



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

**“MODELADO 3D PERSONALIZADO Y CREACIÓN DE
PRÓTESIS EXTERNA DEL DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, PARA
UN FUNCIONAMIENTO BIOMECÁNICO EFICIENTE.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
Tipo: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
Para optar el Grado Académico de:
INGENIERO EN DISEÑO GRÁFICO

AUTOR: PEDRO ANTONIO QUINGA ESCOBAR

TUTOR: LIC. RAMIRO DAVID SANTOS POVEDA

Riobamba – Ecuador

2018

©2018, Antonio Quinga

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.

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: MODELADO 3D PERSONALIZADO Y CREACIÓN DE PRÓTESIS EXTERNA DEL DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, PARA UN FUNCIONAMIENTO BIOMECÁNICO EFICIENTE, de responsabilidad del señor Pedro Antonio Quinga Escobar, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Dr. Julio Santillán

**VICEDECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Lcdo. Ramiro Santos

**DIRECTOR DE ESCUELA
DE DISEÑO GRÁFICO**

Lcdo. Ramiro Santos

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Diana Olmedo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Pedro Antonio Quinga Escobar soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados presentados en este Trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

ANTONIO QUINGA

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, esposa e hija, quienes han estado conmigo en el proceso de estudio, brindándome su apoyo en los días de tristeza permitiéndome alcanzar un escalón más en mi vida, y seguir luchando para un futuro mejor.

Apoyándome con su amor incondicional y su confianza en cada momento de mi vida como estudiante y ahora como profesional.

Antonio

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitir que este sueño se convierta en realidad, brindándome salud y bienestar mientras permanecía lejos de mis padres.

A mis padres María Elena Escobar y Pedro Quinga, que a lo largo de este proceso fue contribuyendo no solo en lo económico sino en lo afectivo.

Al Doctor Sixto Mera (usuario de la prótesis) quien permitió que el proyecto se convirtiera en realidad.

Un gran y profundo agradecimiento al Ingeniero Ramiro Santos, Director de Trabajo de Titulación y a la Ingeniera Diana Olmedo quienes han permitido que este proyecto se haga realidad, gracias a su paciencia y motivación.

Antonio

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Discapacidad.....	4
1.1.1 <i>Datos estadísticos en el Ecuador</i>	4
1.1.2 <i>La discapacidad física</i>	5
1.1.2.1 <i>Enfermedades Congénitas</i>	6
1.1.2.2 <i>Accidentes laborales</i>	6
1.1.2.3 <i>Amputación de miembro superior</i>	6
1.1.2.4 <i>Tipos de amputación del miembro superior</i>	7
1.2 La mano humana.....	7
1.2.1 <i>Músculos y Tendones de la mano</i>	10
1.2.2 <i>Sistema sensorial</i>	11
1.2.2.1 Mecanorreceptores.....	12
1.2.2.2 Termorreceptores.....	12
1.2.2.3 Proprioceptores.....	13
1.2.2.4 Nociceptores.....	14
1.2.3 <i>Función de la mano</i>	14
1.3 Tipos de presión.....	15
1.3.1 <i>Presas digitales</i>	15
1.3.1.1 Pinzas por oposición terminal.....	15
1.3.1.2 Pinzas por oposición subterminal.....	15
1.3.1.3 Pinzas por oposición subterminolateral.....	16
1.3.1.4 Pinzas interdigitales laterolateral.....	17
1.3.2 <i>Presas Pluridigitales</i>	17

1.3.2.1	Las presas tridigitales.	17
1.3.2.2	Las presas tetradigitales.	18
1.3.2.3	Las presas pentadigitales.	18
1.3.3	Presas palmares.	19
1.3.3.1	Presas Digitopalmar.	19
1.3.3.2	Presas palmar con la totalidad de la mano.....	19
1.3.4	Presas centradas.	20
1.4	Antropometría.	21
1.4.1	Antropometría de la mano	22
1.5	Ergonomía.	23
1.5.1	Intervención ergonómica.	23
1.6	Prótesis.	23
1.6.1	Historia.	24
1.6.2	Tipos de prótesis MS. (Miembro Superior).	26
1.6.2.1	Por encima del codo.	27
1.6.2.2	Por debajo del codo.	27
1.6.2.3	Parciales de mano.	28
1.6.3	Clasificación de las prótesis.	29
1.6.3.1	Prótesis estéticas.....	30
1.6.3.2	Prótesis funcional....	30
1.6.3.2.1	Mecánicas.	30
1.6.3.2.2	Eléctricas.	31
1.6.3.2.3	Neumáticas.	32
1.6.2.2.4	Mioeléctricas.	33
1.6.2.2.5	Híbrida.	33
1.7	Modelado 3D	34
1.7.1	Técnicas de modelado	35
1.7.2	Impresión 3D	37
1.7.3	Métodos de impresión	37
1.7.3.1	Impresión por inyección.....	37
1.7.3.2	Modelado por deposición de fundente.....	38
1.7.3.3	Fotopolimeración	38
1.7.4	Material de impresión (Filamento)	38
1.7.4.1	ABS (Acrlonitrilo Butadieno Estireno)	38
1.7.4.2	PLA (Polilactida)	38

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	39
2.1	Tipo de investigación	39
2.2	Métodos y técnicas	39
2.2.1	<i>Métodos.</i>	40
2.2.2	<i>Técnicas</i>	40
2.2.3	<i>Instrumento</i>	40
2.3	Metodología del diseño	40
2.3.1	<i>Problema</i>	42
2.4	Análisis antropométrico de la mano (usuario)	47
2.5	Evaluación de la prensión (usuario)	48
2.6	Análisis psicológico del usuario	49
2.7	Características del producto	49
2.8	Funciones de las prótesis	49
2.9	Propuesta de prótesis	50
2.1	<i>Modelo inicial</i>	53

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS	54
3.1	Presentación de resultados	54
3.2	Diseño y elaboración de prototipo prótesis	54
3.3	Validación de prototipo	55
3.3.1	<i>Evaluación de la prótesis vs usuario</i>	65
3.4	Validación de la hipótesis	65
3.5	Análisis de resultados	71

	CONCLUSIONES	72
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	73
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - 2:	Medidas antropométricas mano.....	41
Tabla 2 - 2:	Medidas de los falanges de la mano.....	41
Tabla 3 - 2:	Medidas de los falanges de la mano.....	42
Tabla 4 - 2:	Tabla característica del usuario.....	48
Tabla 1 - 3:	Análisis prótesis.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - 1:	Extremidad superior	7
Figura 2 - 1:	Partes óseas de la mano	8
Figura 3 - 1:	Aducción y Abducción	8
Figura 4 - 1:	Oposición	9
Figura 5 - 1:	Flexión y Extensión	9
Figura 6 - 1:	Flexión y extensión de las articulaciones	10
Figura 7 - 1:	Flexión y extensión de las articulaciones metacarpofalángicas.....	10
Figura 8 - 1:	Músculos y tendones de la mano	11
Figura 9 - 1:	Sistema sensorial.....	11
Figura 10 - 1:	Mecanorreceptores	12
Figura 11 - 1:	Termorreceptores.....	12
Figura 12 - 1:	Propiorreceptores	13
Figura 13- 1:	Termorreceptores	14
Figura 14- 1:	Pinzas por oposición terminal	15
Figura 15 - 1:	Pinzas por oposición subterminal	16
Figura 16 - 1:	Pinzas por oposición subterminolateral	16
Figura 17 - 1:	Pinzas interdigitales laterolateral	17
Figura 18 - 1:	Las presas tridigitales	17
Figura 19 - 1:	Las presas tetradigitales	18
Figura 20 - 1:	Las presas pentadigitales	18
Figura 21 - 1:	Las presas digitopalmar	19
Figura 22 - 1:	Presas palmar con la totalidad de la mano	19
Figura 23 - 1:	Presas palmar con la totalidad de la mano	20
Figura 24 - 1:	Dimensiones humanas de mayor uso para el diseñador de espacios interiores.....	21
Figura 25 - 1:	Dimensiones de la mano	22
Figura 26 - 1:	Dimensiones de los dedos	22
Figura 27 - 1:	Historia	24
Figura 28 - 1:	Niveles de amputacion de brazo	27
Figura 29 - 1:	Niveles de amputación por debajo el codo	27
Figura 30 - 1:	A nivel de las articulaciones Interfalángicas	28
Figura 31 - 1:	Dedos Trinfalángicos	28
Figura 32 - 1:	Pluridigitales	29

Figura 33 - 1:	Carpó	29
Figura 34 - 1:	Modelo 3D	35
Figura 35 - 1:	Técnicas de modelado.....	36
Figura 1 - 2:	Boceto previo	49
Figura 2 - 2:	Dimensiones prototipo	50
Figura 3 - 2:	Dimensiones falange proximal. Escala	50
Figura 4 - 2:	Dimensiones falange media	51
Figura 5 - 2:	Dimensiones falange distal	51
Figura 1 - 3:	Modelado Render.Capsule.	55
Figura 2 - 3:	Modelado Render.Formación.....	55
Figura 3 - 3:	Modelado Render. Formación y base.....	55
Figura 4 - 3:	Modelado Render. Formación de uña.....	56
Figura 5 - 3:	Modelado Render. Operaciones.....	56
Figura 6 - 3:	Modelado Render. Operaciones.....	57
Figura 7 - 3:	Modelado Render. Operaciones.....	57
Figura 8 - 3:	Modelado Render. Formación de falange proximal.....	58
Figura 9 - 3:	Modelado Render. Formación falange proximal V.F.....	58
Figura 10 - 3:	Modelado Render. Formación falange proximal V.F.....	59
Figura 11 - 3:	Modelado Render. Falange proximal.....	59
Figura 12 - 3:	Modelado Render. Falange media.....	60
Figura 13 - 3:	Modelado Render. Falange media.....	60
Figura 14 - 3:	Modelado Render. Falange media.....	61
Figura 15 - 3:	Modelado Render. Falange media.....	61
Figura 16 - 3:	Modelado Render. Falange media.....	62
Figura 17 - 3:	Modelado Render. Falange media.....	62
Figura 18 - 3:	Modelado Render. Falange distal.....	63
Figura 19 - 3:	Modelado Render. Falange distal.....	63
Figura 20 - 3:	Modelado Render. Falange distal.....	64
Figura 21 - 3:	Modelado Render. Composición.....	64
Figura 22 - 3:	Modelado Render. Elementos.....	64

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 - 1:	Brazo de hierro propiedad de Alt-Ruppin.....	25
Fotografía 2 - 1:	Prótesis de mano de hierro propiedad de Götz von Berlichingen.....	25
Fotografía 3 - 1:	Prótesis dedos Estéticos.	31
Fotografía 4 - 1:	Prótesis de Nick Brookins llamad “Knick Finger”.....	32
Fotografía 5 - 1:	Prótesis de Nick Brookins llamad “Knick Finger”.....	32
Fotografía 6 - 1:	Prótesis mano eléctrica	33
Fotografía 7 - 1:	Prótesis de Mano Shadow.....	33
Fotografía 8 - 1:	Prótesis de mano propiedad de Jason Micallef.....	34
Fotografía 9 - 1:	Prótesis de brazo y mano híbrida.....	35
Fotografía 1 - 2:	Impresión 3D.....	38
Fotografía 2 - 2:	Pinzas terminal.....	43
Fotografía 2 - 2:	Pinzas subterminal	44
Fotografía 4 - 2:	Pinzas subterminolateral.....	44
Fotografía 4 - 2:	Pinzas interdigitales laterolateral	45
Fotografía 6 - 2:	Las presas tridigitales.....	45
Fotografía 7 - 2:	Las presas tetradigitales.....	45
Fotografía 8 - 2:	Las presas pentadigitales.....	46
Fotografía 9 - 2:	Las presas digitopalmar.....	46
Fotografía 10 - 2:	Las presas palmar total.....	47
Fotografía 11 - 2:	Las presas centradas.....	47
Fotografía 12 - 2:	Las presas centradas.....	48
Fotografía 1 - 3:	Pinzas terminal.....	50
Fotografía 2 - 3:	Pinzas subterminal	65
Fotografía 3 - 3:	Pinzas subterminolateral.....	66
Fotografía 4 - 3:	Pinzas interdigitales laterolateral	66
Fotografía 5 - 3:	Las presas tridigitales.....	67
Fotografía 6 - 3:	Las presas tetradigitales.....	67
Fotografía 7 - 3:	Las presas pentadigitales.....	68
Fotografía 8 - 3:	Las presas digitopalmar.....	68
Fotografía 9 - 3:	Las presas palmar total.....	69
Fotografía 10 - 3:	Las presas centradas.....	69
Fotografía 11 - 3:	Prótesis conjunto.....	70

Fotografía 12 - 3:	Prótesis terminada.....	71
Fotografía 13 - 3:	Prótesis arte.....	72

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar un prototipo 3D personalizado del dedo índice izquierdo, para un funcionamiento biomecánico eficiente. El prototipo se elaboró basado en la metodología de Bruno Munari. Se realizó un análisis antropométrico y ergonómico del usuario, para determinar las medidas de la prótesis y su posterior modelado en Autodesk 3D Max. El cuerpo sólido de la prótesis fue impreso en filamento Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), su mecanismo de movimiento está conformado por tensiones. La presentación estética de la prótesis mantiene rasgos identificativos del usuario como color y forma que genera un conjunto homogéneo con los dedos restantes. El prototipo podrá cambiar dependiendo las características del usuario. La impresión 3D permite generar prototipos con varios materiales, generando diferentes acabados que contengan características que el usuario desee, ayudando de manera psicológica al paciente para su pronta recuperación y aceptación de la pérdida. La iniciativa generada por la Ingeniera Balvina Romero de la escuela de Diseño Gráfico de la Escuela Superior Politécnica Chimborazo, con su prototipo tridimensional de prótesis externa para reemplazo de pierna y pie, con el actual trabajo de investigación prototipo de prótesis dedo índice izquierdo tienen el compromiso de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad ya que ellos también son parte de la población económicamente activa de un país. Se recomienda que estos tipos de proyectos cuenten con el apoyo de empresas quienes generen soluciones rápidas al usuario permitiendo su pronta inclusión a sus actividades.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <DISEÑO GRÁFICO>, <BIOMECÁNICA >, <MODELADO DE PRÓTESIS>, <DISEÑO DE PRÓTESIS>, <DEDO ÍNDICE IZQUIERDO>, <IMPRESIÓN 3D >.

SUMMARY

The present tiling work had as objective to desing a customized 3D prototype of the left index finger, for an efficient biomechanical operation. The prototype was developed base don Bruno Munari´s methodology. An anthropomrtric and ergonomic analysis of the user was performed to determine the measurements of the prosthesis and its subsequent modeling in Autodesk 3D Max. The solid body of the prosthesis was printed on filament Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS). Its mechanism of movement is made up of tensions. The aesthetic presentation of the prosthesis maintains identifying features of the user as color and shape that generates a homogeneous set with the remaining fingers. The prototype may change depending on the user´s características. 3D printing allows to generate prototypes with various materials, generating different finishes that contain characteristics that the user desires, helping the patient in a psychological way for their quick recivery and acceptance of the loos. The initiative generated by the Engineer Balvina Romero of the school of Graphic Desing of the Superior Polytechnic School of Chimborazo, with its three-dimensional prototype of external prosthesis for remplacemnt of leg and foot, with the current work of prototype research of left index finger prosthesis have the commitment to improve the quality of life of people with disabilities since they are also part of the economically active population of a country. It is recommended that these types of projects have the support of compains that generate quick solutions to the user allowing their prompt inclusion in their activities.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY, AND ENGINEERING SCIENCE>, <GRAPHIC DESIGN>, <BIOMECHANICS>, <PROSTHESIS MODELING>, <PROSTHESIS DESIGN>, <FINGER LEFT INDEX >, <3D PRINTING>.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En el Ecuador no existen lugares donde se personalicen prótesis, en su mayoría son importadas y posteriormente improvisadas para la adaptación en el usuario, sin un análisis ergonómico o antropométrico para su elaboración, estas prótesis generalmente son estándar las cuales no son estéticas ni funcionales. La funcionalidad de las prótesis personalizadas parten desde la motivación del paciente al adaptarse a la pérdida de su miembro permitiendo tener una aceptación óptima a la prótesis, la misma tendrá medidas antropométricas del usuario para dar uniformidad entre los otros miembros. Las personas que pierden una parte de su cuerpo presentan dificultad al momento de realizar sus actividades diarias, ya que ellos no pueden aplicar la función del miembro perdido. Lo que desmotiva al usuario a continuar con su proceso normal de vida.

El mundo ha obtenido grandes avances en la medicina que han permitido a las personas mejorar su calidad de vida. Desde tiempos inmemorables la prótesis se la creó con el fin de reemplazar el miembro perdido, permitiéndole así al usuario continuar con sus actividades, en las épocas marcadas por el dolor debido a las guerras existentes. Teniendo que pasar más de 2000 años para perfeccionar y mejorar las deficiencias existentes en la prótesis originarias.

En los años 50 se le brinda una mejor característica de adaptación a la prótesis, el usuario se beneficia al generar una mejor movilidad y estabilidad disminuyendo los riesgos en su contacto prótesis versus usuario.

En el Ecuador el programa Misión Solidaria Manuela Espejo desde el mes de octubre del año 2012 al 2015, a cargo de la vicepresidencia en ese entonces representada por el Señor Lenin Moreno, se convirtió en la pionera en creación de prótesis externas, mediante el sistema CAD-CAM (modelos tridimensionales para impresión). Según los datos alojados por la página web Secretaría Técnica para la Gestión Inclusiva en Discapacidades proyectan resultados de 1.932 prótesis, que fueron desarrolladas entre miembros superiores e inferiores en el periodo de 2012 a 2015.

El gobierno ha mostrado un gran apoyo a las personas con capacidades especiales brindándoles gratuidad en su proceso de recuperación, Según el Consejo Nacional de Discapacitados (CONADIS), existen más de 1.600.000 personas con discapacidades que representa el 13,2% de la población total.

En la actualidad la impresión 3D se ha convertido en el principal método para la creación de objetos involucrado áreas como la arquitectura, mecánica, moda, gastronomía, medicina, etc. La impresión parte de materiales comunes como el plástico e incluso cedulas humanas; existen varios procesos de impresión teniendo en común la utilización de software de modelado 3D que posteriormente enviarán la información a la impresora la cual continuará el proceso en varias capas hasta formar el cuerpo.

A nivel nacional existen dos guayaquileños Livingston y Geovanni que en el año 2016 utilizaron diferentes tipos de plásticos para confeccionar una prótesis, que puede ser diseñada a la medida de cada paciente. No utilizan componentes electrónicos, pero gracias al diseño y ensamblaje a través de cuerdas especiales, el paciente tiene la capacidad de mover los dedos y manipular objetos. Fabricar una prótesis de mano toma alrededor de 26 horas, y el proceso de medición, diseño, confección, ensamblaje, prueba y entrega podría realizarse en una semana.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ya se inicia el estudio para la aplicación de este tipo de proyectos, siendo pionera la Ingeniera. Romero Balvina, con el tema; Diseño de prototipos tridimensionales de prótesis externa para el remplazo de pierna y pie por amputación infragénica en humanos en el año de 2016.

Formulación del problema

Según cifras obtenidas del Concejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) en febrero de 2017, dice que en el país existen 418.001 personas con algún tipo de discapacidad siendo el 47.07% es decir 196.758 personas con algún tipo de discapacidad física, identificando a la provincia del Guayas con un mayor índice.

El doctor Sixto Mera pertenece a este grupo producto de un accidente laboral a la edad de 27 años que provoco la pérdida de su dedo índice izquierdo. El cual será remplazado por el prototipo cubriendo las necesidades de movilidad y de manipulación.

Justificación teórica

En el Ecuador no existe lugares que presenten servicios de impresión personalizado de prótesis, los cuales contengan un análisis antropométrico y ergonómico previo a su producción, en base a este estudio se conseguirá una prótesis efectiva permitiendo la pronta inclusión en el sector laboral y social al usuario, mejorando así su calidad de vida. El proyecto de investigación permitirá avanzar con los posibles prototipos de prótesis como sustituto de dedos que han sido amputados debido a accidentes laborales, enfermedades, etc. Con la finalidad de ayudar al

usuario en la manipulación de objetos. Además de contar con un diseño que contengan las características propias del usuario, permitiendo su pronta y efectiva adaptación a la prótesis. Utilizando herramientas de 3D para la creación de los prototipos para la posible solución.

Hipótesis

- El diseño biomecánico personalizado de la prótesis del dedo índice izquierdo será estético y eficiente.

Objetivo General

- Diseñar una prótesis personalizada externa del dedo índice izquierdo, para un funcionamiento biomecánico eficiente.

Objetivos Específicos

- Analizar la ergonomía aplicada a rutinas diarias por el usuario, con pérdida del dedo índice izquierdo.
- Analizar el funcionamiento biomecánico del dedo índice izquierdo.
- Realizar el modelado virtual personalizado del dedo índice izquierdo.
- Realizar la impresión 3D de la prótesis personalizada del dedo índice izquierdo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.

1.1 Discapacidad.

La Real Academia Española, RAE, define el término “discapacidad” como “cualidad de discapacitado”. Y a su vez, de la palabra “discapacitado” menciona: “Dicho de una persona: Que tiene impedida o entorpecida alguna de las actividades cotidianas consideradas normales, por alteración de sus funciones intelectuales o físicas.”

El diagnóstico por profesionales médicos consideran que la discapacidad tiene un origen bio-médico, que generan cambios en su estructura y función corporal o mental, consecuencia de enfermedades o traumas. Siendo tratadas en forma terapéutica o compensatoria (prótesis), generalmente son tratadas de forma individual. (Alarcón, 2014)

La Organización de las Naciones Unidas, Instituciones de derecho humanos y Organizaciones no gubernamentales define el concepto discapacidad como evolutivo y que “resulta de la interacción entre personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno” consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales. En un nivel del 30 % En su capacidad biológica, psicológica y asociativa para el desarrollo de actividades diarias. Puesto que presenta una disminución, supresión temporal o permanente de sus capacidades. (Ministerio de Relaciones Laborales, 2013)

El estado reconoce y garantiza a toda persona con discapacidad el mejoramiento de su calidad de vida en ámbitos como la inclusión o reinserción en trabajos, garantiza el derecho de la salud y asegura el acceso a los servicios de prevención, atención especializada permanente y prioritaria. (CONADIS, 2014)

1.1.1 Datos estadísticos en el Ecuador.

La discapacidad es considerada como limitaciones, impedimentos o dificultades que tiene el ser humano, para ejecutar diferentes actividades en su vida cotidiana. La discapacidad puede ser producto de enfermedades o por accidentes, llegando hacer estas lesiones temporales o permanentes. En Ecuador, a través de investigaciones realizadas por el Consejo Nacional de Discapacitados (CONADIS), existen más de 1.600.000 personas con discapacidades que representa el 13,2% de población total.” Las discapacidades más comunes es movilidad reducida, resultado de alteraciones morfológicas en el esqueleto, en los miembros,

articulaciones, ligamentos, tejidos, musculatura y sistema nervioso que limita al usuario su movilidad.

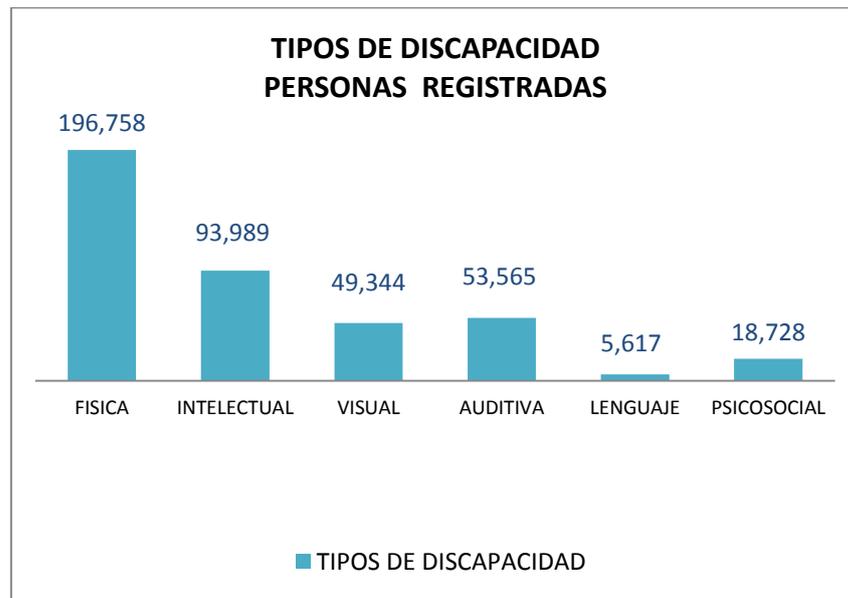


Gráfico 1 – 1: Tipos de discapacidad personas registradas.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

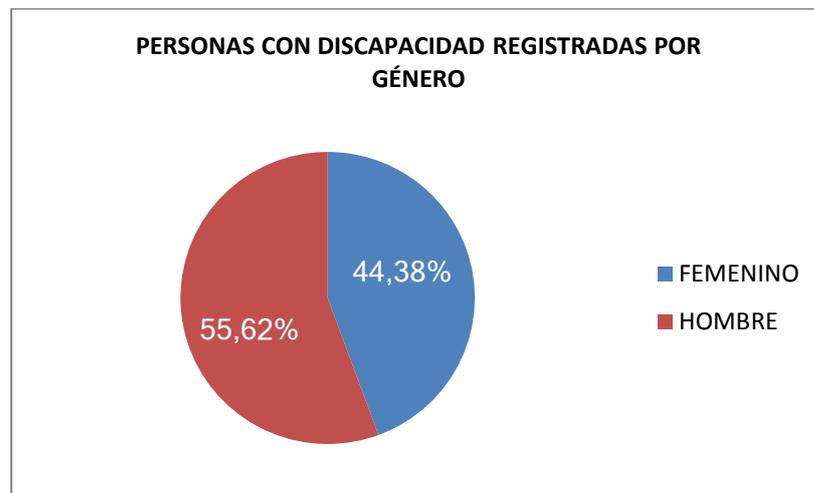


Gráfico 2 – 1: Personas con discapacidad registradas por género.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

1.1.2 *La discapacidad física*

Las discapacidades físicas afectan a las extremidades superiores, inferiores y al aparato locomotor. Se producen debido a las malformaciones o anomalías físicas originadas en su nacimiento, enfermedad, accidentes y por irregularidades en el sistema nervioso que ocasionan una parálisis de extremidades. Lo que dificulta al hombre para caminar, comer, correr

manipular objetos con las manos, ascender o descender gradas, entre otras. Estas deficiencias se evidencian en amputaciones, paraplejia, etc. (González, 2015)

1.1.2.1 Enfermedades congénitas

La palabra congénito, significa que está presente en el momento del nacimiento, debido a complicaciones por parto prematuro, complicaciones en el parto mismo, factores genéticos, infecciones, estado nutricional de la madre y el factor ambiental afectando al bebe en su pleno desarrollo. (Guzman, 2004)

1.1.2.2 Accidentes laborales.

Según el IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) un accidente de trabajo es considerado a todo suceso imprevisto y repentino que ocasiona una lesión corporal, perturbación funcional, o la muerte inmediata o posterior, como consecuencia del trabajo que ejecuta en usuario en sus actividades.

1.1.2.3 Amputación de miembro superior.

Las amputaciones de extremidades superiores es un problema de carácter mundial en la salud pública, siendo estas las primeras al contacto con los objetos, ya que son el apoyo de las diferentes actividades del ser humano; por esta razón son los de mayor riesgo de pérdida. (Contreras Bizama, 2010)

Una amputación puede ser causada por un accidente o enfermedad. La cual afecta al paciente de manera psicológica y física. El paciente debido a la pérdida de su miembro puede ser factor de discriminación por las demás personas ya que esta altera su presentación o imagen, afectando considerablemente su autoestima, la amputación puede ser temporal o permanente afectando sus costumbres y quizás sufra la pérdida de su trabajo. Debemos tener en cuenta que dependiendo el tipo de la amputación esta se dividirá en:

- Desarticulación de la muñeca.
- Desarticulación del hombro.
- Desarticulación del codo.
- Amputación parcial de mano.
- Interescapulo – Torácico.
- Amputación transhumeral (por encima del codo).
- Amputación transradial (por debajo del codo).

- Desarticulación de la muñeca.

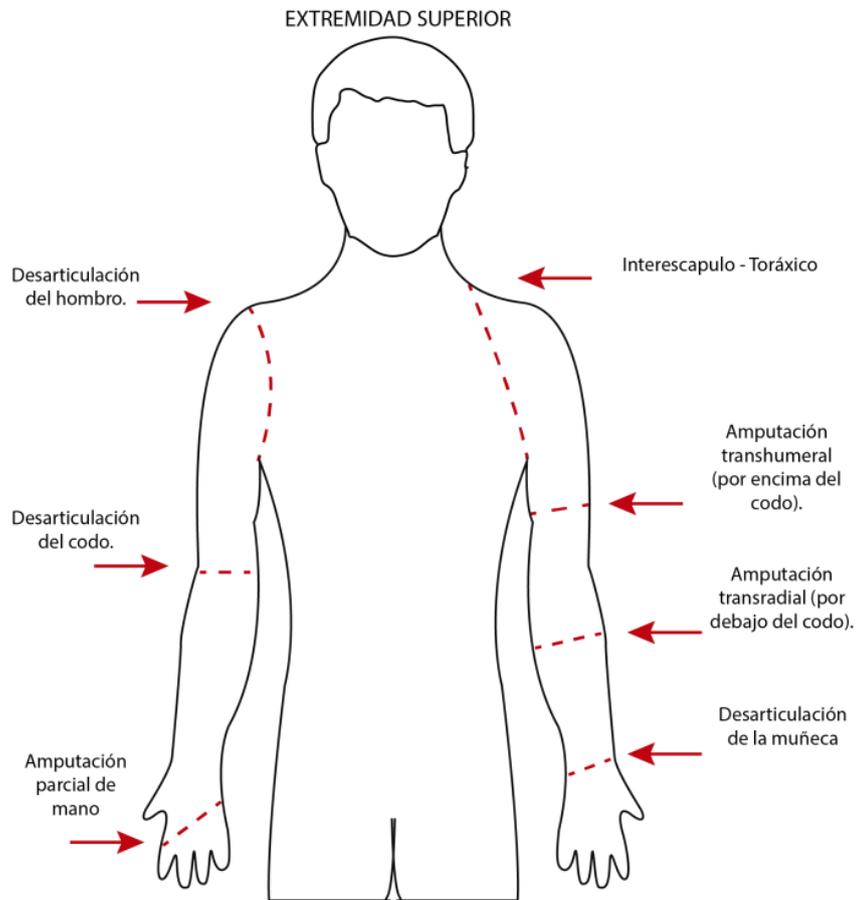


Figura 1 – 1: Extremidad superior.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2017. Fuente: <http://centrobionico.com/pages/protesis.php>.

1.2 La mano humana.

Es el órgano principal en el ser humano pues efectúa diversas tareas y es el principal receptor de estímulos, en los dedos se encuentra la mayor sensibilidad presente en el hombre. Debido a las actividades desarrolladas por el hombre involucra el contacto directo de los dedos con los elementos del ambiente. Su estructura compleja se divide en un sistema de huesos, ligamentos, tendones que flexionan y extienden, músculos intrínsecos con sus respectivos tendones y nervios.

La mano presenta una forma plana y ancha, en la parte céntrica se percibe un hueco dividido en tres pliegues superiores, medio e inferior. Cuenta con un total de veintisiete huesos, subdivididos ocho en la región del carpo esqueleto de la muñeca, cinco huesos metacarpianos ocupando toda la palma de la mano y catorce falanges conformadas por cinco distales, cuatro medias y cinco proximales observa Fig. 4. (Chávez Nancy, 2014)

PARTES ÓSEAS DE LA MANO

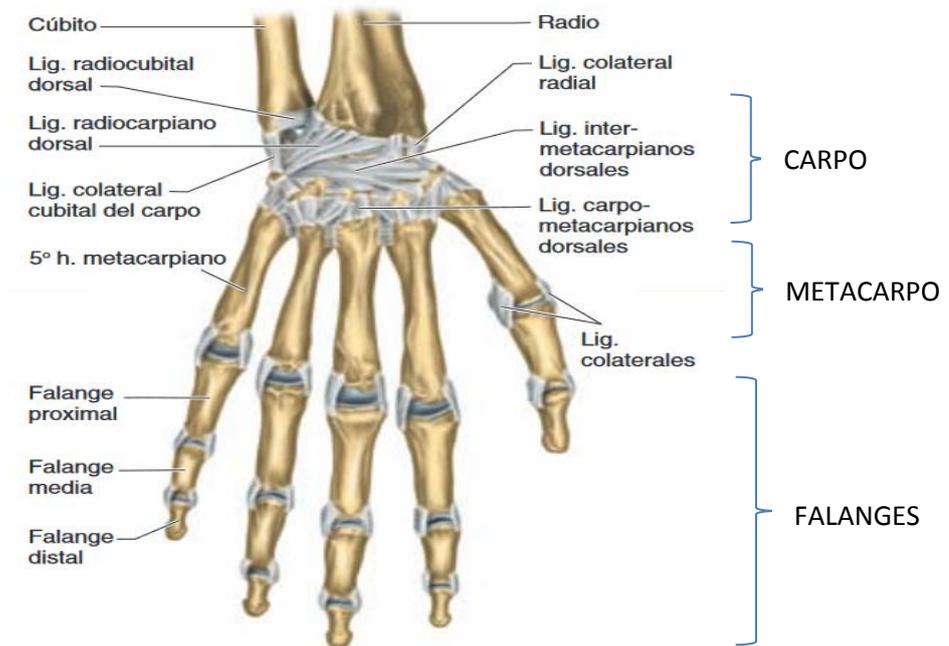


Figura 2 – 1: Partes óseas de la mano.

Fuente: <http://biologiafotosdibujosimagenes.blogspot.com/2011/10/huesos-de-la-mano-del-cuerpo-humano.html>.

Los dedos índice, medio, anular y meñique se encuentran conformados por tres falanges, distal, intermedia y proximal. El dedo pulgar tiene solo dos falanges distal y proximal. El dedo pulgar se convierte en el soporte, en la ejecución pinza pulgar vs dedos, sin él no existiría precisión en las actividades ejecutadas por la mano. Expresan los siguientes movimientos:

- Aducción y Abducción con una amplitud de (35 - 40) grados.

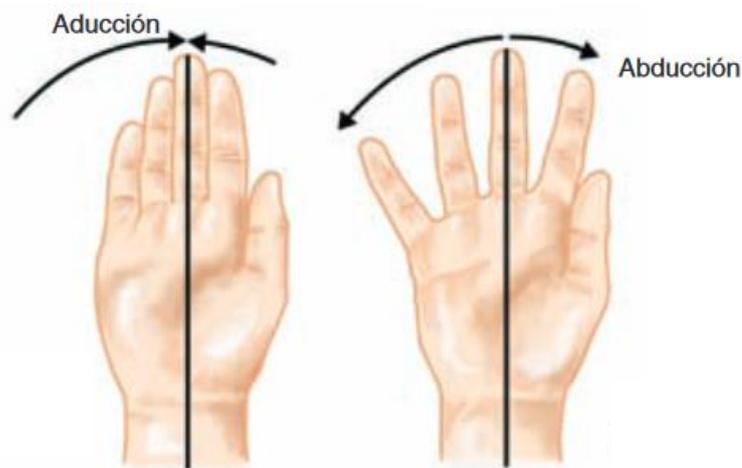


Figura 3 – 1: Aducción y Abducción.

Fuente: Tomado de Fisiología Articular (6 edición) - Miembro Superior – Kapandji

- Oposición con una amplitud de (45 - 60) grados ejecutando un movimiento de precisión.

Oposición



Figura 4 – 1: Oposición.

Fuente: Fisiología Articular - Miembro Superior – Kapandji

- Flexión y Extensión del dedo pulgar.

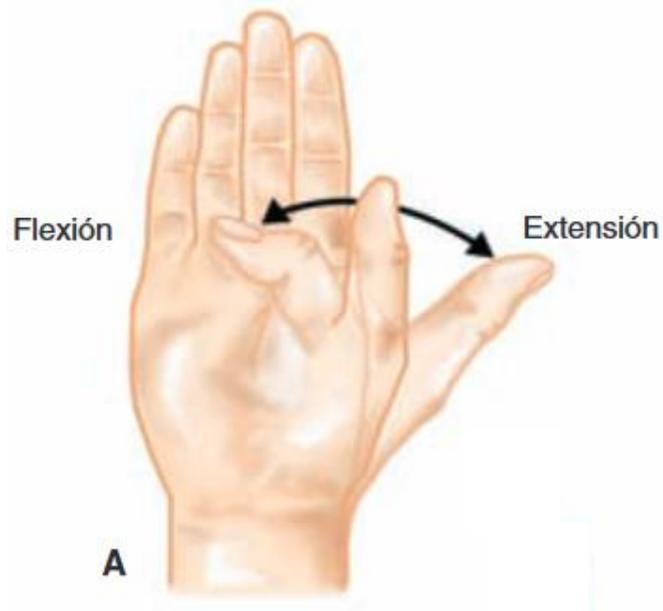


Figura 5 –1: Flexión y Extensión.

Fuente: Tomado de Fisiología Articular (6 edición) - Miembro Superior – Kapandji.

- Flexión y extensión de las articulaciones interfalángicas proximales y distales.

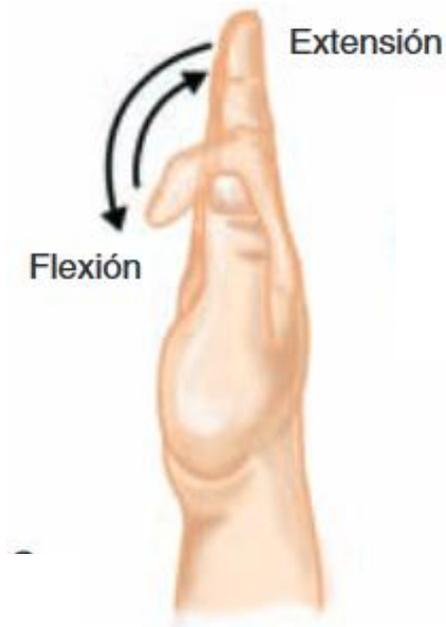


Figura 6 – 1: Flexión y extensión de las articulaciones.

Fuente: Tomado de Fisiología Articular (6 edición) - Miembro Superior – Kapandji.

- Flexión y extensión de las articulaciones metacarpofalángicas.

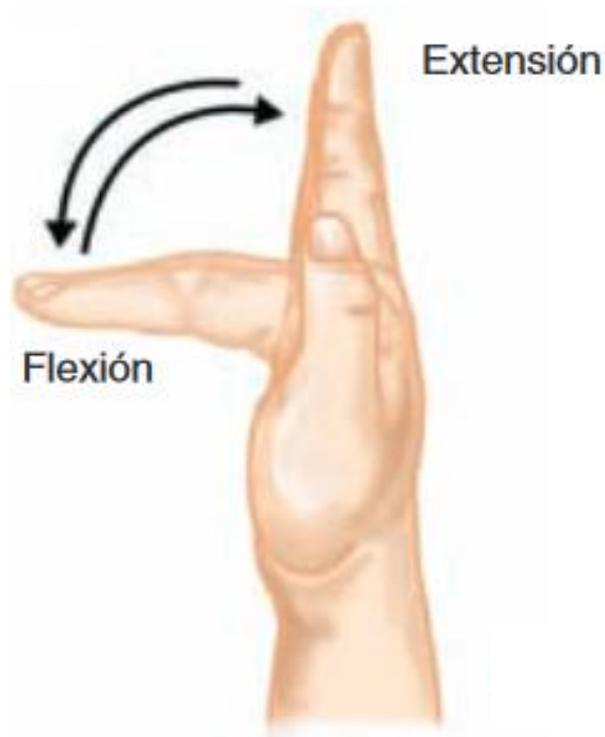


Figura 7 – 1: Flexión y extensión de las articulaciones metacarpofalángicas.

Fuente: Tomado de Fisiología Articular (6 edición) - Miembro Superior – Kapandji.

1.2.1 *Músculos y tendones de la mano.*

En la estructura muscular de los dedos están presentes tres grupos. Los flexores extrínsecos subdivididos en flexor profundo y superficial. Los extensores extrínsecos y los interóseos. Ver Figura 7-2.

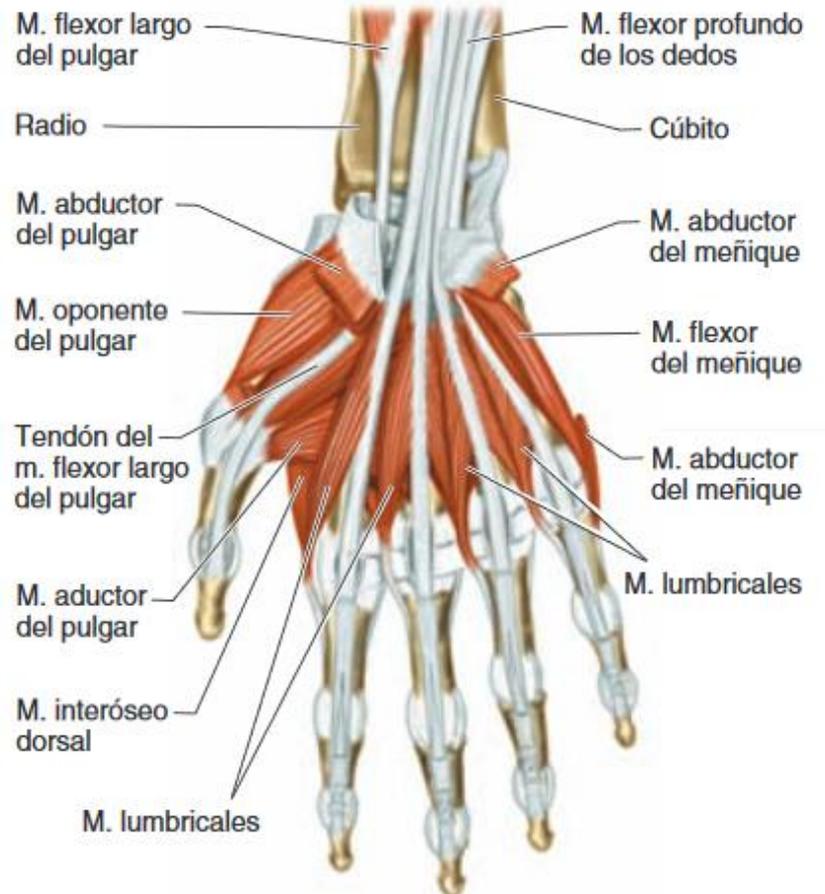


Figura 8 – 1: Musculos y tendones de la mano.

Fuente: <http://fibromialgianoticias.com/dolor-de-manos-en-fibromialgia/>

1.2.2 *Sistema sensorial.*

El sistema sensorial es el que permite al hombre sentir mediante su cuerpo las diversas variaciones de estímulos, afectados a través de la piel; son situaciones o experiencias como presión, roce, contacto, vibración, temperatura, etc. Como aviso de dolor, calor, etc. Que están al contacto con la piel. Los receptores sensoriales están distribuidos por todo el cuerpo humano en la región de la dermis. Un estímulo activa varios receptores provocando una reacción capaz de codificar un estímulo, como la intensidad, duración, posición, velocidad, etc. (Albán, 2010)

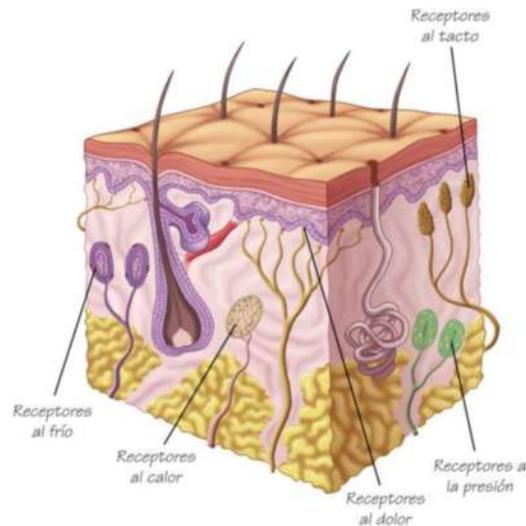


Figura 9 – 1: Sistema sensorial.

Fuente: Tomada de <http://www.ponceleon.org/revista10/index.php/curiosidades.html>.

1.2.2.1 Mecanorreceptores.

Son receptores sensibles a las deformaciones físicas, su función es la de monitorear la presión del corazón, la distensión de los órganos digestivos y la vejiga. Existen dos tipos de mecanorreceptores los que se encuentran en la piel que constan con pelo como brazos y las que carecen de pelo como las palmas de la mano.

- El Corpúsculo de Pacini.
- Terminaciones de Ruffini.
- Corpúsculos de Meissner.
- Disco de Merkel.
- Receptor de los Folículos pilosos.

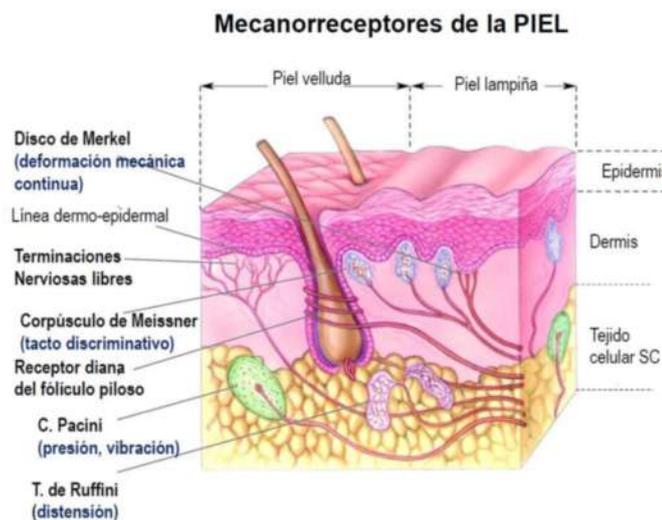


Figura 10 – 1: Mecanorreceptores.

Fuente: Tomada de <http://www.aula2005.com/html/cn3eso/13organssentits/13organssentitses.htm>.

1.2.2.2 Termorreceptores.

La mayoría de células sensoriales existentes en el cuerpo humano reaccionan a situaciones de temperatura, el principal es el cerebro por su complejidad. El cuerpo se debe mantener en un rango de temperatura no menor a 37° y no superar los 40.5°. Las neuronas termorreceptores encargadas de monitorear el frío superan a las del calor. Estas se encuentra en la piel, hipotélamo y el la medula espinal que ayudan al control de la temperatura corporal. Ver Figura 10-2.

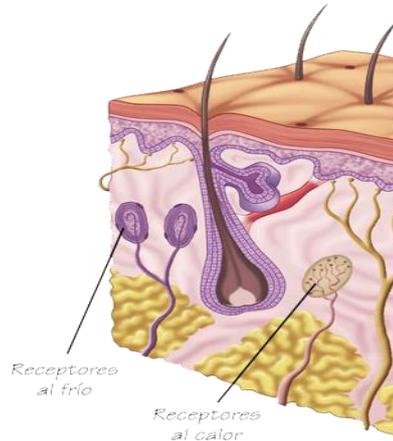


Figura 11 – 1: Termorreceptores.

Fuente: Tomada de <http://www.aula2005.com/html/cn3eso/13organssentits/13organssentitses.htm>

1.2.2.3 Propiorreceptores.

Encargados de enviar la información a nuestro organismo interno, está sensibilidad generada permite identificar de una forma relativa los movimientos producidos por el cuerpo y su velocidad de los mismos, ayudando a la exploración e manipulación de objetos. Se encuentran en las articulaciones, ligamentos y músculos los que se encuentran en los músculos su función es de medir la longitud y el alcance de estiramiento.

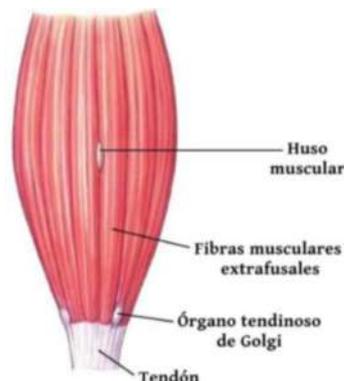


Figura 12 – 1: Propiorreceptores.

Fuente: <http://monoyoga.es/tag/anatomia-y-fisiologia-2/>

1.2.2.4 Nociceptores.

Su función es muy importante para el hombre, los nociceptores detentan la sensación de dolor lo que ayuda la sobrevivencia del hombre convirtiéndose en el primer mecanismo de defensa, accionándose como una alarma en las posibles afectaciones de nivel riesgoso que podría encontrarse expuesto el hombre. Los nociceptores está en todo el cuerpo excepto en el cerebro. Lo que ayuda a los médicos en la examinación del paciente aplicando solo anestesia local.

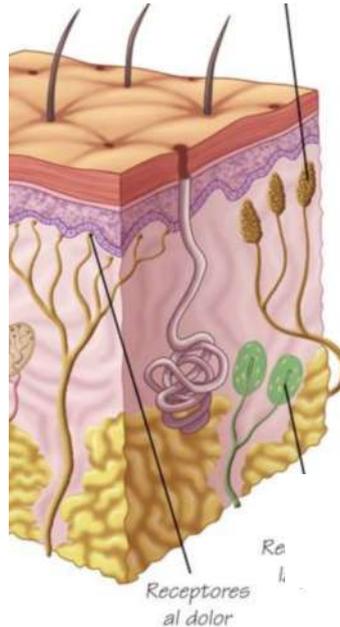


Figura 13 – 1: Termorreceptores.

Fuente: <http://www.aula2005.com/html/cn3eso/13organssentits/13organssentitses.htm>

1.2.3 Función de la mano.

La mano es la principal carta de presentación del hombre, conformada de músculos fusionados con huesos que permiten el movimiento, nervios que ayudan al tacto, ligamentos que sirven de sujeción, piel y uñas estética. Gracias a ellos podemos realizar una infinidad de actividades como:

- Medio de comunicación (lenguaje de señas).
- Medio de defensa.
- Alimentación.
- Emocional (caricias).
- Higiene.

1.3. Tipos de presión.

La presión es una de las principales funciones de la mano, está relacionada con la forma y objeto a presionar, permitiendo al hombre transformar sus ideas intangibles en formas tangibles como los artesanos al ejecutar sus grandes obras, médicos en sus cirugías, conductores en sus autos, etc. Kapandji expone tres tipos de presión presa propiamente dichas, presas con gravedad y presas con acción. Las presas propiamente dichas se subdividen en presas digitales, palmares y presas centradas.

1.3.1 Presas digitales.

Se asemeja a una pinza. Se genera a través del funcionamiento del pulgar-índice, se subdividen en pinzas por oposición terminal, pinzas por oposición subterminal, pinzas por oposición subterminallateral, pinzas interdigitales laterolateral.

1.3.1.1 Pinzas por oposición terminal.

Proporciona una precisión al sujetar objetos de bajo volumen (aguja, pelo) se la considera la pinza más pequeña.

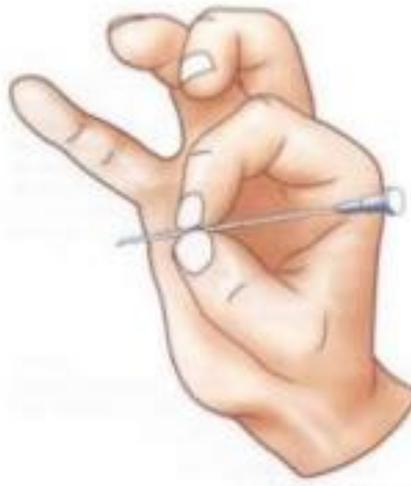


Figura 14 – 1: Pinzas por oposición terminal.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.1.2 Pinzas por oposición subterminal.

Permite manipular objetos de un mayor volumen (lápiz, hojas de papel) genera firmeza por el pulgar y el dedo índice. Ver Figura 2– 3.



Figura 15 – 1: Pinzas por oposición subterminal.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.1.3 *Pinzas por oposición subterminolateral.*

Se la identifica cuando se sujeta una moneda, este sistema puede suplir un subterminal o terminal cuando el hombre ha sufrido una amputación el dedo índice a nivel de los dos últimos falanges.



Figura 16 – 1: Pinzas por oposición subterminolateral.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.1.4 *Pinzas interdigitales laterolateral.*

Permite sujetar objetos con el lado interno lateral de dos dedos. Ver Figura 4–3.



Figura 17 – 1: Pinzas interdigitales laterolateral.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular.

1.3.2 *Presas Pluridigitales.*

Generan una sujeción de mayor precisión y firmeza que las estudiadas anteriormente, se dividen en presas tridigitales, presas tetradigitales, presas pentadigitales.

1.3.2.1 *Las presas tridigitales.*

Intervienen el dedo índice y medio se utiliza con frecuencia en la alimentación del hombre.



Figura 18 – 1: Las presas tridigitales.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.2.2 *Las presas tetradigitales.*

Intervienen el pulgar, índice, medio en relación al objeto. Ver Figura 6– 3.



Figura 19 – 1: Las presas tetradigitales.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.2.3 *Las presas pentadigitales.*

Entran en actividad todos los dedos, generalmente para objetos de mayor volumen.

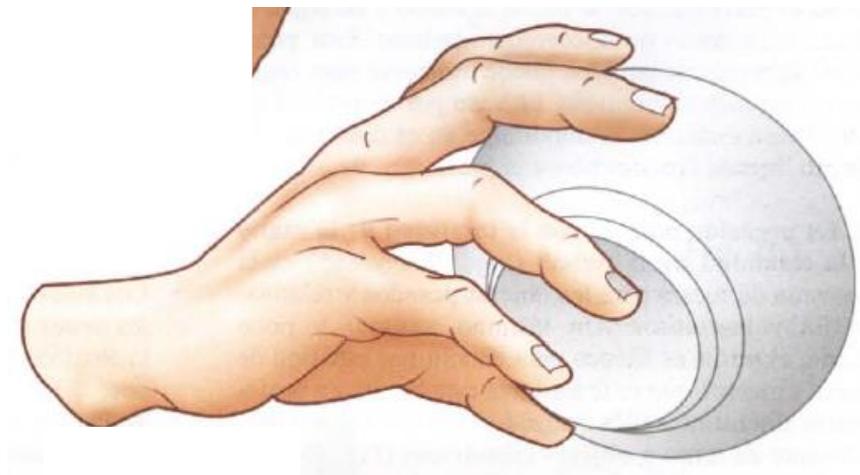


Figura 20 – 1: Las presas pentadigitales.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.3 *Presas palmares.*

En este sistema de sujeción intervienen además de los dedos la palma de la mano. Se divide dependiendo la inclusión del dedo pulgar en sus actividades en presión digitopalmar y palmar con la totalidad de la mano.

1.3.3.1 *Presas Digitopalmar.*

Involucra la palma de la mano y los cuatro dedos últimos, se utiliza esta presa en objetos de formas cilíndricas, cubicas entre un intervalo de 3 a 4 centímetros con una mayor firmeza. Los dedos se encuentran flexionados presionando hacia la palma de la mano, no existe una participación del dedo pulgar lo que permite al objeto deslizarse ya que no existe un bloqueo de seguridad. Mientras mayor sea el diámetro del objeto influenciara en la firmeza del mismo.



Figura 21 – 1: Las presas digitopalmar.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.3.2 *Presas palmar con la totalidad de la mano.*

Proporcionan presión para objetos de mayor peso y volumen, este último condiciona la fuerza de sujeción considerando una sujeción perfecta cuando el dedo pulgar puede conectarse con el dedo índice, la mayoría de elementos que se encuentra en contacto de sujeción son fabricados con empuñaduras para su fácil manipulación previniendo accidentes.



Figura 22 – 1: Presas palmar con la totalidad de la mano.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.3.4 *Presas centradas.*

Realizan una simetría entorno al eje longitudinal, en este sistema intervienen el dedo pulgar, los dedos medio, anular, meñique flexionados y el dedo índice en extensión completa y presión.

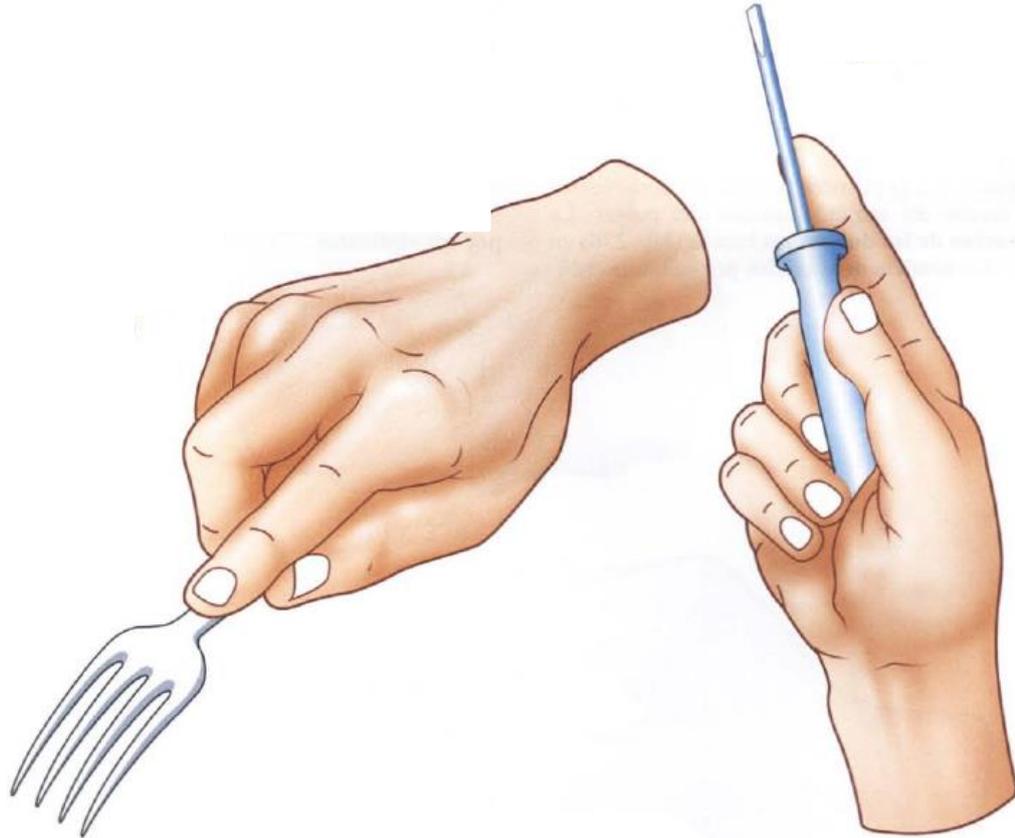


Figura 23 – 1: Presas palmar con la totalidad de la mano.

Fuente: Kapandji, 2006. Fisiología Articular

1.4 **Antropometría.**

El hombre debido a sus actividades cotidianas se encuentran en contacto directo con el entorno, lo que convierte a la antropometría en la ciencia principal en el estudio del individuo, la importancia de un estudio previo de las dimensiones del cuerpo humano disminuirá el riesgo de accidentes ocasionados por la mala construcción de infraestructuras. Debido a falencia de análisis antropométrico adecuado el desempeño del hombre versus el entorno siempre será una constante.

La antropometría es la recopilación de información mediante ejercicios de medición del cuerpo humano, los que influirán en el diseño de entornos, se los categoriza por la edad, sexo, raza y grupo laboral. Siendo estos las posibles mediciones Fig. 1- 4. (Julius Panero, 1996, p.23)

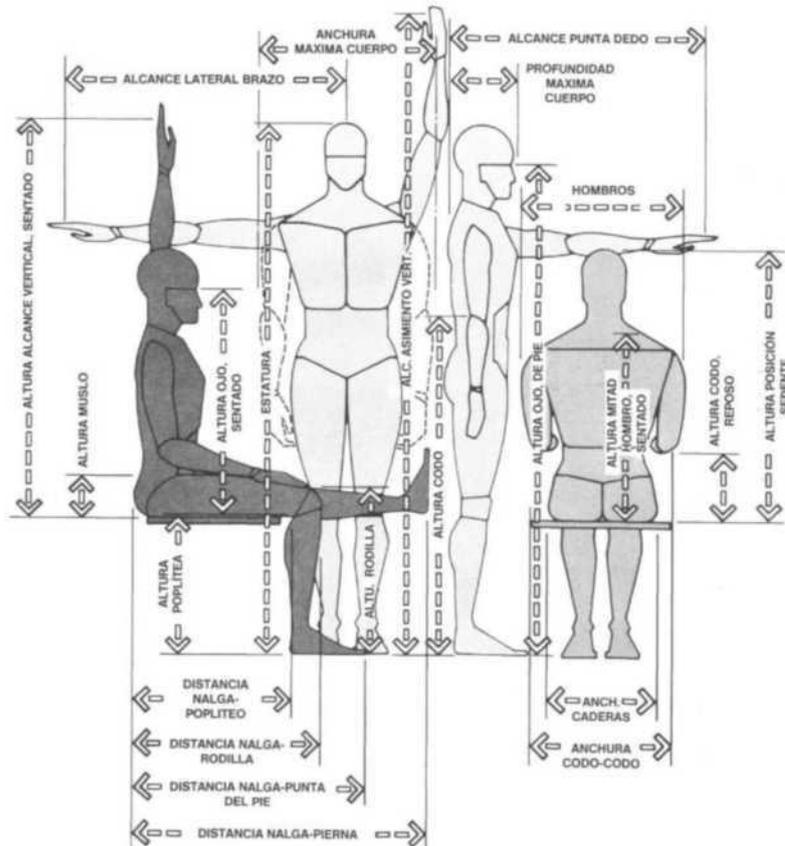


Figura 24 – 1: Dimensiones humanas de mayor uso para el diseñador de espacios interiores.

Fuente: Tomado de Julius Panero.

La antropometría se define como el estudio de dimensiones y las proporciones del cuerpo humano, en la actualidad se aplican en profesiones como la ingeniería, la arquitectura, ergonomía, etc. El estudio antropométrico permite recomendar en base a datos adquiridos la elaboración adecuada de objetos como sillas, diseño de prótesis o ayudas ortopédicas e incluso asesorar en estructuras arquitectónicas donde se desempeña el hombre. (Lesmes, 2007)

Antropometría describe las diferencias cuantitativas, tomando en cuenta la estructura anatómica de las dimensiones del cuerpo humano, ayudando a la adaptación del hombre a su entorno. Al hablar de antropometría Mondelo la clasifica en estática que recopila datos de dimensión con el cuerpo sin movimiento, la antropometría dinámica se tomó en consideración la resultante de movimientos ligados a la biomecánica para su medición. (Mondelo, 2001, p. 61-62)

1.4.1 *Antropometría de la mano.*

En un porcentaje mayor las actividades realizadas por el hombre son ejecutadas mediante sus manos, las que proporcionan una destreza combinada con precisión. Complementa con la fuerza y un control óptimo de sus movimientos.

DIMENSIONES DE LA MANO

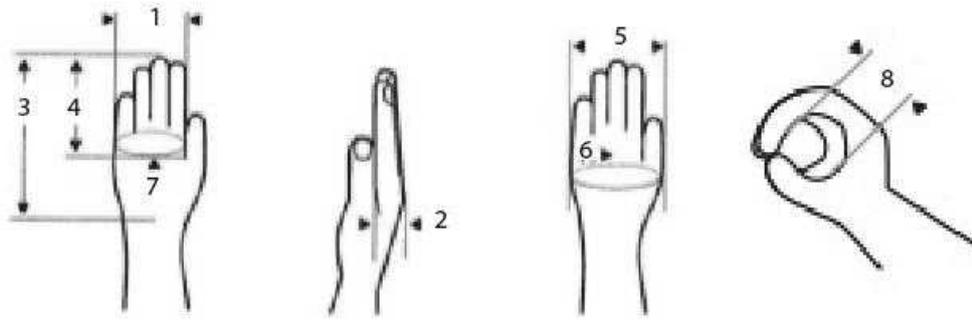


Figura 25 – 1: Dimensiones de la mano.

Fuente: Tomado de Julius Panero.

1. Anchura palmar.
2. Espesor palmar.
3. Longitud de la mano.
4. Longitud de dedos.
5. Anchura de la mano.
6. Circunferencia de la mano.
7. Circunferencia palmar.
8. Diámetro empuñadura.

DIMENSIONES DE LOS DEDOS.

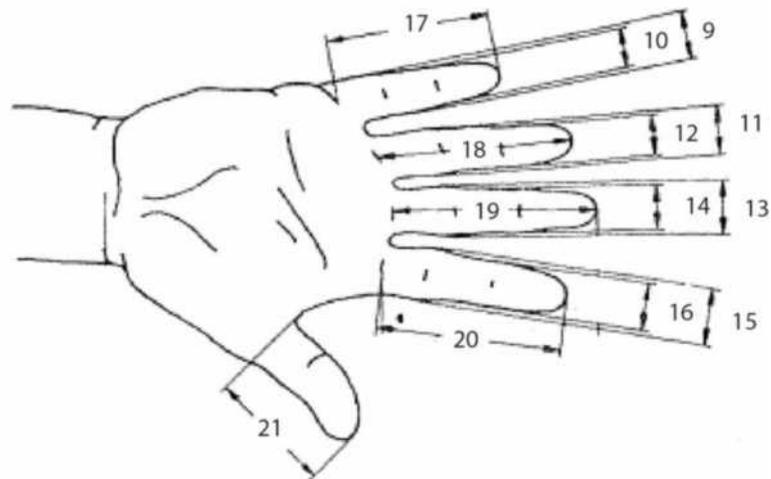


Figura 26 – 1: Dimensiones de los dedos.

Fuente: Tomado de Julius Panero.

1. Ancho del meñique en la palma de la mano.
2. Ancho del meñique próximo de la yema.
3. Ancho del dedo anular en la palma de la mano.
4. Ancho del dedeo anular próximo a la yema.
5. Ancho del dedo mayor en la palma de la mano.

6. Ancho del dedo mayor próximo a la yema.
7. Ancho del dedo índice en la palma de la mano.
8. Ancho del dedo índice próximo a la yema.
9. Largo del dedo meñique.
10. Largo del dedo anular.
11. Largo del dedo mayor.
12. Largo del dedo índice.
13. Largo del dedo pulgar.

1.5 ERGONOMÍA.

Es una ciencia multidisciplinaria que se encarga de estudiar la adaptación del hombre al entorno, sea este laboral, en el hogar, transporte, etc. Con el fin de que el hombre no tenga la necesidad de adaptarse al entorno sino viceversa, evitando enfermedades o lesiones que podrían ser irreversibles en la salud del hombre. (Melo, 2009, p.11)

El termino ergonomía proviene de las palabras griegas ergon= trabajo y nomos= ley o norma, el objetivo del estudio ergonómico es la de mejorar el sistema de trabajo previniendo accidentes. (Cañas, 2001, p.1)

1.5.1 *Intervención ergonómica.*

La ergonomía se vincula con varias disciplinas como la antropología, la biomecánica, la biometría, la psicología, la fisiología el trabajo, la organización del trabajo. (Cortes, 2012, p.583)

La conexión de estas disciplinas en conjunto a la ergonomía, permite generar grupos de trabajos para proyectar soluciones que mejoran la calidad de vida de las persona, ya sea en la elaboración de diseños o en el estudio.

1.6 PRÓTESIS.

Según la Revista Digital Universitaria volumen 6 número 1, las prótesis mantienen una actualización que se encuentra entrelazada directamente con los avances obtenidos por el hombre, ya que los materiales posibles para la elaboración de las prótesis dependen del conocimiento del hombre en materiales. La evolución tecnológica e industrial fusionado ha el conocimiento de la biomecánica del cuerpo humano permitirá la generación de prótesis eficientes.

Una prótesis es el elemento elaborado de distintos materiales que reemplazan a una parte del cuerpo humano debido a la amputación, con el único fin de mejorar la calidad de vida del usuario, esta prótesis puede ser interna mediante la cirugía o externa que se la categoriza como un accesorio.

1.6.1 *Historia.*

En los años 50 el tema prótesis bio-compatibles toma fuerza en el campo de la medicina para el remplazo de miembros perdidos por amputación.

Las grandes civilizaciones antiguas como Egipto fueron los pioneros e impulsores en la elaboración de la prótesis, siendo estas creadas en base a fibras biológicas y no biológicas. La prótesis de esta época no presentaba una funcionalidad era utilizada en el ámbito de completitud representando una estética.

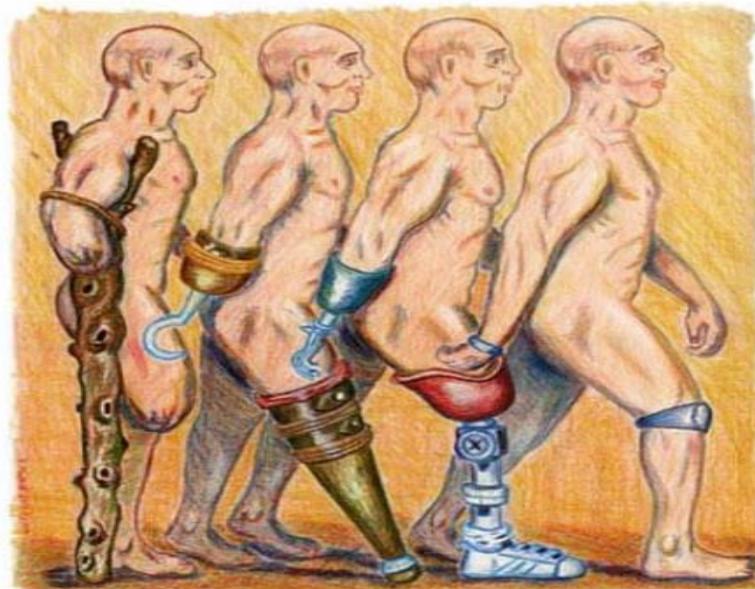


Figura 27 – 1: Historia.

Fuente: <https://sites.google.com/a/correo.unimet.edu.ve/avances-de-la-ciencia-en-base-a-la-tecnologia/home/pag-web-2/sub-pagina-2-2-protesis-roboticas>.

En 1858, Italia se descubre una prótesis del miembro inferior elaborada en hierro y bronce con un núcleo de madera, aproximadamente 300 a C.

Plinio el Viejo (23-79 d. C) describe a un general romano que vivió la segunda guerra Púnica a quien amputaron el brazo derecho se le construyó una mano de hierro con la funcionalidad de sostener el escudo que le permitió volver al campo de batalla.

Se considera que en la Alta Edad Media la prótesis presentó un decrecimiento en su construcción se limitó al gancho y a la pata de palo que tenían una baja funcionalidad eran

utilizadas de manera estética para ocultar la pérdida, teniendo en cuenta que los adinerados como los caballeros tenían la suerte de aplicar a estas prótesis.

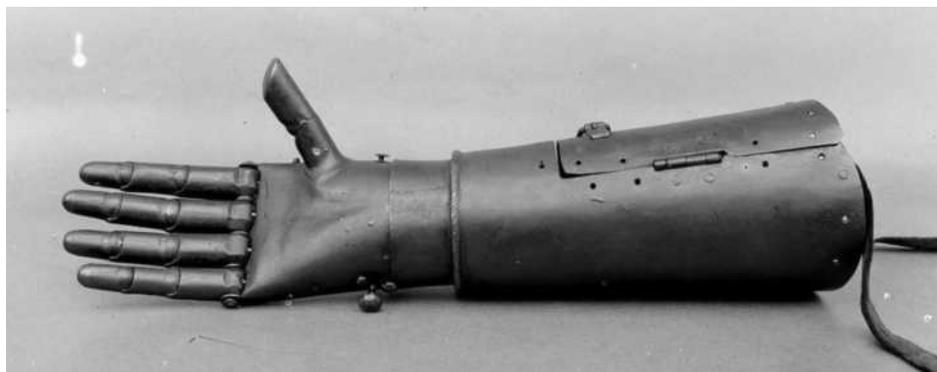


Fotografía 1-1. Brazo de hierro propiedad de Alt-Ruppin

Fuente: Jon Bodsworth, 1861.

En el renacimiento se retoma el tema de la prótesis en conjunto a las nuevas perspectivas generadas por la medicina, como principales materiales hierro, acero, cobre y madera para su elaboración.

En 1508 las primeras manos fabricadas en base a hierro son utilizadas por el alemán Gotz Von Berlichingen, su mecanismo era en base al funcionamiento de resortes que se los liberaban y su sujeción era mediante correas de cuero.



Fotografía 2-1. Prótesis de mano de hierro propiedad de Götz von Berlichingen.

Fuente: Geschichte des Ritters Götz von Berlichingen, 1861.

Ambroise Paré, Francés considerado como el padre de la cirugía de la amputación, fue el creador del mecanismo de flexión que permita a la pata de palo flexionarse, generando un valor incomparable con las anteriores prótesis con características como control de bloqueo de rodilla, un arnés ajustable, que son utilizados en la actualidad generando una eficaz funcionalidad en la prótesis. Su colega Lorrain un cerrajero francés sustituyó los materiales ha cueros, papel y pegamento en lugar de los típicos materiales pesados.

Los métodos que eran utilizados en las primeras amputaciones se los categorizaban como inhumanos ya que la forma de amputación era en mediante la cauterizarlos con hierro al rojo vivo, el aplastar el miembro y el corte mediante la guillotina. En varios casos estos métodos producían la muerte por infección de los elementos utilizados, por la pérdida excesiva de sangre.

De esta manera podemos describir que los avances en los primeros años del siglo XX son la base de las mejoras tanto en el funcionamiento y estética de las prótesis.

Estados Unidos debido a las guerras se ven obligados a introducirse en el campo de las prótesis, James Hanger considerado el primer amputado resultado de la guerra Civil, construye su prótesis en base a dulas de barril cortadas conocida como la “Extremidad Hanger”. El gobierno comprendió la importancia de la elaboración de miembros artificiales creando así la “Asociación Estadounidense de Ortoprótisis”, creando convenios con las compañías militares para un estudio de prótesis.

Al hacer un estudio histórico del proceso de evolución de las prótesis, se identifica la necesidad de creación de las mismas desde el inicio de los tiempos, las prótesis han existido para remplazar el miembro perdido, ya sean rudimentarias o elaboradas con precisión, su único fin es el de mejorar la calidad de vida del usuario. Sin considerar su funcionalidad y mucho menos darle importancia a la parte estética. (Norton, 2007).

1.6.2 *Tipos de prótesis MS. (Miembro Superior).*

La prótesis como remplazo de miembros ha sido exitosa, de acuerdo al nivel de amputación determinado por el cirujano y la funcionalidad a obtener de la prótesis de la divide de una forma universal en:

- Por encima del codo.
- Por debajo del codo.
- Parciales de mano.

1.6.2.1 Por encima del codo.

La prótesis se aplicara por encima del codo, el cirujano y su equipo se rigen a este tipo de normas universal en amputaciones y se toma la mejor decisión para mantener una movilidad natural en lo posible. (Cifuentes Martínez, 2002, p. 359-361)

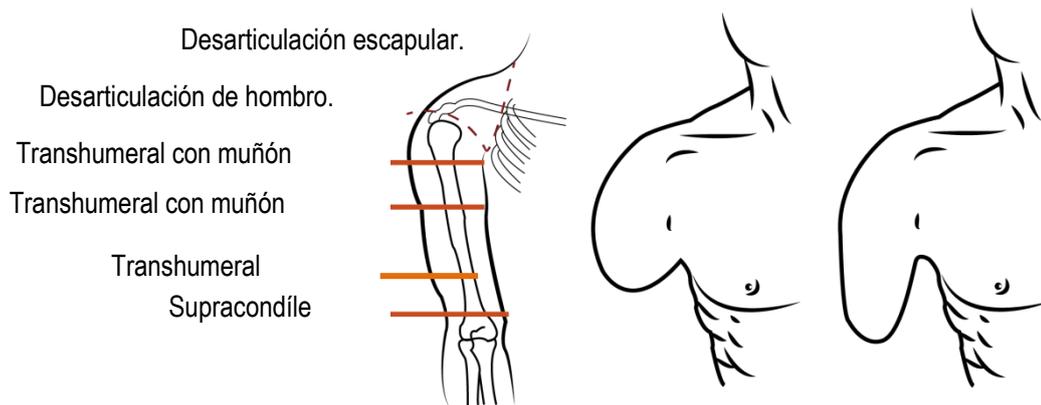


Figura 28- 1: Niveles de amputacion de brazo.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

1.6.2.2 Por debajo del codo.

Se lo adecua en la zona del codo, convirtiendo en soporte de sujeción el hombro y el pecho.

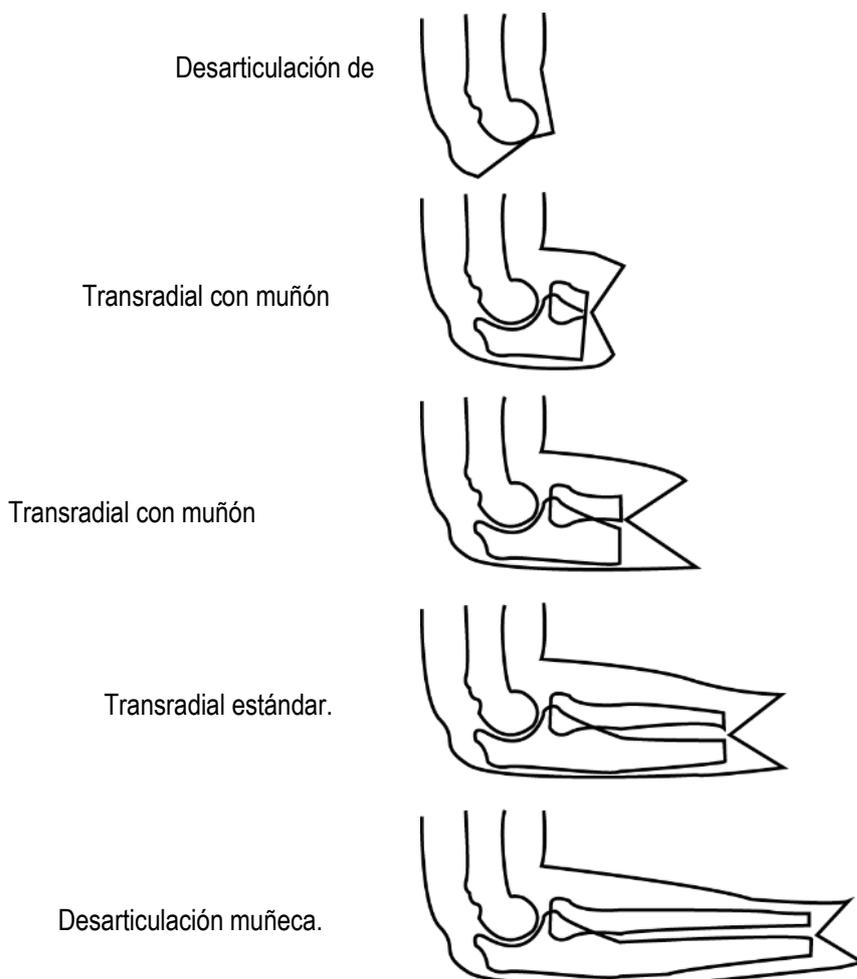


Figura: 29 -1 Niveles de amputación por debajo el codo

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

1.6.2.3 Parciales de mano.

Aplicación de prótesis importante; por su contacto directo con el ambiente, se trata de salvar la mayor parte posible disminuyendo el grado de afectación en la funcionalidad de la mano. Dependiendo la amputación habilitada por el cirujano esta puede ser:

Pulgar: a nivel de las articulaciones Interfalángicas, se busca mantener la mayor longitud posible.

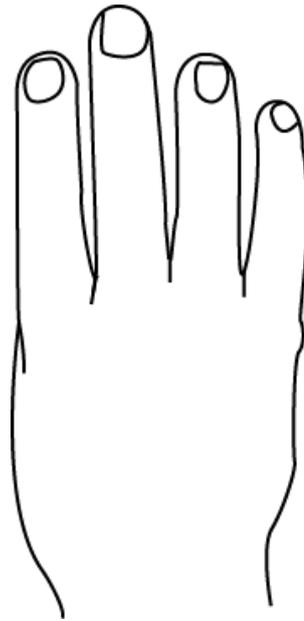


Figura: 30-1 A nivel de las articulaciones Interfalángicas.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Dedos Trifalángicos.

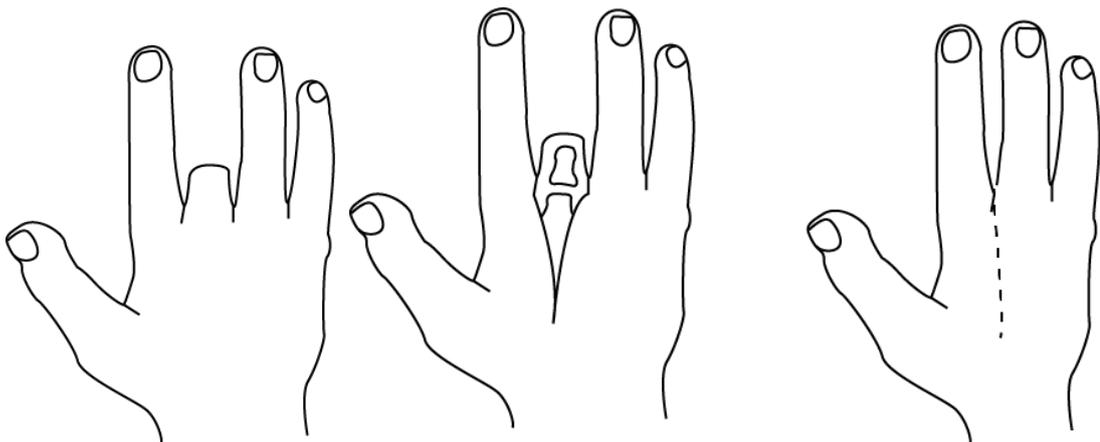


Figura: 31-1 Dedos Trifalángicos.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Pluridigitales.

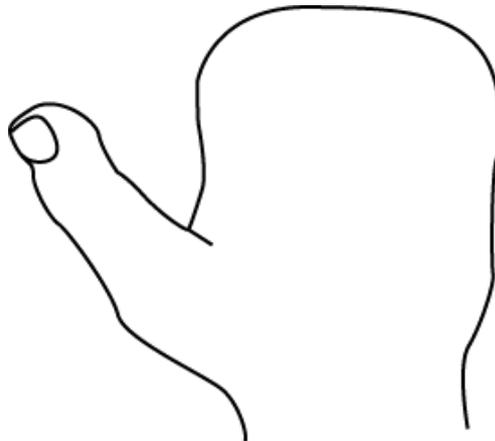


Figura: 32-1 Pluridigitales.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Carpó.



Figura:33- 1 Carpo.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

1.6.3 *Clasificación de las prótesis.*

Las prótesis han alcanzado un gran desarrollo, ayudando en forma psicológica y funcional permitiendo ejecutar las actividades del hombre con una normalidad en lo posible; dividiéndose en:

- Prótesis estéticas.
- Prótesis funcional.

1.6.3.1 *Prótesis estéticas.*

Denominadas prótesis pasivas, su objetivo es la de semejarse al miembro perdido como en su color, textura pero sin brindar una funcionalidad, cubre el aspecto estético pero no el funcional. Se fabrican en material PVC rígido, látex flexible o silicona, estos materiales permiten a la

prótesis tener un bajo peso no requieren de un mayor mantenimiento ya que no constan de un mecanismo móvil.



Fotografía 3-1. Prótesis dedos Estéticos.

Fuente: <http://www.ortopediamedicariojana.com/servicios/>.

1.6.3.2 Prótesis funcional.

Elaboradas con mecanismos que permiten realizar movimientos a la prótesis, asemejándose al miembro perdido. Según el mecanismo se dividen en mecánicas, eléctricas, neumáticas, mioeléctricas e híbridas.

1.6.3.2.1 Mecánicas.

Funcionamiento voluntario de apertura o cierre mediante un arnés, mecanismo controlado por el usuario basado en la extensión y contracción de una liga, para ejecutar el movimiento deseado de apertura - cierre o viceversa. Su mecanismo de acción denominado gatillo es activado mediante un estímulo muscular aplicado a un resorte. La fuerza dependerá del número de ligas o la fuerza aplicada en la tensión, la variación de esta fuerza dependerá de la actividad a desarrollar por la prótesis. (Bernal, 2012)



Fotografía 4-1. Prótesis de Nick Brookins llamada “Knick Finger”.

Fuente: <https://www.thingiverse.com/thing:1340624>.



Fotografía 5-1. Prótesis de Nick Brookins llamada “Knick Finger”.

Fuente: <https://www.thingiverse.com/thing:1340624>.

1.6.3.2.2 Eléctricas.

La activación se produce mediante motores eléctricos que generan el impulso para ejecutar el movimiento, estas prótesis son contraladas por botones ya sea un pulsador o servocontrol. En su funcionamiento se involucra un socket donde se almacenan los datos logrando un mejor funcionamiento de la prótesis, su desventaja es el alto costos y la privación a ambientes húmedos. (Bernal, 2012)



Fotografía 6-1. Prótesis mano eléctrica.

Fuente: <https://www.thingiverse.com/thing:1340624>.

1.6.3.2.3 Neumáticas.

Estas prótesis movilizadas por aire comprimido (ácido carbónico) que utilizan actuadores por músculos neumáticos, brindan una gran cantidad de energía que ayuda a la generación de la fuerza deseada por el usuario ya sea en presión o pinzas de la mano. Como gran desventaja es la utilización de ácido carbónico por los posibles fugas de ácido y posteriores daños al usuario.



Fotografía 7-1. Prótesis de Mano Shadow.

Fuente: Mano Shadow

1.6.2.2.4 *Mioeléctricas.*

Una prótesis mioeléctrica tiene un accionamiento bioeléctrico, basados en la biónica, cibernética, robótica y mecatrónica. Su funcionamiento es mediante el impulso eléctrico generado por los musculo, su impulso eléctrico oscila entre los 5 a 20 uV. Cuando el usuario contrae o flexiona su musculo produce el estímulo eléctrico o señal, que es captado por los electrodos en contacto con la piel. Generándose el movimiento de la prótesis (Bernal, 2012).

Su ventaja es la activación al movimiento, debido a que el usuario solo debe flexionar sus músculos para generar el movimiento. Su desventaja es el tiempo de usabilidad de las baterías.

Jason Micallef estudiante de Malta, diseño un brazo protésico ultra-funcional 3D imprimible, basado en los estímulos generados por el usuario como la presión arterial, la frecuencia cardíaca y los niveles de oxígeno. La prótesis mioeléctrica permitiría a su usuario realizar acciones a través del movimiento muscular. Ver fotografía 5-6.



Fotografía 8-1. Prótesis de mano propiedad de Jason Micallef.

Fuente:<http://www.3ders.org/articles/20161206-ultra-functional-3d-printed-prosthesis-could-monitor-blood-pressure-and-heart-rate.html>.

1.6.2.2.5 Híbrida.

Se trata de una prótesis que combinan el funcionamiento del cuerpo del hombre (movimiento corporal) y electricidad para generar el movimiento en la prótesis. En un porcentaje mayor la prótesis es utilizada, por los usuarios en la cual su amputación es por arriba del codo. Ver Fotografía 9-6.



Fotografía 9-1. Prótesis de brazo y mano híbrida.

Fuente: <http://www.arcesw.com/pms1.htm>

1.7 MODELADO 3D.

Un cuerpo se lo considera tridimensional cuando contiene tres características como ancho, altura y profundidad. El modelado 3D nos permite simular en medios bidimensionales como televisores o monitores mediante cálculos matemáticos; conjuntamente con dispositivos que poseen tarjetas gráficas con aceleración 3D, con el conocimiento de coordenadas, vectores, segmentos y polígonos. Para alcázar su realismo se apoyan en un escenario compuesto de luces y cámaras que complementado con texturas alcanza un nivel de similitud al objeto original. La utilización de este método 3D ha abarcado áreas como la publicidad, cine, videojuegos, medicina, entre otras. Realizados en la diversidad de software existente en el mercado, basados en bocetos u objetos reales para generar su réplica 3D. Ver Figura 1-7.

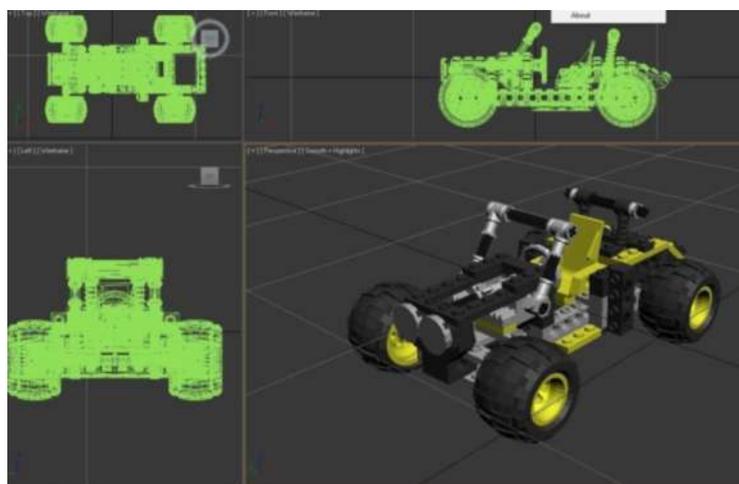
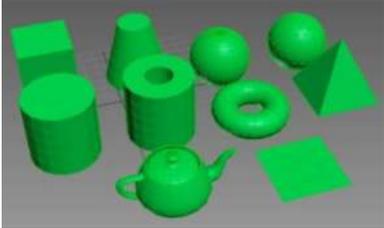
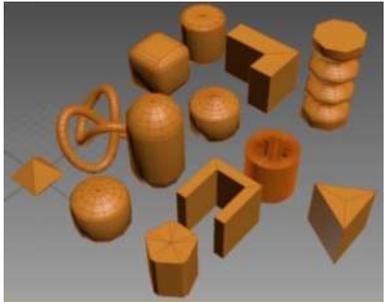
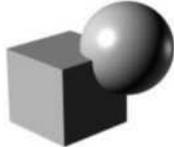
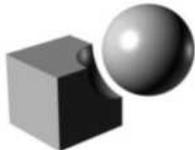
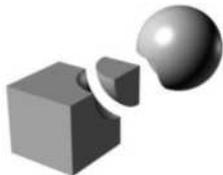


Figura: 34 -1 Carpo.

Fuente: <http://www.simlab-soft.com/Old/sketchup-to-3DSMAX-main.aspx>.

1.7.1 *Técnicas de modelado*

Todo cuerpo es originado en base a figuras geométricas básicas, que son modificadas para alcanzar el modelado deseado conocido como forma orgánica. En programas de modelado 3D se parte de formas cubicas, cilíndricas, esferas entre otros los cuales son expuestas para ser modificados con el objetivo de obtener formas o modelados específicos. Las técnicas más utilizadas son:

Estructuras predefinidas.	Formas primitivas.	
	Primitivas extendidas.	
	Librerías.	Son formas armadas, en 3d Max; puertas, ventanas, árboles, escaleras.
Operaciones booleanas. Creación de nuevos objetos basados en objetos básicos.	Unión.	
	Diferencia.	
	Intersección.	

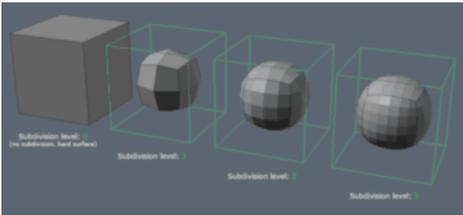
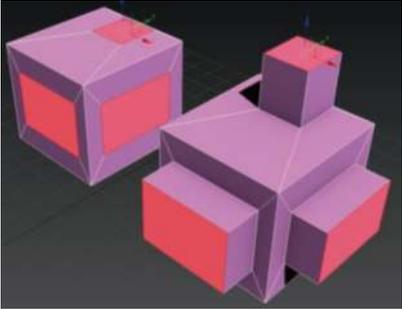
Modelado poligonal.	Se crean apartir de formas simples, con un proceso de cortes, extrusiones y movimientos de puntos.	
Extrude.	Segmentos.(Segmets)	
	Extruir caras.(Face extrude)	
	Cantidad.(Amount)	
Nurbs.	Utilizado en superficies lisas, estas pueden tener características orgánicas complejas apropiadas para trabajar en superficies con curvas complicadas.	

Figura: 35-1 Técnicas de modelado.

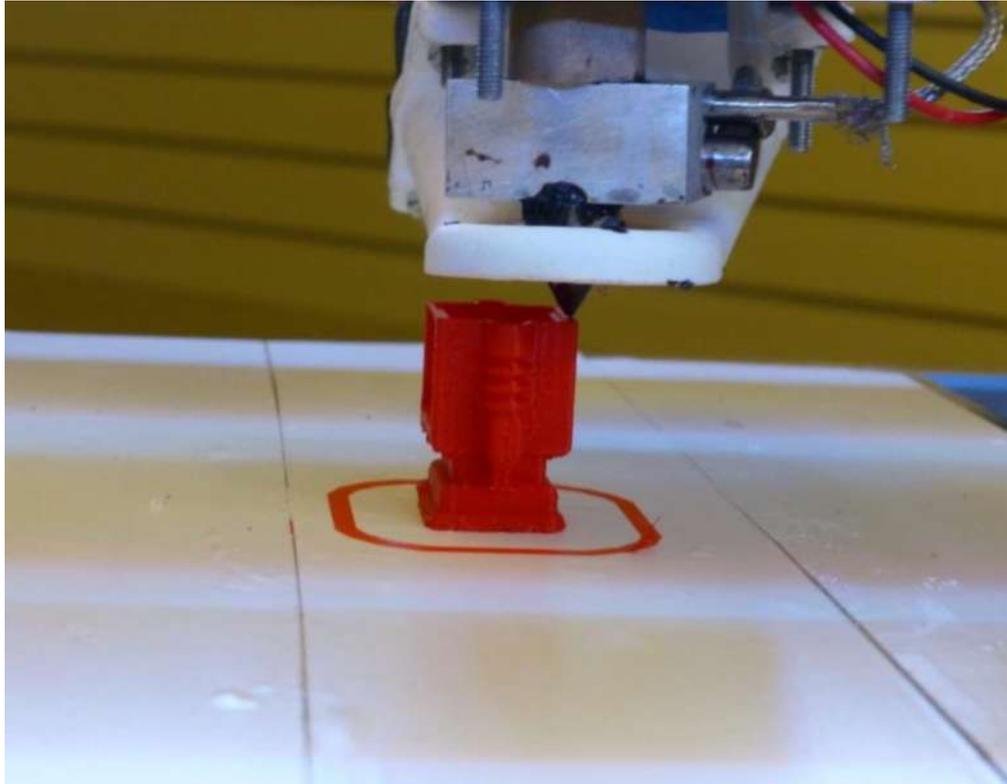
Fuente: Basado en http://www.etereaestudios.com/training_img/subd_tips/introduccion.htm,

<http://interioresy3d.blogspot.com/2015/06/5-3d-studio-max-primitivas-estandar-y.html>. **Elaborado por:** Investigador

1.7.2 *Impresión 3D*

En la actualidad las impresiones en 3D se van convirtiendo en el elemento funcional de un nivel alto en el ámbito industrial, ofreciendo muchas ventajas como originalidad, recuperación; en la área de la medicina permite generar cuerpos con medidas obtenidas por el usuario que permitan una adaptación óptima, además reduce costos en su implementación y tiempo en su elaboración. Partiendo de un modelo digital el cual se procesar por capas sucesivas generando el cuerpo mediante la impresión.

El material que se emplea en el proceso de impresión depende de la máquina (impresora). El formato compatible STL proviene del inglés "Stereo Lithography" este archivo será asistido por computadora (CAD) procesando la geometría de objetos 3D, excluyendo la información como color, textura (Jesus Maturana, 2014, <http://www.xataka.com/perifericos/>).



Fotografía 10-1. Impresión 3D

Fuente: <http://www.imprimiren3d.com.mx/impresoras-3d/page/31/>.

1.7.3 *Métodos de impresión*

1.7.3.1 Impresión por inyección

La impresora genera el cuerpo en un proceso de capa en capa este a su vez es repetido hasta que sus capas se encuentran compactas reproduciendo en su totalidad al cuerpo.

1.7.3.2 Modelado por deposición de fundente

Stratasys es el desarrollador de esta tecnología, usa una tobera para el almacenamiento del polímero fundido sobre el soporte, capa a capa. Típicamente un láser es usado para sinterizar el medio y formar el sólido.

1.7.3.3 Fotopolimeración

Su tecnología SLA “utiliza resinas líquidas fotopoliméricas que se solidifican cuando son expuestas a la luz emitida por un láser ultravioleta. De esta forma se van creando capas superpuestas de resina sólida que van creando el objeto.” (Easton, T. 2008, pag. 50-63)

1.7.4 *Material de impresión (Filamento)*

1.7.4.1 ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

Es un plástico utilizado en automoción denominado plástico de ingeniería ya que su elaboración es compleja en relación a los demás plásticos considerados comunes. Su resistencia a bajas temperaturas (-40°C), presenta resistencia a la abrasión. Además su origen soluble se asemeja a la acetona, existen tratamientos para manipular la textura final permitiendo suavizar su terminado.

1.7.4.2 PLA (Polilactida)

Termo-plástico biodegradable extraído de recursos naturales como el maíz, raíces de tapioca, féculas y almidones de la caña de azúcar. Presenta una consistencia de temperatura de extrusión ($180-220^{\circ}\text{C}$), lo hace ideal para la impresión objetos con acabados precisos.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de investigación

Se considera que el presente trabajo de titulación denominado " Modelado 3D personalizado y creación de prótesis externa del dedo índice izquierdo, para un funcionamiento biomecánico eficiente." responde a los siguientes tipos de investigación:

Descriptiva: Fundamental para alcanzar la perfección en el trabajo de titulación, ya que se requiere describir los factores y procedimientos en cada una de las partes.

Retrospectiva: Involucrar los hechos pasados permitiendo trabajar con los datos obtenidos con anteriores investigación. Para mejorar su funcionalidad, incrementado las posibles soluciones.

Experimental: La investigación será de carácter experimental, ya que reflejará las distintas reacciones del usuario versus la prótesis.

De campo: Será investigación de campo al tener un contacto directo con el usuario, analizando sus problemáticas al contacto con los objetos, generando posibles soluciones.

2.2 Métodos y técnicas

2.2.1 Métodos.

Para realizar el presente trabajo de titulación se toma como referencia los siguientes métodos:

Inductivo-Cualitativo.- Este método se utilizará para analizar al usuario permitiendo identificar cuáles son sus problemáticas al no contar con el dedo índice izquierdo y poderlas comparar con las resultantes del dedo índice derecho obteniendo una conclusión general, determinando así cuál son las características que debería tener la prótesis, siendo estas las de mayor énfasis en la construcción del prototipo para dar una solución favorable al usuario.

También ayudará para saber los gustos y preferencias del usuario.

Científico.- Otorga una valoración de confiabilidad y validez al estudio. Descarta datos erróneos permitiendo ahorra esfuerzos inútiles proporcionando reglas y procesos para un buen desarrolló de la investigación.

Histórico.- Aporta al estudió en etapas cronológicas de los procedimientos, objetos, sistemas para genera una idea general del desarrollo existente en la investigación.

2.2.2 *Técnicas*

Las técnicas que se aplicaran en presente trabajo de investigación son:

Observación.- Consiste en la observación directa del usuario al estar en contacto con los objetos, ayudando a obtener datos actuales y reales. El observador mira los hechos tal y como ocurren en la realidad, sin la necesidad de terceras personas.

Entrevista.- Permite un contacto directo con el usuario. Esta técnica se la realiza cuando se considera que es necesario la interacción entre investigador y entrevistado. El tipo de entrevista que se realizará es abierta, dejando a libertad al entrevistado dar su testimonio.

2.2.3 *Instrumento*

Ficha técnica

Con el apoyo de la ficha técnica se tomará datos que revelen las falencias al no tener un elemento de apoyo como la prótesis, también permitirá visualizar la evolución y su posterior validación de la prótesis a partir de su funcionamiento. (Ver Anexo A).

2.3 *Metodología del diseño*

Se aplicará la metodología del diseñador industrial gráfico Bruno Munari. La composición jerárquica de la metodología de Bruno Munari según la Diseñadora Mónica Sandoval en su libro “Proyecto Integrador 1, Text Básico” (2011). La cual ayudará a identificar, recopilar, analizar, experimentar y verificar el prototipo de la prótesis personalizada. De los cuales se utilizarán los que estén acorde al trabajo de titulación.

2.3.1 *Problema*

El usuario Doctor Sixto Mera, perdió su dedo índice izquierdo en un accidente de trabajo a la edad de 27 años. El accidente fue traumático en su vida y con el apoyo de un psicólogo en el lapso de un año empezó a aceptar la pérdida de su dedo.

2.4 *Análisis antropométrico de la mano (usuario).*

El análisis antropométrico realizado al usuario han dado los siguientes resultados. Las medidas que a continuación se presentan son de la mano izquierda de nuestro usuario la cual nos ayudará para la elaboración de la prótesis.

Tabla 1-2: Medidas antropométricas mano

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS MANO.

TIPO		VALOR	TIPO		VALOR
1	Anchura palmar.	89 mm	5	Anchura de la mano.	112 mm
2	Espesor palmar.	25 mm	6	Circunferencia de la mano.	40 mm
3	Longitud de la mano.	185 mm	7	Circunferencia palmar.	31 mm
4	Longitud de dedos.	161 mm	8	Diámetro empuñadura.	42 mm

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Tabla 2-2: Medidas de los falanges de la mano

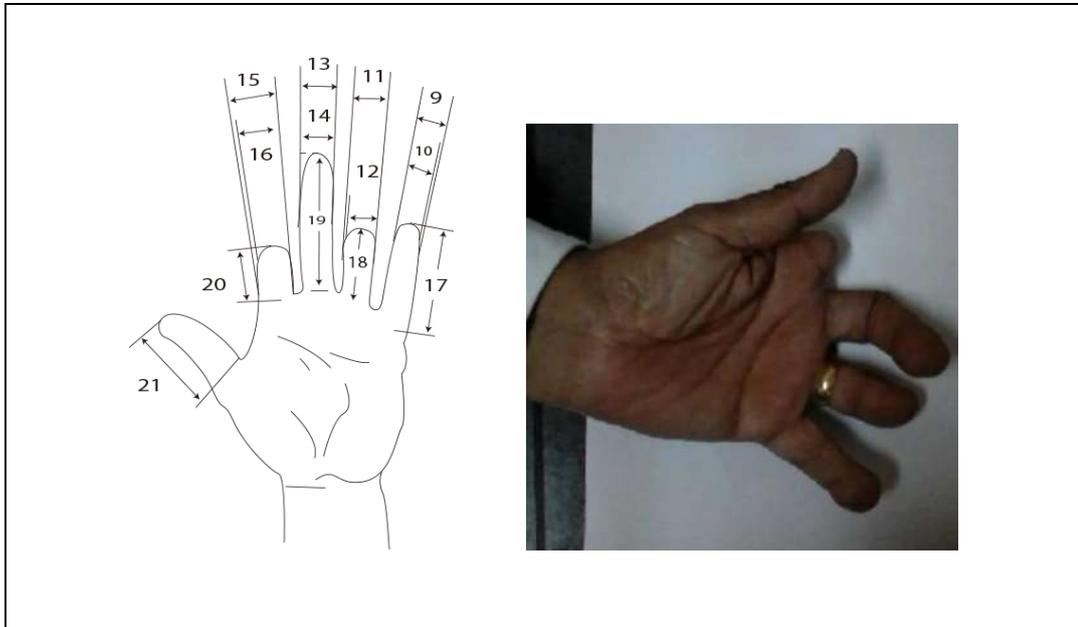
MEDIDAS DE LOS FALANGES DE LA MANO. (SIN AFECTACIÓN)

TIPO		VALOR
1	Falange proximal	31 mm
2	Falange media	27 mm
3	Falange distal	20 mm

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Tabla 3-2: Medidas antropométricas dedos.

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DEDO (MANO AFECTADA)



TIPO		VALOR
9	Ancho del meñique en la palma de la mano.	14 mm
10	Ancho del meñique próximo a la yema.	16 mm
11	Ancho del dedo anular en la palma de la mano.	20 mm
12	Ancho del dedeo anular próximo a la yema.	21 mm
13	Ancho del dedo mayor en la palma de la mano.	20 mm
14	Ancho del dedo mayor próximo a la yema.	21 mm
15	Ancho del dedo índice en la palma de la mano.	19 mm
16	Ancho del dedo índice próximo a la yema.	18 mm
17	Largo del dedo meñique.	60 mm
18	Largo del dedo anular.	58 mm
19	Largo del dedo mayor.	90 mm
20	Largo del dedo índice.	27 mm
21	Largo del dedo pulgar.	59 mm

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

2.5 Evaluación de la prensión (usuario).

Digitales.

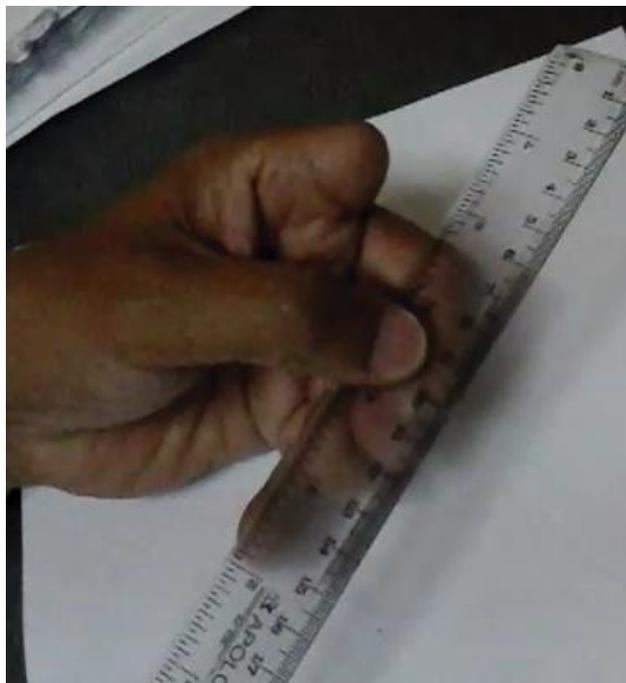
- Pinzas por oposición terminal



Fotografía 1-2. Pinzas terminal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018..

- Pinzas por oposición subterminal



Fotografía 2-2. Pinzas subterminal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Pinzas por oposición subterminolateral



Fotografía 3-2. Pinzas subterminolateral

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Pinzas interdigitales laterolateral.



Fotografía 4-2. Pinzas interdigitales laterolateral

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Pluridigitales.

- Las presas tridigitales.



Fotografía 5-2. Las presas tridigitales

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Las presas tetradigitales



Fotografía 6-2. Las presas tetradigitales

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Las presas pentadigitales.

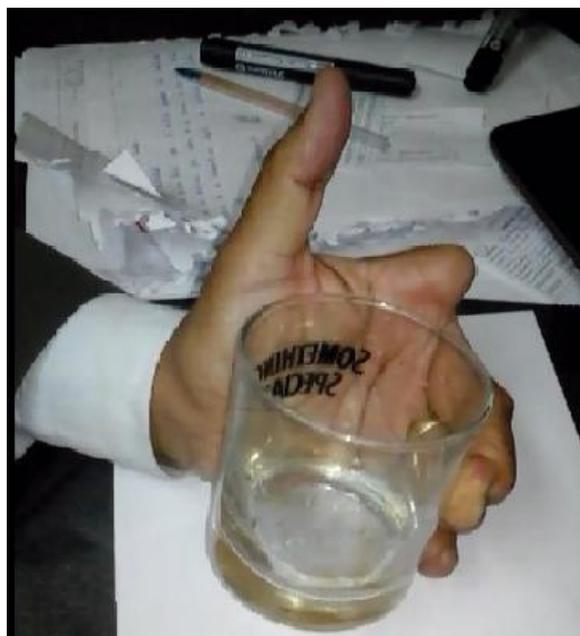


Fotografía 7-2. Las presas pentadigitales

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Palmares.

- Presas Digitopalmar



Fotografía 8-2. Las presas digitopalmar

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Presas palmar con la totalidad de la mano.



Fotografía 9-2. Las presas palmar total
Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Centradas.

- Presas centradas.



Fotografía 10-2. Las presas centradas
Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Valores.

- 0 IMPOSIBLE.
- 1 ESBOZO DE PRESIÓN.
- 2 INCORRECTA SIN FUERZA.
- 3 INCORRECTA CON FUERZA.
- 4 CORRECTA SIN FUERZA.
- 5 NORMAL.

RANGO DE CALIFICACIÓN.

- 0 A 9 MANO BAJO RENDIMIENTO.
- 10 A 19 MANO DE AYUDA, NO FUNCIONAL.
- 20 A 29 MANO SEMI-FUNCIONAL.
- 30 A 39 MANO FUNCIONAL.
- 40 MANO NORMAL.

Observación: Los resultados obtenidos en las pruebas sometidas al usuario, en los tipos de presión diagnostican como mano SEMI-FUNCIONAL. (Ver Anexo A).

2.5 Análisis ergonómico de la prótesis

El prototipo deberá contar con características ergonómicas, permitiendo al usuario obtener una adaptación óptima con la prótesis; su peso, forma y materiales utilizados para la elaboración serán esenciales para evitar lesiones o dificultades en las actividades posteriores.

2.6 Análisis psicológico del usuario

El usuario presenta rasgos identificativos e influyentes que permiten tomar puntos de referencia los cuales intervendrán en la creación de la prótesis; su vestimenta, forma de expresión, colores, gustos e ideologías son esenciales para la elaboración del prototipo.(Ver Anexo B).

Tabla 4-2: Tabla característica del usuario.

CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO	
¿Qué color le gusta?	<i>Blanco. Plateado. Celeste.</i>
¿Cuál es el estilo musical?	<i>General.</i>
¿Qué realiza en su tiempo libre?	<i>Lectura- Películas de Acción</i>
¿En qué ambiente se siente cómodo?	<i>General.</i>
¿Qué actividad deportiva realiza?	<i>Caminatas.</i>

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Nota: Por pedido del Doctor Sixto Mera la prótesis tendrá un terminado que forme un conjunto homogéneo con los dedos restantes del usuario.

2.7 Características del producto

El prototipo presentara articulación en las uniones de los falanges proximal, media y distal este último presenta una mínima inclinación articular. El prototipo dedo índice está presente en la ejecución de pinzas con el dedo pulgar, lo cual tendrá un trabajo uniforme para evitar una mala sujeción o presión. Sus medidas de 75 mm longitud con un radio de 21 mm inicial y final de 20 mm, tomado del muñón del falange proximal a la punta del falange distal; semeja al dedo perdido con características del dedo índice derecho.

Su material será liviano pero con presencia de fuerza en su composición; presenta características del usuario como su tonalidad y rasgos de piel.

El conjunto del prototipo será desarmable, su movimiento será vasado en pasadores que será los ejes de giro, cauchos que ayudan en el agarre y ligas que aportan en su articulación y fuerza para la elaboración de las actividades.



Fotografía 11-2. Prototipo.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

2.8 Funciones de las prótesis

El prototipo dedo índice brindará sujeción para optimizar el rendimiento del usuario; con la característica de articulación tendrá una mejor ayuda al manipular los objetos. En el ámbito psicológico ayudará en la parte de motivación al tener características propias del usuario presentando una uniformidad con su mano. Con la característica de articulación tendrá una mayor ayuda al manipular los objetos.

2.9 Propuesta de prótesis

Esta etapa permitirá la elaboración de la prótesis basados en datos tomados al usuario, los cuales son identificativos del mismo; generando un conjunto uniforme de medidas antropométricas y rasgos psicológicos del usuario.

La elaboración del prototipo se realizara previo al análisis antropométrico y ergonómico del Doctor Sixto Mera el usuario, posteriormente la elaboración de bocetos y su proceso de producción en el programa de Modelado y Animación 3D Studio Max, de la corporación AUTODESK; con licencia ESTUDIANTIL.

2.9.1 Modelo inicial

Boceto previo a la toma de medidas antropométricas del usuario, observar Figura 1.2.

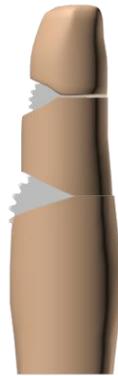


Figura: 1-2. Boceto previo.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

La Figura 2.2., presenta medidas reales del prototipo, por lo tanto presentara variantes en el prototipo inicial; este prototipo se adecua a las necesidades del usuario.

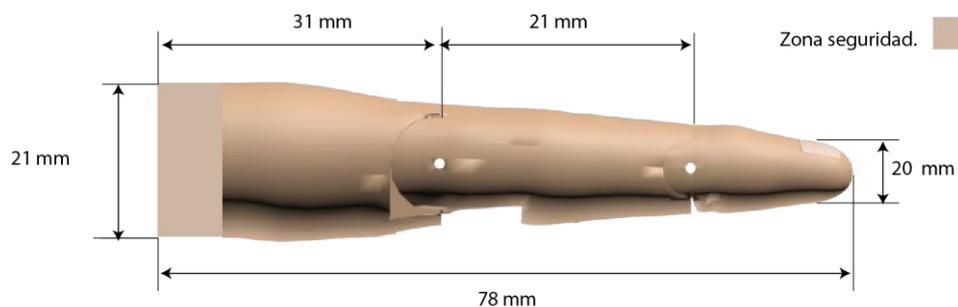


Figura: 2-2. Dimensiones prototipo. Escala 1.1

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- *Falange proximal*

El falange proximal denominado base estará en contacto directo con el usuario, proporcionando el equilibrio y accionamiento del prototipo generándose presión en la manipulación de los objetos. Ver Figura 3.2.

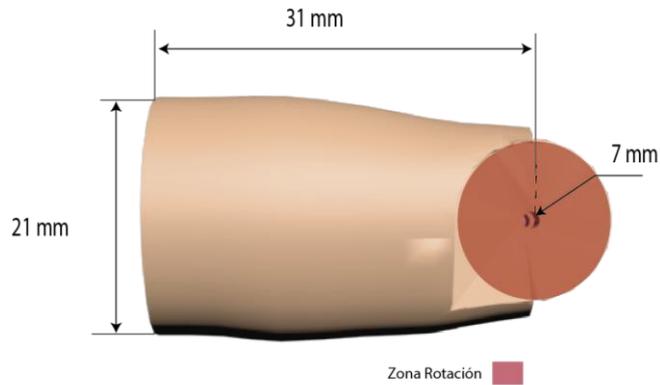


Figura: 3-2. Dimensiones falange proximal. Escala 1.1

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- *Falange media*

Proporcionará la articulación y sujeción en la manipulación de objetos evitando accidentes, ver Figura 4.2.

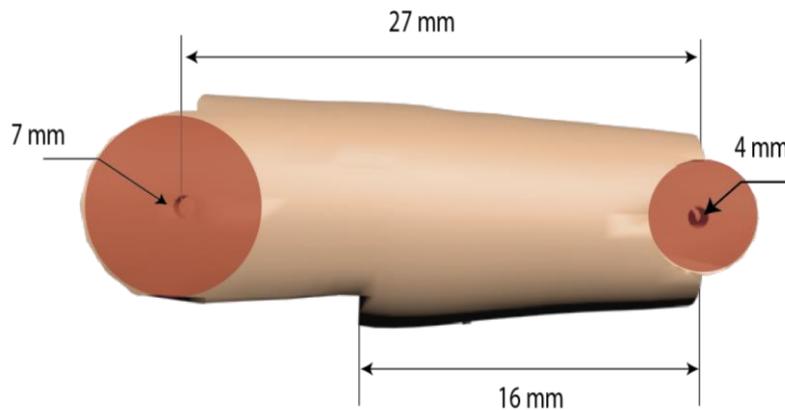


Figura: 4-2. Dimensiones falange media. Escala 1.1

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- *Falange distal*

Su articulación mínima pero esencial en la sujeción que requiera presión en puntas de dedos y manipulación de objetos como un teléfono móvil. Ver Figura 5.2.

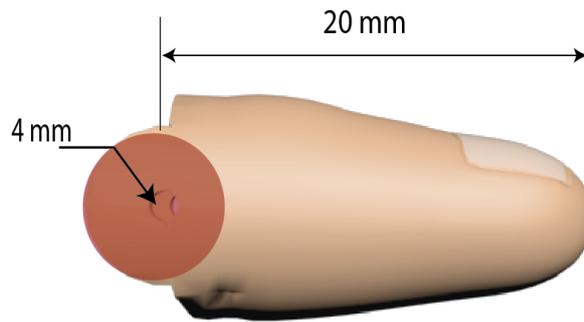


Figura: 5-2. Dimensiones falange distal. Escala 1.1

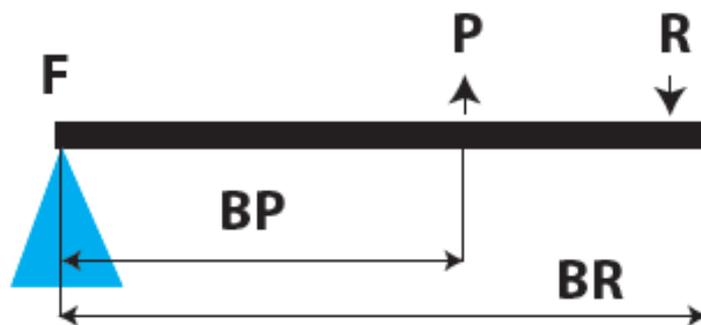
Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

La biomecánica existente en el dedo índice, se presenta como un movimiento mecánico donde el hueso se convierte en palanca, siendo está de tercer grado, su fulcro o punto de apoyo las articulaciones y los tendones encargados de transportar la fuerza.

BP = Brazo de potencia.

BR = Brazo de resistencia

P = Potencia



CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS

3.1 Presentación de resultados

Luego de haber realizado la entrevista al Doctor Sixto Mera (Ver Anexo B).reflejan las siguientes conclusiones, la edad del usuario 49 años, su nivel económico es medio alto, su etnia es mestiza, su perdida se debió a un accidente laboral a la edad de 27 años; convirtiéndose en una de sus mayores pruebas de superación; se sometió a tratamiento psicológico para superar la pérdida de su miembro en un tiempo aproximado de un año, en la actualidad trabaja como docente en la Unidad Educativa "GUAYAQUIL".

Al ser docente le gusta su autonomía y sentirse independientes en sus labores diarias, acude con toda normalidad y seguridad a sus clases, comparte con sus estudiantes sin sentirse discriminado por su pérdida, forma parte del circulo enseñanza aprendizaje, sus dirigidos no perciben de manera inmediata la falta de su miembro, el doctor lo presenta de una manera jocosa su discapacidad y generando una reflexión a sus estudiantes cuando realicen actividades que estén relacionadas con máquinas o en general.

Está más que claro que su actividad como docente se requiere la intervención de todos los dedos, y la falta de uno de ellos causa una dificultad en el desarrollo de su actividad, es así que con el prototipo se tratara de satisfacer sus necesidades para mejorar su desenvolvimiento en sus actividades diarias. El doctor dijo que género y adaptó nuevos movimientos los cuales remplacen la utilización del dedo índice, los cuales favorezcan en la manipulación de los objetos y le permitiría ser independiente. Su gusto por la tecnología genera una aceptación en la utilización de la prótesis; con los datos obtenidos en la entrevista, el resultado es que el usuario desea obtener una prótesis con una similitud a los dedos restantes para generar un conjunto homogéneo para poderlo utilizarlo en ocasiones de un carácter social y laboral.

Al Doctor Sixto Mera se realizó ejercicios de sujeción presentando una mejora en su agarre y manipulación los elementos generándole una seguridad y confianza en sus movimientos e transportación de objetos. (Ver Anexo C).

3.2 Diseño y elaboración de prototipo prótesis

Se presentará los rendes del proceso de construcción de la prótesis.

- El modelado del dedo índice se elaboró desde una capsula, eliminando sus caras inferiores y posterior crecimiento en el cuerpo. Ver Figura 1-3.



Figura: 1-3. Modelado Render. Capsule

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Se reduce el volumen progresivamente tomando sus puntos y escalándolos de forma descendente. Ver Figura 2-3, 3-3.



Figura: 2-3. Modelado Render. Formación

Realizado por: Investigador



Figura: 3-3. Modelado Render. Formación y base

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- El modelado de la uña se seleccionan las caras y se realiza un extrude para generar un volumen adicional donde nacerá la uña.



Figura: 4-3. Modelado Render. Formación de uña

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Operaciones booleanas; interpretaran las articulaciones del dedo. Ver Figuras 5-3, 6-3, 7-3.

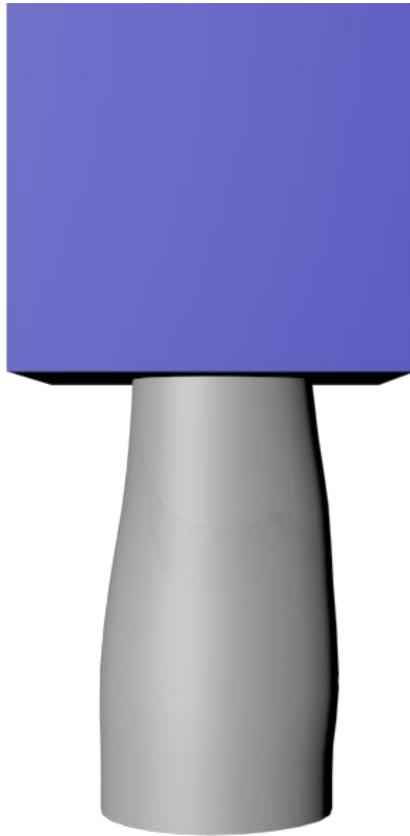


Figura: 5-3. Modelado Render. Operaciones

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

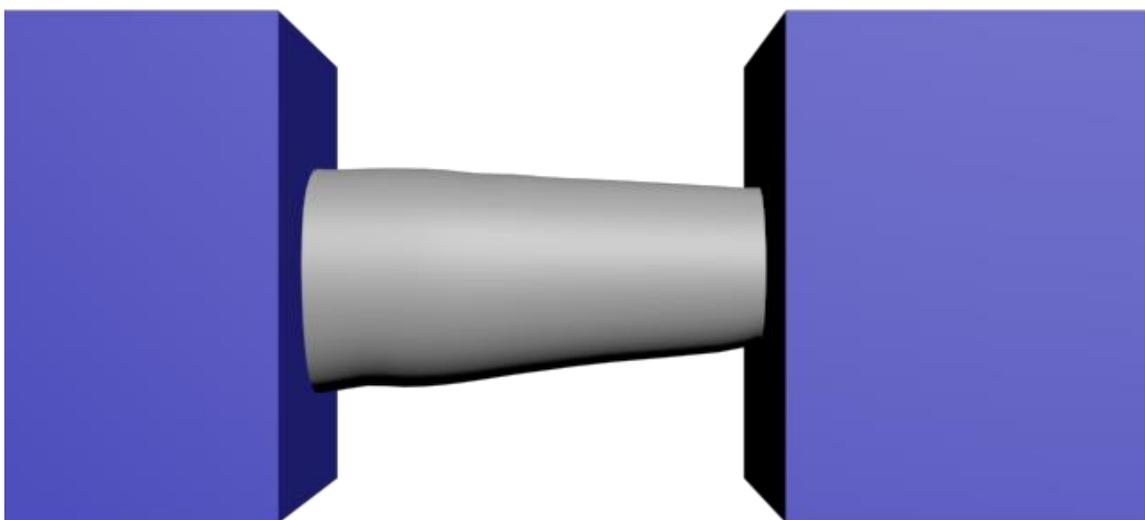


Figura: 6-3. Modelado Render. Operaciones

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

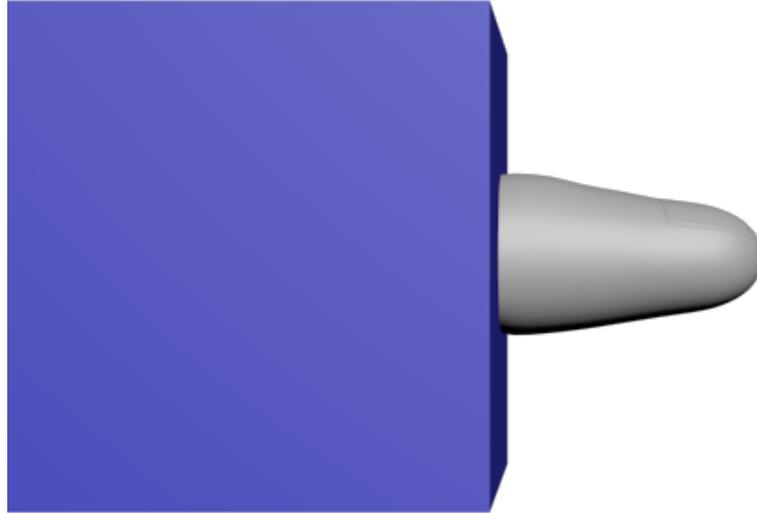


Figura: 7-3. Modelado Render. Operaciones

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Edición y preparación de articulación de falanges, su proceso son mediante las operaciones booleanas generando el orificio del pasador y el semi círculo de la articulación. Ver Figuras 8-3, 9-3, 10-3, 11-3, 12-3, 13-3, 14-3, 15-3, 16-3, 17-3, 18-3, 19-3.



Figura: 8-3. Modelado Render. Formación de falange proximal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 9-3. Modelado Render. Formación falange proximal V.F

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 10-3. Modelado Render. Formación falange proximal V.F

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 11-3. Modelado Render. Falange proximal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

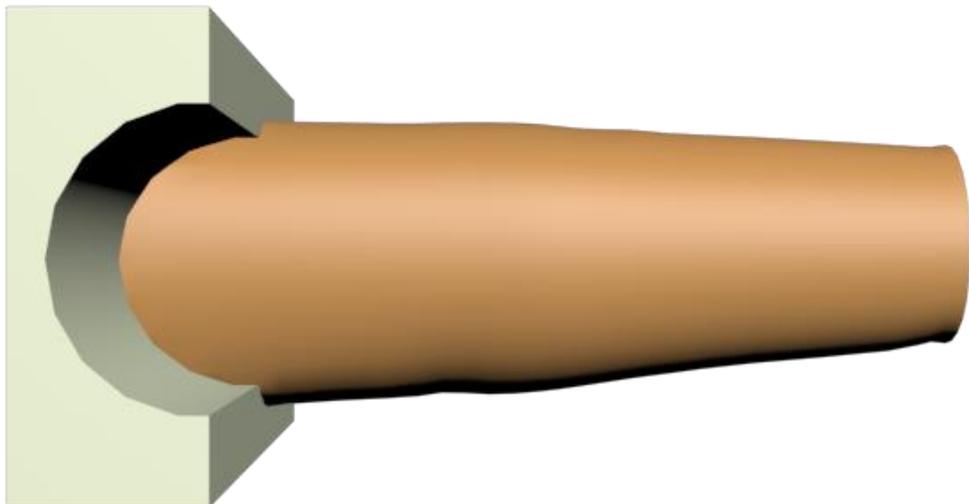


Figura: 12-3. Modelado Render. Falange media

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 13-3. Modelado Render. Falange media

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

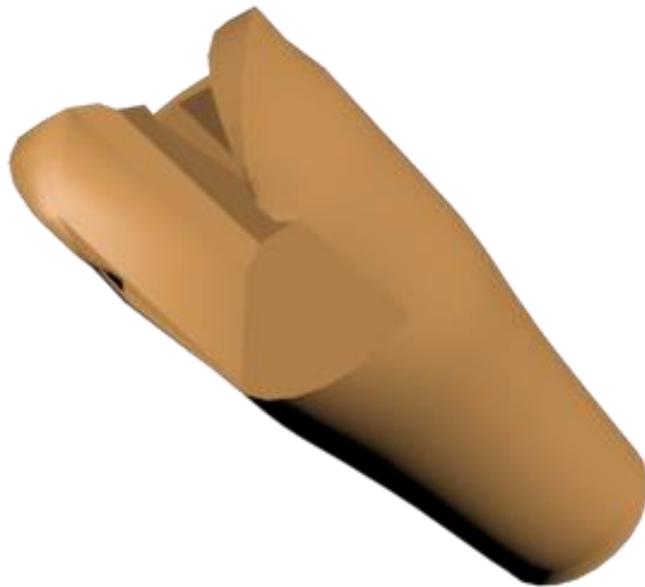


Figura: 14-3. Modelado Render. Falange media

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

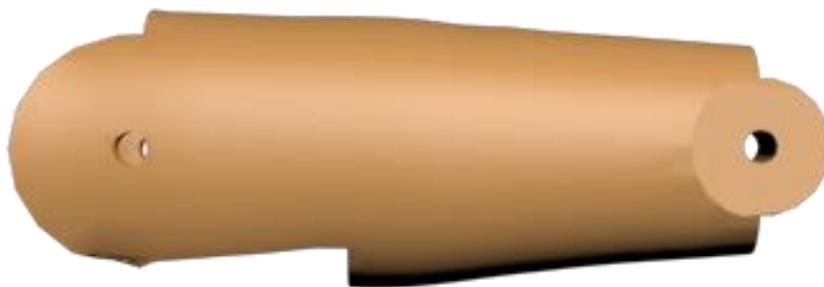


Figura: 15-3. Modelado Render. Falange media

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

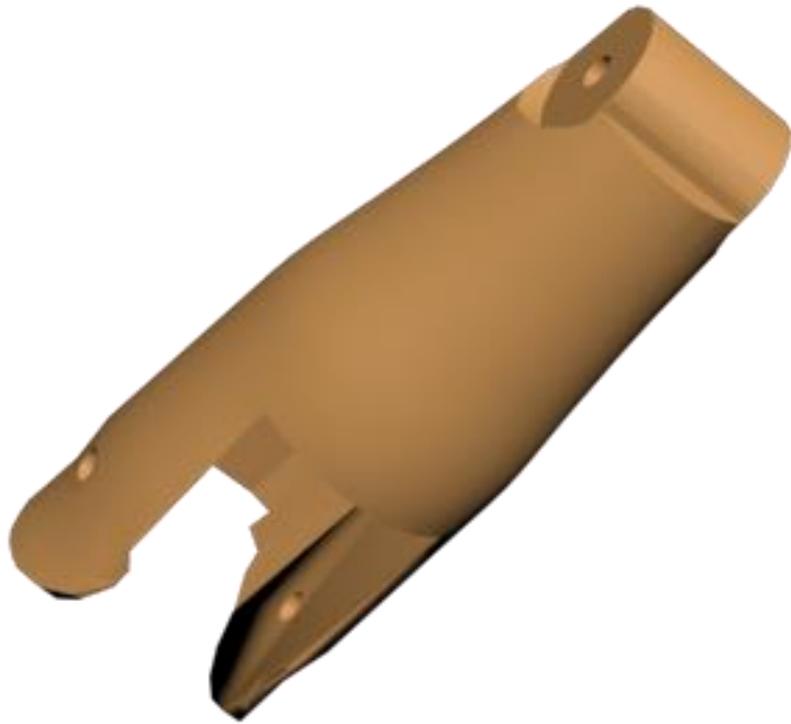


Figura: 16-3. Modelado Render. Falange media

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 17-3. Modelado Render. Falange media

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

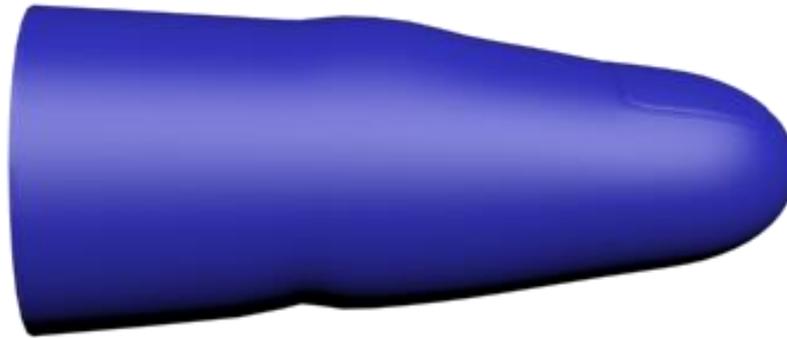


Figura: 18-3. Modelado Render. Falange distal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 19-3. Modelado Render. Falange distal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Figura: 20-3. Modelado Render. Falange distal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Composición de prototipo.

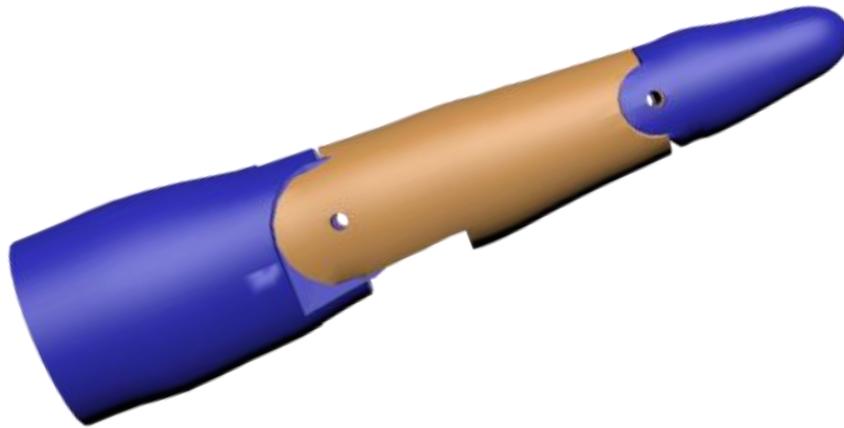


Figura: 21-3. Modelado Render. Composición

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

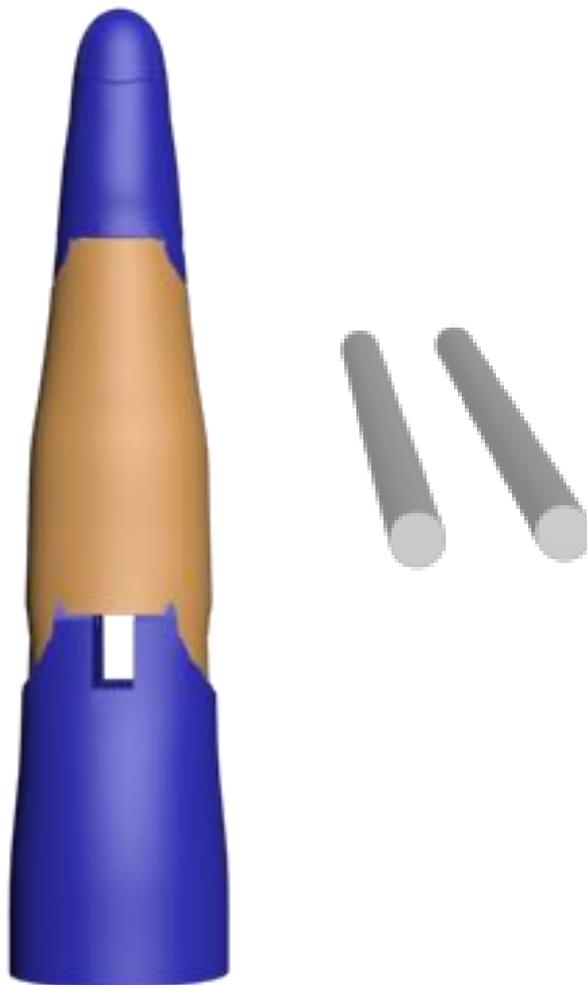


Figura: 22-3. Modelado Render. Elementos

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

3.3 Validación de prototipo

3.3.1 Evaluación de la prótesis vs usuario.

Digitales.

- Pinzas por oposición terminal
-



Fotografía 1-3. Pinzas terminal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Pinzas por oposición subterminal



Fotografía 2-3. Pinzas subterminal

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Pinzas por oposición subterminolatera



Fotografía 3-3. Pinzas subterminolateral

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Pinzas interdigitales laterolateral.

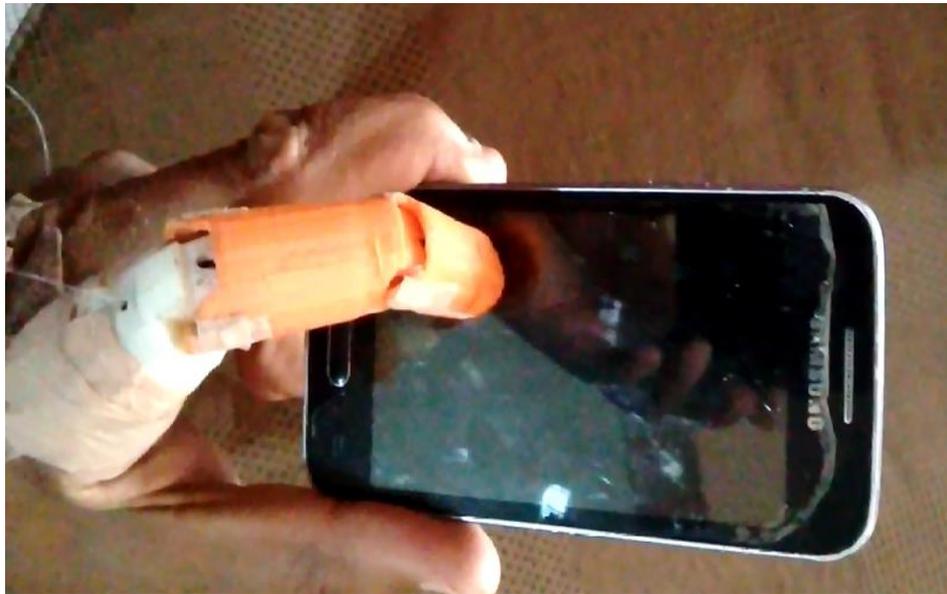


Fotografía 4-3. Pinzas interdigitales laterolateral

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Pluridigitales.

- Las presas tridigitales.



Fotografía 5-3. Las presas tridigitales

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Las presas tetradigitales



Fotografía 6-3. Las presas tetradigitales

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Las presas pentadigitales.



Fotografía 7-3. Las presas pentadigitales

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Palmares.

- Presas Digitopalmar



Fotografía 8-3. Las presas digitopalmar

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

- Presas palmar con la totalidad de la mano.



Fotografía 9-3. Las presas palmar total

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Centradas.

- Presas centradas.



Fotografía 10-3. Las presas palmar total

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Valores.

0 IMPOSIBLE.

1 ESBOZO DE PRESIÓN.

2 INCORRECTA SIN FUERZA.

3 INCORRECTA CON FUERZA.

4 CORRECTA SIN FUERZA.

5 NORMAL.

RANGO DE CALIFICACIÓN.

0 A 9 MANO BAJO RENDIMIENTO.

10 A 19 MANO DE AYUDA, NO FUNCIONAL.

20 A 29 MANO SEMI-FUNCIONAL.

30 A 39 MANO FUNCIONAL.

40 MANO NORMAL.

La prótesis se considera óptima para las presiones entre los objetos, los resultados obtenidos sin la prótesis proyectaron como mano SEMI-FUNCIONAL; debido a los años transcurridos. El Doctor Sixto Mera adaptó su mano para una buena manipulación de los objetos. Los nuevos resultados certifican como mano FUNCIONAL por el tiempo mínimo de manipulación, su categorización FUNCIONAL mejorara a un mayor tiempo de adaptación mano prótesis, brindando un Funcionamiento Biomecánico Eficiente. (Ver Anexo C).

Observación: La prótesis versus objetos de menor volumen no presenta demasiada presión. La pérdida de presión es debida a la dislocación existente en el metacarpiano y falange lo que reduce el ángulo generador de presión.

3.4 Validación de la hipótesis



Fotografía 11-3. Prótesis conjunto.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

La validación del prototipo en relación a su funcionamiento se calculó en base a un método cualitativo (Ver Anexo A y C), siendo los ejercicios de presión realizados por el Doctor Sixto Mera los resultados.

En el carácter de personalizado se comprobó mediante el análisis psicológico del usuario (Ver Anexo B), con la cual se podrá saber el nivel de aceptación por parte del usuario.

3.5 Análisis de resultados

Para determinar el grado de aceptación a la prótesis en su funcionamiento y estético, se realizó una tabla de puntuación con rangos más alta (5) y menor (0) a cada característica establecida.

Tabla 1 – 3 Análisis prótesis.

Característica	Calificación					
	0	1	2	3	4	5
Funcionamiento						
Ergonómico						
Antropométrico						
Estético						

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

Determinado un grado de aceptación alto a la prótesis por el Doctor Sixto Mera. Ver Fotografía 12-3, 13-3.



Fotografía 12-3. Prótesis Terminada.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.



Fotografía 13-3. Prótesis arte.

Realizado por: QUINGA, Antonio, 2018.

CONCLUSIONES

- Para usuarios con pérdida de miembros, es muy motivador adquirir prótesis que tengan rasgos identificativos que ayuden en su proceso de adaptación a la pérdida de su miembro y conseguir una pronta recuperación.
- Las personas que sufren de amputación desean que el elemento protésico cumpla si no en su totalidad las mismas funciones que el miembro a suplir.
- Previo al análisis biomecánico, el usuario obtener una mejor seguridad al manipular los objetos.
- Al presentar elementos gráficos representativos mediante un análisis psicológico del usuario, se genera la pronta aceptación visual del usuario rompiendo la barrera de quebranto provocada por la pérdida del miembro; provocando una pronta aceptación de la prótesis por el usuario.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la pronta inserción de este tipo de prótesis de bajo costo a las instituciones de salud para ayudar de forma inmediata a los usuarios.
- Generar áreas Modelado en instituciones de salud que agilicen ó faciliten estos tipos de prótesis para la pronta recuperación del paciente con su previo análisis ergonómico, antropométrico y psicológico.
- Crear empresas encargadas de modelar que ayuden a las personas las cuales por enfermedad o accidentes son amputados generando una pronta inserción laboral e social.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, D. M. EDUCACIÓN SUPERIOR INCLUSIVA EN MÉXICO: Una verdad a medias. México. 2014.

BERNAL, JAIR. Diseño y simulación de un prototipo de prótesis de mano bioinspirada con cinco grados de libertad. (Tesis) (Magister). Universidad Nacional de Colombia Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica Bogotá, Colombia.2012.

CAÑAS, J. Ergonomía cognitiva: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información. 2001. p 1.

CIFUENTES MARTÍNEZ, L. A. Ortesis y Prótesis. Quito: Cámara Ecuatoriana del Libro - Núcleo de Pichincha. 2002. p. 407.

CIFUENTES MARTÍNEZ, L. A. Ortesis y Prótesis. Quito: Cámara Ecuatoriana del Libro - Núcleo de Pichincha. 2002. p. 359-361.

CONTRERAS BIZAMA, J. Amputación de extremidades superiores: caracterización. Revista Chilena de Salud Pública. 2010. p. 417.

CORTES, J. M. Seguridad e Higiene del Trabajo. 2012. p. 583.

ECUADOR CONSEJO NACIONAL DE DISCAPACIDADES. (CONADIS). Informe mundial sobre la discapacidad. [En línea]. Quito-Ecuador. 2011. [Consulta: 10 de mayo 2017]. Disponible en:http://www.conadis.gov.ar/doc_publicar/informe%20mundial/Informe%20mundial.pdf.

GONZÁLEZ, I. M. Las deducciones en el sector privado y su incidencia en la recaudación tributaria.caso: empleados con discapacidad (2011-2013). Guayaquil: Universidad de Guayaquil. 2015.

GUZMAN, M. E. Malformaciones congénitas. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2004.

JASON, Micallef. Diseño un brazo protésico ultra-funcional 3D imprimible. [Consulta 08 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.3ders.org/articles/20161206-ultra-functional-3d-printed-prosthesis-could-monitor-blood-pressure-and-heart-rate.html>.

JULIUS PANERO, M.Z. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. 1996. p. 30.

KAPANDJI, A.I. Fisiología Articular. Sexta edición: Editorial Medica Panamericana 2006 p. 308-324.

LESMES, D. Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano. 2007.

MATURANA, Jesús. “Éstas son las tecnologías de impresión 3D que hay sobre la mesa y lo que puedes esperar de ellas”. *Xataka, apasionados por la tecnología*. [En línea] (s.l.) (s.n.). [Consulta 08 junio 2017] Disponible en: <http://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-haysobre-la-mesa-y-lo-que-puedes-esperar-de-ellas>

MELO, J. Ergonomía Práctica. 2009. p. 11.

MINISTERIO DE RELACIONES LABORALES, C. 2013. Manual de buenas prácticas para la inclusión laboral de personas con discapacidad. Ecuador: Ministerio de Relaciones Laborales, CONADIS.

Modelado 3D. Conceptos fundamentales de la modelación 3D [en línea]. [Consulta 08 junio 2017]. Disponible en: <http://abc.mitreum.net/wp-content/uploads/clase2-parte1-teoria.pdf>.

MONDELO, P. Ergonomía 1 Fundamentos. 2001. p 61-62.

NORTON, Kim. *A Brief History of Prosthetics* [En línea] InMotion, (Volume 17, Issue 7) Knoxville – EEUU. 2007 [Consulta 2017-08-01]. Disponible en: https://www.amputecoalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.pdf.

ROMERO, Balvina. Diseño de prototipos tridimensionales de prótesis externa para el remplazo de pierna y pie por amputación infragenicular en humanos. (Tesis) (Ingeniería), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2016. (Citado 25-09-2017)

SANDOVAL, Mónica. *Proyecto Integrador 1* (Texto Básico) (ESPOCH) (Riobamba-Ecuador) (2011) (Citado el 02/02/2017) p. 7-11.

ANEXOS

Anexo A Evaluación de la presión (sin prótesis).

OBJETIVO: Determinar el nivel de presión existente en el Doctor Sixto Mera.

EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN (SIN PRÓTESIS)

Nombre: Sixto Mera
 Fecha: _____
 Mano: Izquierda

	TIPO DE PRESIÓN	VALOR	OBSERVACIONES	IMAGEN
Digitales.	Pinzas por oposición terminal.	0	Utiliza su dedo de apoyo.	
	Pinzas por oposición subterminal	2		
	Pinzas por oposición subterminolateral	2		
	Pinzas interdigitales laterolateral.	2		
Pluridigitales.	Las presas tridigitales.	0	Dedo índice no presente.	
	Las presas tetradigitales.	5		
	Las presas pentadigitales.	5		
Palmares.	Presas Digitopalmar.	4		
	Presas palmar con la totalidad de la mano.	4		
Centradas.	Presas centradas.	2		

26

Valores.

<p>0 IMPOSIBLE. 1 ESBOZO DE PRESIÓN. 2 INCORRECTA SIN FUERZA. 3 INCORRECTA CON FUERZA. 4 CORRECTA SIN FUERZA. 5 NORMAL.</p>	<p>RANGO DE CALIFICACIÓN. 0 A 9 MANO BAJO RENDIMIENTO. 10 A 19 MANO DE AYUDA, NO FUNCIONAL. 20 A 29 MANO SEMI-FUNCIONAL. 30 A 39 MANO FUNCIONAL. 35 MANO NORMAL.</p>
--	--

Anexo B Evaluación rasgos identificativos del usuario.

OBJETIVO: Determinar las características que identifican al Doctor Sixto Mera.

ENTREVISTA USUARIO PRÓTESIS DE DEDO ÍNDICE IZQUIERDO.

1. Como le gustaría que sea una prótesis.

Que tenga las características del miembro perdido, como su color, forma y que se adapte de manera correcta al dedo flexible que permitan manipular objetos.

2. Que busca en la prótesis.

Que forme un conjunto homogéneo con la mano, en el ámbito personalizado que tenga mantenga colores azules y blancos.

3. Cuáles son las funciones que debería tener la prótesis

Que sea articulado y que el material permita un agarre con los objetos ósea que resbale.

4. Qué piensa de las prótesis personalizadas.

Que son un apoyo a las personas como yo que hemos perdido una parte del cuerpo porque nos podría ayudar de forma psicológica para superar la pérdida y adoptarnos a la prótesis.

5. Enumere sus gustos según la opción.

Color: Azul, blanco

Entretenimiento: películas de acción las Guerras de las Galaxias, el Terminador. Me gusta salir a caminar.

Observación: El usuario pidió que se trabaje el prototipo con rasgos de piel, entonces se le busco la solución de una carcasa para la implementación en la parte gráfica.

6. Como se identifica en el ambiente laborar, familiar y grupo de amigos.

Laboral: solidario, futurista y objetivo.

Familiar: alegre.

Amigos: compañerismo.

Anexo C Evaluación de la presión (con prótesis).

OBJETIVO: Determinar el nivel de presión con la prótesis al Doctor Sixto Mera.

EVALUACIÓN DE LA PRENSIÓN (CON PRÓTESIS)

Nombre: Sixto Mera.
 Fecha: 06/01/2018
 Mano: Izquierda.

	TIPO DE PRENSIÓN	VALOR	OBSERVACIONES	IMAGEN
Digitales.	Pinzas por oposición terminal.	0	Por la dislocación existente pierde fuerza en el ángulo	
	Pinzas por oposición subterminal	3		
	Pinzas por oposición subterminolateral	3		
	Pinzas interdigitales laterolateral.	3		
Pluridigitales.	Las presas tridigitales.	2		
	Las presas tetradigitales.	5		
	Las presas pentadigitales.	5		
Palmares.	Presas Digitopalmar.	4		
	Presas palmar con la totalidad de la mano.	5		
Centradas.	Presas centradas.	4		

Valores. 34.

0 IMPOSIBLE.
1 ESBOZO DE PRENSIÓN.
2 INCORRECTA SIN FUERZA.
3 INCORRECTA CON FUERZA.
4 CORRECTA SIN FUERZA.
5 NORMAL.

RANGO DE CALIFICACIÓN.
0 A 9 MANO BAJO RENDIMIENTO.
10 A 19 MANO DE AYUDA, NO FUNCIONAL.
20 A 29 MANO SEMI-FUNCIONAL.
30 A 39 MANO FUNCIONAL.
35 MANO NORMAL.

Anexo D Plantilla de la mano izquierda.

OBJETIVO: Determinar los rasgos para el acople adecuado de la prótesis para el Doctor Sixto Mera.

