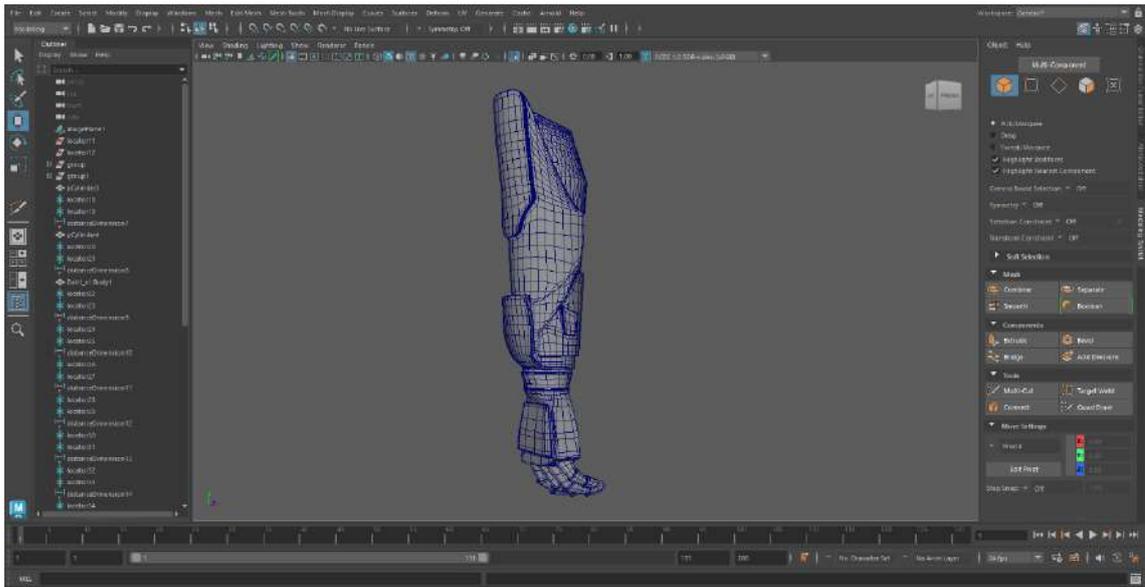
- Vista posterior



**Ilustración 3-43:** Vista posterior

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

- Vista general del modelado 3D de la prótesis final



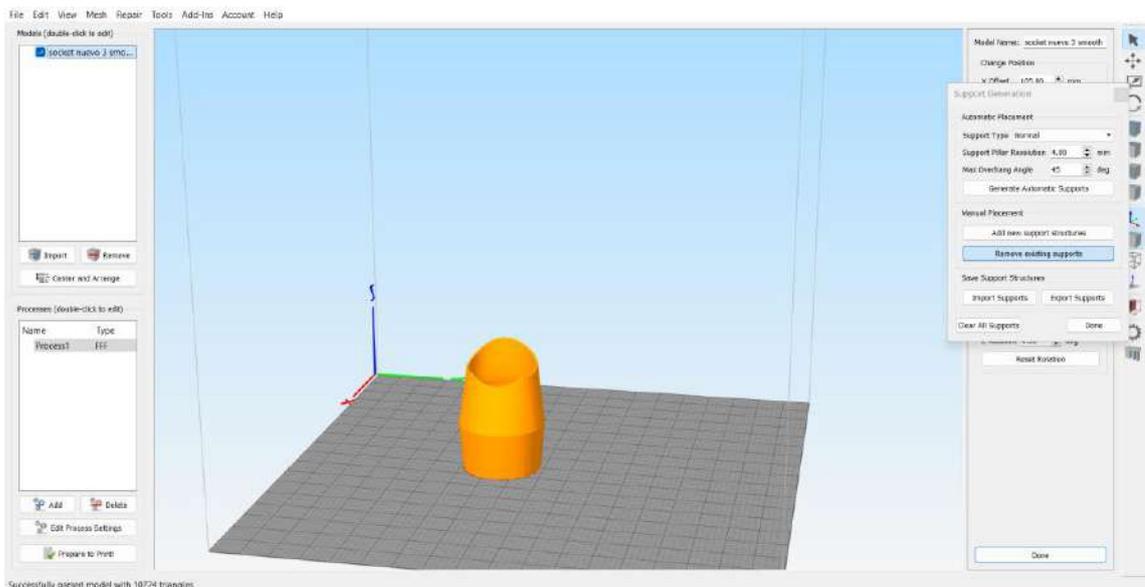
**Ilustración 3-44:** Mallado final

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.3 Preimpresión 3D

#### 3.7.3.1 Socket

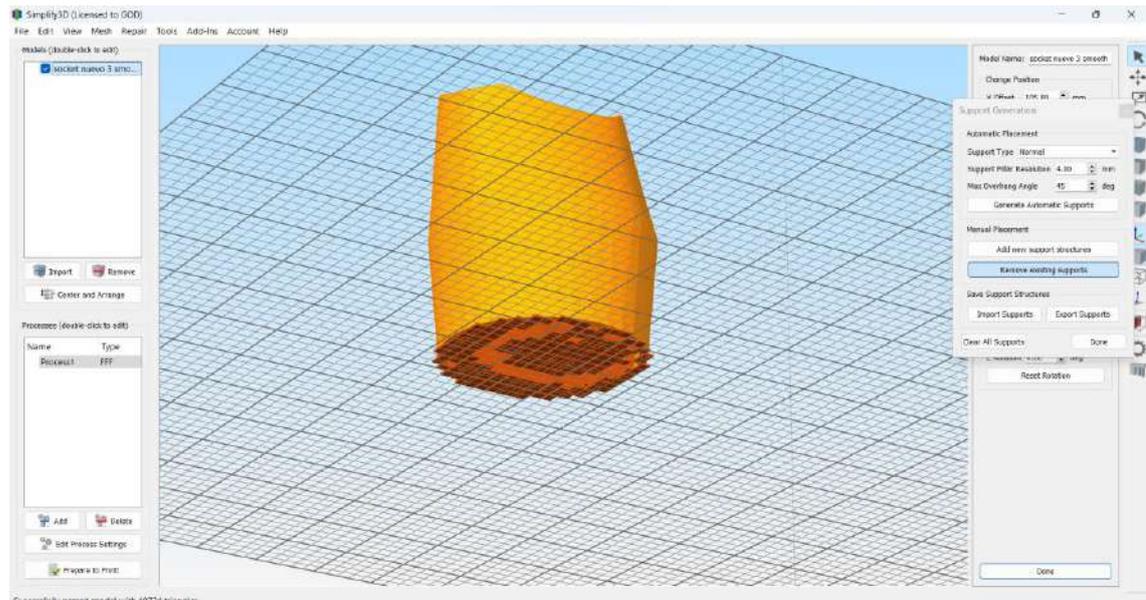
Después de exportar el socket protésico desde Maya en formato .obj, se procederá a colocarla en la mesa de simulación de impresión del programa Simplify. A continuación, se ajustarán cuidadosamente los parámetros de rotación y posición del elemento para asegurar que esté perfectamente alineado con la superficie de la mesa de impresión.



**Ilustración 3-45:** Colocación del socket

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

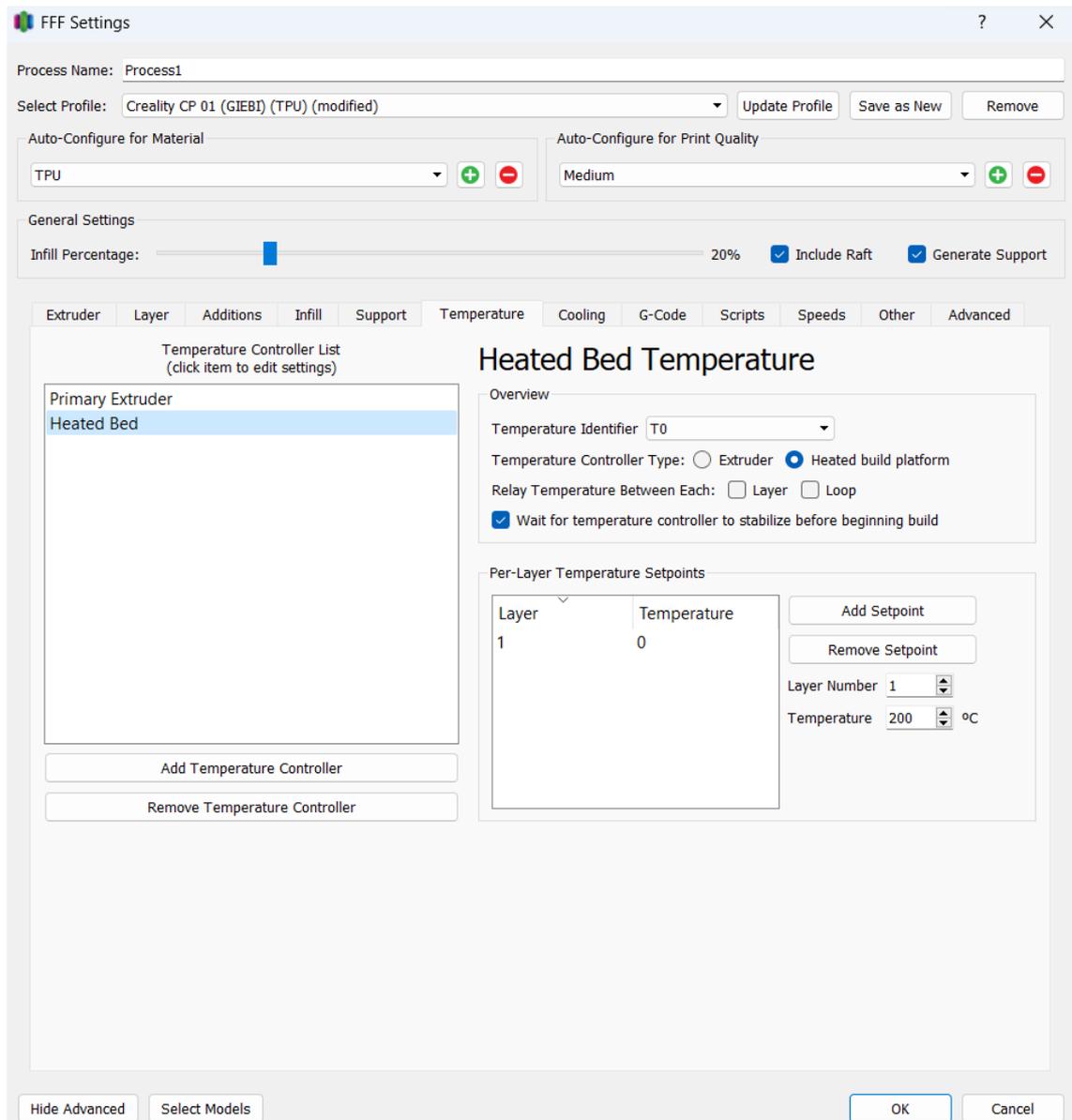
Para optimizar el proceso de impresión, es necesario colocar postes estratégicamente en los espacios vacíos de manera que el filamento pueda fluir sin obstáculos y llenar uniformemente dichos espacios durante la impresión. La disposición de estos postes depende en gran medida de la geometría de la base del modelo 3D. Es fundamental ajustar la ubicación y cantidad de los postes para garantizar una distribución precisa del material de impresión, asegurando así la fidelidad del modelo final. Este paso es esencial para obtener resultados óptimos en términos de calidad y precisión en la impresión 3D.



**Ilustración 3-46:** Postes de soporte

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

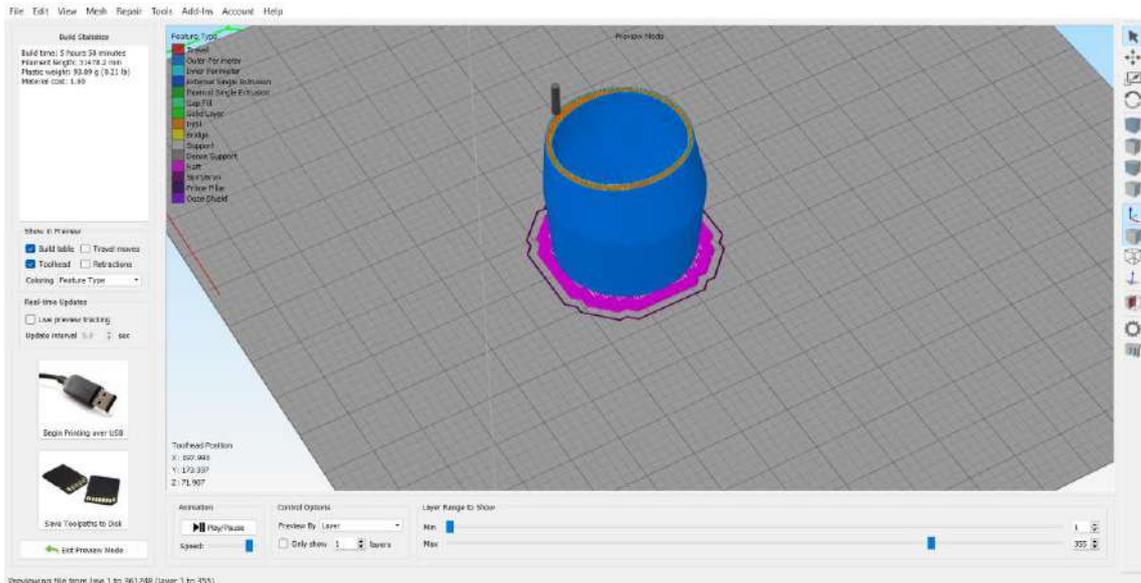
Es crucial configurar con precisión el perfil de impresión en esta fase del proceso. Adecuada a las necesidades particulares de la pieza a ser impresa. Comenzaremos seleccionando el qué tipo de impresora se usará. Dado que estamos fabricando un socket, el cual requiere el material TPU y utilizaremos la impresora Creality CP 01 debido a su flexibilidad. Luego, los cambios que sean necesarios para asegurar un resultado excelente. El porcentaje de relleno para esta pieza en un 15%, mientras que la temperatura de la mesa en 205 °C. La temperatura del Nozzle será de 0 °C, lo cual es importante. Además, se asegurando una impresión, se incluirá una base de mesa como soporte adicional para el socket.



### Ilustración 3-47: Adecuar perfiles de impresión

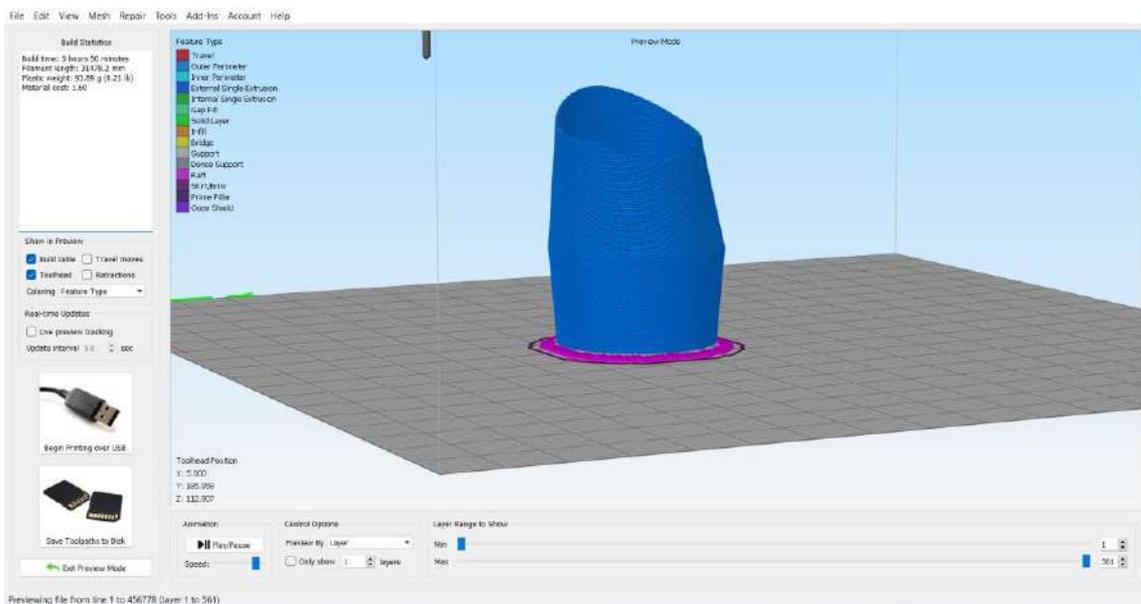
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

En este punto, se realizará una verificación para avanzar en el proceso de impresión. Se determinará el tiempo estimado que tomará la impresión del socket, así como también se calcula el peso proyectado de la pieza. Se usará al mismo tiempo una herramienta de visualización de la línea. Esta etapa es fundamental planificar eficientemente el trabajo y anticipar cualquier posible desviación en él. Manteniendo un seguimiento cercano de estos aspectos, se asegura la entrega oportuna y garantiza una gestión efectiva del proceso de impresión. Exportamos el archivo una vez que la pieza final cumpla con los estándares de calidad requeridos.



**Ilustración 3-48:** Simulación de impresión

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

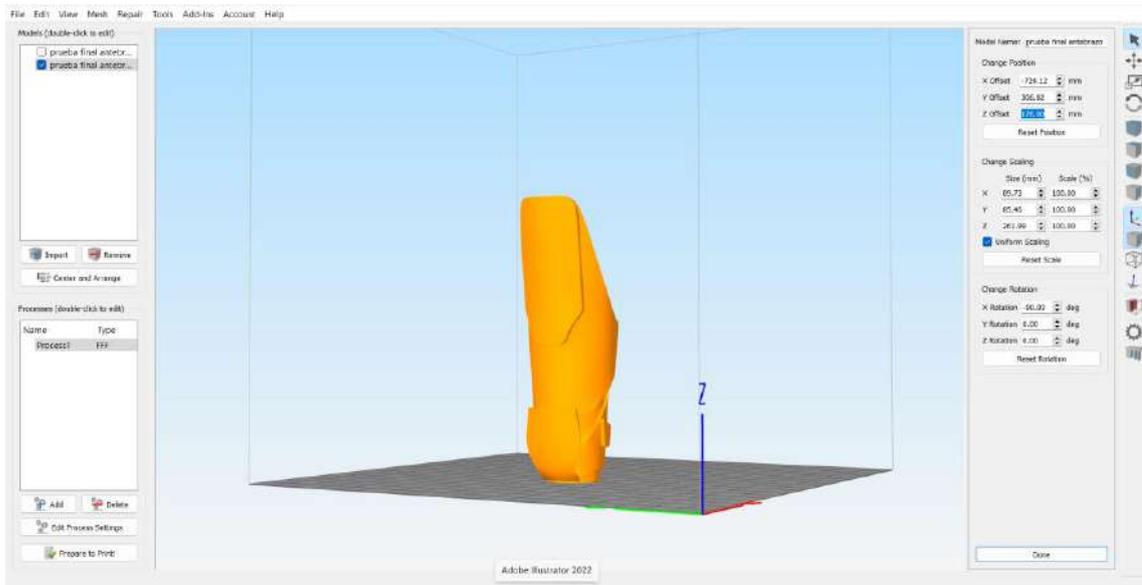


**Ilustración 3-49:** Tiempo de impresión

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.3.2 Antebrazo

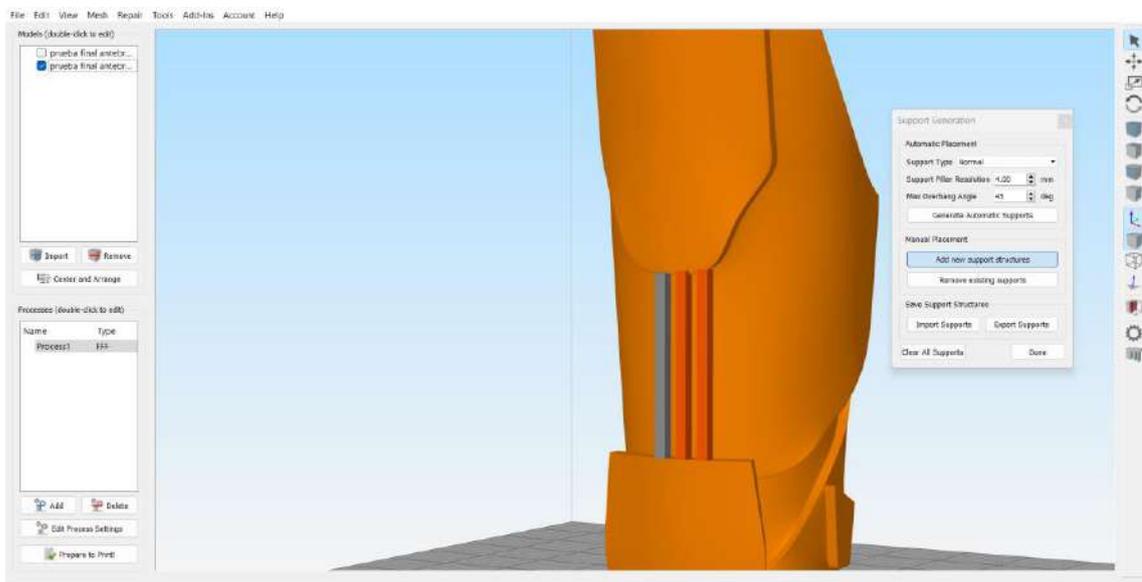
Después de exportar el antebrazo desde Maya en formato .obj, se coloca en la mesa de simulación de impresión del programa Simplify. A continuación, se ajustarán los parámetros de rotación y posición del elemento para asegurar que esté perfectamente alineado con la superficie de la mesa de impresión.



**Ilustración 3-50:** Colocación del antebrazo

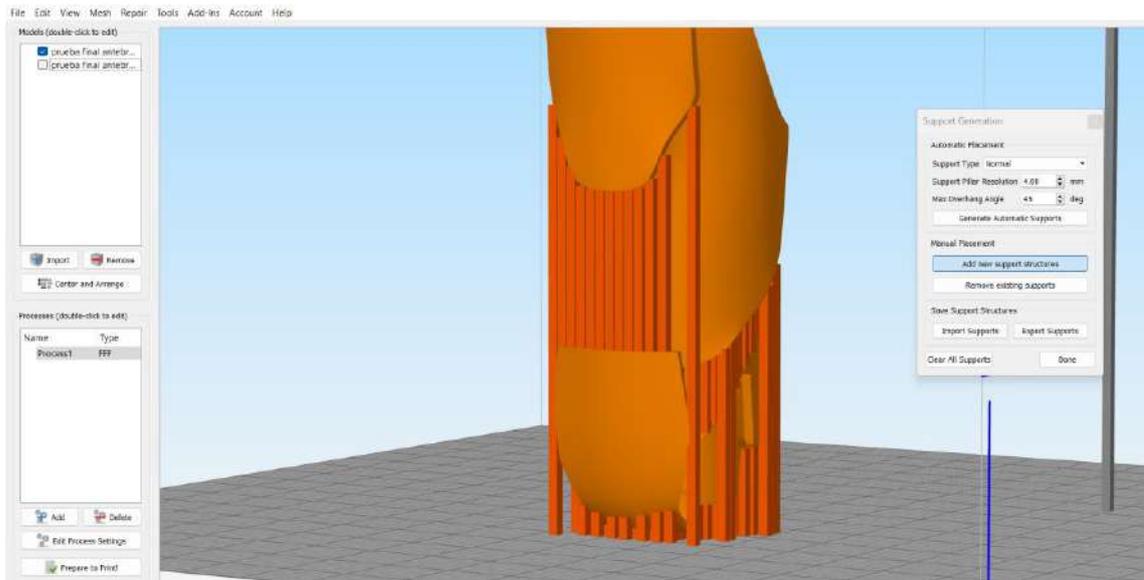
Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Para mejorar el proceso de impresión, es importante colocar postes en los huecos formados para mejorar el proceso de impresión. Durante la impresión, se deben distribuir de manera uniforme dichos espacios. Es crucial asegurar una distribución exacta del material mediante la cantidad y posición de los postes. La impresión garantiza la precisión y fidelidad del modelo final. Este paso resulta fundamental lograr resultados óptimos en términos de calidad y exactitud en el proceso.



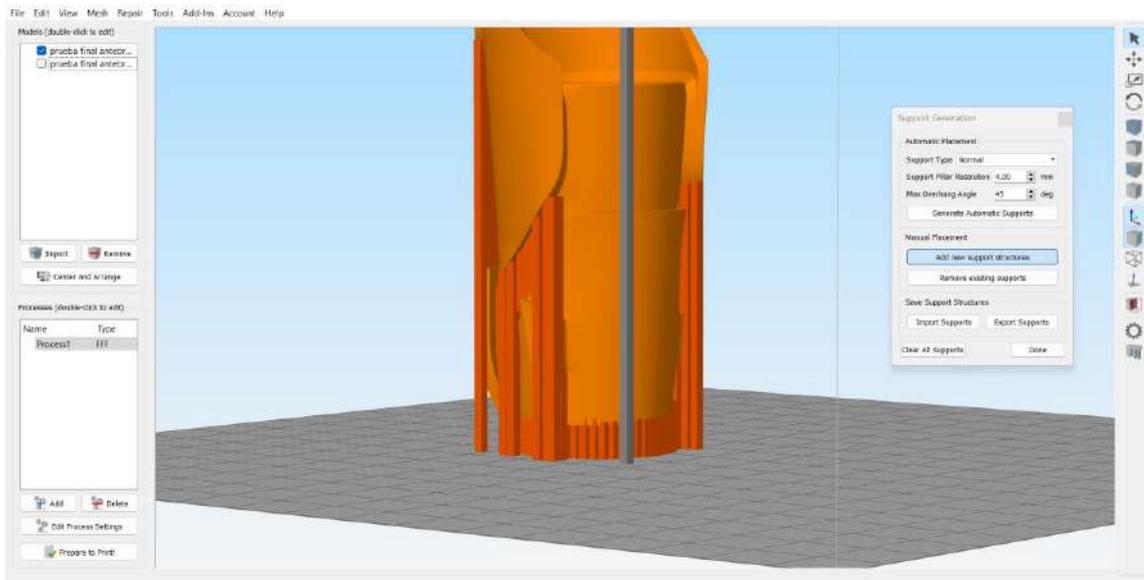
**Ilustración 3-51:** Colocación de postes

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-52:** Colocación de postes

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

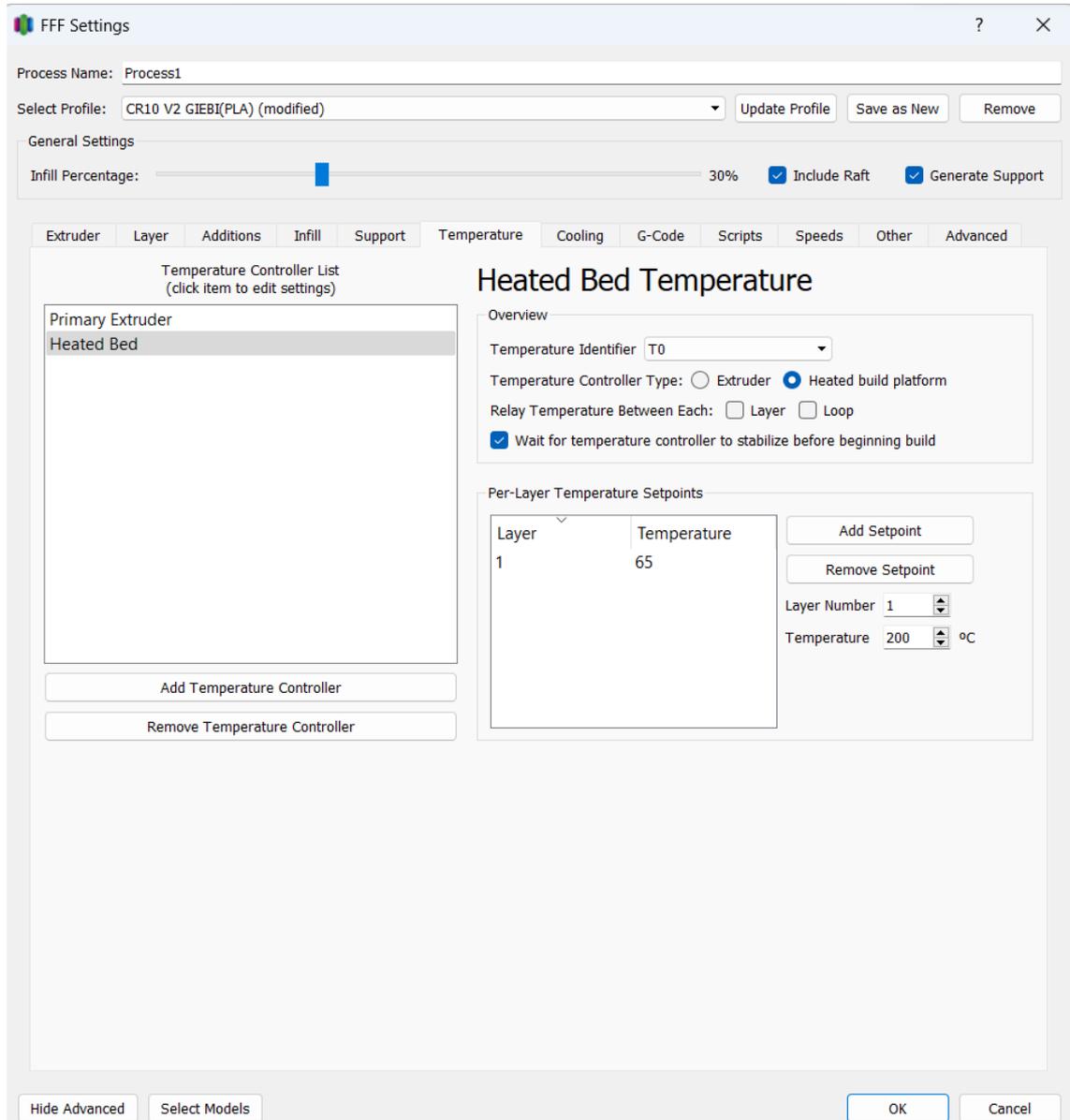


**Ilustración 3-53:** Colocación de postes

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Es crucial en esta fase del proceso establecer cuidadosamente el perfil de impresión para que se ajuste con precisión a los requisitos específicos de la pieza que va a ser impresa. Empezaremos por elegir el tipo de impresora que se va a utilizar. Se empleará el material PLA, que es rígido, y la impresora CR 10 V2 para fabricar el antebrazo. Después, haremos los cambios necesarios para asegurar un resultado ideal. Se establecerá un porcentaje de relleno del 30% para esta pieza, y la

temperatura de la mesa se fijará en 65 °C. La temperatura del Nozzle será de 205 °C. También se agregará una mesa como soporte adicional para el antebrazo, garantizando una impresión estable y de alta calidad porque mantiene más fija la impresión. Lograr un resultado final que cumpla con los estándares necesarios de resistencia y precisión depende de los valores que se agregan en las configuraciones de impresión porque en gran medida de estas configuraciones fundamentales.

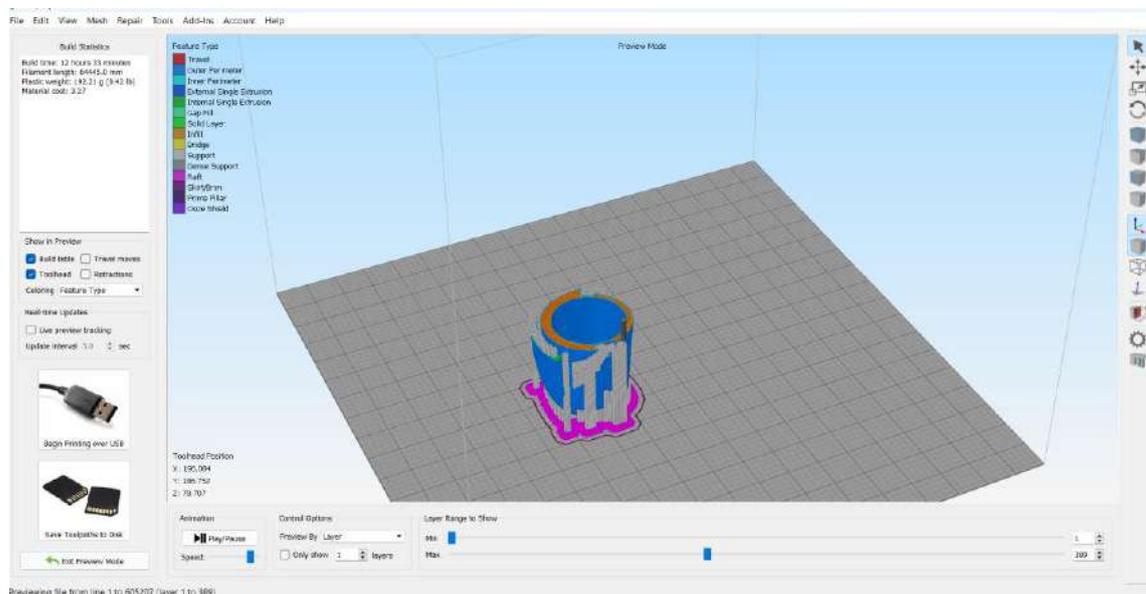


### Ilustración 3-54: Adecuar perfiles de impresión

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

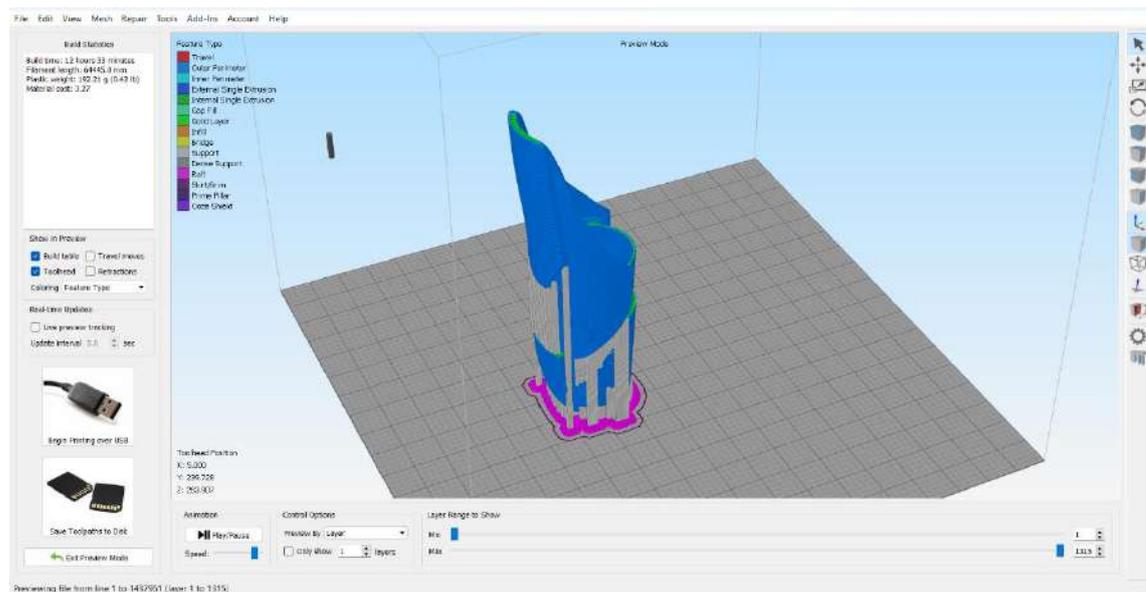
Durante esta etapa del proceso de impresión, se llevará a cabo una evaluación del tiempo previsto. Es necesario imprimir el antebrazo junto con la determinación del peso estimado de la pieza. Se utilizará también una herramienta de visualización temporal al mismo tiempo. Vigilar el progreso de la impresión en la impresora 3D. Al mantener un seguimiento cuidadoso de estos aspectos, se

asegura una gestión efectiva del proceso de impresión. Exportamos el archivo con los estándares de calidad requeridos como pieza final.



**Ilustración 3-55:** Simulación de impresión

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-56:** Tiempo de impresión

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

Para iniciar con el proceso de impresión del antebrazo se debe modificar la temperatura de la mesa que será de 65°C, el Nozzle tendrá una temperatura de 225 °C, hasta que este tome la temperatura adecuada, se coloca spray en la mesa, en el sitio en donde se colocó la pieza en el programa, seleccionamos el archivo y comenzamos con la impresión.



**Ilustración 3-57:** Impresión de pieza 3D

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Retiramos cuidadosamente la pieza de la mesa y empezamos a retirar la base del antebrazo.

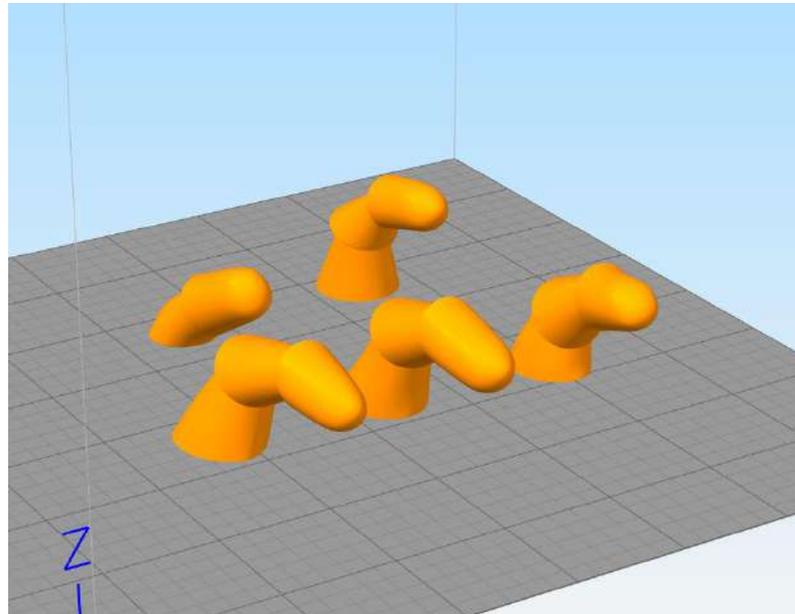


**Ilustración 3-58:** Lijado de antebrazo

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.7.3.3 Dedos

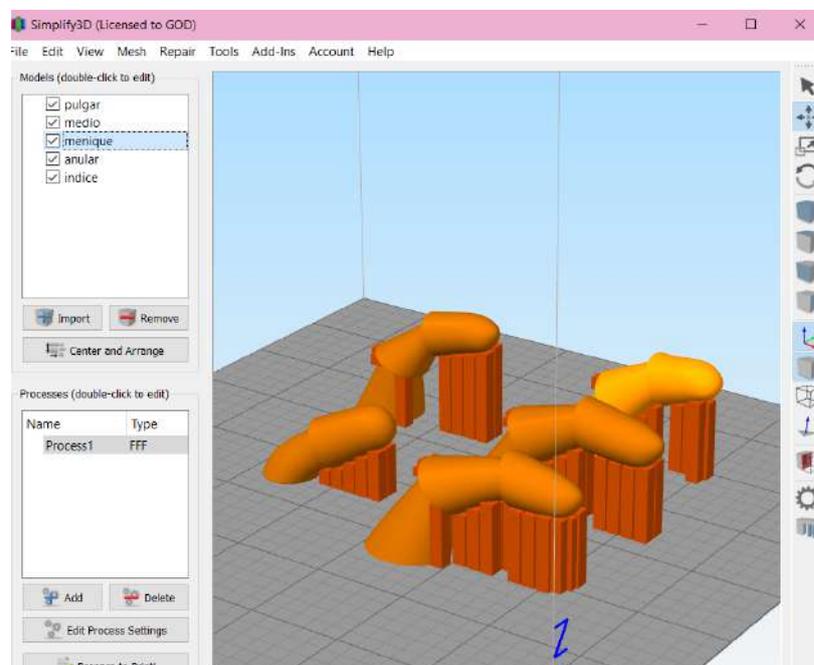
Para imprimir dedos protésicos en 3D, primero colocamos los archivos en formato STL de los dedos sobre la mesa de trabajo del software de impresión Simplify, y procedemos a configurar los perfiles de impresión.



**Ilustración 3-59:** Dedos sin postes

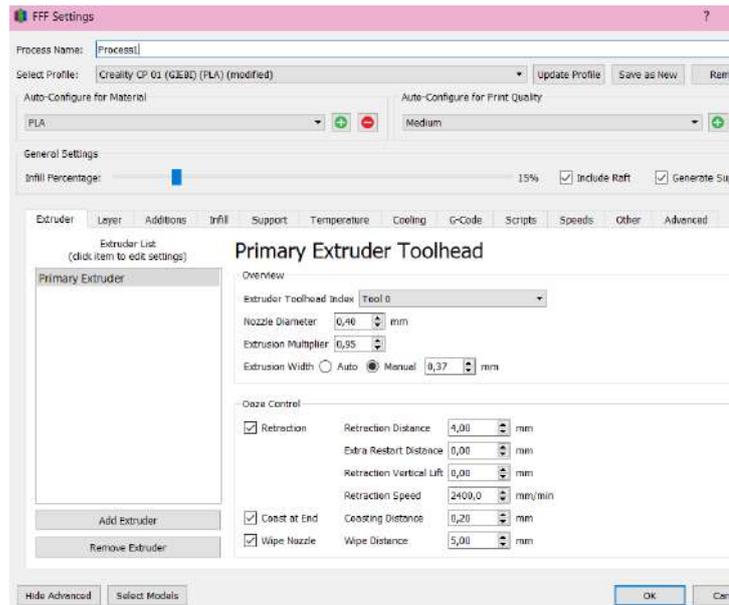
**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Se crea postes en las zonas propensas a la pérdida de material.



**Ilustración 3-60:** Dedos con postes

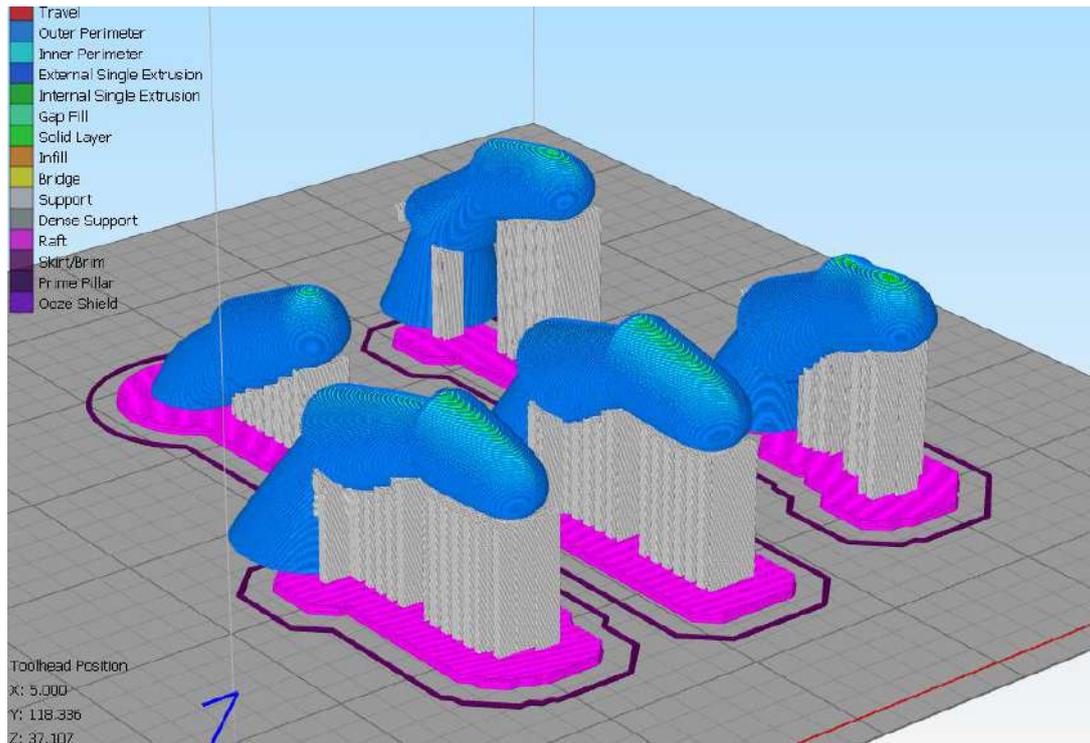
**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-61:** Perfil PLA para dedos

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Una vez configurado el perfil de impresión y establecidas las temperaturas, procedemos a observar la simulación de impresión para detectar posibles imperfecciones en la malla o la ausencia de algún soporte necesario. Durante esta fase, obtenemos información relevante, como la duración estimada de la impresión, que en este caso es de dos horas y veintidós minutos, así como el consumo de filamento, que se estima en 10762,6 mm. Finalmente se guarda en .gcode en la tarjeta de memoria de la impresora y se imprime.

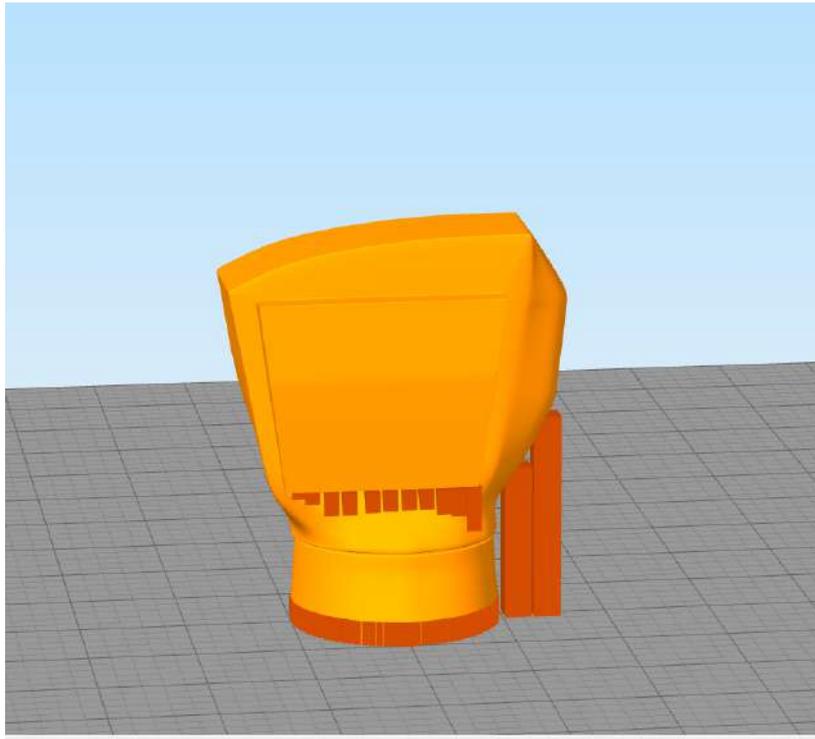


**Ilustración 3-62:** Creación del código-G de dedos

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

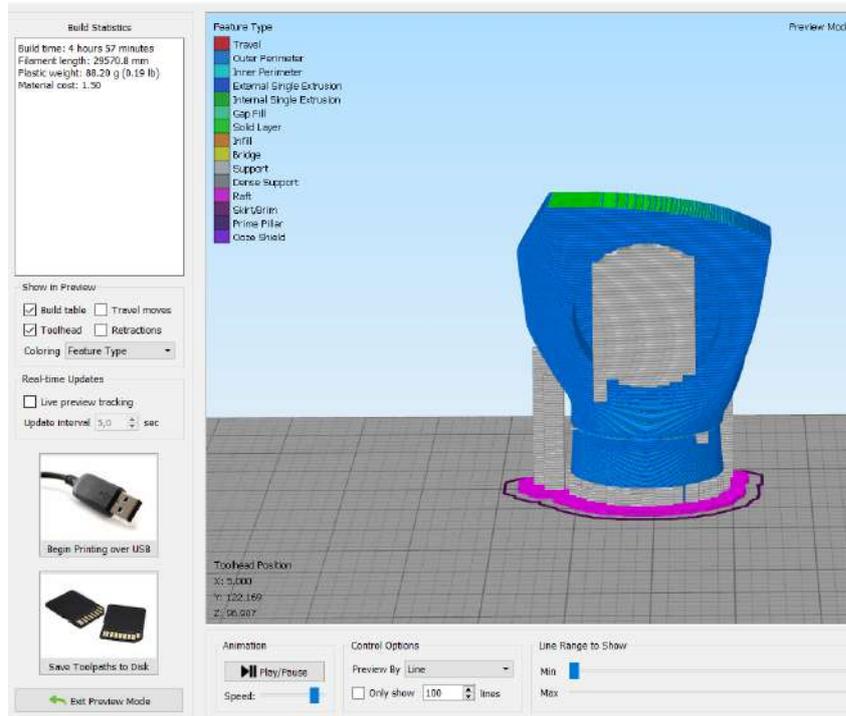
#### 3.7.3.4 Palma

En este caso, la temperatura del nozzle de la impresora CR 10 V2 se establece en 205° y la de la cama de impresión en 65°. Es esencial el uso de soportes para prevenir la deformación de la pieza al imprimir. Después de configurar estos parámetros, se verifica la disposición de los soportes usando el simulador de impresión. Se presentan datos esenciales, incluyendo la duración estimada de impresión de cuatro horas y cincuenta y siete minutos, así como un consumo de filamento de 29570.8 mm. Es crucial asegurarse de que los soportes estén correctamente colocados antes de generar el archivo en formato .gcode y enviarlo para su impresión.



**Ilustración 3-63:** Creación de postes para palma

Realizado por: Alcocer D., y Puentes S., 2024.



**Ilustración 3-64:** Creación del código-G de palma

Realizado por: Alcocer D., y Puentes S., 2024.

### 3.7.4 *Post procesado*

#### 3.7.4.1 *Socket*

Se comienza el proceso de post procesado del socket, iniciando con el uso del cautín para derretir y cauterizar cualquier exceso de filamento que pueda resultar incómodo para el usuario durante el uso. Luego, se procede a lijar la pieza con cuidado para lograr un acabado final más suave y uniforme. Este proceso no solo ayuda a eliminar imperfecciones visibles, sino que también garantiza la comodidad y la funcionalidad óptima del socket una vez que este ya se pueda usar.



**Ilustración 3-65:** Socket de TPU

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

#### 3.7.4.2 *Lijado*

Una vez que se haya terminado el tiempo de impresión establecido, las piezas se retiran cuidadosamente de la mesa de impresión y se eliminan los soportes utilizando pinzas. Luego, se procede a lijar las superficies utilizando una lija número C-99, P400 según la necesidad y un cautín para eliminar cualquier imperfección o residuo de material, logrando así una pieza liza y lista para ser pintada. Para dar inicio al post procesado del antebrazo, se comienza empleando un cautín para dar forma y sellar los posibles excesos de filamento que podrían ocasionar molestias al usuario durante su uso. Después, se lleva a cabo un detallado lijado de la pieza con el fin de obtener un acabado final más uniforme y suave. Este procedimiento no solo elimina

imperfecciones visibles, sino que también asegura la comodidad y la funcionalidad del antebrazo una vez que se encuentre en uso.



**Ilustración 3-66:**Lijado de antebrazo

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

En el caso de la palma, se realiza la instalación de la conexión del foco. Para los dedos, se lleva a cabo un proceso similar de lijado para garantizar que no haya texturas no deseadas.



**Ilustración 3-67:** Palma con foco

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

#### 3.7.4.3 Unión de piezas impresas

Además, se utiliza filamento de PLA y un caudín para derretir y unir cada dedo según lo indicado en las vistas del boceto. Este proceso asegura la correcta unión de los componentes y la obtención de una estructura cohesiva y lista para su uso.



**Ilustración 3-68:** Dedos pegados con caudín

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

#### 3.7.4.4 Pintado

En el siguiente paso, se procede a seleccionar con cuidado los tonos de acrílico y pigmentos que se utilizarán para comenzar a aplicar el diseño estético inspirado en "Iron-Man" a la prótesis. Esta elección de colores es fundamental para capturar fielmente la esencia y temática del personaje,

asegurando así un resultado visualmente impactante y coherente con la imagen icónica de "Iron-Man". Se empieza pintando la prótesis con los colores base que son el rojo y el dorado. Utilizando los colores previamente seleccionados, aplicamos pintura roja y creamos degradados mediante la adición de una o dos gotas de azul y negro para intensificar el tono. Además, se incorpora el dorado en ciertas áreas de la mano para resaltar y añadir detalles adicionales.



**Ilustración 3-69:** Pintado de pieza

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Después, se da detalle a la pieza para que se parezca al boceto de la prótesis con el fin de estilizar y mantener coherencia con el estilo del boceto inicial. Realzar los elementos clave y garantizar que el diseño final sea visualmente agradable y logrando así una prótesis estéticamente impresionante y completamente integrada con el concepto de "Iron-man" establecido.

#### *3.7.4.5 Sellado de la prótesis*

Se aplicará el material XTC 3D en el paso final para completar el sellado de la prótesis, con el objetivo de darle un acabado brillante. Además de proporcionar este aspecto deseado, este material es crucial para extender la durabilidad de la pintura aplicada en la superficie de la prótesis. Garantiza no solamente una apariencia atractiva visualmente, sino también la protección y longevidad del diseño final de la prótesis.



**Ilustración 3-70:** Materiales para el sellado

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

Para exponernos al XTC, debemos tomar ciertas medidas de seguridad y contar con los instrumentos necesarios, como mascarilla y guantes. Para una buena aplicación del producto, es importante tener en cuenta las proporciones adecuadas para la mezcla, que siempre deben ser dos partes del bote A y una parte del bote B, osea la mitad de lo que se use del bote A, como dicen las instrucciones. Luego, se mezcla la solución durante un minuto en la tapa de medidas y se vierte en el aluminio para mantenerla líquida la mezclada. Debe ser en aluminio porque al ser contacto la mezcla con algún recipiente plástico este comenzará a quemar y lo derretirá. Con la ayuda de una esponja, se procede a aplicar la mezcla en la pieza, logrando un acabado brillante en la prótesis. Se debe de tener dos esponjas para colocar la mezcla si es muy grande, ya que como el líquido es muy fuerte después de algún tiempo empezará a desintegrarse la esponja.



**Ilustración 3-71:** Pieza con XTC 3D vista posterior

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.



**Ilustración 3-72:** Pieza con XTC vista frontal

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.8 Materiales y tecnología

**Tabla 3-3:** Lista de materiales

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Laca	Professional estilizadora de peinado	1 spray
Cautín	Weller	1
Lijas	C-99 P-400	3
Pinceles	Pelo de Marta	Set completo
Cinta Adesiva	Blanca	1
Pintura Acrilica	Dorada, roja, azul, negro, amarillo	1
Espatula	Metal	1
Alicate	Truper	1
Goma	En barra	1

Pigmentos	Mica powder	1
Papel Aluminio		1
Guantes	Quirúrgicos	2
Xtc-3D		1

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

**Tabla 3-4:** Lista de material tecnológico

TECNOLOGÍA		
Impresoras	Creality CP 01	CR10 V2

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.9 Experimentación

Para alcanzar el resultado deseado en la prótesis, fue necesario descartar algunas impresiones, incluyendo las siguientes:

- Dedo índice: Se corrigieron las medidas debido a que la impresión resultó demasiado grande.



**Ilustración 3-73:**Primera impresión de dedo índice

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

- Socket al 100% de relleno: El socket resultó ser demasiado pesado y presentaba cortes con puntas molestas al levantarlo.



**Ilustración 3-74:** Primer socket de prueba al 100%

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

- Socket al 30% de relleno: El antebrazo resultó ser demasiado pesado por el relleno.



**Ilustración 3-75:** Socket al 30%

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

- Antebrazo impreso al 70% de relleno: Muy pesado para el usuario.



**Ilustración 3-76:** Antebrazo prueba 1

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

- Fallas en la impresión: Es importante siempre tener en cuenta la nivelación de la mesa, la limpieza de la impresora y asegurarse de que las bandas estén correctamente ajustadas.



**Ilustración 3-77:** Piezas con mala impresión

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.10 Modelos

Después de implementar las modificaciones y tener en cuenta los errores previos, logramos obtener las siguientes piezas: las nuevas piezas reflejan una mejora significativa en comparación con las versiones anteriores. Se han corregido los problemas de dimensiones incorrectas, así como cualquier aspereza o imperfección en su superficie. Además, se ha garantizado una mejor adherencia entre las capas, lo que ha resultado en una mayor calidad y resistencia en las piezas finales. Estas mejoras no solo aseguran un mejor rendimiento y durabilidad de las piezas, sino que también contribuyen a una experiencia general más satisfactoria para los usuarios finales.



**Ilustración 3-78:** Prótesis finalizada

Fuente: Alcocer D., y Puente S., 2024.

### 3.11 Verificación

Se realizan dos encuestas, una al usuario y otra a su representante, con el fin de investigar sobre la experiencia y comodidad de la prótesis estética inspirada en "Iron-Man". La encuesta tiene como objetivo principal obtener retroalimentación sobre si el usuario se siente incómodo, o que la prótesis es demasiado pesada. Esto permitirá hacer ajustes y mejorar el diseño si es necesario. De esta manera se asegura una experiencia satisfactoria y óptima para el usuario.

- Encuesta al usuario

Se llevó a cabo una encuesta con un niño sobre su nueva prótesis de "Iron-Man", donde se le preguntó sobre la similitud de la prótesis con la armadura de "Iron-Man", obteniendo una

puntuación de 10, siendo muy similar. Además, se indagó sobre la sensación de bienestar y comodidad, a lo que el niño respondió que se sentía "Muy cómodo". Respecto al diseño, destacó la funcionalidad como su parte favorita. Así mismo, expresó su disposición a recomendar este tipo de diseño temático para otros usuarios. En cuanto a la facilidad de movimiento, el niño la calificó como "Fácil". Por último, respecto a la seguridad con la prótesis, indicó sentirse "Muy seguro".

- Encuesta al representante

El representante del usuario respondió la encuesta sobre la prótesis de "Iron-Man" con detalladas percepciones. En relación con la frecuencia de uso, explicó que el usuario la utiliza varias veces. Sugiere una integración regular en su vida cotidiana varias veces a la semana. Respecto a la seguridad y el ajuste como "Muy seguros", lo que indica confianza en su sujeción del brazo del usuario. También resaltó su capacidad de adaptarse a las actividades diarias del usuario como "Adaptable". El usuario indicó que se siente identificado y emocionado al usar una prótesis con temática de "Iron-Man". Fue calificada la sensación de confort y comodidad durante su uso. Sugiere una experiencia positiva para el usuario, como "Muy cómoda". En ergonomía se evaluó la prótesis como "Muy ergonómica", lo que significa que ofrece facilidad de movimiento y adecuación a las tareas cotidianas. También, el diseño de "Iron-Man" ha causado un impacto emocionalmente ya que su representante dijo que la confianza y autoestima del usuario son positivas.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Comparación de medidas antropométricas

Al momento de realizar el proceso de modelado, se tuvieron en cuenta meticulosamente las medidas reales de la mano derecha para fabricar la prótesis, con el objetivo de lograr una semejanza completa con la otra mano del usuario. Las mediciones realizadas para la prótesis son las siguientes:

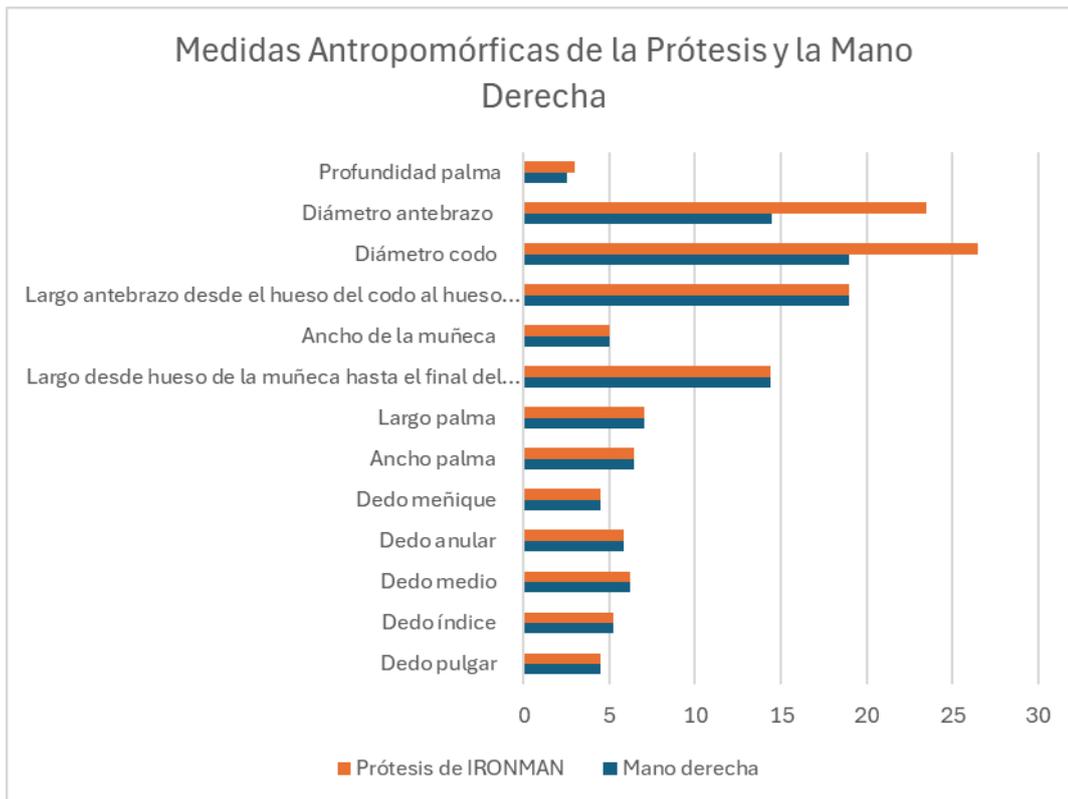
**Tabla 4-1:** Comparación de medidas

	Medidas del usuario en CM	Medida en CM prótesis de "Iron-Man"
Dedo pulgar	4,5 cm	4,5 cm
Dedo índice	5,2 cm	5,2 cm
Dedo medio	6,2 cm	6,2 cm
Dedo anular	5,8 cm	5,8 cm
Dedo meñique	4,5 cm	4,5 cm
Ancho palma	6,4 cm	6,4 cm
Profundidad de palma	2,5 cm	3 cm
Largo palma	7 cm	7 cm
Largo desde hueso de la muñeca hasta el final del dedo medio	14,4	14,4 cm
Ancho de la muñeca	5 cm	5 cm
Largo antebrazo desde el hueso del codo al hueso de la muñeca	19 cm	19 cm
Diámetro codo	19 cm	26,5 cm
Diámetro antebrazo	14,5 cm	23,5 cm

**Realizado por:** Alcocer D., y Puente S., 2024.

##### 4.1.1 Similitud

Se reproduce la medida óptima basada en las obtenidas de la mano derecha del usuario para lograr una similitud precisa en el resultado final. Por lo tanto, se presenta una comparación para evaluar en qué medida las mediciones de la prótesis coinciden con las de la mano derecha. Ver tabla:



**Ilustración 4-1:** Medidas antropomórficas de la prótesis y la mano derecha

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

En el gráfico se observa que algunas secciones del antebrazo y la palma no coincide notablemente a las proporciones de la mano derecha. Esto se debe a los detalles de la armadura de la prótesis, como los relieves y formas que dan forma a la misma prótesis. Estas medidas alteradas son necesarias para lograr una mayor similitud con la forma real de la armadura de "Iron-Man". Sin embargo, en cuanto al resto de las proporciones, estas son idénticas a las de la mano del usuario porque todas fueron a la medida.

#### 4.1.2 Diferencia

Esta tabla muestra las diferencias de medidas entre la prótesis y la mano derecha. Los valores negativos significan que parte de la prótesis es más grande, mientras que cero significa que la prótesis se ajusta exactamente a la mano derecha del usuario.

**Tabla 4-2:** Diferencia entre la mano derecha y prótesis

Parte de la mano	Medida en CM
Dedo pulgar	0
Dedo índice	0
Dedo medio	0
Dedo anular	0

Dedo meñique	0
Ancho palma	0
Profundidad de palma	-0,5
Largo palma	0
Largo desde hueso de la muñeca hasta el final del dedo medio	0
Ancho de la muñeca	0
Largo antebrazo desde el hueso del codo al hueso de la muñeca	0
Diámetro codo	-7,5
Diámetro antebrazo	-9

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

La tabla muestra las discrepancias de medidas entre la prótesis y la mano derecha. Valores negativos indican que esa parte de la prótesis es más grande, mientras que cero significa que la prótesis coincide exactamente con la mano derecha del usuario.

#### 4.2 Características generales de la prótesis

La prótesis de "Iron-Man" posee las características mencionadas en la tabla siguientes

**Tabla 4-3:** Características generales de la prótesis.

Características	Valor		
Dimensiones	Alto	39,5	cm
	Ancho	8,5	cm
Peso	390		g
Material	PLA		
	TPU		

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

##### 4.2.1 Análisis de costos

**Tabla 4-4:** Costos de materiales

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO
Laca	1	8.50
Cautín	1	2
Lijas	3	2
Pinceles	6	7,5
Cinta Adesiva	1	1
Pintura Acrilica	5	8
Espatula	1	1
Alicate	1	1

Goma	1	0,5
Pigmentos	1	3
Papel Aluminio	1	1
Guantes	2	1
Xtc	1	30
Porta Pilas	1	1
Pilas AAA Pequeñas	1	2,5
Foco	1	2,8
<b>TOTAL</b>		<b>64,3</b>

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

#### 4.2.1.1 Imprevistos en impresiones 3D

Los costos de impresión 3D por hora dependen del material, por lo cual la hora de impresión con el material de PLA es de \$2.5 y para TPU es de \$3. Se ha creado una tabla que detalla las horas de impresión junto con sus respectivos costos.

**Tabla 4-5:** Costo de imprevistos en PLA

PLA	Porcentaje de relleno	Tiempo de impresión	Costo por hora	Costo final
Antebrazo	70%	23:43min	2,5	58,57
Dedo índice	15%	00:58min	2,5	1,45
<b>TOTAL</b>				<b>60,02</b>

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

**Tabla 4-6:** Costo de imprevistos en TPU

TPU	Porcentaje de relleno	Tiempo impresión	Costo por hora	Costo final
Socket	100%	22:45min	3	67,35
Socket	30%	17:33min	3	51,99
<b>TOTAL</b>				<b>119,34</b>

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

#### 4.2.1.2 Costo de la prótesis final

**Tabla 4-7:** Costo de impresión en PLA

PLA	Porcentaje De Relleno	Tiempo De Impresión	Costo Por Hora	Costo Final
Dedos	15%	2:22min	2,5	5,55
Palma	15%	4:57min	2,5	11,42
Antebrazo	30%	19:41min	2,5	48,52
<b>TOTAL</b>				<b>65,49</b>

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

**Tabla 4-8:** Costo de impresión en TPU

TPU	Porcentaje de relleno	Tiempo de impresión	Costo por hora	Costo final
Socket	15%	15:12min	3	45,36
TOTAL				45,36

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

**Tabla 4-9:** Costo final de impresión de la prótesis

Impresión PLA	65,49
Impresión TPU	45,36
Materiales	64,3
TOTAL	175,15

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

#### 4.2.1.3 Costo total de impresiones 3D

**Tabla 4-10:** Costo total de impresión

PLA	125,51
TPU	164,7
TOTAL	290,21

Realizado por: Alcocer D., y Puente S., 2024.

## CONCLUSIONES

La indagación de las medidas antropométricas fue fundamental para crear la prótesis personalizada que se ajustara de manera óptima a las dimensiones y características físicas específicas del usuario. Estos datos precisos no solo garantizaron la comodidad del usuario, sino que también fueron esenciales para optimizar la funcionalidad y la efectividad de la prótesis. En última instancia, esta atención a los detalles físicos del usuario aseguró que la prótesis no solo fuera estéticamente atractiva, sino también totalmente adaptada a sus necesidades individuales, promoviendo así su aceptación y uso continuo.

Al considerar las características y requisitos del diseño temático, no solo se crea una prótesis estéticamente atractiva, sino que también se aumenta la motivación intrínseca del usuario para su uso regular. Este método incluye componentes que coinciden con los intereses del usuario, creando un vínculo emocional con la prótesis que fomenta su aceptación y participación en actividades diarias y sociales. Mejora el bienestar emocional y la calidad de vida del usuario al fortalecer su sentido de identidad y autoconfianza esta integración.

Modelar prótesis utilizando métricas similares a las dimensiones de la extremidad superior derecha del usuario no sólo garantizan un ajuste preciso, sino también la funcionalidad y la optimización lo ayuda a integrarse en las actividades diarias cotidianas. Este método asegura que con la prótesis se adapta perfectamente a la anatomía del usuario, minimizando cualquier incomodidad o movimientos. Además, al proporcionar un ajuste adecuado, puede mejorar la capacidad de los usuarios para realizar diversas actividades sin ninguna dificultad, lo que promueve al usuario a tener independencia y confianza. Por último, la personalización no solo optimiza la utilidad de la prótesis, sino que también contribuye significativamente a la calidad de vida del usuario, permitiéndole participar plenamente en su entorno y alcanzar su máximo potencial al sentirse cómodo.

El uso de la fabricación aditiva es un invento revolucionario en la creación de prótesis. Facilita la producción eficiente y personalizada donde se puede reducir los costos y tiempos de producción. Ofreciendo flexibilidad para adaptarse y mejorar de acuerdo a las necesidades del usuario. Como también permite una rápida interacción con el diseño, nos facilita a hacer mejoras y optimiza la vida de la prótesis con el tiempo.

## RECOMENDACIONES

Establecer un programa de seguimiento durante unos días con el usuario y su familia para evaluar la funcionalidad y comodidad de la prótesis durante el tiempo de uso. Esto permitirá detectar cualquier necesidad de ajuste o mejora en la prótesis y garantizar que el usuario se sienta como para que se adapte adecuadamente a medida que el usuario crece.

Proporcionar una charla al usuario y a su familia sobre el uso adecuado y el mantenimiento de la prótesis para que sea durable. Además, asegurarse de ofrecer un apoyo para abordar cualquier pregunta o inquietud que puedan surgir durante el uso diario de la prótesis.

Emplear un enfoque iterativo en el proceso de diseño de la prótesis utilizando el modelado 3D, donde permita realizar ajustes y mejoras según las retroalimentaciones obtenidas durante el seguimiento con el usuario. Esto nos garantiza que la prótesis evolucione para satisfacer mejor las necesidades del usuario medida que va desarrollándose y maximizar su funcionalidad y comodidad a lo largo del tiempo.

Mantenerse al tanto de los avances en tecnología de impresión 3D y probar nuevas técnicas y materiales que puedan mejorar la calidad, durabilidad y estética de la prótesis. El XTC es especialmente para las piezas impresas en 3D pero si no se tiene cuidado afecta a la salud, el uso del material sin las medidas de seguridad necesarias en el momento de realizar la mezcla. Para eso se puede experimentar con otra marca o tipo de sellantes que de un acabado visualmente atractivo para el usuario.

Se sugiere que la prótesis se mantenga protegida de los elementos ambientales, particularmente el agua y el sol, para preservar la integridad del sistema de luz. Es fundamental resguardar la prótesis de la exposición a la humedad, o directamente en el sol ya que el agua podría afectar negativamente el funcionamiento y la durabilidad de los componentes electrónicos. Y el sol puede afectar más a lo estético puede causarle manchas a la prótesis. Mediante estas precauciones, se asegura que la prótesis mantenga su funcionalidad óptima y su aspecto estético a lo largo del tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACURIO MALDONADO, S.A. y RIVAS PINTO, P.A.**, Desarrollo de una prótesis de mano, acoplable al muñón, para jóvenes con mutilaciones traumáticas. [en línea], (Trabajo de titulación) Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ingeniería en Diseño Industrial. Quito, Ecuador. 2017. [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1926>.
2. **ALL3DP**. *Los mejores programas para impresoras 3D de 2023*. [Blog] 2023 [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/#cura>.
3. **CANO SÁNCHEZ, Andrés**. Estudios e implementación de actuadores basados en aleaciones SMA. (Trabajo de titulación) UNIVERSIDAD CARLOS III, Departamento Ingeniería de Sistemas y Automática. 2010, [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: [29401918.pdf \(core.ac.uk\)](#)
4. **AUTODESK**, *Manual Autodesk Maya 2010*. [en línea]. 2010. [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.manualpdf.es/autodesk-maya/2010/manual>.
5. **BERCHON, M. y LUYT, Y.B.** *LA IMPRESIÓN 3D*. [en línea] Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2016, [consulta: 6 marzo 2024]. Disponible en: [www.ggili.com.mx](http://www.ggili.com.mx).
6. **CHICAIZA HERRERA, Jorge Dario**, Estudio Ergonómico y Antropométrico de la prótesis en sus Miembros Superiores. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas. Latacunga, Ecuador. 2019, <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5454>
7. **CRISTOBAL, L. y POZO, A.** Diseño mecánico de 24 prototipos de prótesis de mano escalables para niños de 6 a 12 años utilizando software cad. *Polo del conocimiento* [en línea] 2021 Ecuador. (Edición núm. 53) Vol. 5, No 12 [consulta: 21 noviembre 2023] ISSN: 2550 - 682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8042557>
8. **DOCTORIUS**. *Prótesis Transradial de Miembro Superior - Doctorius.mx*. [blog] México, 2022. [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://doctorius.mx/protesis/protesis-transradial/>.

9. **GONZÁLEZ, Carlos Arce.** *Niveles de Amputación.* [blog].2005 [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.arcesw.com/niveles.htm>.
10. **VELA SÁNCHEZ, Eduardo.** *Los amputados y su rehabilitación.* [en línea] México, Academia Nacional de Medicina de México, 2016. ISBN 978-607-443-623-5 [consulta: 19 noviembre 2023].
11. **ERES MAMÁ.** ¿Por qué los superhéroes son importantes para los niños? *ERES MAMÁ.* ¿[En línea]. Equipo Editorial, 2022 [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://eresmama.com/los-superheroes-importantes-los-ninos/>.
12. **MEJÍA, Farid,** Propuesta formal estética de diseño de prótesis para niños con amputaciones. [en línea] (Trabajo de titulación) Institucion Universitaria Pascual Bravo, Facultad de Producción y Diseño, Tecnología en Gestión del Diseño Gráfico. Medellín, Colombia, 2023. [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/2038>
13. **FISCHER LP, P.W.F.B., PLANCHAMP W y FISCHER B.** “The first total hip prostheses in man. Prótesis articulares de cadera de metal sobre metal: una serie de casos retrospectiva que investiga la asociación de la toxicidad sistémica con las concentraciones séricas de cobalto y cromo” *Revista de Toxicología Médica* [en línea]. 2017 13, 321–328. [consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.clinicalgaitanalysis.com/history/prosthetics.html>.
14. **GAILEY, R.S., ROACH, K.E., APPLGATE, E.B., CHO, B., CUNNIFFE, B., LICHT, S., MAGUIRE, M. y NASH, M.S.,** The Amputee Mobility Predictor: An instrument to assess determinants of the lower-limb amputee’s ability to ambulate. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [en línea], 2002. vol. 83, no. 5, [consulta: 21 noviembre 2023]. ISSN 00039993. DOI 10.1053/AMPR.2002.32309. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es-es/professional/temas-especiales/miembro-prot%C3%A9sico/generalidades-sobre-las-pr%C3%B3tesis-de-los-miembros>.
15. **GRIMMER, Tamsin.** *Jugamos a ser superhéroes* [en línea]. Narcea Ediciones, 2022 [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books/about/Jugamos\\_a\\_ser\\_superh%C3%A9roes.html?id=Pc-IEAAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Jugamos_a_ser_superh%C3%A9roes.html?id=Pc-IEAAAQBAJ&redir_esc=y)

16. **HERAS, D; et al.** “Psicología, ciencia y profesión: afrontando la realidad”. *International Journal of Developmental and Educational Psychology INFAD Revista de Psicología, N°1* [en línea], vol. 1, [consulta: 20 noviembre 2023]. ISSN 0214-9877. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17060/ijodaep.2016.n1.v1.217>.
17. **HORUSTECH.** *Medical 3D printing*. [blog]. Guayaquil, Ecuador [Consulta: 2 enero 2024]. Disponible en: <https://horustech.ec/medical-3d-printing/>.
18. **IMPRESORAS 3D PLUS.** *Qué es el filamento PLA en impresión 3D - Impresoras 3D PLUS*. [en línea]. [Consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://impresoras3dplus.com/que-es-el-filamento-pla/>.
19. **JOHANNA GOLDBERG.** On Paré and Prosthetics. *ANZ Journal of Surgery* [en línea], vol. 77, no. 12, [consulta: 18 noviembre 2023]. ISSN 14451433. Disponible en: <https://nyamcenterforhistory.org/tag/pieter-adriaanszoon-verduyn/>.
20. **JORQUERA ORTEGA, A.** *Fabricación digital: Introducción al modelado e impresión 3D*. [en línea], [consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3012296/>
21. **JOTABUS.** *¿Qué tipo de discapacidad es una amputación?* [blog]. [consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.jobatus.es/noticias/que-tipo-de-discapacidad-es-una-amputacion>.
22. **KIM, N.** Un breve recorrido por la historia de la protésica. *InMotion* [en línea]. diciembre 2007, vol. 17 (7) [consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.academia.edu/31668206/Un\\_breve\\_recorrido\\_por\\_la\\_historia\\_de\\_la\\_prot%C3%A9sica](https://www.academia.edu/31668206/Un_breve_recorrido_por_la_historia_de_la_prot%C3%A9sica).
23. **LEKUONA AMUNDARAIN; et al.** “El diseño paramétrico como herramienta creativa en diseño de producto”. *Técnica industrial* [en línea], 2023, no. 329, [consulta: 20 noviembre 2023].

ISSN 0040-1838. Disponible en: <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/119/7636/a7636.pdf>

24. **LUBRIZOL**. *¿Qué es el TPU?* [blog]. [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://espanol.lubrizol.com/Engineered-Polymers/About/What-is-TPU>.
25. **M. ALICIA**. *Simplify3D, ¿un laminador 3D para profesionales? - 3Dnatives*. [blog]. [consulta: 3 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/simplify3d-laminador-profesionales/>.
26. **MANUEL, J; et al**. “Robótica y prótesis inteligentes”. *Revista Digital Universitaria* [en línea], 2004 [consulta: 18 noviembre 2023]. ISSN 1067-6079. Disponible en: <http://world.honda.com/ASIMO/>.
27. **MARIANO BUCCO**. La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de San Andrés. Buenos Aires - Argentina. 2016. Págs. 20-23. [Consulta: junio 2016]. Disponible en: <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/11878/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.M.%20Ges.%20Bucco%2C%20Mariano.pdf>
28. **OBSERVATORIO DE LA DISCAPACIDAD FÍSICA**. *La discapacidad física: ¿qué es y qué tipos hay?* [blog]. [consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.observatoridiscapacitat.org/es/la-discapacidad-fisica-que-es-y-que-tipos-hay>
29. **OMS**. *Discapacidad*. [blog]. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>.
30. **ORTIZ MURILLO, E; et al**. “Síndrome de bridas amnióticas: caso clínico y revisión del tema”. *Progresos de Obstetricia y Ginecología*, [En línea], 2011, (España) 2 vol. 54, no. 4, ISSN 0304-5013. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-progresos-obstetricia-ginecologia-151-articulo-sindrome-bridas-amnioticas-caso-clinico-S0304501311000756>
31. **OYARZÚN EBENSPERGER, E**. “Anomalías congénitas”. [En línea], vol. 12, no. 09, [consulta: 18 noviembre 2023]. ISSN 0717-6384. DOI 10.5867/MEDWAVE.2012.09.5537. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rhog/v85n4/0717-7526-rhog-85-04-0358.pdf>

32. **PALACIOS GUZMÁN MIGUEL; et al.** *Estudiantes universitarios por la inclusión.* [En línea]. Quito-Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala, 2023. [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25673/4/ESTUDIANTES%20UNIVERSITARIOS%20POR%20LA%20INCLUSIO%CC%81N.pdf>
33. **PAOLA, B.R. & VILLEDA.** *Introducción a Blender: Manual de usuario.* [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad del Salvador. [consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/518671077/Manual-Blender>
34. **PIAGET, J.** *Desarrollo cognitivo.* [blog]. [consulta: 2010]. Disponible en: <https://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1GLSVP9CH-PV9NK9-H11/Desarrollo%20Cognitivo.pdf>
35. **PLAZA MARCELO y LEAL ISABEL.** *Método proyectual.* [blog]. [consulta: 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/229786185/metodos-proyectuales-varios>
36. **PORTALTIC.** *Crean una mano robótica super resistente.* [blog]. [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.europapress.es/portaltic/gadgets/noticia-crean-mano-robotica-super-resistente-20110201102914.html>
37. **SUÁREZ, A; et al.** *Interpretación y manejo de la geometría poligonal, para la creación de superficies y modelos digitales 3D.* [blog]. [Consulta: 2017] Disponible en: [www.rhino3d.com/nurbs/](http://www.rhino3d.com/nurbs/).
38. **TIERRA ALAN.** *Desarrollo de una prótesis mioeléctrica de brazo de bajo costo, para un niño de un año de edad con el defecto congénito de brida amniótica.* [en línea]. [consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.infogen.org.mx/bandas-amnioticas-sindrome-de-bandas-amnioticas/>.
39. **UNIVERSIDAD DE PEREIRA.** *Guía de rehabilitación para el médico general Persona con amputación persona con Amputación,* [Consulta: 2013]. ISSN 1090-7807. Disponible en: <https://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GUIA-AMPUTADOS.pdf>



## ANEXOS

### ANEXO A: Encuesta al usuario

1. ¿En una escala del 1 al 10, qué tan similar consideras que es tu prótesis a la armadura de Ironman? (0 punto)

[Más detalles](#)

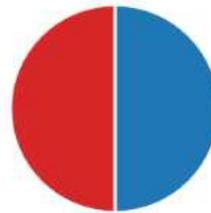
Promotores	1
Pasivos	0
Detractores	0



2. ¿La prótesis de Ironman te da una sensación de bienestar y comodidad? (0 punto)

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> Muy cómoda	1
<span style="color: orange;">●</span> Neutral	0
<span style="color: green;">●</span> Incómoda	0
<span style="color: red;">●</span> Muy cómoda	1



3. ¿Cuál es tu parte favorita del diseño de Ironman? (0 punto)

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> Aspecto visual	0
<span style="color: orange;">●</span> Funcionalidad	1
<span style="color: green;">●</span> Comodidad	0
<span style="color: red;">●</span> Otra	0



4. Si la respuesta en la pregunta 3 es la opción "OTRA" especifique aquí (0 punto)

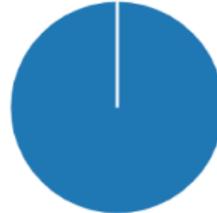
0  
Respuestas

Respuestas más recientes

5. ¿Recomendarías este tipo de diseño temático para otros usuarios? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Sí	1
● No	0



6. ¿Qué tan fácil es moverse con la prótesis de Ironman y hacer las cosas que te gustan? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Súper fácil	0
● Fácil	1
● Más o menos	0
● Un poco difícil	0
● Muy difícil	0



7. ¿Te sientes seguro con la prótesis de Ironman en tu brazo? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Muy seguro	1
● Seguro	0
● No sé	0
● Un poco inseguro	0
● Nada seguro	0



## ANEXOS B: Encuesta al representante

1. ¿Con qué frecuencia el usuario utiliza la prótesis de Ironman? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Todos los días	0
● Varias veces a la semana	1
● Ocasionalmente	0
● No usa	0



2. ¿Cómo calificaría la seguridad de la prótesis de Ironman en términos de su ajuste y sujeción al brazo del usuario? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Muy segura	1
● Segura	0
● Neutral	0
● Poco segura	0
● Nada segura	0



3. ¿Cómo describiría la adaptabilidad de la prótesis de Ironman a las actividades diarias del usuario? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Muy adaptable	0
● Adaptable	1
● Neutral	0
● Poco adaptable	0
● Nada adaptable	0



4. ¿El usuario se siente identificado o emocionado al usar una prótesis con temática de Ironman? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Si	1
● No	0



5. ¿La prótesis de Ironman proporciona una sensación de confort y comodidad para el niño durante su uso? (0 punto)

[Más detalles](#)

<input checked="" type="radio"/>	Muy cómoda	1
<input type="radio"/>	Cómoda	0
<input type="radio"/>	Neutral	0
<input type="radio"/>	Incómoda	0
<input type="radio"/>	Muy incómoda	0



6. ¿Cómo evaluaría la ergonomía de la prótesis de Ironman en relación con la facilidad de movimiento y la adaptación a las actividades diarias del usuario? (0 punto)

[Más detalles](#)

<input checked="" type="radio"/>	Muy ergonómica	1
<input type="radio"/>	Ergonómica	0
<input type="radio"/>	Neutral	0
<input type="radio"/>	Poco ergonómica	0
<input type="radio"/>	Nada ergonómica	0



7. ¿El diseño de Ironman ha afectado positivamente la confianza y autoestima del usuario? (0 punto)

[Más detalles](#)

<input checked="" type="radio"/>	Si	1
<input type="radio"/>	No	0

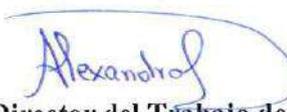




**epoch**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 8/03/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
DELIA ALEJANDRA ALCOCCER CASTELO SONIA ESTHEFANIA PUENTE CAZORLA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> DISEÑO GRÁFICO
<b>Título a optar:</b> LICENCIADO EN DISEÑO GRÁFICO
  <b>Firma del Director del Trabajo de Titulación</b>
  <b>Firma del Asesor del Trabajo de Titulación</b>