

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL

Exoesqueleto Háptico Modular

Diseño e implementación para la rehabilitación y monitoreo de manos

Tesis profesional que para obtener el título de Diseñadora Industrial presenta:

Erendira Martínez Hernández

Dirección

MDI. Héctor López Aguado

Asesoría

Dr. en DI. Carlos Daniel Soto

MDI. Vanessa Sattelle Gunther

M en I. Claudio Hansberg Pastor

MDI. Mauricio Moysén Chávez

Colaboración

Dr. Miguel Ángel Padilla Castañeda

Imagenología Biomédica, Física y Computacional
del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo
Tecnológico (CCADET, UNAM)



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes”

“Mediada la investigación y frustrado por la lentitud de sus progresos, Darwin escribió: “Odio al percebe como ningún hombre lo ha odiado nunca”. Sin embargo, perseveró y realizó una obra monumental en cuatro volúmenes que sigue gozando de gran estima...”

(Berra, Tim M. 2009)

EP01

Agradecimientos

Gracias a todos por su apoyo e inestimable optimismo.

Por su amistad, tiempo y cariño; así como la confianza que depositaron en mí desde el primer momento

Colaboración

Exoesqueleto háptico modular, diseño e implementación para la rehabilitación y monitoreo de manos, es un proyecto de tesis desarrollado durante el seminario de titulación del noveno y décimo semestres en el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI, UNAM) en colaboración con Grupo de Imagenología Biomédica, Física y Computacional del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) a través del Dr. Miguel Ángel Padilla Castañeda y con la participación de las estudiantes de la Facultad de Ingeniería colaboradoras del laboratorio antes mencionado: Adriana Martínez Hernández (maestría en ingeniería mecatrónica) y Estefany Herrera (licenciatura en ingeniería eléctrico electrónica) quienes desarrollaron el algoritmo de los sensores de *tracking* para las pruebas. Así como con los ingenieros en mecatrónica César Alonso Montejano y Abisaí de la Rosa Gudiño.

Por otra parte agradezco la colaboración y asesoría del Dr. José Guadalupe Rodríguez Luna (ortopedista), de la Dra. Aideé Ramírez Aguilar y el Dr. David Hernández Mendoza (Médico cirujano); así como al Instituto de Traumatología.

Tablas de contenidos

contenidos

Resumen	7	Aspecto estético vs función en la configuración formal	69
Abstract	8	Aspecto tecnológico vs real o imitativo	70
Introducción	9	Enfermedades degenerativas	71
Objetivo	12	Háptico	72
		¿Qué usan los que no tienen dinero para pagar una prótesis?	73
Metodología	13	Enfermedad de Parkinson	74
Línea del tiempo	14	Control y sensibilidad de la mano	79
Aspectos clave	15	Reeducación muscular	82
Etapas	16	Secuencias de uso en rehabilitación	84
Investigación y desarrollo	17	En rehabilitación	85
desarrollo mental científico creativo	18	Pulgar	87
Desarrollo mental por área	19	Secuencias de uso en reeducación con prótesis	89
Mapa de relaciones	20		
		Componentes técnicos	90
Investigación	22	Clasificación de sensores	91
Entrevistas Observaciones	23	Sensores de monitoreo y posicionamiento	95
Entrevistas Recomendaciones	25	El sensor kinect	95
Historia del objeto protésico	26	Simbología de la electrónica	99
Ortoprotésica	34	Simbología del proyecto	99
Amputación en México	37	Simbología convencional	100
Edades y porcentajes de amputaciones	40		
Conclusión de capítulo	42	Perfil de producto	102
		Perfil de diseño de producto (inicial)	103
Miembro superior	44	Puntos críticos del diseño del producto	106
Antebrazo	45	Esferas de relación	109
La mano	46		
Morfología	47	Desarrollo del proyecto	111
Manipulación de objetos	54	Distribución de componentes por propuestas	112
Clasificación de las amputaciones	59	Sensores de falanges, fase inicial	114
Infecciones	59	Distribución de componentes, falanges – palmar y dorsal fase inicial	115
Principales causas	61	Prototipos	116
Candidato a prótesis	62	Documentación de componentes	118
Prótesis	65	experimentación e investigación	
Prótesis extremidad superior	66	Sensores de conexión	121
Prótesis, órtesis y exoesqueletos	67		
Aspectos principales en protésica	68		

Elementos hápticos en el mercado: benchmarking	123	Componentes modulares	196
Perfil de diseño de producto	126	-dedales situación que lo ide	
Proyecto y propuestas	130	-dedales cicatrización uniforme	196
Esquema de introducción y resumen: usuarios	131		
		Secuencias de uso	197
Secuencia de uso en la propuesta integral	134	Extensible	198
Zonas que conforman el dispositivo	138	Terminal 2	201
Aspectos técnicos ergonómicos y funcionales	140	Distribución de alambre nitinol	201
Arquitectura de la electrónica en la propuesta	141	Distribución de sensores y motores de vibración	201
final		Distribución electrónica	202
Prototipos	142		
Conclusiones del prototipado	146	Programa de seguimiento	203
Concepto	147	Experiencias y retos de diseño	209
Descripción general	149	Conclusión de la investigación	209
Propuesta 1 primer propuesta	151	Descubrimientos de la investigación	
Componentes de la primer propuesta	154	Ergonomía	212
Argumentación de cambio de propuesta	156	Función	213
Propuesta preliminar 2	158	Producción	214
Componentes de la segunda propuesta	161	Estética	215
Argumentación de evolución a propuesta final	167		
Propuesta 3, evolución de la propuesta final	168	Anexos	216
Configuración formal de los elementos que componen el dispositivo	173	Dimensiones antropométricas	217
Conclusiones propuesta 3	174	Programa de seguimiento del IMSS	220
		Bocetos	223
Propuesta final	175	Prototipos	224
Logo del dispositivo	180		
Propuesta de embalaje	181	Planos	227
Abstracción del logo y configuración de la anatomía de la mano	183		
Ejes compositivos	184		
Aspectos técnicos	185		
Escenarios de uso	189		
Modularidad de elementos	191		
extensibles y dedales	191		
Dedales y terminal 1 y 2	192		
Escenarios y secuencias de uso	193		
Modularidad de elementos	195		
Dedales en dos direcciones	195		
Dedales en una sola dirección	195		



FIGURA 1

Resumen

Exoesqueleto háptico modular es una propuesta de dispositivo médico, cuyo diseño e implementación modular en las falanges tiene como propósito reeducar y monitorear a pacientes con articulaciones sanas, pero con padecimientos relacionados a traumatismos o amputación parcial de mano, que haya ocurrido en un lapso no mayor a los 18 meses, tiempo promedio a la ramificación nerviosa o pérdida de la sensibilidad y memoria muscular del miembro.

Por otra parte, como instrumento de monitoreo se proyecta también como un elemento recopilador de datos estadísticos, en el tratamiento de padecimientos neurológicos, tales como la enfermedad de Parkinson [E.P]. Lo cual generaría datos para la evaluación del progreso obtenido con el suministro de la medicación alopática aplicada al paciente o regulación de la misma.

Este dispositivo prevé actuar, bajo autorización médica, como herramienta previa para la disposición de alguna prótesis; debido a que la auto-prescripción de material protésico, ya sea de orígenes caseros o comerciales, conlleva en su mayoría a complicaciones que comprometen o deterioran la salud del paciente. Por lo tanto, este instrumento tiene por objetivo solucionar la problemática de educar y habilitar las terminales nerviosas del miembro afectado posterior a la cicatrización para el uso adecuado de prótesis, así como mejorar la calidad de vida del paciente al combatir la escasez de personal capacitado en los hospitales y renovar considerablemente la independencia del paciente.

Figura 2



Abstract

Modular haptic exoskeleton is proposed as a medical device with modular design and implementation in the phalanges is intended to re-educate and monitor patients with healthy joints, but with conditions related to trauma or partial amputation of the hand that has occurred in no longer than 18 months, mean time to develop branch nerve or loss of muscle limb sensitivity and memory.

On the other hand, as a monitoring instrument it is also projected as a compiler of statistical data in the treatment of neurological diseases, such as Parkinson's disease [P.D]. This would generate data for the evaluation of the progress obtained with the supply and

regulation of allopathic medication applied to the patient.

This device plans to act, under medical prescription, as a prior tool for the provision of any prosthesis; as well as it is known that self-prescription of prosthetic material, whether of home or commercial origins, mostly involves complications that compromise or deteriorate patient's health. Therefore, this instrument aims to solve the problem of educating and enabling the nerve terminals of the affected member, and after healing, for the proper delivery of prostheses, additionally improving patient's life quality by combating the shortage of trained personnel in hospitals and renew the independence of the patient.



Figura 3

Introducción

Escuchar o leer sobre impresión 3d casera de elementos protésicos es cada vez más común, sin embargo, esta grave tendencia a la auto-prescripción y asignación de prótesis lejos de remediar los problemas estéticos y funcionales relacionados a la pérdida de miembros, sólo origina complicaciones aún mayores; tales como un muñón lacerado y/o la poca o nula aceptación del elemento protésico.

La presente tesis aborda el tema de dispositivos protésicos para las falanges. Para esto, hay que identificar que el término prótesis o material protésico aquí descrito se limita a elementos ortopédicos; definiendo que prótesis es toda aquella extensión artificial que reemplaza o provee a una parte del cuerpo faltante, cumpliendo casi la misma función que un miembro natural.

El tema de la auto prescripción protésica deriva incluso hasta en un 85% de los casos por complicaciones en los hospitales" (Vázquez Vela, 2015). Los cuales generalmente se deben a que se ignora que existe tratamiento previo a la asignación de prótesis, por lo que los pacientes e incluso sus familiares, tienden a adecuar soluciones a su alcance para restaurar el sentimiento de un miembro faltante, con la finalidad de mejorar el ánimo y estado emocional del paciente.

Es indispensable que la implementación de material protésico, sea a priori por prescripción médica y de terapias previas de reeducación y rehabilitación del muñón por parte de terapeutas y a posteriori por el paciente desde casa. Estas terapias evitan que el paciente pierda sensibilidad y respuesta neurológica; impidiendo la ramificación nerviosa, la cual deriva en un miembro inútil y un paciente dependiente.

Cuando se trata de cubrir la cuota de afectados para rehabilitar, se presentan los primeros obstáculos pues estos se extienden desde la escasez de personal capacitado e instalaciones adecuadas, hasta la motivación del paciente para llevar a cabo el tratamiento en casa o el hospital.

Otros factores que aborda la tesis son las diferentes enfermedades degenerativas, como la diabetes, que pueden sumarse al paciente amputado; así como la regulación institucional del área de medicina del trabajo que protege y vigila la recuperación de cada uno de sus derechohabientes (Instituto Mexicano del Seguro Social, 2010).

Es entonces que, a partir de la colaboración con el laboratorio de Imagenología Biomédica, Física y Computacional del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) surgieron propuestas de rehabilitación (un

exoesqueleto para muñeca) y material didáctico (un guante háptico) buscó una propuesta de producto que implementara la electrónica con la que trabajaba el equipo del CCADET, la cual consistía en un algoritmo de identificación de rastreo y ubicación de ángulos de posicionamiento.

Por otra parte, en la clase de *Pensamiento para la innovación*, dirigida por el MDI. Héctor López Aguado, se investigó a profundidad la calidad de vida de las personas amputadas y en rehabilitación, especialmente las que hacen uso de material protésico, en el que se identificaron como principales problemáticas para el paciente el tiempo que invierte en la sala de espera de los hospitales públicos para recibir atención médica y terapéutica, (de 3 a 7 h) según el *triage** normalizado por la institución y la apatía del paciente por el tratamiento, así como la carencia de terapeutas por cantidad de pacientes.

Triage: término francés que se emplea en el ámbito de la medicina para clasificar a los pacientes de acuerdo a la urgencia de la atención

Las anteriores problemáticas al ser detectadas y estudiadas, particularmente con diferentes pacientes, hospitales y expertos en el tema, permitieron desarrollar la presente tesis de licenciatura para obtener el grado de Diseñador Industrial, donde se muestra el proceso de respuesta a través de una propuesta integral que plantea un objeto de uso médico, de tipo modular, pasivo y no invasivo, para las falanges de las manos, lo cual brinde al paciente independencia y motivación para realizar los ejercicios terapéuticos; además de un software especializado para el médico y terapeuta que requiera brindar atención personalizada a un mayor número de pacientes en tiempo real.

La plataforma de software plantea que el paciente pueda realizar la rehabilitación desde casa, pues el paciente se ve frecuentemente frustrado por las largas horas de espera para recibir el tratamiento, por lo repetitivo o aburrido

de las actividades, con lo que a partir de un perfil de ejercicios prescritos y señalados por el doctor a cargo y el dispositivo *Xphalax*, sea valorado en tiempo real, vía internet por el especialista.

El aspecto de ser una plataforma en línea contribuye en gran medida, como elemento supervisor, en áreas tales como medicina del trabajo, en las que se debe supervisar al paciente, como estatuto administrativo para la verificación de incapacidades y disposiciones laborales.

Objetivo

El objetivo principal es desarrollar una solución integral, la cual incluye un producto de diseño Industrial y el sistema de seguimiento terapéutico.

Busca solucionar las problemáticas de atención previa a la implementación de material protésico, en pacientes con amputación de falanges y servir como herramienta de monitoreo durante el tratamiento de rehabilitación y reeducación.



Figura 4

Metodología

El proceso de esta tesis se dividió en dos procesos mentales principales: el creativo y el científico. Cada uno desarrollado por procesos de pensamiento y metodologías distintas, ambas no lineales.

A continuación se muestran seis diferentes diagramas que interpretan cada área de apoyo y de investigación, desde el punto de vista del diseño y desarrollo del proyecto. El primer esquema, figura 5 muestra por medio de una línea del tiempo, las etapas y desarrollo del proyecto, mientras que el segundo, Figura 5, explica cada uno de los aspectos clave en los que intervino cada disciplina. El esquema de la figura 7 explica por área de especialidad sus principales aportaciones; ayudado de un gráfico y código de color que será utilizado en todos los diagramas de este capítulo y enfatizando el periodo de intervención de cada disciplina.

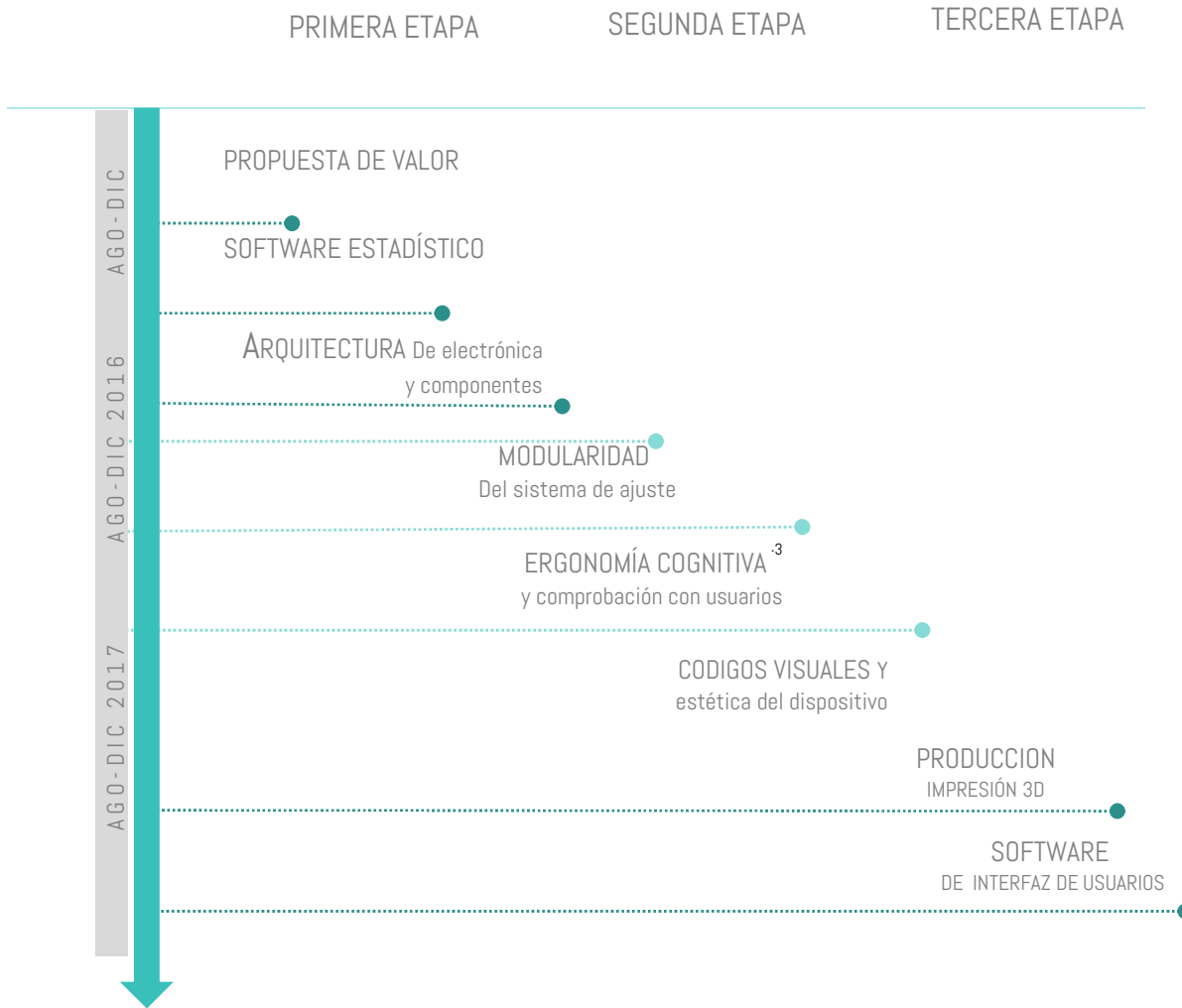
Por otro lado, el diagrama de la figura 8, señala el proceso de generación de la propuesta de valor, desde el punto de vista de

la metodología de diseño, el cual estará complementado por el mapa de relaciones anexo al final de los diagramas, (figura.10) el cual argumenta la propuesta de valor generada; mientras que en el diagrama de la figura.8 explica la colaboración de las otras especialidades y la implementación del material tecnológico, gracias a la intervención de expertos y usuarios reales.

Por ultimo el diagrama de la figura 9. presenta un diagrama comparativo del proceso creativo y científico según el área de investigación y desarrollo del proyecto.

LINEA DEL TIEMPO

ETAPAS



³ La ergonomía cognitiva se interesa en los procesos mentales, en la medida que éstos afecten la interacción entre las personas y los elementos de un sistema de trabajo (persona, ambiente, máquina). Paola González, Kinesióloga y Ergónoma. (Enero 2013). *La Ergonomía Cognitiva, clave en la salud de los trabajadores.*

Figura 5

LINEA DEL TIEMPO

ASPECTOS CLAVE

Descripción general de los aspectos clave considerados en la propuesta.

Arquitectura

Sistema electrónico de conexión y transporte de datos, así como la implementación de sistema háptico y de inmersión virtual

Modularidad

Versatilidad de la propuesta para su implementación en las falanges, sin restricción a grado de amputación y movilidad de las articulaciones.

Propuesta de valor

Determinación de la aplicación y valor de uso a la propuesta tecnológica

Software estadístico:

Programa de medición logarítmica, por articulación y proyección anatómica de la contracción digital.

Ergonomía Cognitiva

(Cognoscitiva)

Percepción, memoria, razonamiento, y respuesta motora, como instrumento de medición en las interacciones entre los pacientes y los componentes del sistema y software a implementar.

Software/interfaz

Plataforma que permite al especialista la elaboración del perfil en línea del paciente, con los ejercicios de rehabilitación para la re-educación en casa, a través de respuestas neuronal espejo.

METODOLOGÍA

ETAPAS

A continuación se muestran seis diferentes aspectos clave, en distintos periodos y su intervención multidisciplinaria, así como la simbología y código de color, que se estará utilizando



ASPECTOS CLAVE	DISCIPLINA	ETAPA DE DESARROLLO	PERIODO DE DESARROLLO
PROPUESTA DE VALOR	○ ○ ○	PRIMERA ETAPA	AGO - DIC/2015
SOFTWARE ESTADÍSTICO	○ ○ ○	PRIMERA ETAPA	DIC/2015 -AGO/2016
ARQUITECTURA	○ ○ ○	PRIMERA ETAPA	MAY - NOV/2016
MODULARIDAD	○ ○ ○	SEGUNDA ETAPA	DIC/2015 - DIC/2016
ERGONOMÍA COGNITIVA	○ ○ ○	SEGUNDA ETAPA	DIC/2015 - DIC/2016
INTERFAZ DE USUARIOS	○ ○ ○	SEGUNDA ETAPA	AGO/2016 - MAY/2017

Figura 6

METODOLOGÍA

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Figura 7

DESARROLLO MENTAL CIENTIFICO -CREATIVO

Esquema de la metodología multidisciplinaria, empleada para el desarrollo de la propuesta final

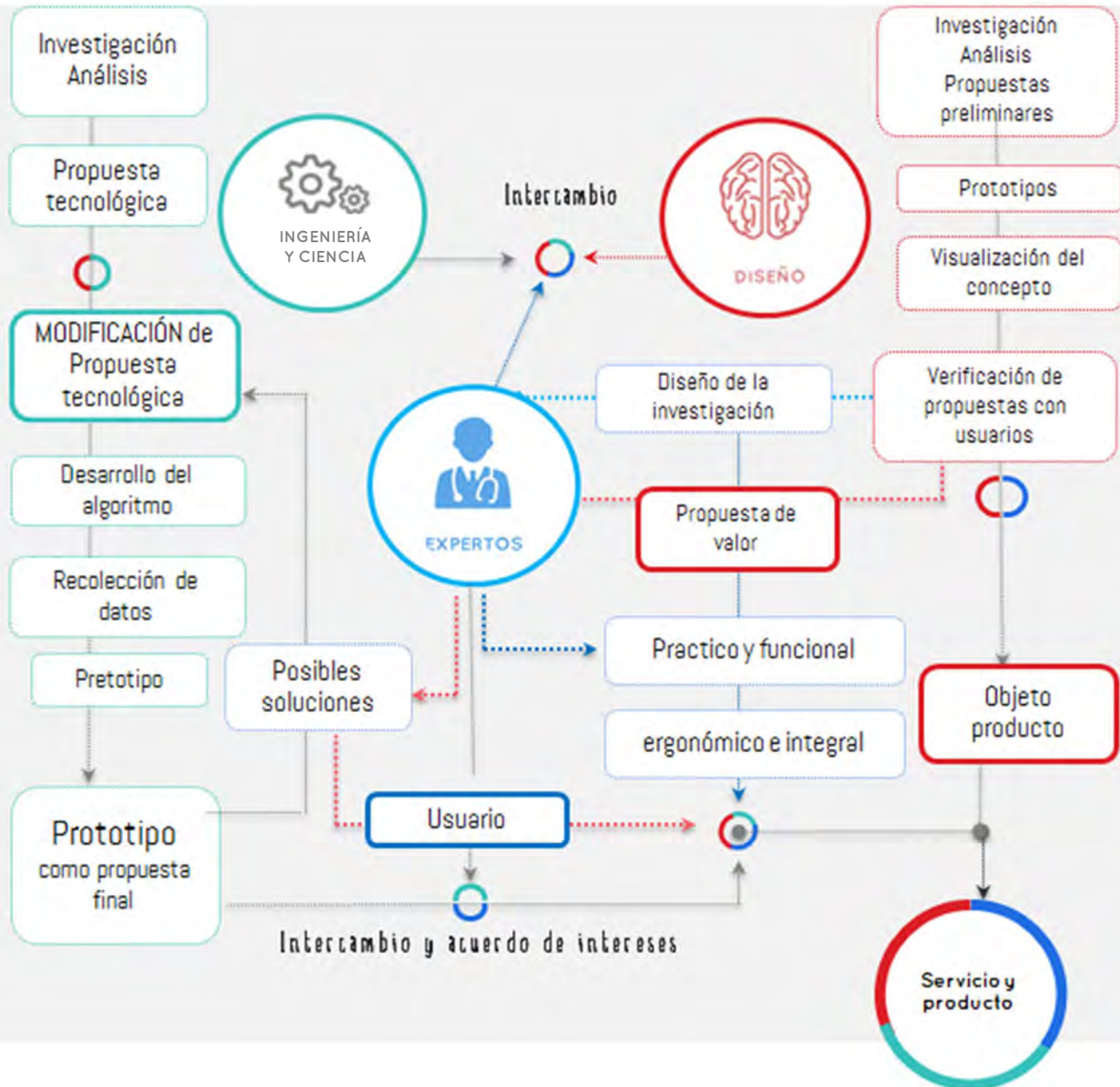


Figura 8

METODOLOGÍA DESARROLLO MENTAL POR ÁREA

Descripción grafica del proceso creativo del pensamiento según las áreas de especialización.

DIAGRAMA COMPARATIVO DEL PROCESO CREATIVO Y CIENTÍFICO SEGÚN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

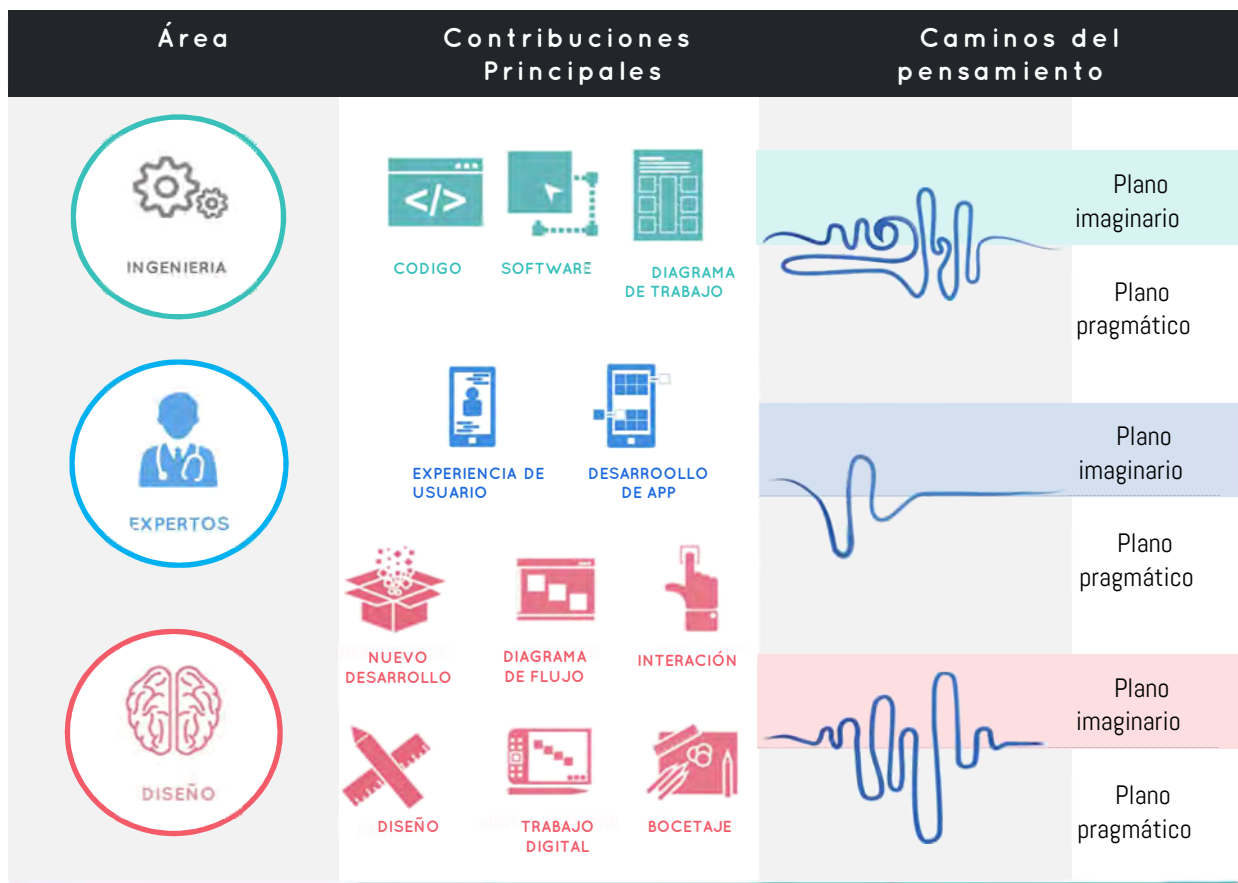
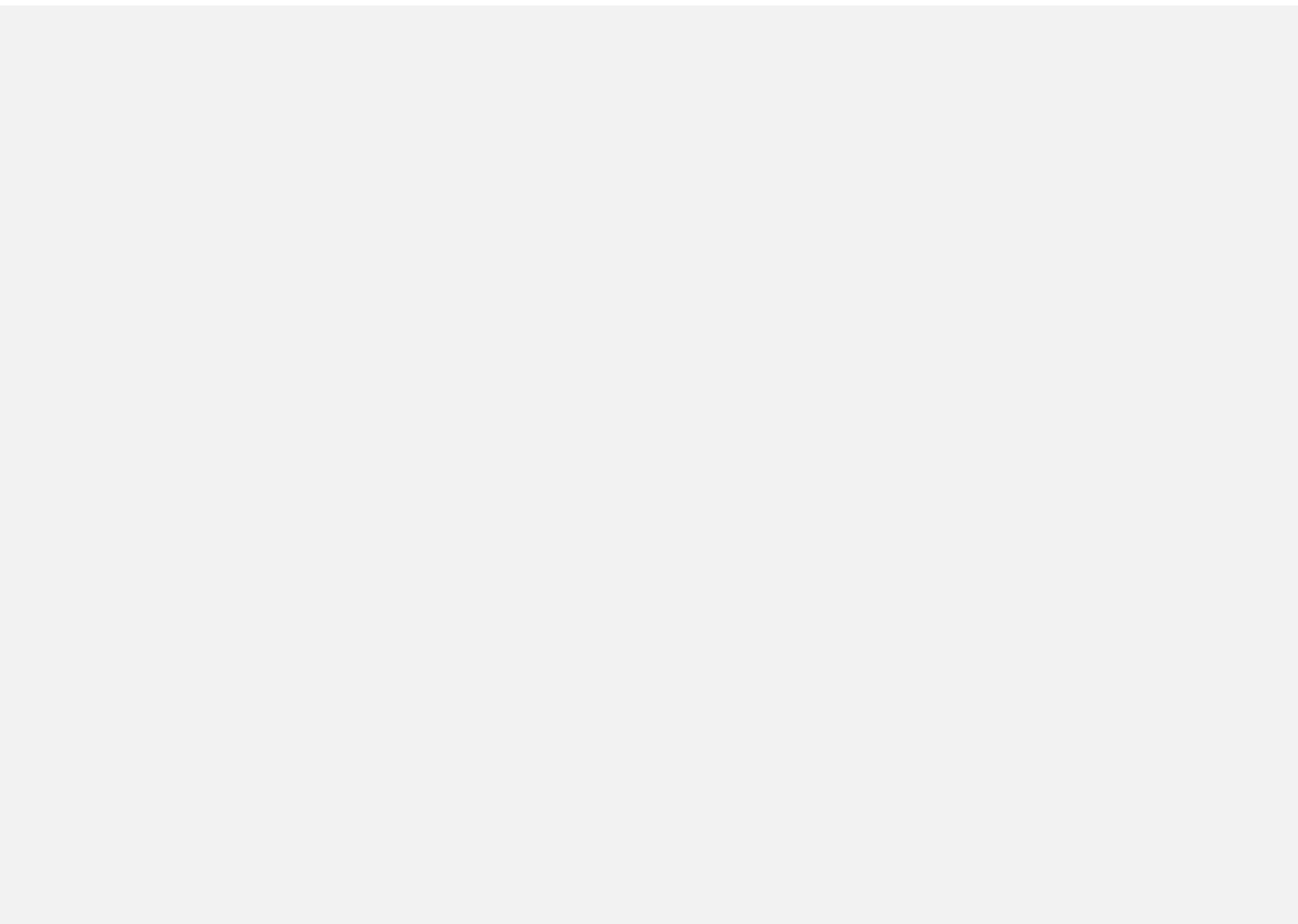


Figura 9

METODOLOGÍA
MAPA DE RELACIONES





Investigación Preliminar

La investigación se divide en dos secciones: la primera es una búsqueda general de la problemática que da lugar a la creación de la propuesta de diseño, mientras que la segunda es una investigación particular de los aspectos que dan solución a la problemática.

INVESTIGACIÓN ENTREVISTAS: OBSERVACIONES

Se realizó una entrevista al Dr. José Guadalupe Rodríguez Luna, para la comprobación de prototipos y conceptos de las primeras propuestas, así como la rectificación de datos y de la investigación generada por la literatura, para lo cual se hicieron presentes, las siguientes observaciones y sugerencias para la dirección del proyecto.



La propuesta resuelve grandes problemáticas reales en el sector salud.



Ataca problemáticas para pacientes de articulaciones sanas.



Promueve la rehabilitación efectiva, lo cual mejoraría en gran porcentaje la calidad de vida en los pacientes



La rehabilitación desde casa es más efectiva, debido a que existirá menor retraso en la recuperación del paciente



Se ataca la problemática de la atrofia y discapacidad. Como secuela del traumatismo y evita que se inutilice el miembro.



La rehabilitación pasaría a ser de cada tercer día a diaria, incrementando el número de horas que actualmente se practica

Fuente: Dr. José Guadalupe Rodríguez Luna, Josguadalupes@yahoo.com.mx



En las clínicas no existe una valoración personalizada, por lo que mejoraría por mucho, la experiencia del paciente



Minimizaría los tiempos muertos que genera la demanda del personal y equipo



Existe respuesta del paciente al tratar la ramificación nerviosa hasta los 18 meses (año y medio)



En el sector salud es demasiada la demanda hacia el personal y el equipo.



Existen muchos pacientes que fingen su rehabilitación con la finalidad de ser pensionados.



El peso del instrumento más pesado que usan en rehabilitación son mancuernas de 250grs



La región palmar, es la mejor para implementar un sistema de ajuste, debido a que no causará problema o dolor alguno sobre el paciente



La duración de las sesiones de rehabilitación y reeducación son de aproximadamente, 1h por 20 sesiones



Amputación por traumatismos, diabetes, enfermedad degenerativa, accidentes o por mordidas y picaduras de animales*.

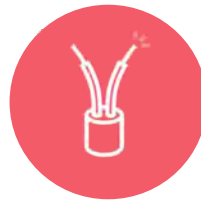
* araña violinista *Loxosceles laeta*, humano, perros y material pirotécnico.

INVESTIGACIÓN ENTREVISTAS: RECOMENDACIONES

Por otra parte surgieron también las siguientes recomendaciones y aspectos a evaluar.



Dirigir el proyecto en el área de medicina del trabajo



Elemento inalámbrico para evitar que se generen tirones o jalones.



Herramienta orientada al sector público y clase trabajadora: obreros.



Evaluar si el paciente va solo porque quiere la incapacidad o realmente sufrió una lesión incapacitante



Necesidad del uso de material desechable, para seguridad emocional del paciente. Aunque no se necesite realmente, por motivos antisépticos.



Evitar su uso para pacientes reumáticos, debido a que el cuadro clínico del diseño, se direcciona a pacientes con articulaciones sanas.

HISTORIA DEL OBJETO PROTÉSICO

La importancia de las extremidades en la humanidad ha sido un aspecto de connotación evolutiva desde la perspectiva del homínido que camina erguido y desarrolla el pulgar (figura 12).

También hay quien considera que ambas extremidades, inferiores y superiores, fueron las que dotaron al ser humano de las herramientas necesarias para sobrevivir, pues de lo contrario, no habría podido procurar el alimento o empuñar el arma para cazar a sus presas.



Figura 12. Ilustraciones de la imposibilidad de cerrar el puño para los chimpancés y la diferencia evolutiva del homínido.

En diferentes culturas antiguas ya se sustituían las extremidades por diferentes artificios (figura.13), incluso existen documentos que mencionan las distintas ideas, tratos y actitudes hacia la discapacidad; al extremo de actitudes hoy vistas como negativas al considerarse un ejemplo de enfermedad e inutilidad. (Rocha, 2001)



Figura13. Prótesis Egipcia. Dedo del pie perdido por diabetes. 950-710 a.C. Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología protésica. Elaborado con fibras.

Se cree que las utilizaban por la sensación de "completitud" antes que por la función.

Museo Británico de Londres

Los progresos del intercambio cultural entre Mesoamérica y Europa, entendieron la deficiencia como fruto de causas naturales, con posibilidades de tratamiento, permitiendo la idea de la jubilación y protección durante la vejez o pensiones (figura 14). Sin embargo, también surgieron posturas negativas, entendiendo las deficiencias como causas ajenas e incontrolables por el hombre, incluso como causas relacionadas con el demonio y el castigo de los dioses (Aguado, 1993).

Hoy en día las leyes para las personas con discapacidad en el país, asumen la conceptualización de discapacidad en el modelo médico. Aunque alejado del enfoque de la protección de los derechos humanos, donde tampoco contemplan acciones fundamentales para su inclusión social (Gamio, 2006). Un ejemplo de esto son los resultados del censo de población y vivienda 2010, los cuales muestran un conteo mayor en la población ya que



Figura 14. Famosos por su belleza y diversidad, los jardines de Tenochtitlan, Texcoco, Tepetzingo, Chapultepec, Iztapalapa, Coyoacán, Xochimilco y Oaxtepec, que eran propiedad de los gobernantes prehispánicos, estaban al cuidado de hombres y mujeres enanos, corcovados y con otras deformidades.

«Y así, tenía dedicado el pueblo de Culhuacán [...] para que en él se recogiese todos los hombres viejos, e impedidos [...] y tenían dado orden, de que allí los sirviesen, y regalasen, como a gente estimada y digna de todo servicio...»

(Fray Juan de Torquemada, siglo XVI)

incluye a las personas que están en riesgo de enfrentar limitaciones en la actividad o restricciones en la participación, debido a que los participantes en las muestra reportaron tener limitaciones o restricciones leves y moderadas; en comparación con el Censo 2000 el cual, solamente consideró a las personas que reportaron tener discapacidad moderada y severa. (Véase fig. 15). Por esta razón, en el Censo 2010 las personas con discapacidad conforman 5.1% de la población total del país, a diferencia del anterior ejercicio censal, donde las personas con discapacidad representan tan sólo 1.8% de la población total del país. (INEGI, 2010 y 2000)

En general, las causas de discapacidad se distribuyen por igual entre mujeres y hombres, aunque en las mujeres la discapacidad originada por enfermedad es

mayor con un 40% y por edad avanzada 27.2% a diferencia de los porcentajes en el sexo masculino, donde se muestra el 35.1% y 21.2%, respectivamente.

En cambio, en los varones tiene mayor importancia la discapacidad debida a problemas en el nacimiento y los accidentes, (véase figura16 y figura.17.) muchos de ellos en el ámbito laboral. Aspecto que para la presente tesis, resulta de importancia.

Por otro lado, los adultos de 30 a 59 años y mayores de 60 o más, ocupan los primeros lugares al colocarse entre el 50 y 80% de los casos. (Véase figura18). Desgraciadamente debido a enfermedades (en muchos casos degenerativas) y a la edad avanzada.

Población con limitación en la actividad según tipo de limitación

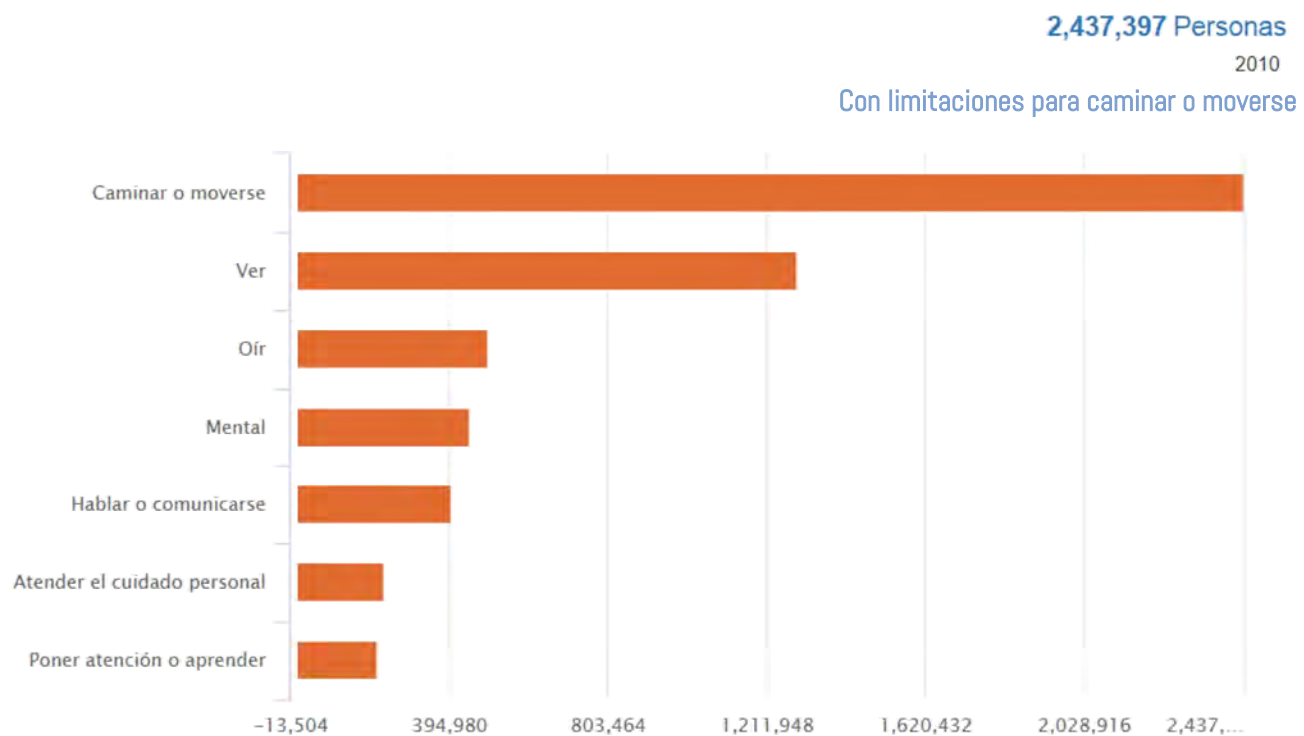


Figura 15 Grafica de discapacidad según tipo de limitación

Nota: no se grafica el no especificado por causa: 39.7% de la población

El porcentaje se calculó, con base en el total de limitaciones por población.

Fuente; INEGI, Censo De Población Y Vivienda 2010, Base de datos de la muestra

Distribución porcentual de la población con discapacidad según causa

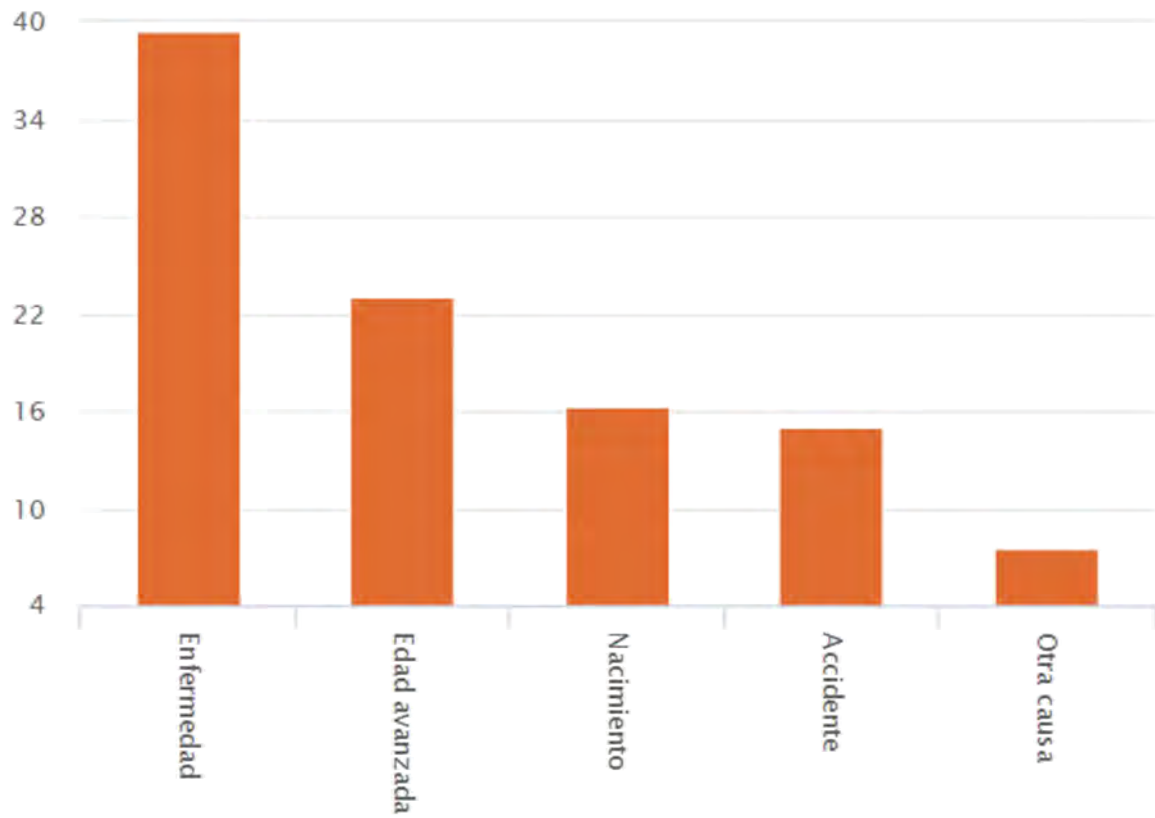


Figura 16 Grafica de discapacidad según causa

Fuente; INEGI, censo de población y vivienda 2010,
Base de datos de la muestra

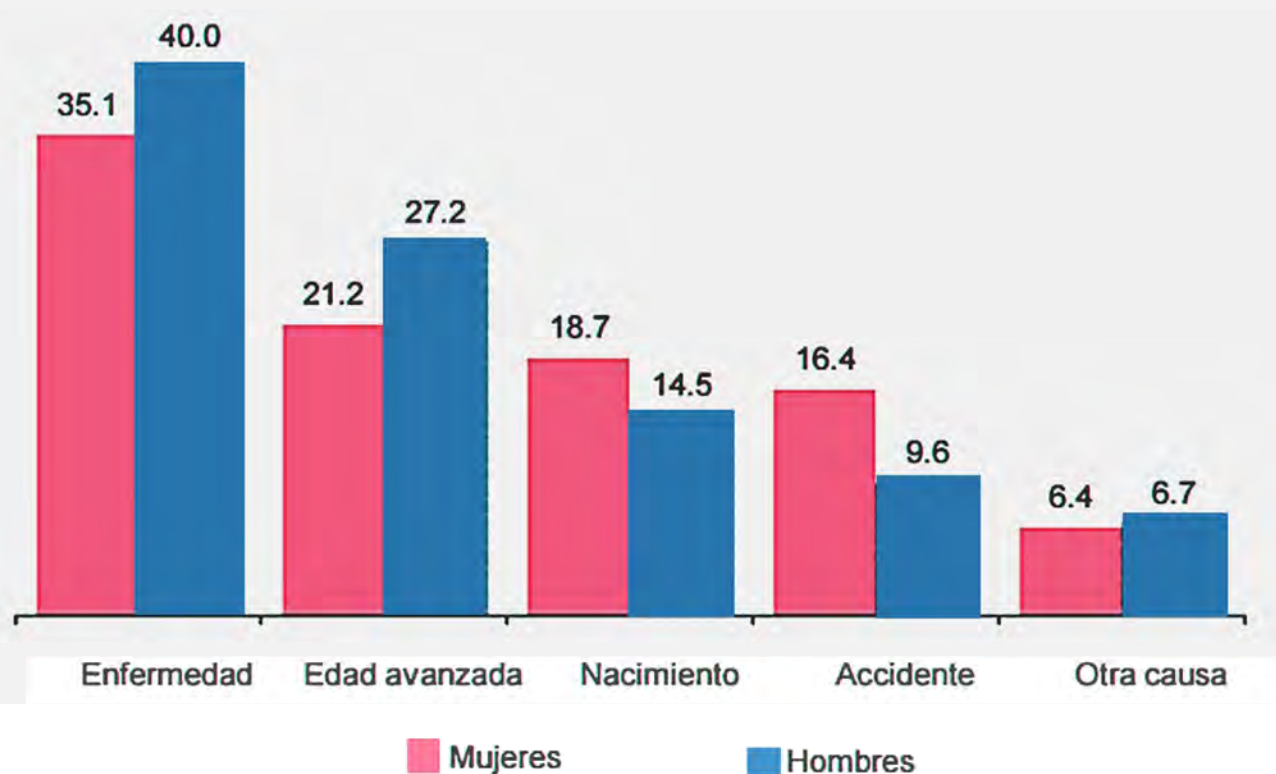


Figura 17 Grafica de discapacidad por nacimientos y accidentes

Nota: no se grafica el no especificado por causa: hombres (2.2%) y mujeres (2.0%). El porcentaje se calculó, con base en el total de limitaciones por sexo. Fuente; INEGI, censo de población y vivienda 2010, Base de datos de la muestra

CAUSA DE DISCAPACIDAD

GRUPO DE EDAD	TOTAL	NACIMIENTO	ENFERMEDAD	ACCIDENTE	EDAD AVANZADA	OTRA CAUSA
Total	100.0	16.5	37.6	12.9	24.3	6.6
Niños	100.0	67.4	17.8	4.9	0.0	6.4
Jóvenes	100.0	50.4	25.7	14.9	0.0	5.7
Adultos	100.0	15.3	46.4	20.5	0.0	15.5
Adultos mayores	100.0	1.7	38.2	9.50	47.6	1.5

figura.18 Tabla de causa incapacitante

Nota: no se presenta el no especificado de causa de discapacidad:

Total (2.1%) niños (3.5%) Jóvenes (3.3%) Adultos (2.3%) Adultos mayores (1.5%).

El porcentaje se calculó con base en el total de limitaciones para cada grupo de edad.

Fuente: INEGI, Censo De Población Y Vivienda 2010, Base de datos de la muestra

Eventos como guerras y desastres naturales, dan pie a que instituciones o el Estado se interesen en el desarrollo de instrumentos y dispositivos para el bienestar y la calidad de vida en la población afectada. Teniendo en cuenta que en épocas pasadas, no existía ningún tipo de guía científica, que permitiera la organización de prescripciones y producción de insumos protésicos, se favoreció la aparición de muchos charlatanes, que perjudicaban gravemente la salud de los amputados.

Los primeros cursos formales en Órtesis y Prótesis, comenzaron en la Universidad de California en Berkeley, cuyos contenidos incluían prescripción, alineación y diseño de prótesis sobre todo de miembro inferior. Estadísticamente no existen textos que aborden el tema de la ortoprotésica en México, por esto, los datos obtenidos resultan de fuentes primarias, es decir de investigaciones personales, por comunicación oral y

escrita con algunos expertos del tema. Aunque es indudable que existieran trabajos anteriores, sólo se tiene el antecedente de 1924, sobre algunas fábricas en México, que se dedicaban a la manufactura de miembros artificiales, aparatos ortopédicos, sillas de ruedas y equipo de rehabilitación a principios de la década de los 40's.

En 1951, se creó el Centro de Rehabilitación del sistema músculo esquelético No. 5, una dependencia de la Secretaria de Salubridad y Asistencia; donde a finales de 1955, aparece la carrera de Aparatos Ortopédicos y en 1956 la de miembros artificiales, sin embargo estos centros de entrenamiento no estaban reconocidos por las entidades educativas de la época.(Vázquez Vela, et al, 2015).

ORTOPROTÉSICA

Hoy en día, existe el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), de donde han egresado en un cálculo no comprobado, aproximadamente 270 técnicos en ortoprotésica (OP), durante los últimos 30 años, sin embargo, si a ellos sumamos los aproximadamente 35 ortopédicos, ya egresados de este año, podemos obtener un cálculo de aproximadamente 3000 practicantes de esta rama (ibídem,9). No obstante hay que considerar que muchos de ellos ya no ejercen, que otros nunca lo hicieron y algunos eran extranjeros y regresaron a sus países a ejercer la profesión. Estas cifras de personal calificado, con sus respectivas reservas, son bajas para la cantidad de pacientes, ya que atendiendo a la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS,2005) la cual establece que a cada 500 discapacitados, debería existir un o una practicante de órtesis y prótesis, con

nivel adecuado para atender usuarios, y basándonos en la última cifra del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI,2010), no se cumple ni siquiera con el mínimo indispensable, pues el reporte del INEGI 2010 menciona que en México tenemos 2,437,397 personas con discapacidad motriz, es decir aproximadamente el 58.3% de las discapacidades. Mientras que en 2003 era del 45.3 %, lo cual traducido a cifras significa que de 1, 015,260 pasaron a ser 1, 225,933 habitantes afectados por una discapacidad motriz.

El análisis de estas cifras responde a un gran número de usuarios potenciales de los profesionales en Orto prótesis (OP.). Pues estimaciones de la OMS, revelan que existe un promedio del 0.8% de la población necesitada de ayuda ortopédica, por lo que sí en México tenemos 127,5 millones de habitantes, este porcentaje corresponde en población a: 1,020,000 (0.8%) habitantes, de los cuales, el INEGI

contabiliza 2, 437,397 personas. Véase figura.19. (INEGI, 2010)

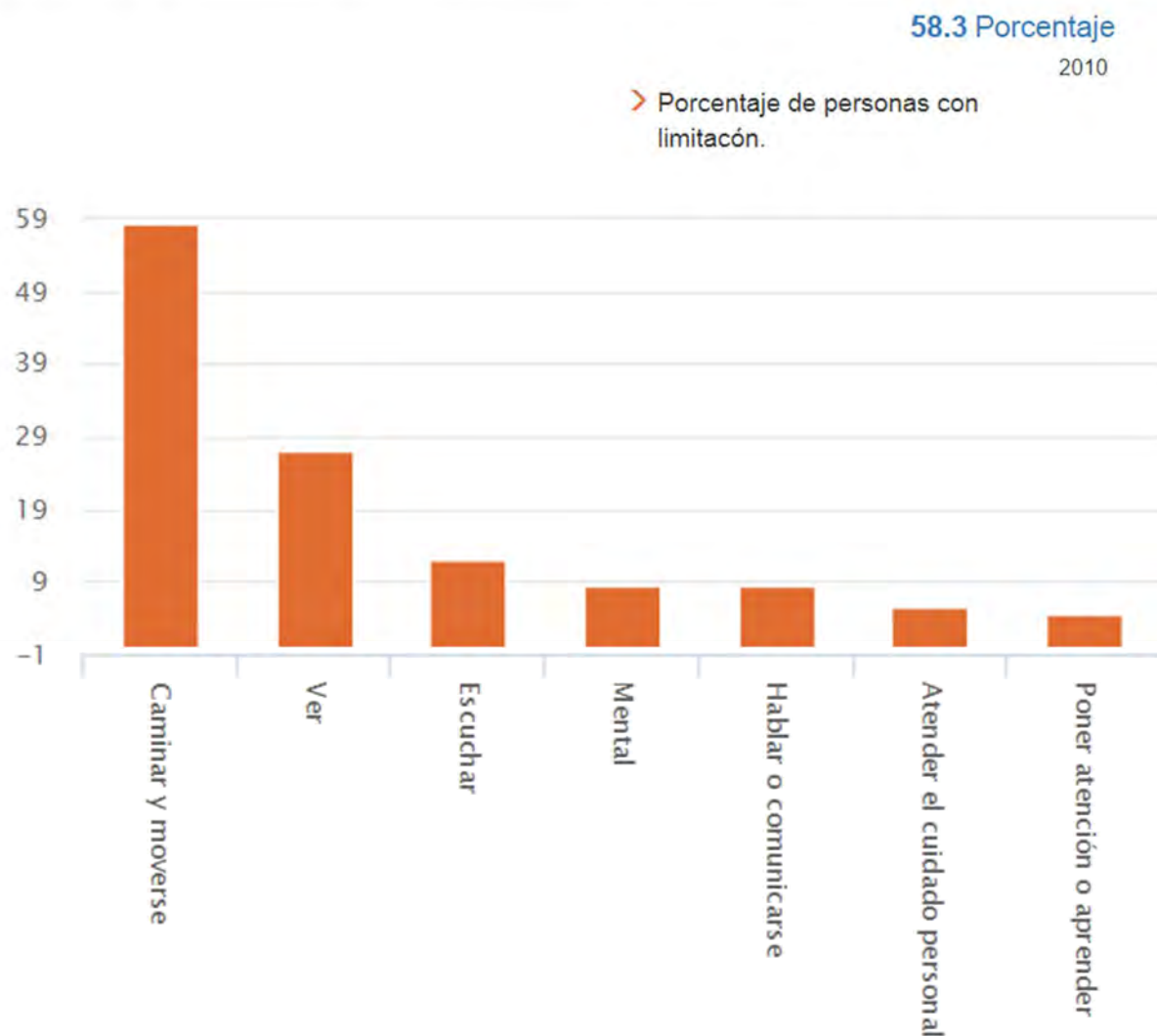
Considerando las cifras proporcionadas por INEGI y la recomendación de atención por la OMS, obtenemos que actualmente debiéramos tener 4875 profesionales de las órtesis y prótesis, sin embargo se tiene apenas cubierto el 15% de la demanda incluso considerando a los practicantes empíricos que laboran en el sector de la rehabilitación

Dentro del grupo antes mencionado, podemos encontrar a algunos practicantes que se han instruido, en menor o mayor medida, en instituciones como: el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (CECATI), Centros Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), Centros de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT), estos últimos, a pesar de que no reúnen los requisitos académicos dictaminados por

las instituciones reglamentarias, pero ejercen igualmente sin ningún problema.

El cálculo no oficial de practicantes académicos, empíricos y casas comerciales, que venden artículos de rehabilitación física a organizaciones de beneficencia no regularizadas, así como los lugares de atención institucional, donde se fabrican órtesis y prótesis ascienden desde el año 2004 a 1500 practicantes, no obstante lo anterior no se logra cubrir la cuota faltante en México de personal capacitado.

Porcentaje de la población con limitación en la actividad según tipo de limitación



Fuente:
INEGI. Censos y Conteos de Población y Vivienda

Figura 19. Tabla de porcentaje de población con limitación en la actividad según tipo de limitación

Nota: no se presenta el no especificado de causa de discapacidad:

El porcentaje se calculó con base en el total de limitaciones para cada grupo de edad.

Fuente: INEGI, Censo De Población Y Vivienda 2010, Base de datos de la muestra

AMPUTACIÓN EN MÉXICO

Las lesiones agudas de la mano plantean problemas especiales pues no existe otra región anatómica en donde la elección que se haga para la atención inicial tenga tanta influencia en el resultado final y funcional en la calidad de vida paciente como esta.

Una amputación es una condición adquirida cuyo resultado es la pérdida de una extremidad y cuya causa suele ser una lesión, una enfermedad o una operación quirúrgica. Se tiene un estimado de que el número de pacientes atendidos en el 2006 fue un total de 185 personas amputadas, tan solo en la región del Valle de México del cual, el 58% del total de pacientes amputados corresponde al sexo masculino, y el 42% al femenino.

En lo referente a los grupos por edad, la edad promedio de los pacientes atendidos en el INR es de 48.2 años.

La consecuencia directa del paulatino envejecimiento de la población es el gradual aumento en la edad media de la población de 28.0 en 2005 a 42.7 años en 2050 (INEGI, 2007). Aspecto que involucra a la edad productiva como un factor predominante, pues deberá extenderse para el humano promedio a fin de poder continuar subsistiendo con su trabajo. Hecho que involucra que la edad de jubilación vaya en aumento y con ello las lesiones por descuido debido a la imposibilidad motriz natural del adulto mayor. Véase grafica de mortalidad figura.20.

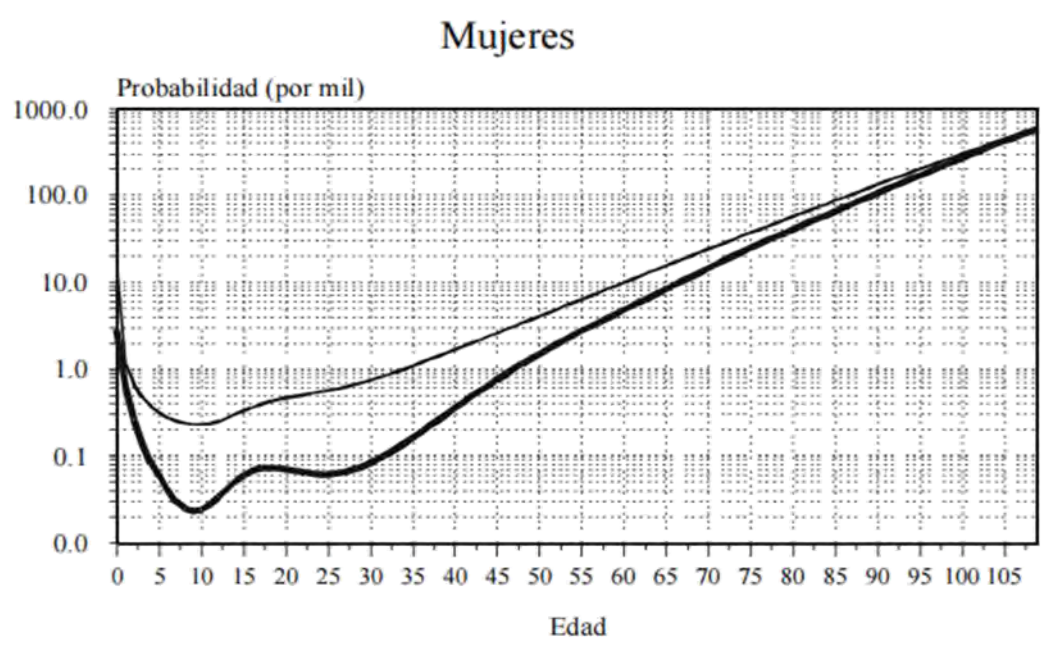
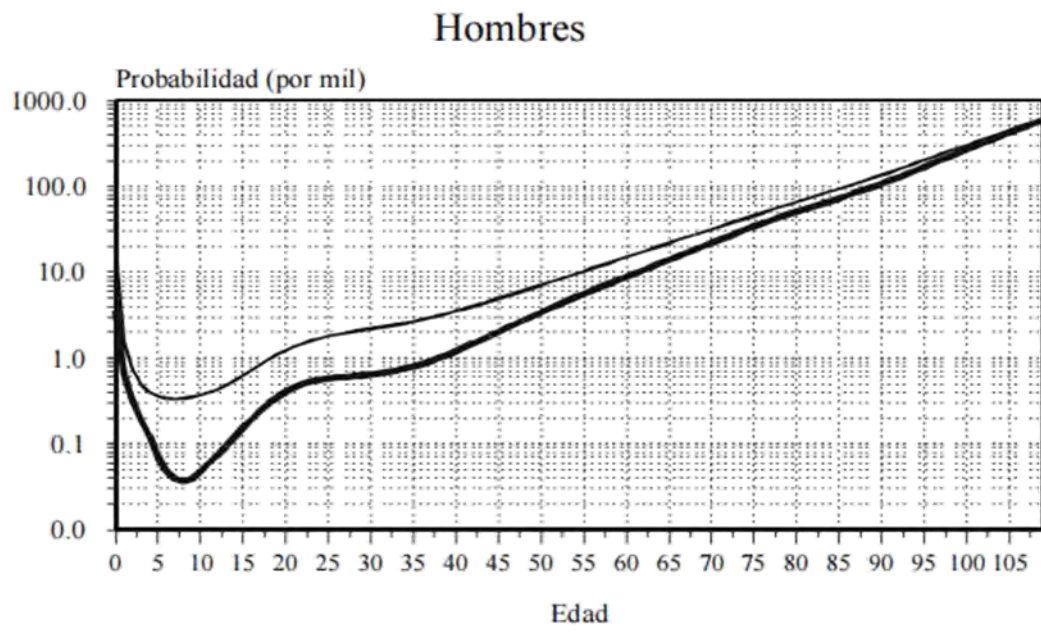


Figura 20. Grafica proporcionada por CONAPO, estimaciones en México de probabilidad de fallecer por edad y sexo (2005 Y 2050) Recuperado de [Proyecciones de la población de México 2005-2050](#)

El aumento de edad significa un factor indispensable en el número de casos de pacientes atendidos por traumatismos o afectaciones y por ende para el sector salud, ya sea debido a la deficiente calidad de vida en el sector laboral o al proceso de envejecimiento. Pese a ello, este dato a prospectiva se puede ver como un aliciente a la generación de elementos rehabilitadores para personas de la tercera edad, más que para jóvenes y niños con lesiones caseras

El envejecimiento de la población se puede ver en el hecho que la pérdida neta de 12.0 millones de niños y jóvenes menores de quince años se ve equiparada con la ganancia de 12.0 millones en las primeras doce edades de la senectud (65-76 años); o bien, la reducción de 9.0 millones en las primeras veinticuatro edades laborales (15-38 años) se compensa con el mismo incremento de las siguientes diecisiete (39-55 años).

EGRESADOS DE LA LICENCIATURA DE ORTESISTA Y PROTESISTA DE 1974 A 2001 POR ENTIDAD FEDERATIVA Y PAÍSES.

a partir de 2006 egresa la primera generación con Título de Licenciatura

Baja California	1	Monterrey	1
Campeche	4	Michoacán	2
Chiapas	2	Morelos	11
Coahuila	2	Sinaloa	3
Distrito Federal	56	Tabasco	4
Durango	3	Tamaulipas	1
Edo de México	5	Tlaxcala	1
Guanajuato	3	Panamá	1
Guerrero	2	Puebla	3
Hidalgo	6	Oaxaca	6
Jalisco	3	Veracruz	3
Nayarit	5	Yucatán	1

Figura 21. Cifras del personal especializado en México y lugares de Centroamérica.

Lo que correspondería al rango de edades que representan actualmente la principal fuente de lesionados en manos, por accidentes laborales. Esto se resume en un incremento de la población adulta y disminución de la población activa trabajadora y por ende de la producción actual vs la demanda.

En el IMSS el 82% de las amputaciones se deben a enfermedades vasculares, y de éstas el 97% son de extremidad inferior, principalmente por complicaciones de pacientes con diabetes, sin embargo, la amputación por diabetes, no se limita solo a miembros inferiores, sino que también se extiende a los superiores (Academia Nacional de Medicina,2015)

Por otra parte existe el antecedente del tratamiento postraumático, el cual es aún más difícil concluirlo que iniciarlo. Según pacientes entrevistados en México, sólo existen 127 personas capacitadas para atender la demanda de enfermedades de

miembro superior, como se muestra en la siguiente tabla, figura 21. Aspecto que detona en que los pacientes no concluyan con el ciclo terapéutico debido a que existen más de 27 mil amputados, lo cual se refleja en largas horas de espera en el hospital, por lo que la mayor parte de los pacientes amputados no son atendidos. Incluso no solo por la falta de personal sino porque no son registrados debido a cuestiones que orillan al paciente a no identificar el hecho

EDADES Y PORCENTAJES DE AMPUTACIONES

La Academia Nacional de Cirugía (2015) reporta que se amputan en México 75 personas diarias, de las cuales no se hace distinción entre miembro superior e inferior.

Otros datos señalan que de un aproximado de 75,000 amputados anuales, sólo se rehabilitan 7,500, es

decir un 10%. Los 67,500 restantes no llegan a utilizar una prótesis debido a que no completan el tratamiento de rehabilitación temprana y 5,250 no la deben utilizar, pues no resultan candidatos para una. (Academia Nacional de Medicina, 2015) Del 30% de los pacientes que son candidatos a prótesis 10 % termina su rehabilitación y 20% no se rehabilita. De este 20% un 12% puede que use una prótesis estética aun, sin una prescripción.

El 70% restante no llegan a utilizar una prótesis debido a falta de recursos económicos

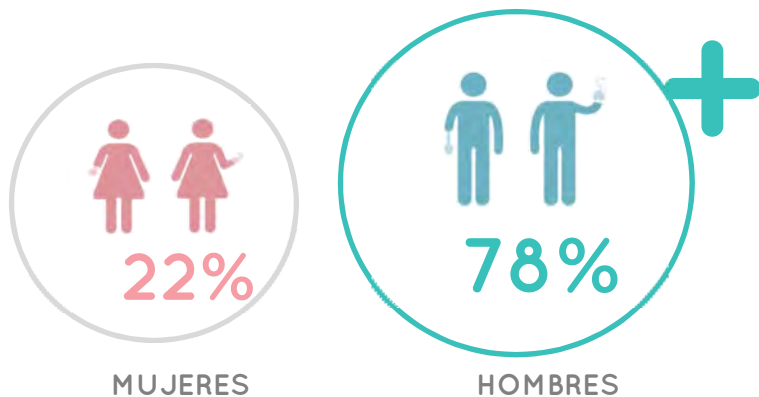
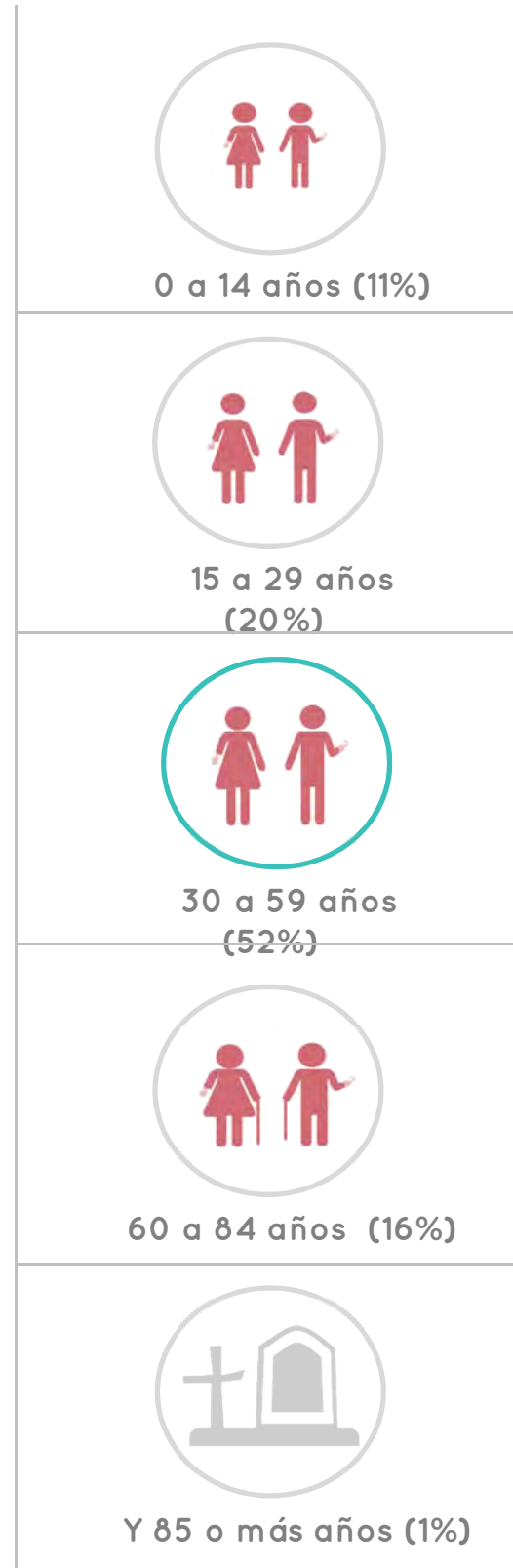


Figura 22 Esquemas de porcentajes por edad y género de pacientes amputados. Recuperado del Acta de la Sesión del 4 de marzo del 2015 Academia Nacional de Medicina “Los amputados, un reto para el Estado”.



CONCLUSION DE CAPITULO

El capítulo muestra el panorama y la evolución del material protésico con el paso del tiempo, considerando las diferentes instituciones y eventos que originaron su aparición dentro del mercado, así pues, también se muestra la necesidad de personal capacitado y su carencia en las instituciones de operatividad ortopédica.

Por lo que brindar luz a la noción de traumatismos y discapacidades motrices, a través de estas estadísticas generales, tanto de miembro superior como inferior, permite generar un pretexto de diseño, por lo que en el siguiente capítulo se abordará una segunda parte de la investigación, dedicada al miembro superior y las necesidades que corresponden al paciente afectado.

Por otra parte, la investigación resulta de vital importancia para el reconocimiento y argumentación del dispositivo que esta tesis presenta, pues citando lo anterior descrito, se podrá corroborar la necesidad de generar no solo un dispositivo que genere la función de rehabilitar y reeducar, sino de crear un sistema y protocolo de uso, para que la experiencia del paciente y del personal capacitado resuelva la problemática de atención y reduzca la cantidad de habitantes con dependencias motrices.



Miembro superior

Anatomía, biomecánica y afecciones

“El miembro superior o extremidad superior se compone de cuatro segmentos: cintura escapular, brazo, antebrazo y mano y se caracteriza por su movilidad y capacidad para manipular y sujetar. Tiene en total 33 huesos y 42 músculos...” (Eduardo Adrián Pró, 2013)

MIEMBROS SUPERIORES

El miembro superior forma una unidad anatómofuncional cuya misión es permitir que la mano realice sus funciones y pueda alcanzar cualquier punto del espacio. No obstante cuando se pierde la funcionalidad de una de sus partes, la cadena cinemática formada por hombro, codo, antebrazo, muñeca y mano, pierde un alto grado de movilidad, así como capacidad de prensión con un número infinito de posiciones y funciones, sin embargo, pueden recobrase siempre y cuando, se reciba el tratamiento adecuado que permita la continuidad de su función con el menor grado de pérdida motriz posible.

En términos de la presente tesis, se hará referencia al segundo segmento del miembro superior, que comprende el brazo, el cual considera posteriormente la

sección del antebrazo y la mano, con todos los elementos que la conforman.



Figura 24. Esquema general del brazo

ANTEBRAZO

Los dos huesos del antebrazo son largos y tubulares, llamados *cúbito*, en la zona media, y *radio*, en la zona lateral (figura 26). Es importante reconocerlos, debido a futuras referencias de movimientos axiales, que describirán el manejo del dispositivo que se presenta.

LA MANO

La mano, representa la extremidad más distal del miembro superior, adaptado para realizar infinidad de movimientos que abarcan desde la muñeca hasta la yema de los dedos, la parte más distal de la falange.

Las falanges representan para este proyecto, los elementos articulares de mayor importancia de estudio debido a que

en ellas se integra el modelo modular del diseño, pues suplirá la acción de los músculos insertados a los huesos y a los ligamentos que le sirven de sujeción, no obstante, solo corresponde a una parte de la mano, pues como elemento prensil se conforman por el metacarpo y las falanges.

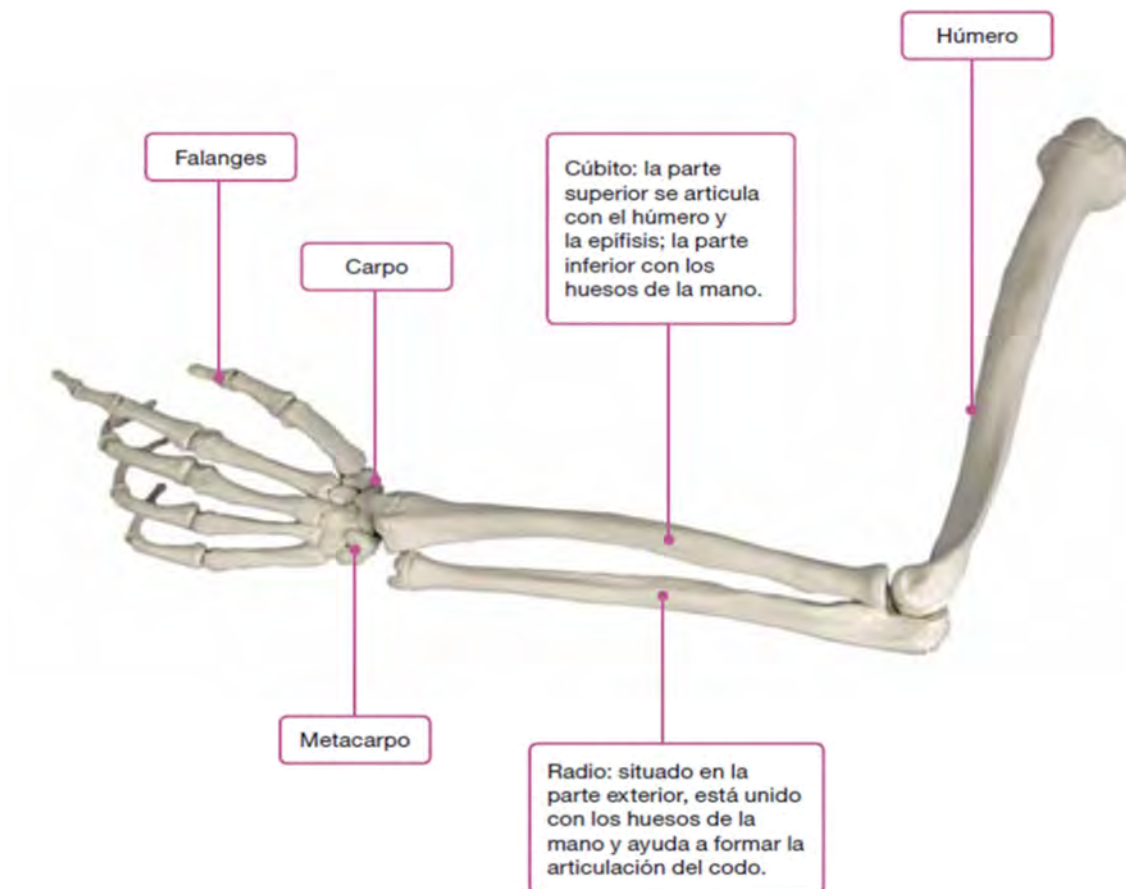


Figura 25. Esquema de anatomía ósea del brazo

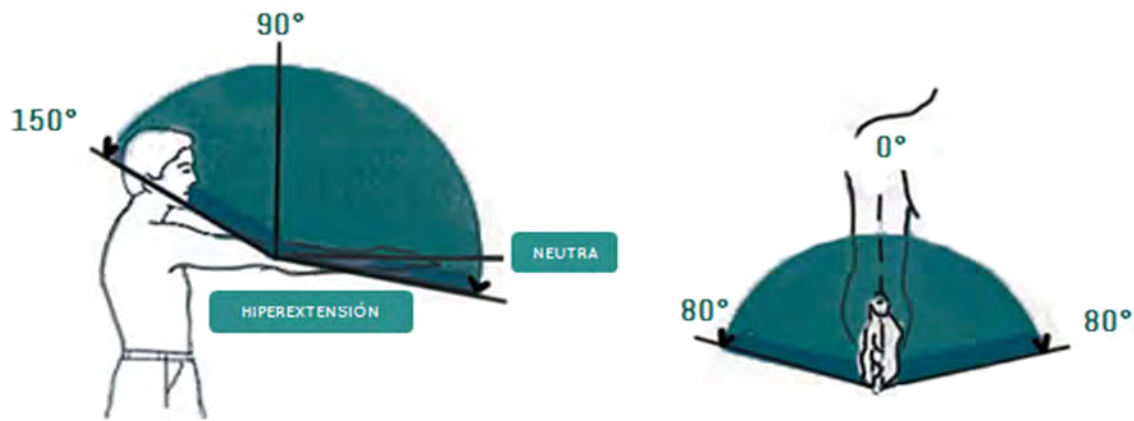
MORFOLOGÍA

La mano humana posee una palma central (metacarpo) de la que surgen cinco dedos o falanges, y está unida al antebrazo por la muñeca (carpo). Si bien después del cerebro, la mano es la estructura de la anatomía humana que más ha evolucionado en comparación con otras especies

Los rangos normales de movimiento del antebrazo y muñeca son conocidos por el elemento referencial y la orientación a la que se carga el movimiento, tal es el caso de la abducción, flexión, pronación y supinación mejor desarrollado en las figuras 26 a 27

Por otro lado la morfología ósea y muscular se mostrará en los esquemas de las figuras 28 y 29, las cuales podrán interpretarse como esquemas. La mayoría de los músculos de la mano permiten el movimiento de la misma. Son numerosos y

complejos y algunos únicos en el ser humano.



FLEXION E HIPEREXTENSIÓN

SUPINACIÓN Y PRONACIÓN



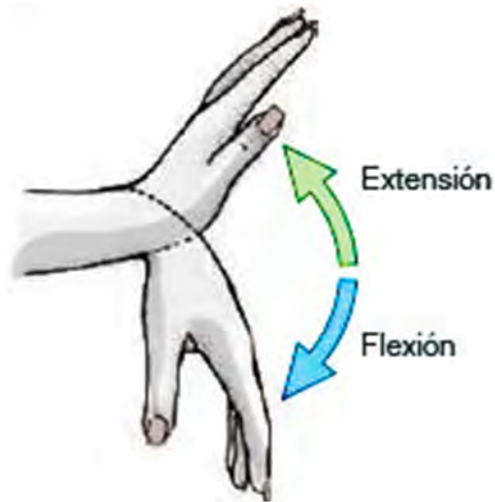
EXTENSIÓN Y FLEXION

DESVIACIÓN RADIAL Y CUBITAL

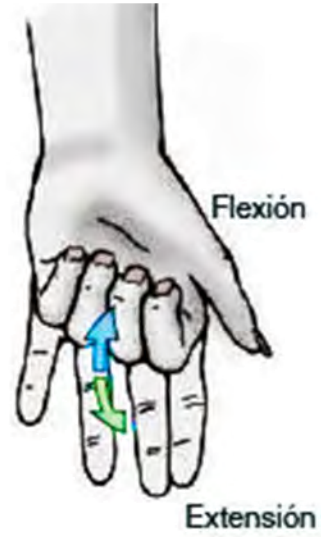
Figura 26.

Rangos de movimiento del antebrazo y muñeca (MAPFRE, 1995)

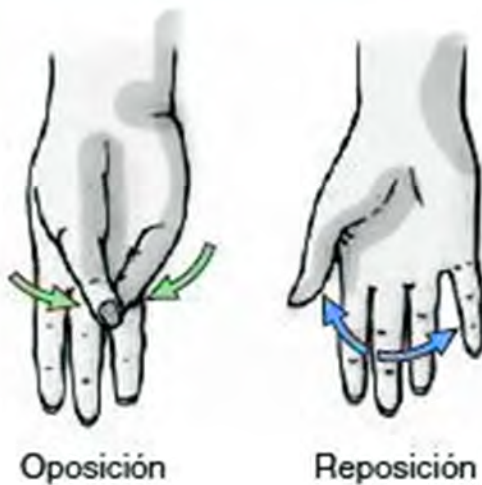
Reinterpretación de Imagen de recuperada: "Manual de Ergonomía, Fundación Mapfre, pp359".



Flexión y extensión de la mano, en la articulación del carpo



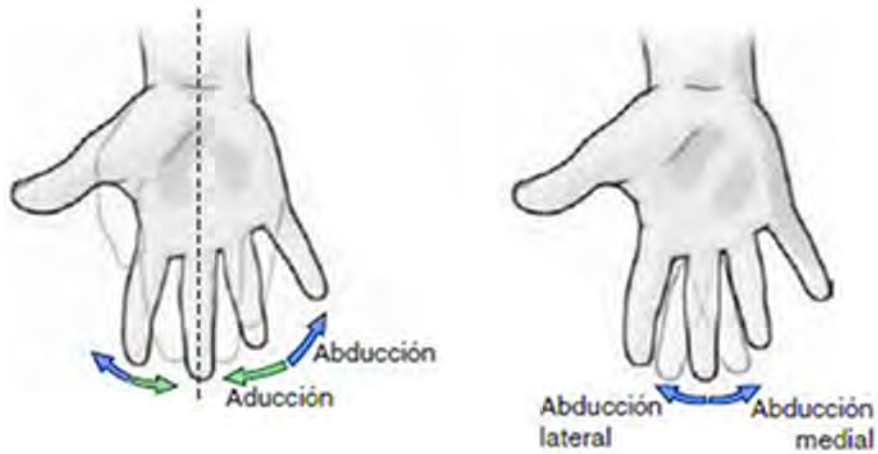
Flexión y extensiones de los dedos de la mano, en las articulaciones metacarpo falángicas e interfalángicas



Oposición y reposición del pulgar en la articulación carpometacarpiana y del dedo meñique en la articulación metacarpofalángicas



Pronación y supinación del antebrazo en las articulaciones radio cubitales



Abducción y Aducción
del 1o, 2o, 4o y 5o, dedos en las
articulaciones metacarpofalángicas

Abducción
del 3er dedo en la articulación
metacarpofalángica



El pulgar está rotado 90° en relación con las otras estructuras.

La abducción y la Aducción de la articulación metacarpofalángica se producen en el plano frontal

la flexión y la extensión de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas, se producen en planos sagitales, en oposición a estos movimientos en otras articulaciones.

Reinterpretación de: Manual de Ergonomía, Fundación Mapfre

MÚSCULOS DE LA MANO Y DEL ANTEBRAZO

- **Músculos extensores de la muñeca.**

Son dos:

- Primer radial.
- Segundo radial.

Estos músculos forman la masa carnosa. Se encuentran en la parte externa del antebrazo (radio) y terminan en el dorso de la mano.

- **Músculos extensores de los dedos.**

Son cinco:

- Extensor común de los dedos.
- Extensor propio del meñique.
- Extensor propio del índice.
- Extensor corto del pulgar.
- Largo del pulgar.

- **Músculos flexores de la muñeca y de la mano.**

Los músculos flexores son:

- Palmar mayor (flexión de la muñeca).
- Palmar menor (flexión de la mano).
- Cubital anterior (flexión de muñeca y mano).

- **Músculos flexores de los dedos.**

Estos músculos son dos:

- Común profundo.
- Común superficial.

- **Músculos extensores de la muñeca.**

Son dos:

- Primer radial.
- Segundo radial.

Estos músculos forman la masa carnosa. Se encuentran en la parte externa del antebrazo (radio) y terminan en el dorso de la mano.

- **Músculos extensores de los dedos.**

Son cinco:

- Extensor común de los dedos.
- Extensor propio del meñique.
- Extensor propio del índice.
- Extensor corto del pulgar.
- Largo del pulgar.



CONEXIONES MÚSCULO-TENDÓN
 Los tendones son cuerdas fibrosas de tejido conjuntivo que conectan los músculos esqueléticos con los huesos. Algunos tendones, sobre todo los de manos y pies, se hallan encerrados en vainas que se autolubrican y que los protegen de la fricción al moverse contra el hueso. En la mano, los tendones se extienden por el brazo, hacia los músculos que los controlan, cerca del codo. Debido a que la masa muscular está a cierta distancia, la mano es compacta pero fuerte.

Figura 28.

HUESOS DE LA MANO

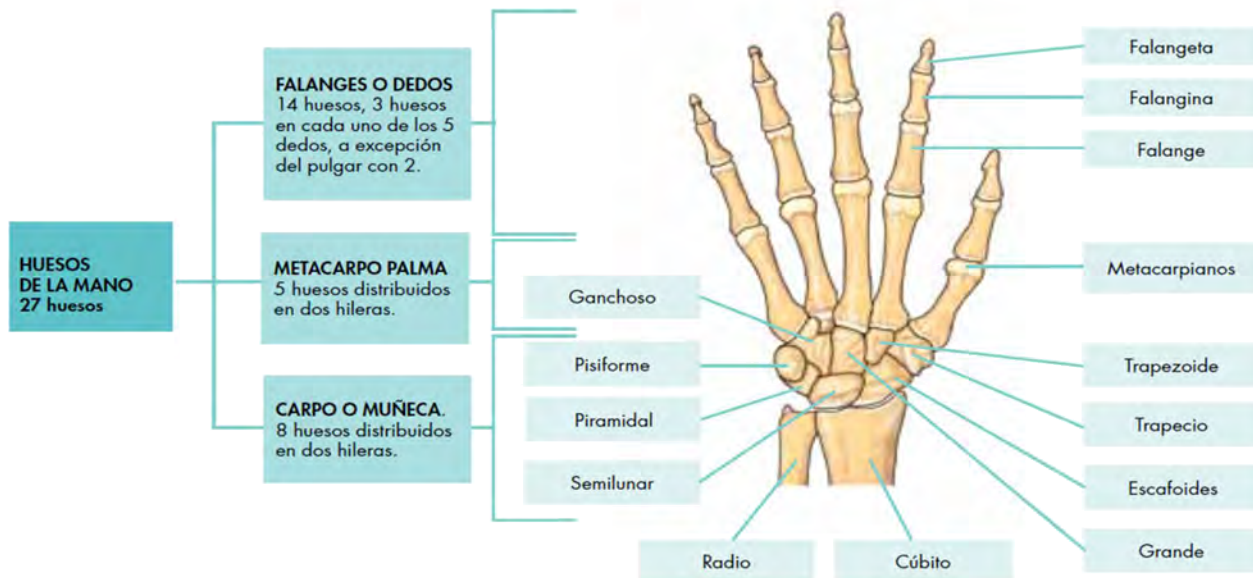


Figura. 29 La mano está compuesta por 27 huesos, diferenciados en tres zonas

MANIPULACIÓN DE OBJETOS

Para coger objetos, la mano debe adaptar su forma. Las articulaciones interfalángicas proximales por ejemplo, flexionan 120º aproximadamente, mientras que la hiperextensión es limitada por los ligamentos, tal como se muestra en el esquema de la figura.31

Cuando se quiere coger un objeto voluminoso, la mano se ahueca y forma arcos orientados en tres direcciones: los dos arcos longitudinales más importantes son el arco del dedo medio y el arco del índice. Los cuales se perciben en diferentes sentidos:

Oblicuo: se forman los arcos de oposición del pulgar con los otros cuatro dedos, el más importante de estos arcos reúne y opone el pulgar al índice y el más extremo de los arcos de oposición pasa por el pulgar y el meñique.

Imagen ABC de la figura 32

Por otro lado cuando los dedos se aproximan de forma voluntaria unos a otros, los ejes de los dedos no son paralelos, sino que su proyección converge en un punto muy alejado localizado en el extremo distal más allá de la mano, esto tiene que ver con el volumen decreciente de los dedos desde la base hasta la punta

Longitudinal: los arcos carpo metacarpo-falángicos que están constituidos en cada dedo, por el metacarpiano, y las falanges correspondientes crean la concavidad de arcos orientados hacia adelante de la palma y el centro de la bóveda, donde se localiza la articulación metacarpofalángica.

Los dos arcos longitudinales más importantes son el arco del dedo medio y el arco del índice. (Arias López., 2012).

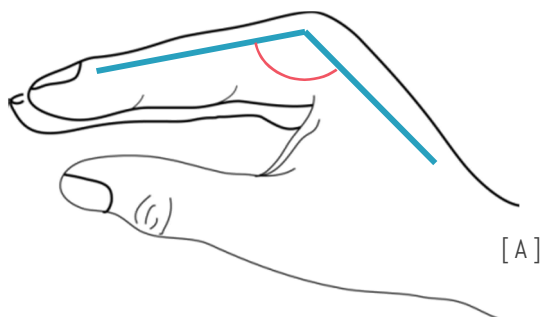
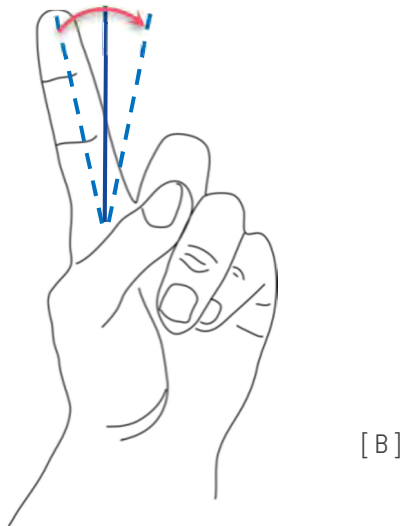
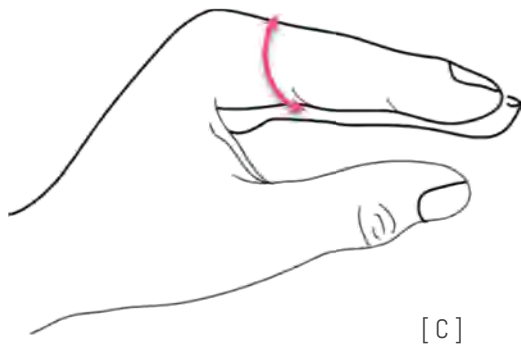


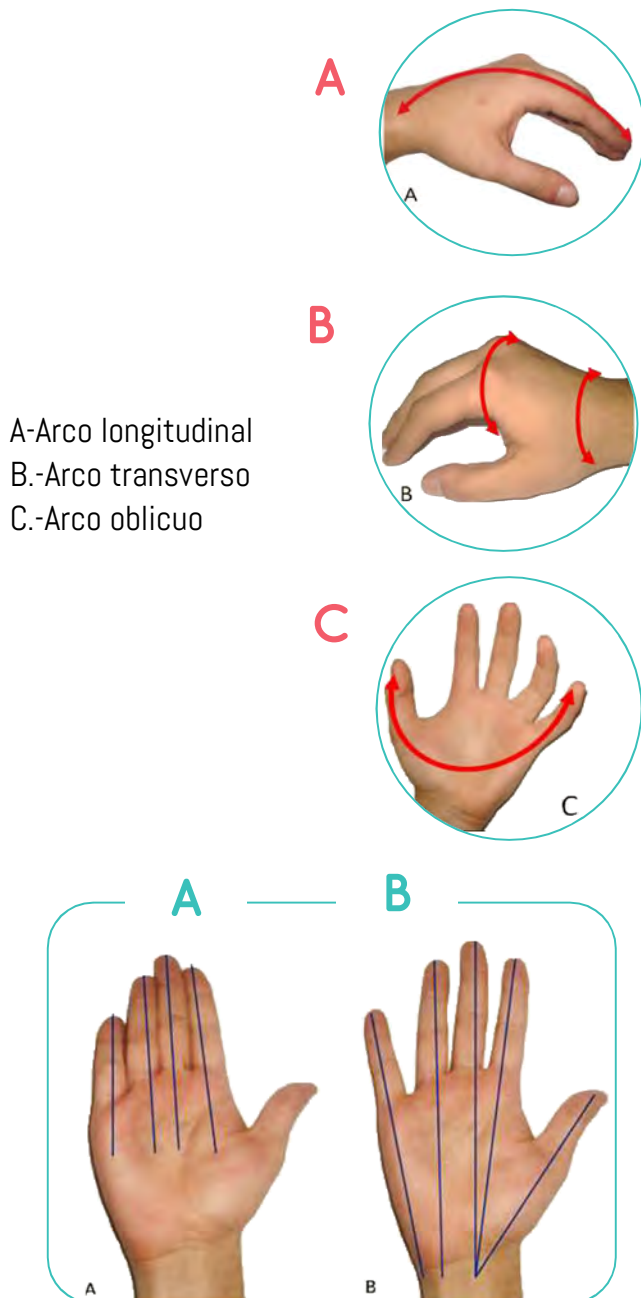
Figura.31

El siguiente esquema muestra el arco transverso de las cabezas de los metacarpianos llevado hacia adentro, formando medio círculo bajo la influencia de los músculos de las regiones tenar e hipotenar; el pulgar es colocado pulpejo con pulpejo en oposición con los restantes dígitos.

Articulación Metacarpofalángica (MF).

- A. MF en flexión fijada fuertemente por los ligamentos colaterales lo que impide cualquier movimiento hacia lateral o medial.
- B. MF en extensión con ligamentos colaterales laxos lo que permite movimientos hacia lateral y medial.

Figura. 30 Esquema de funciones prensiles y de posición



A-Arco longitudinal
 B.-Arco transverso
 C.-Arco oblicuo

Eje de los dedos en aproximación y en separación.

- A. En aproximación: el eje de los dedos no es paralelo; ellos convergen en un punto alejado.
- B. En separación: existe un paralelismo de los dos últimos dedos, mientras los primeros convergen en un punto.

Figura. 31 Esquema de funciones prensiles y de

FUNCIONES NO PRENSILES 	Exploratoria del entorno.
	Medir (espesor, distancias)
	Estereognosia
	Textura
FUNCIONES PRENSILES 	Presión de fuerza de objetos grandes (Fmniñadura)
	Presión de objetos planos
	Pinza brancaia-torácica
PRENSIÓN DE PRECISIÓN 	Pinza fina
	(Precisa oposición del pulgar y de dedos trifalángicos largos).
	Pinza término terminal
	Pinza subtérmino-terminal
	Pinza término-lateral
Pinza látero-lateral	

Figura. 32 funciones prensiles y de posición

Los agarres de fuerza son aquellos en los cuales los dedos están flexionados en las tres articulaciones, el objeto se encuentra entre los dedos y la palma, el pulgar se aduce y queda posicionado sobre la cara palmar del objeto

A esto se suma la clasificación de movimientos que se determinan como funciones prensiles y de posición (véase figura 32) para lo cual, los de precisión, resultan de mayor complejidad para las personas con enfermedad de Parkinson, así como los movimientos prensiles para aquellos pacientes amputados que carecen de las primeras falanges, ya que resulta en una tarea casi imposible.

Incluso de manera ordinaria siendo un ser totalmente capaz, mover sólo un dedo a la vez, resulta una tarea difícil ya que todos están conectados de forma física y neuronal. Cabe mencionar que para realizar los movimientos motrices de la manos, es necesario abarcar determinadas zonas que

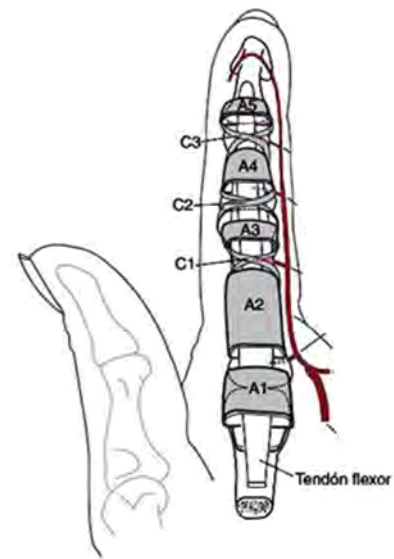
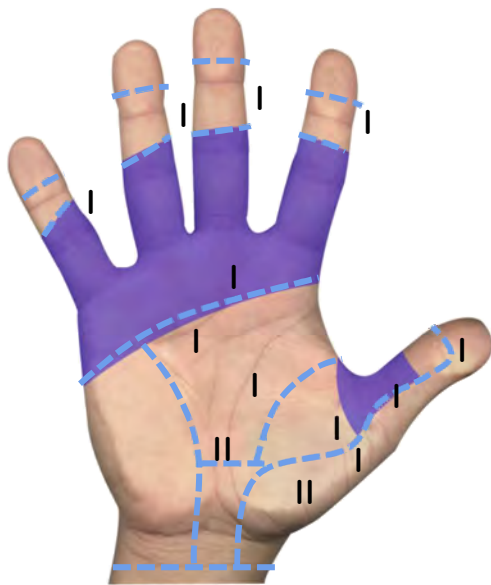
manifiestan mayor flexibilidad que otras, en diferentes ejes, conocidas como zonas flexoras, expuestas en la Figura .33

Estas zonas resultaran en capítulos posteriores de importancia para el proyecto, pues determinaran las zonas a posible articulación del elemento a desarrollar, las cuales se dividen en tres tipos:

Zona T1: zona proximal de la polea A2 y la inserción del flexor en la base de la falange distal.

Zona T2: Cuello del primer metacarpiano a la parte distal de la polea oblicua.

Zona T3: es el trayecto profundo del flexor largo en la eminencia tenar, pasando entre los dos fascículos * del flexor corto del pulgar.



*fascículos: ANAT. Haz de fibras musculares o nerviosas.

Figura .33 descripción gráfica de las zonas flexoras de la mano (I, II, III) y, sistema de poleas, falange distal dedo índice

La mayoría de estos accidentes son lesiones de forma aislada, principalmente en la polea articular A2, en uno o varios dedos, sin embargo cuando se trata de alguna luxación las secuelas no suponen un menoscabo funcional importante de esa mano.

Sin embargo cuando se trata de lesiones traumáticas en la mano se

encuentran relacionadas con frecuencia a situaciones generadas en el ámbito laboral y para ello algunos ejemplos son los casos de los pacientes mostrados en las figuras 34 a la figura 36

CLASIFICACIÓN DE LAS AMPUTACIONES

Con los modernos encajes y prótesis de contacto total, la localización de la cicatriz no suele ser importante. Pero la cicatriz no debe estar pegada al hueso subyacente porque dificulta el ajuste de la prótesis y porque este tipo de cicatriz se abre tras el uso de prótesis por tiempo prolongado.

Por otra parte, las amputaciones abiertas, son aquellas en donde la piel no se cierra sobre el extremo del muñón y cuyo propósito es evitar o eliminar la infección de manera que finalmente pueda cerrarse el muñón sin comprometer la herida.

Se indican en las infecciones y en las heridas traumáticas graves con destrucción extensa de tejido y gran contaminación por material extraño. Hasta que el muñón cicatrice finalmente, se administraran los antibióticos apropiados.

El tratamiento post operatorio, comprende desde el momento en que se completa la

amputación hasta que se coloca la prótesis definitiva, es muy importante si se quiere obtener un muñón de amputación resistente y funcional capaz de utilizar una prótesis al máximo.

INFECCIONES

Son mucho más frecuentes en amputaciones debidas a enfermedad vascular periférica, especialmente en los pacientes diabéticos o con mala cicatrización, otros aspectos importantes para la presente, es el aspecto de uso de prótesis no prescritas las cuales incrementan el riesgo de laceración e infección del muñón, aspecto incluso considerable como foco de infección, si no se mantienen el muñón y la prótesis u órtesis, desinfectados y aseados. (Anatole Bender. 2011).

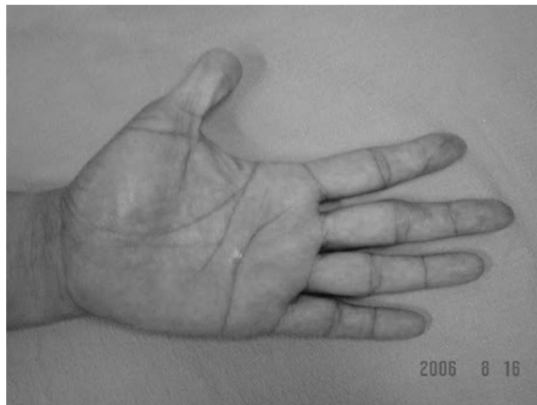
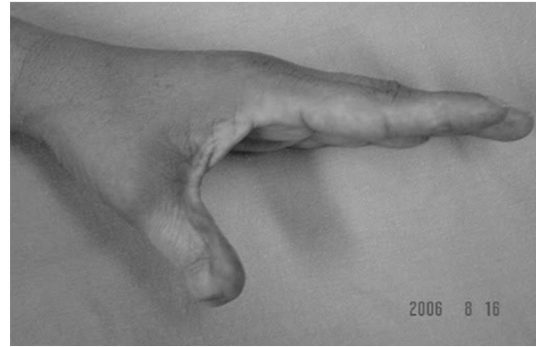


Figura 34
Registro fotográfico de autor desconocido



Figura 35.
Registro fotográfico de autor desconocido



Figura. 36

Registro fotográfico de Maximiliano Graterol

la falange distal del segundo dedo y de la media y distal del tercer dedo, así como avulsión ungueal del cuarto y quinto dedos. Se le realizó desbridación de tejidos blandos y cierre por primera intención con colgajo volar de la piel residual, con lo que se logró cobertura satisfactoria

FIG. 36 Paciente masculino de 39 años de edad.

Sufre herida avulsiva en dedo Medio de la mano derecha al quedar atrapado por transmisión mecánica y argolla de matrimonio.

FIG.34 Paciente femenino de 52 años

Sufrió un accidente por artilugio explosivo. Muestra zonas de necrosis, exposición de la falange distal del pulgar con necrosis tisular y ósea. Se realizó desbridación de partes desvitalizadas y se colocó injerto cutáneo autólogo de espesor delgado en las áreas expuestas. El resultado postoperatorio se muestra a continuación, con dos meses 10 días de separación.

FIG.35.Paciente masculino de 56 años

Sufrió un accidente laboral con lesiones por arrastre en el dorso de la mano derecha, ocasionando pérdida de tejidos óseos y blandos en

PRINCIPALES CAUSAS

Las razones principales de amputación son tumores cancerígenos en los huesos, deformidades al nacer o por heridas severas, o bien problemas de circulación, gangrena, cánceres avanzados en los huesos, así como otras mencionadas en el esquema de la figura 38.

Determinar el miembro amputado en porcentajes entre miembro superior e inferior, en la literatura médica o en actas,

es confuso, pues se levantan cifras generales por amputación, no haciendo distinción entre miembro superior o inferior, sin embargo, cabe señalar que el porcentaje de miembro inferior es mucho menor, (fig.37) y esto puede significar la causa por la que existe más información sobre tratamientos médicos de amputación de miembro inferior.

CANDIDATO A PRÓTESIS

Ser candidato a prótesis implica que el tipo de amputación y traumatismo lo permita, pero además de ello, existen otros factores, que generalmente se desconocen, así como orientación por la que se adquiere la prótesis, sin embargo, algunos aspectos son los que rigen principalmente su comercialización, desde el aspecto estético, funcional o ergonómico, hasta el tecnológico, que es el que predomina en el mercado de la

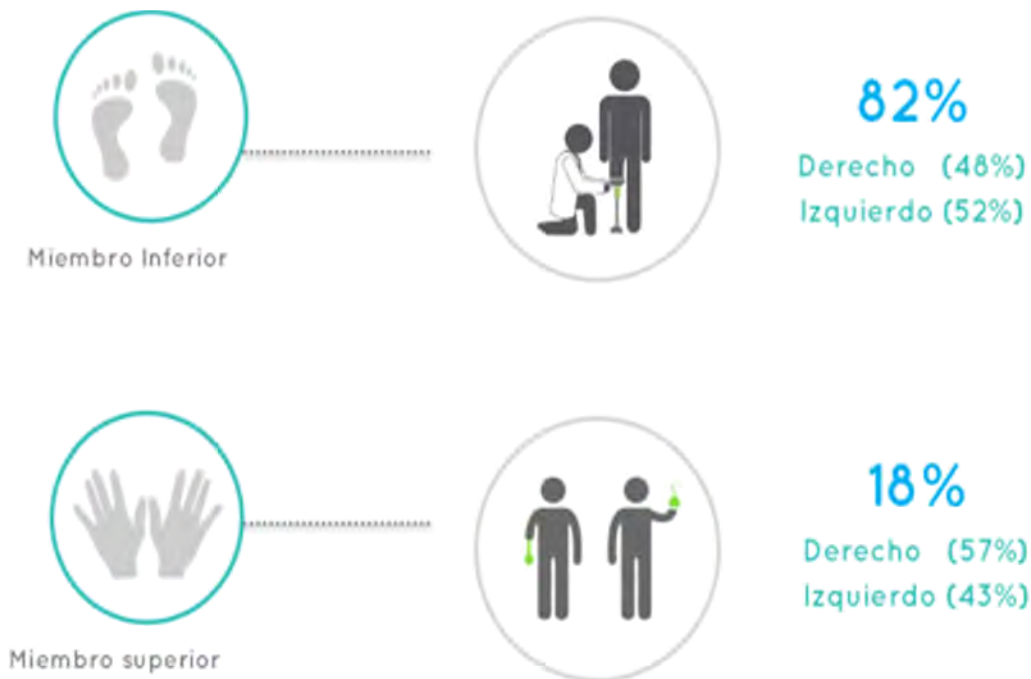


Figura. 37 Porcentajes de amputación por tipo de miembro.

impresión 3D (Figura 39).

Muchas veces se determina la candidatura a una prótesis por el poder adquisitivo, por el tipo de prescripción médica según la amputación, pero sin duda la más importante es la que se determina

por rehabilitación, aspecto que puede incluso determinar que el paciente lleve una vida plena y sin consecuencias secundarias a la pérdida traumática o psicológica del miembro.

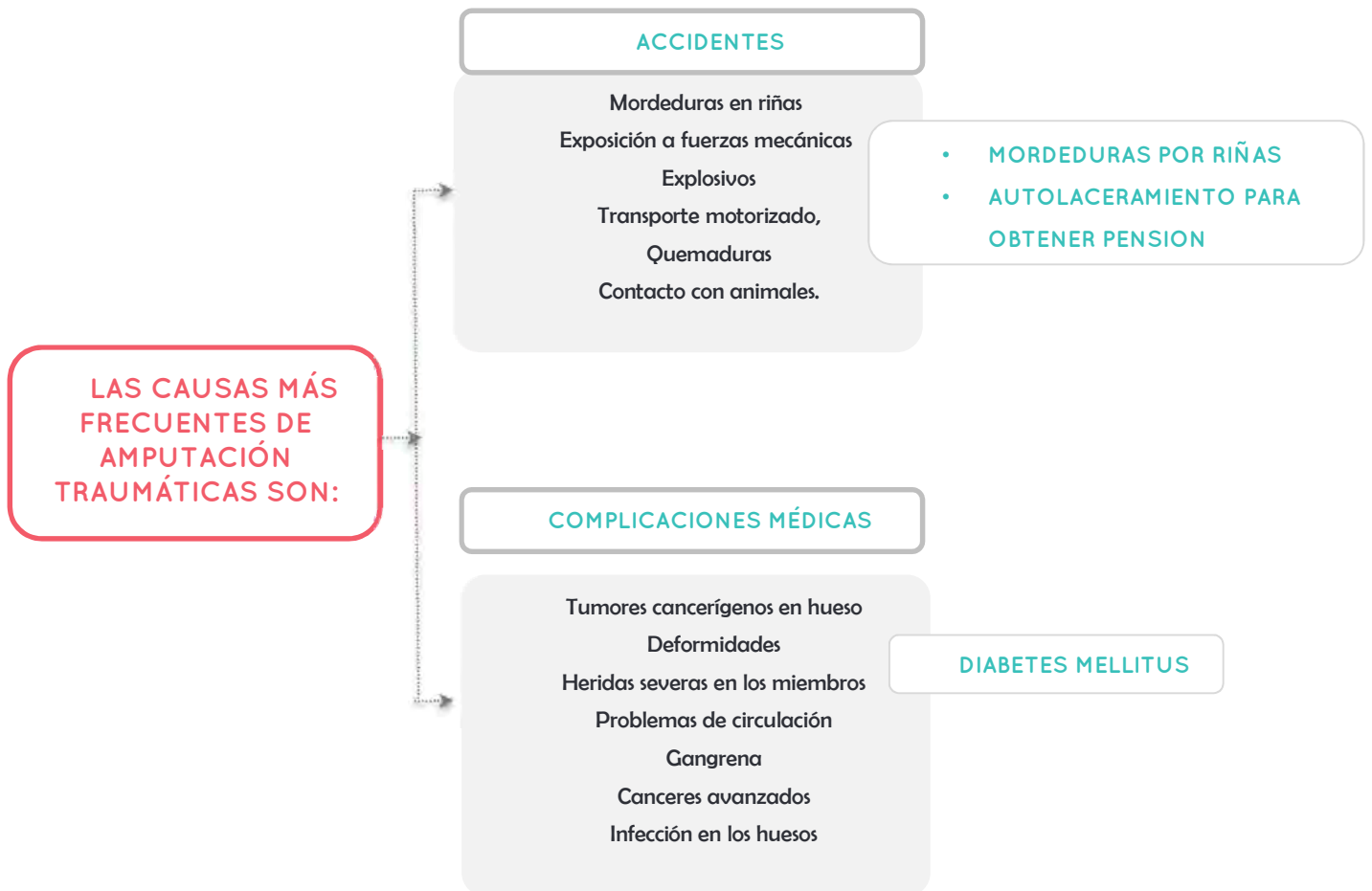


Figura. 38 Causas de amputación.

CANDIDATO A PRÓTESIS

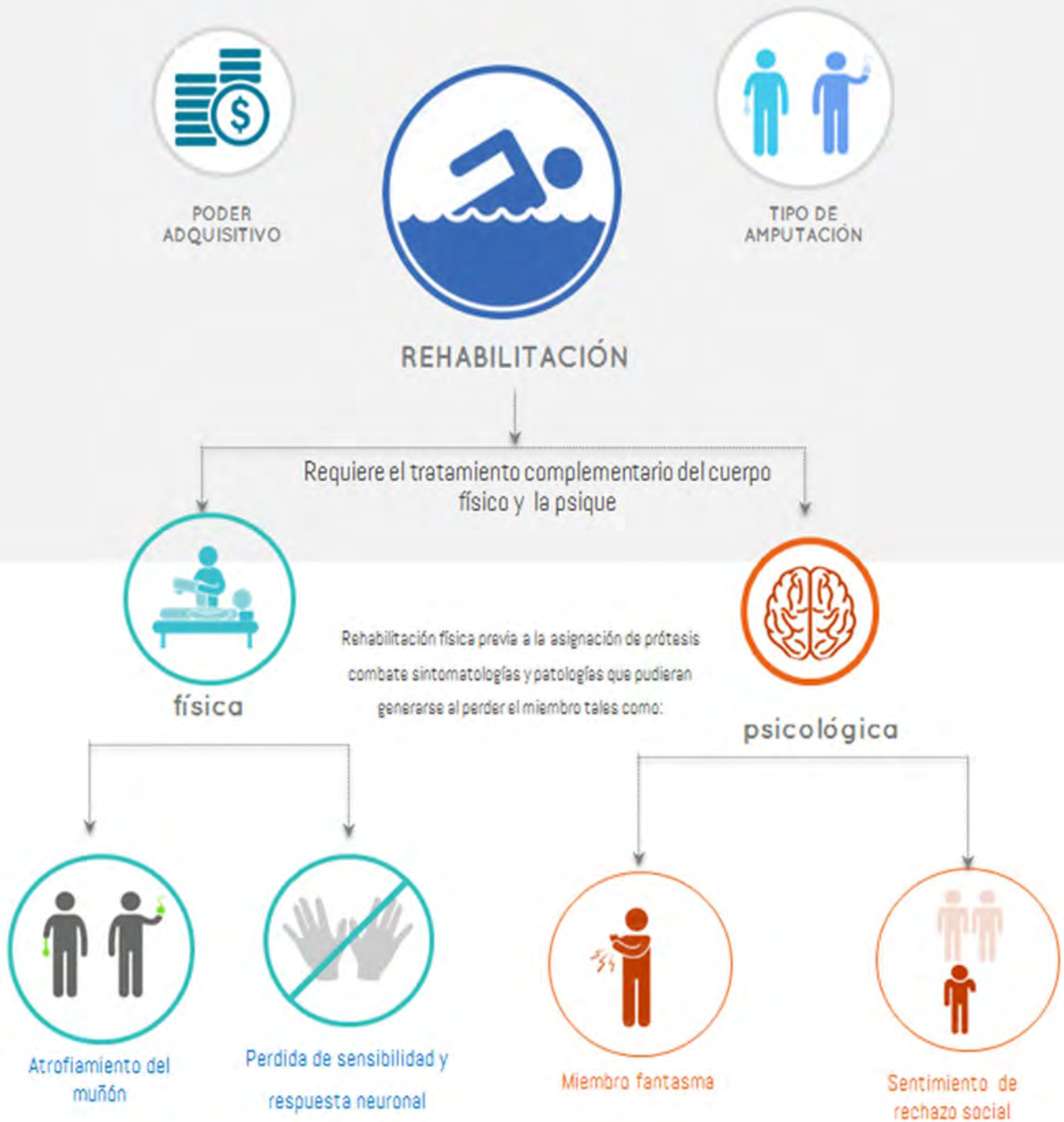


Figura.39 Esquema demostrativo sobre la determinación del uso de prótesis

PROTESIS

La prótesis es un aparato externo usado para remplazar total o parcialmente un segmento de un miembro ausente o deficiente. Se incluye cualquier aparato que tenga una parte en el interior del cuerpo por necesidades estructurales o funcionales.

Existen las de tipo mioeléctrico, las cuales son controladas por señales eléctricas transmitidas desde los músculos subyacentes hasta la epidermis; donde el nivel de esfuerzo está determinado por el número de fibras musculares que tenga desarrolladas el paciente, este aspecto es de vital importancia a considerar, debido a que estas fibras musculares, son aquellas que habría que rehabilitar post-trauma, ya que estas señales se amplifican y se envían a microprocesadores que operan los motores situados en las coyunturas y en las manos

El Control mioeléctrico se basa en el concepto de un músculo que se contrae y produce una pequeña señal eléctrica (EMG = Electro miografía) que es creada por la interacción química en el cuerpo; esta señal es muy pequeña (5 a 200 micro voltios). Sin embargo estos sensores llamados electrodos, entran en contacto con la superficie de la piel y permiten registrar la señal EMG. La cual se amplifica y es procesada después por un controlador que conmuta los motores encendiéndolos y apagándolos en la mano, para producir movimiento y funcionalidad. (Castillo Gerardo, et al, 2005)

El control mioeléctrico proporciona el sentido del tacto perdido del miembro amputado, utilizando un segmento de piel cercano a la musculatura re inervada, esta piel se desnerva primero y después se re inerva con nervios sensitivos del brazo amputado. Así cuando la piel es estimulada el paciente amputado siente

como si su mano fuera tocada proporcionando sensibilidad.

Si se colocan sensores en los dedos de la mano que cuantifican presión, temperatura o textura de los objetos y unos dispositivos colocados en el anclaje, conectados con los sensores anteriores, proporcionan en la piel re-inervada estímulos de presión, temperatura o tacto para sentir como si estuviera tocando con su mano.

Materiales

las prótesis están hechas de aluminio, nylon y fibra de carbono, dando un peso

muy bajo y alta resistencia.

EXTREMIDAD SUPERIOR

Cuando se trata de ajustar una prótesis a un amputado de extremidad superior, las decisiones de uso son mucho más personales y deben tomarse basándose en qué ayudará al paciente a desenvolverse mejor.

La prótesis debe concebirse como una herramienta destinada a ayudar al amputado a desempeñar tareas funcionales.

A menudo, la pérdida de sensibilidad que experimenta el paciente cuando utiliza un



Figura.40 prótesis ME

brazo protésico no merece la pena y éste preferirá utilizar su extremidad residual como dispositivo de ayuda.

Se debe brindar al paciente la oportunidad de probar diferentes opciones y valorar la que le ofrezca mejores resultados.

PRÓTESIS, ÓRTESIS Y EXOESQUELETOS

Las órtesis son definidas por la ISO9999 como un apoyo u otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuro-musculo-esquelético (ISO 9999:2007).

La principal diferencia de estos materiales de apoyo es que las prótesis sustituyen una parte del cuerpo mientras que las órtesis la apoyan o complementan, pero no la sustituyen. Así como los exoesqueletos, también conocido como

servo armadura, exomarco o exotraje una máquina móvil consistente primariamente en un almacén externo (comparable al exoesqueleto de un insecto) que lleva puesto una persona y un sistema de potencia de motores hidráulicos para proporcionar al menos parte de la energía para el movimiento de los miembros y facilitar el movimiento o realización de las actividades. A veces, ayuda a moverse a su portador y a realizar cierto tipo de actividades, como lo es el cargar peso.

Durante su funcionamiento, una serie de sensores biométricos detectan las señales nerviosas que el cerebro envía a los músculos de nuestras extremidades cuando vamos a comenzar a andar. La unidad de procesamiento del exoesqueleto responde entonces a estas señales, las procesa y hace actuar al exoesqueleto en una fracción de segundo.

ASPECTOS PRINCIPALES EN PROTÉSICA



Estética

Desarrollo dirigido principalmente a la apariencia realista y natural de la mano previa al traumatismo, lo cual mejora considerablemente la estabilidad emocional del paciente



Función

Predomina en el diseño el ajuste de pinza y pulgarización, muchas veces se deja de lado, debido al alto costo, peso y percepción que el objeto proyecta.



Ergonomía rehabilitación

Promueve la neuroplasticidad motora, la mayoría de las veces se trata de elementos activos cuyas piezas fomentan la movilidad del miembro



Producción tecnológica

Se incentiva el desarrollo de diseños que tengan intervención en las nuevas tecnologías de producción y complementen las carencias que puede generar la falta de sensibilidad al tacto, así como de personalización de la talla.

ASPECTO ESTÉTICO VS FUNCIÓN

EN LA CONFIGURACIÓN FORMAL

La estética del producto repercute en el ambiente social del paciente, debido a que su condición emocional potencializa los estímulos externos, los cuales intrínsecamente se relacionan con la conducta del usuario directo e indirecto, es decir el paciente o los familiares.

En diversas ocasiones los padres de familia de pacientes infantiles, suelen adquirir prótesis de silicón, con la finalidad de evitar las burlas de sus compañeros, sin embargo, esta solución puede propiciar un daño físico mayor.

La percepción visual de seguridad o realismo en las prótesis es un aspecto importante ya que la aceptación de la autoimagen, también es identificable como una barrera incapacitante que dificulta la reincorporación psicosocial del paciente



Figura42 Esquema demostrativo uso de prótesis

ASPECTO TECNOLÓGICO VS ASPECTO REAL O IMITATIVO

Las consideraciones estéticas de identificación y reconocimiento social del material protésico casero, van ligadas a la identidad cultural actual, la cual va asociada a la aplicación de las nuevas tecnologías.

El intercambio constante de información en redes sociales y medios ha generado un aspecto clave en el diseño de productos con fines médicos y tecnológicos, el cual expresa como indispensable ir más allá de la apariencia o

de la función, visualizando aspectos que hay llevado a muchos alrededor del mundo a compensarlo de maneras llamativas a través de la impresión 3d , incluso casera, generando piezas que parecieran sacadas de una película de ciencia ficción, lo cual involucra un nicho de mercado del tipo hazlo tú mismo o *do it yourself* (DIY) en inglés, para la auto prescripción y venta ilícita de material ortopédico.

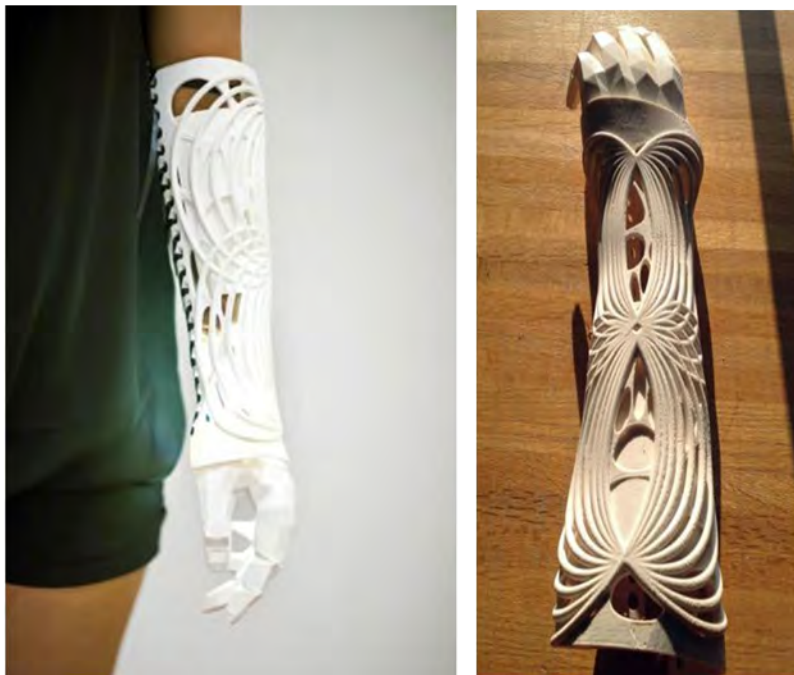


Figura.43 imagen ejemplo de desarrollo protésico en 3d Es Evan Kuester el diseñador de esta prótesis de impresión 3D en FDM, creó la prótesis como parte de un concurso de diseño en la universidad. Savannah Colegio del estado de Georgia

ENFERMEDADES DEGENERATIVAS

Se conoce como enfermedad degenerativa a un desequilibrio en los mecanismos de regeneración, que no se debe a factores psicosomáticos o físicos, que ocasionen una falta de regeneración (aplasia) o un exceso descontrolado de regeneración (neoplasia), si no que se originan por la alteración anatómica y funcional de los tejidos de cualquier órgano, aparato o sistema del organismo.

Un ejemplo muy claro de este tipo de enfermedades es el infarto del miocardio, que se debe a una falta en el suministro de sangre y por tanto del oxígeno en una

porción del corazón por obstrucción de una arteria coronaria, (fig.44)

Otros ejemplos muy conocidos de enfermedades degenerativas son el Mal de Parkinson y el Alzheimer, que afectan al sistema nervioso central, así como la diabetes, principal factor de incidencia de amputación en miembro inferior, sin dejar de lado las complicaciones que llegan a suceder y provocar la amputación del miembro por completo. (Matesanz Rafael. 2010.)



Figura44 imagen de ejemplificación de Problemas de hipertensión y cardiacos

HÁPTICO

Háptico", es el término que se deriva de la palabra griega, "*haptesthai*", que significa "sentido del tacto".

Se define como la "ciencia que aplica sensación táctil a la interacción humana con las computadoras o dispositivos de interfaz".

Los sistemas hápticos permiten a los usuarios sentir (sensaciones) y manipular objetos virtuales tridimensionales con respecto a características tales como forma, peso, texturas superficiales y temperatura (Espinosa Castañeda, 2014)

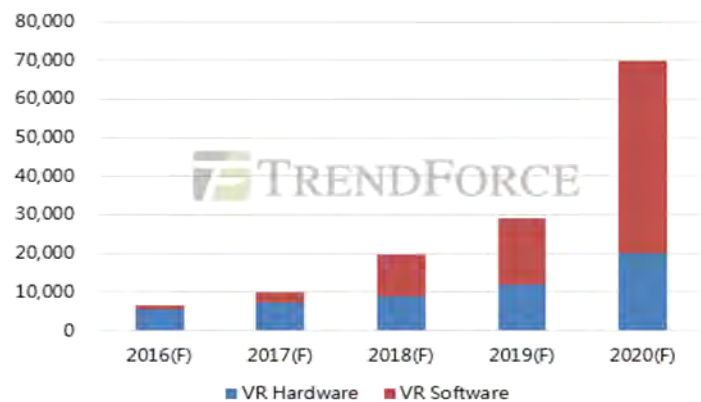
Muchos dispositivos a nuestro alcance ya manejan este tipo de respuestas, un ejemplo práctico serían nuestros celulares al emitir una vibración, sonido o aumento de luz cuando se realiza una acción en respuesta a nuestra petición.

El desarrollo de realidad virtual también es uno de los temas que intervendrían

como factor a prospectiva (fig 45), debido a la demanda computacional y tecnológica que se buscan en cada uno de los dispositivos que adquirimos en la siguiente tabla podremos verificar el aumento a este tipo de tecnologías.

Figure: Global VR Market Value, 2016~2020

Unit: US\$ Million



Source: TrendForce, Dec., 2015

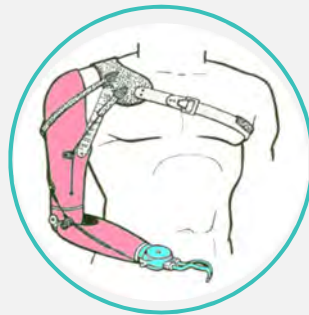
Figura 45. Gráfica de ventas a prospectiva de elementos hápticos

¿QUÉ USAN LOS QUE NO TIENEN DINERO PARA PAGAR UNA PRÓTESIS?

Figura 46



En lugar de ganchos, una mano artificial con el pulgar, se abre y cierra contra dos dedos



Ganchos que se abren y se cierran para agarrar cosas (uso de hombros y espalda)



Operación quirúrgica para conversión de muñón a tenaza



Pulgarización mecánica

La pulgarización es la principal opción ya sea colocando un dedo del pie o de los restantes de la mano, en lugar del pulgar, con el fin de permitir al paciente realizar el proceso de pinzado, que es uno de los más importantes para el uso del miembro.



Adaptaciones para sostener utensilios y herramientas hechas de trapo, plástico o cuero



Adaptación de una mano de hule o madera

Figura 46. Uso de prótesis bajos recursos

ENFERMEDAD DE PARKINSON

La enfermedad de Parkinson (EP) fue descrita en 1817 por James Parkinson con el nombre de «parálisis *agitans*». En la actualidad se define como enfermedad degenerativa del sistema nervioso central, de evolución lentamente progresiva, que cursa por rigidez, temblor de reposo y alteración de los reflejos posturales.

Esta enfermedad consiste en un desorden crónico y degenerativo de una de las partes del cerebro que controla el sistema motor y se manifiesta con una pérdida progresiva de la capacidad de coordinar los movimientos, que se produce cuando las células nerviosas de la sustancia negra del mesencéfalo, área cerebral que controla el movimiento, mueren o sufren algún deterioro.

Sin embargo, se presenta visiblemente a través de la digito contracción de los dedos de la mano (temblor) seguido de

varias características particulares como lentitud en la iniciación de movimientos y rigidez muscular.

La esperanza de vida de los afectados de Parkinson es parecida a la de la población no afectada, pero su estado clínico se va modificando con los años.

La Enfermedad de Parkinson se clasifica en estudios clínicos según el grado de afectación, **estadía 0** normal. **Estadía 1** afectación unilateral. **Estadía 2** afectación bilateral, equilibrio normal. **Estadía 3** afectación bilateral con alteración del equilibrio. **Estadía 4** aumento del grado de dependencia **estadía 5** Severamente afectado. En silla de ruedas o cama. (Aviñó Farret et al, 2007)

Al inicio de la enfermedad, el tratamiento sustitutivo es con levodopa, que consigue controlar la enfermedad con buena respuesta en gran parte de la sintomatología. Pero alrededor del quinto

año de tratamiento farmacológico aparecen las **fluctuaciones motoras**.

Se trata de períodos de no respuesta al fármaco (período off) que se alternan con períodos de efectividad (período on). La mitad de los pacientes las tienen a los 5 años y la gran mayoría a los 10 años

Este efecto colateral de fluctuaciones motoras, es el punto que se permitirá abordar el presente proyecto, detectando este *periodo off* a través del monitoreo de las contracciones dactilares. Con la finalidad de beneficiar al paciente y al médico para la prescripción de fármacos, sirviéndose de los datos estadísticos que albergue y recaude el dispositivo

Pues si bien el objetivo no es eliminar todos los síntomas y signos, lo cual puede no ser posible, si no el evitar que altas dosis de medicación sean suministradas al paciente con el fin de mantener una

situación funcional aceptable y evitar el deterioro general del paciente.

El mundo de los *wearables* (tecnología vestible) ya ha demostrado en varias ocasiones su utilidad para ayudar a mejorar la salud de las personas con EP.

Un ejemplo de ello es Gyroglove ⁸, un prometedor dispositivo del que se espera que el poder realizar tareas cotidianas como **escribir, cocinar o incluso conducir** vuelvan a formar parte del día a día de los enfermos de Parkinson. Según las primeras pruebas, los temblores se **reducen en un 90 por ciento**. (Aviñó Farret et al, 2007)

Hasta ahora, los miembros del equipo habían aportado sus propios recursos para el desarrollo del dispositivo, pero se ha contado con el apoyo del Imperial College de Londres y de Tony Young, Director Clínico Nacional del Servicio Nacional de Salud de Reino Unido, aspecto que en todo

proyecto de innovación, es un sueño hecho realidad. (Fig 47)

Aunque hay algunos productos en el mercado, tales como cucharas, plumas o tazas especiales; no hay mucho que pueda considerarse una solución universal.

Por otra parte, Google tras la adquisición de *elevation Labs*. Un fabricante de

cucharas anti-temblor de California; creó este dispositivo que con un costo de 650 euros, el cual fue puesto en marcha en los investigadores de la Universidad de Michigan. Sus hallazgos han sido publicados en la revista *Neurología* que muestran que los efectos de "sacudida de la cuchara" se reducirían en un 75% en comparación con una cuchara "normal". (Fig.48)

Hope in a Glove for Parkinson's Patients

A wearable device promises to help steady hand tremors by using an old technology—gyroscopes.

Figura 47. Guante para pacientes con EP, Recuperado de: <http://gyrogear.co/gyroglove>



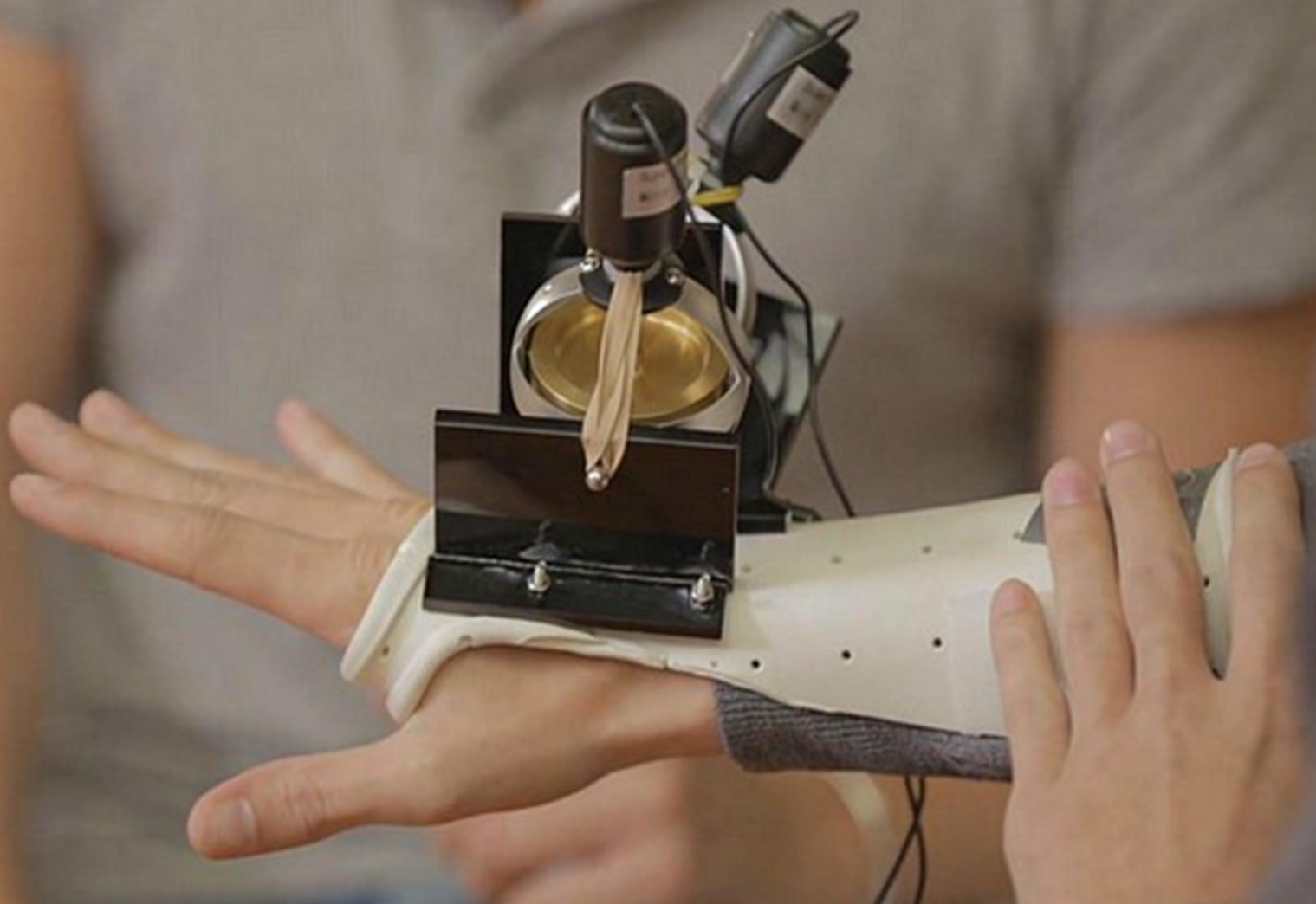


Figura .47 Prototipo de Guante para pacientes con EP, GyroGlove: Creación de Aii Ong, estudiante de la Facultad de Medicina en el Imperial College de Londres. Recuperada de [HTTP://SCIENCEPOST.FR/Captura de vídeo Telefónica](http://SCIENCEPOST.FR/Captura%20de%20v%C3%ADdeo%20Telef%C3%B3nica)

El mango de la cuchara está equipado con componentes avanzados de electrónica (sensores y motores mini) que detectan temblores y estabilizan la cabeza de la cuchara en la dirección opuesta, esencialmente cancelando el temblor del brazo y evitar que se derrame el contenido

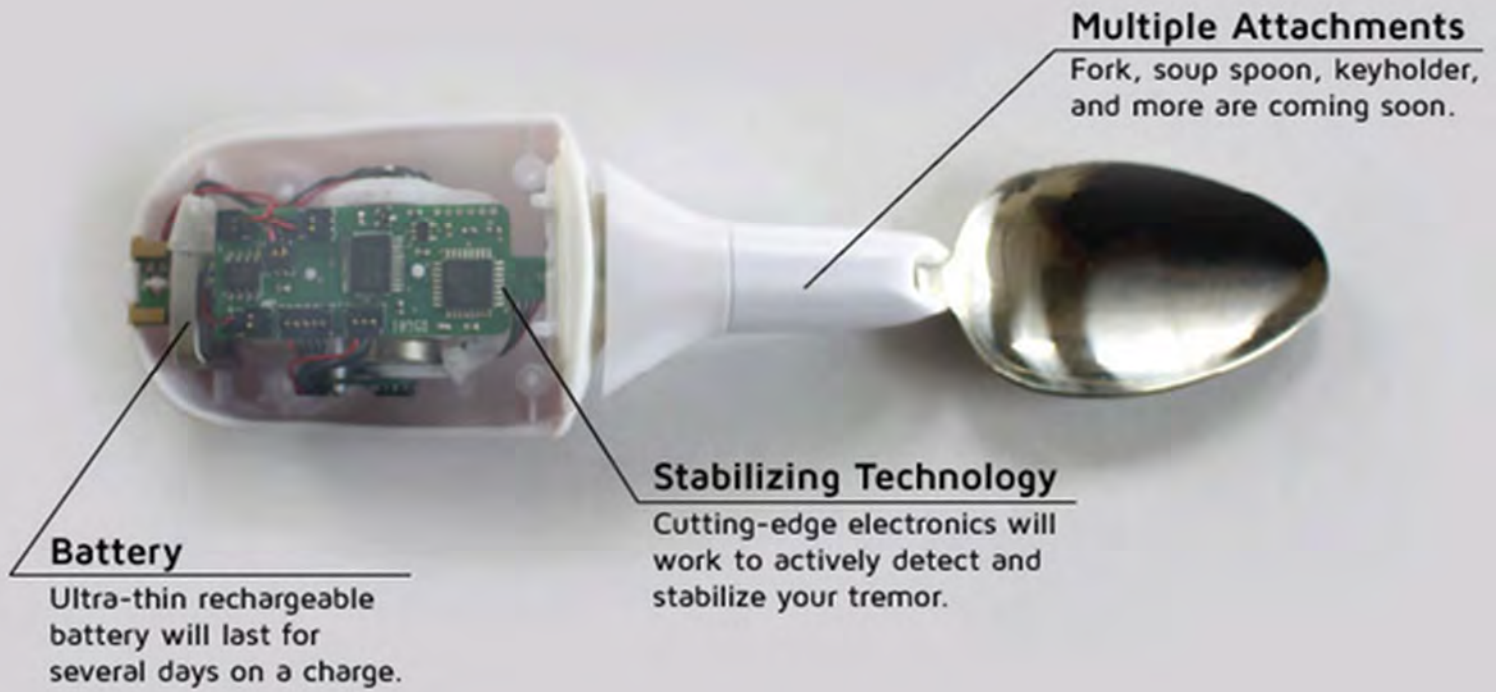


Figura48 Chuchara google.

Parkinson devices

El mango de la cuchara también contiene una batería recargable ultra-delgada con una duración de batería de siete días.

CONTROL Y SENSIBILIDAD DE LA MANO

La importancia de la mano, trasciende más allá del aspecto funcional y estético; también se ve involucrado en nuestro desempeño social, pues no solo se restringe a que puede tocar objetos sino también a otros seres humanos y a la vez transmitir emociones. (Figura.49)

Las manos comunican incluso más que el lenguaje verbal y representan un elemento siempre visible, ya que permiten interactuar directamente con el medio que las rodea

Cada mano está controlada por el hemisferio del lado contrario del cuerpo y una es más dominante que la otra; así pues, la respuesta táctil de ambas manos, se ve comprometida al desarrollo nervioso que la ramifica, por ejemplo, el nervio cubital es quien da sensibilidad a los 4º y 5º dedos de la mano, y es el responsable de los músculos intrínsecos de la mano y

del aductor del pulgar, así como es de saberse que el tacto, como elemento sensorial, se encuentra mayormente desarrollado en las yemas de los dedos y los músculos del pulgar y meñique. A través del tacto, el cuerpo percibe el contacto. Los receptores se estimulan ante una deformación mecánica de la piel y transportan las sensaciones hacia el cerebro a través de fibras nerviosas. Estos receptores se encuentran en la epidermis.

Figura49. Sensibilidad táctil
Fuente: *Psychologytoday*.



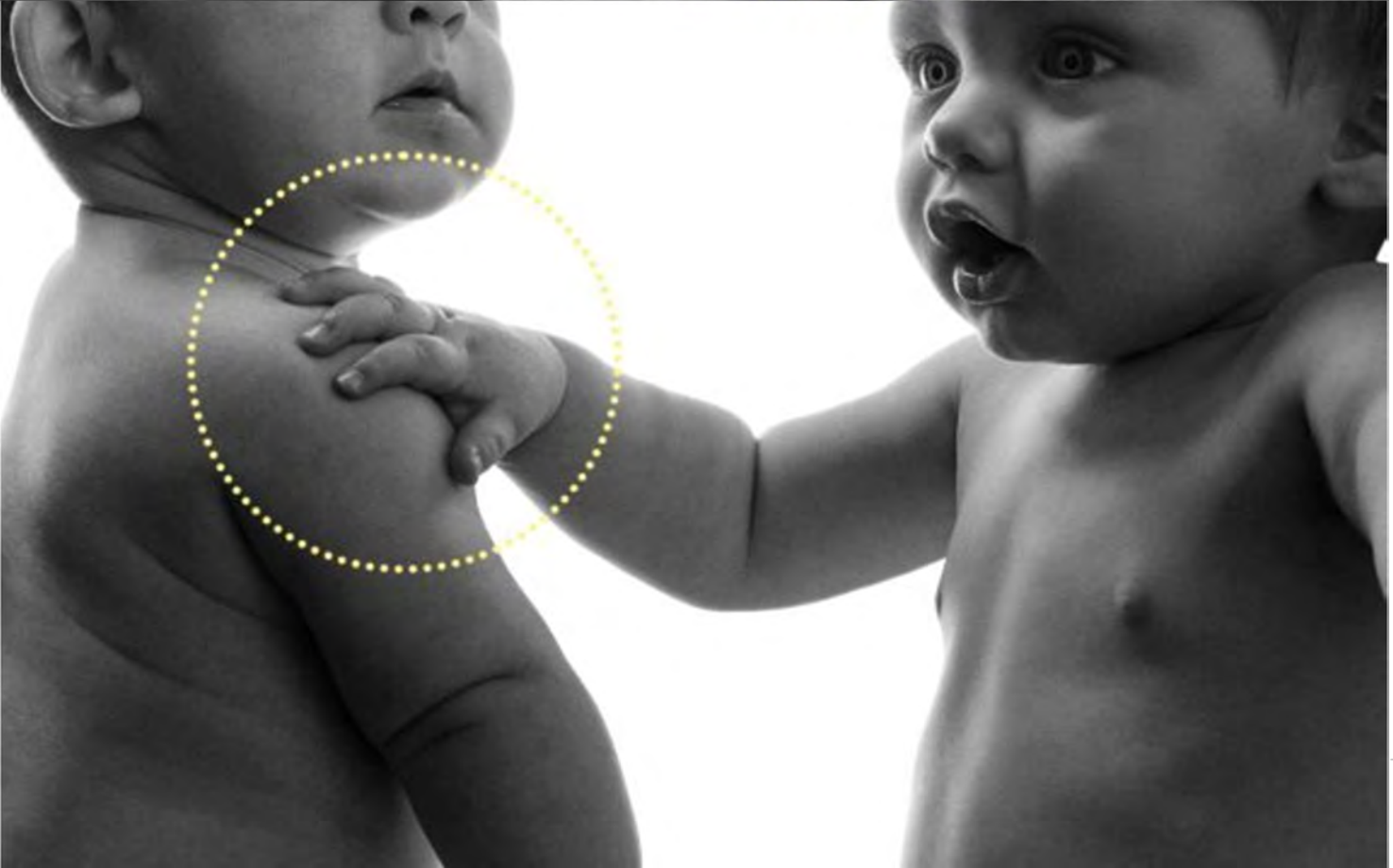


FIGURA 49

están distribuidos por todo el cuerpo de forma variable, por lo que aparecen zonas con distintos grados de sensibilidad y en función del número de receptores que contengan.

En ocasiones nos podemos encontrar con trastornos de la sensibilidad, tales como:

Parestesia: sensación anormal de los sentidos o de la sensibilidad general que se traduce por una sensación de hormigueo, adormecimiento, etc

Anestesia: Abolición de la sensibilidad.
Hiperestesia: es un síntoma, que se define como una sensación exagerada de los estímulos táctiles, como la sensación de cosquilleo o embotamiento.

Alodinia: Es la aparición de dolor ante un estímulo que, a priori, no debería ocasionarlo. Como el roce de unas sábanas.

Hipoestesia: Disminución de la sensibilidad. (Doctor Jorge Montero Holms., 2007).

RED NERVIOSA

La hace posible las principales funciones de la mano:

Sensibilidad al tacto.

Sensibilidad al dolor

Movimientos

RED NERVIOSA

Consta de tres nervios principales:

Nervio cubital (cubre la zona dorsal de la mano y parte de la zona palmar).

Nervio mediano (alcanza los tres primeros dedos y mitad del cuarto).

Radial (responsable de la inervación de la parte externa del dorso de la mano).

Estos trastornos están producidos por alteraciones en el Sistema Nervioso Central o en el Sistema Nervioso Periférico el cual se explica mejor en la siguiente (figura.50)

REEDUCACION MUSCULAR

El proceso de reeducación al paciente se ejecuta, cuando se encuentra el miembro ya cicatrizado, en un periodo no mayor a 18 meses ni menor a uno y medio meses. Se logra mediante movilizaciones con fines terapéuticos de tipo **activa**. (Morón S, 2007)

Por otra parte se recomienda la técnica de mio-retroalimentación que es el monitoreo de eventos psicológicos internos, así como la prevención de la acción sustitutiva o movimiento sustitutivo que aparece cuando los músculos están débiles o paralizados (movimientos vicariantes). Tal cual se efectúa en los bebés, para ejercitarlos.

La terapéutica por actividad (terapia ocupacional) se indica tempranamente. E implica que la extremidad permanecerá relajada cuando no se utilice; mediante férula estática nocturna y a tiempo parcial, o durante el día, las cuales buscarán la funcionalidad de la mano atendiendo al tipo de lesiones. (ibídem)

Las actividades de terapia ocupacional recomendadas son: juegos con semillas y botones, ebanistería, telar, torno de alfarero,

De cierta manera, lo que este proyecto ofrece es terapia por actividades, también demostradas en la práctica. Por ejemplo, cuando existen dificultades para realizar algunos ejercicios como extensión de codo así como la supinación de antebrazo y extensión de muñeca y dedos se recomienda el trenzado, anudado, atornillado, (véase figura.50) actividades de coger y soltar, empujar objetos sobre la mesa, utilizar objetos con cabos gruesos y

con la mano en pronación, elevar los dedos separadamente y al unísono. Sí existen dificultades para la flexión metacarpo falángica del cuarto y quinto dedo con dificultad para la oposición del quinto, y aducción del quinto y extensión del pulgar, se recomienda la escritura, costura, anudado, separar y aproximar los dedos, pintura digital y modelaje de plastilina. si existen dificultades para realizar la pinza digital, oposición del pulgar se recomiendan actividades de extracción y colocación de objetos, torcer alambres, atornillado, juegos de mesa y coger y estrujar pelotas de goma .Véase

esquema de la figura 51

Aspectos a considerar en el tratamiento rehabilitador de la mano:

- Prevención del edema
- Ayuda al tejido cicatrizante
- Alivio del dolor
- Permitir relajación
- Prevenir sobreuso, desuso o disminución del uso
- Eliminar lesión o afectación articular o muscular
- Desensibilizar áreas hipersensibles
- Reeduaciones sensitivas
- Reeduaciones motoras



Figura50. Resultado funcionales a los 3 meses de cirugía

SECUENCIAS DE USO EN REHABILITACIÓN

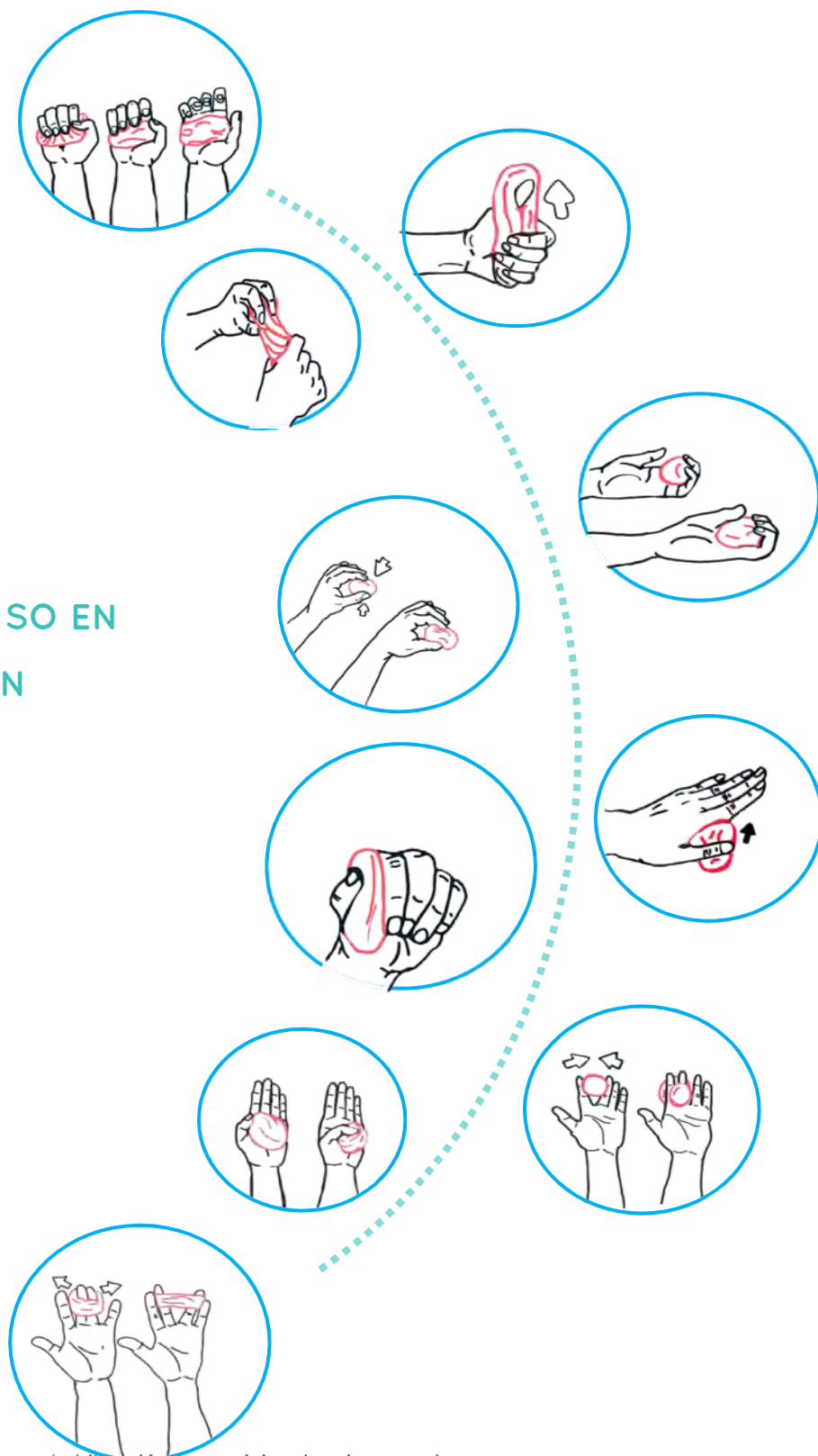
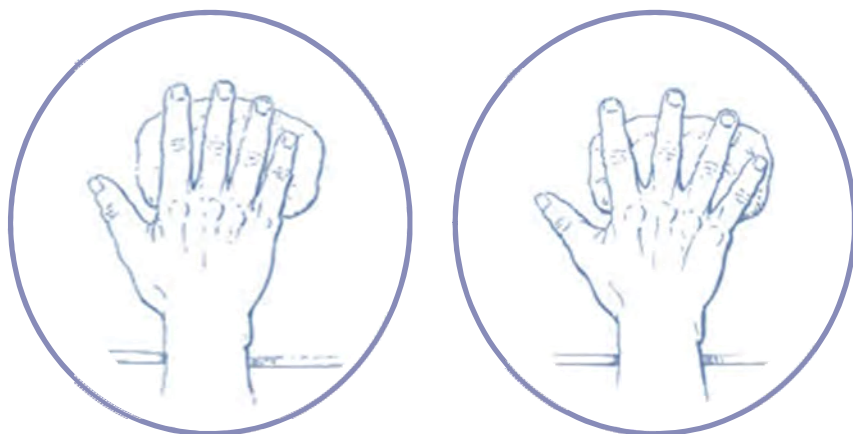


Figura 51. Secuencias de uso en rehabilitación traumática de primer grado

SECUENCIAS DE USO EN REEDUCACIÓN

EN REEDUCACIÓN



ESQUEMA [1]

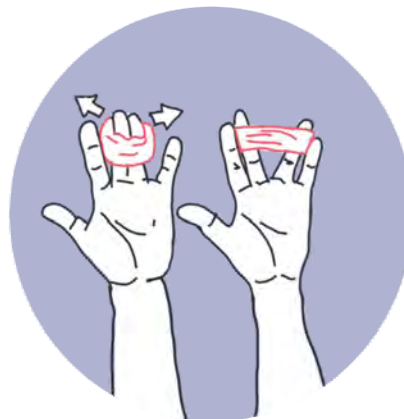
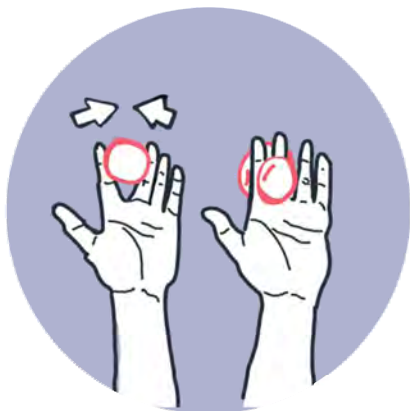
Separar y juntar los dedos venciendo la resistencia de la plastilina.



ESQUEMA [2]

Extensión de muñeca y dedos: trenzado, anudado, atornillado

Figura 52. Secuencias de uso en reeducación



ESQUEMA [3]

<90°

PRESION Y DISTENSION INTERFALANGICA DE
ADUCCION Y ABDUCCION REPETITIVA



ESQUEMA [4]

>90°

PRESION PALMAR E INTERFALANGICA, CON
EXTENSIONES DE LAS FALANGES Y OPOSICIÓN DE
PULGAR

Figura 52. Secuencias de uso en reeducación



El rayo del pulgar con su metacarpiano y las dos falanges tiene un mayor grado de libertad de movimiento que ninguno de los otros dígitos. A diferencia de los otros cuatro dedos, es completamente oponible, pues puede tocar los demás dedos desde su punta hasta su base e incluso la parte superior de la palma de la mano, por lo que brinda un espectro de información mucho mayor y representa la mayor pérdida en cuanto a motricidad manual.

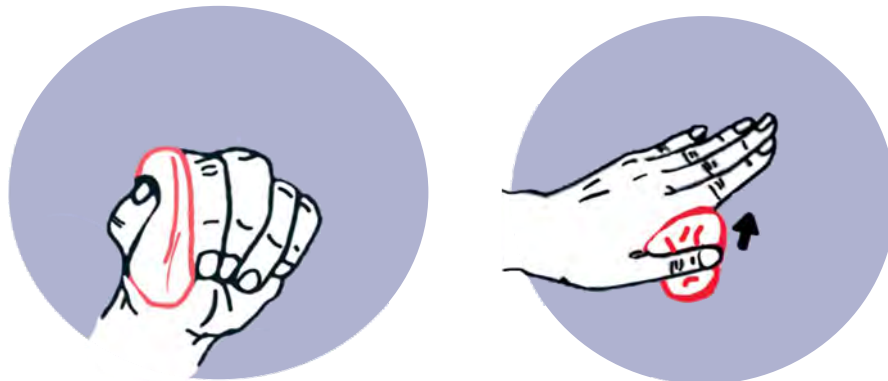


ESQUEMA [5]

$>90^\circ < 360^\circ$

FLEXION DE FALANGES CON HIPEREXTENSION DE PULGAR

— **FALANGE** —



ESQUEMA [6]

$<90^\circ$

PRESION PALMAR E INTERFALANGICA, CON EXTENSIONES DE LAS FALANGES Y OPOSICIÓN DE PULGAR

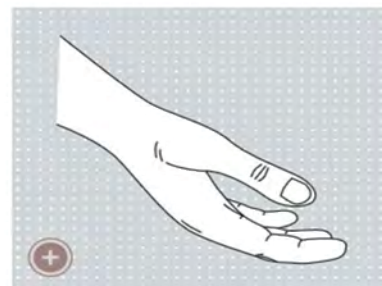
Figura 52. Secuencias de uso en reeducación

SECUENCIAS DE USO EN REEDUCACIÓN CON PROTESIS

Neutral Position

Posición de reposo de aspecto natural.

Neutral Mode



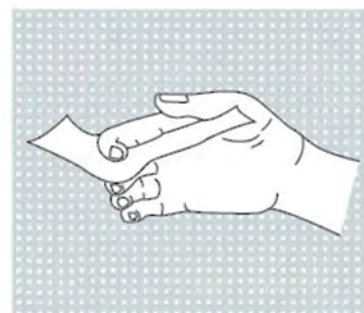
Lateral Pinch

Usted mueve el pulgar lateralmente hacia el dedo índice de modo que pueda sostener objetos planos.



Lateral Power Grip

Usted mueve el pulgar lateralmente hacia el dedo índice para poder sostener lateralmente objetos de tamaño mediano.



Finger Ab-/Adduction

Separando y cerrando los dedos usted podrá sostener varios objetos planos y finos entre ellos.

Opposition Mode



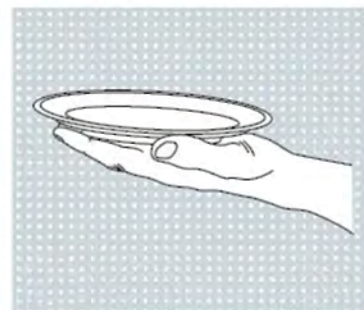
Tripod Pinch

El pulgar, el dedo índice y el corazón constituyen tres puntos de apoyo, de modo que usted puede sostener objetos pequeños de forma segura.



Opposition Power Grip

El ancho de apertura le permite sostener objetos de gran diámetro.

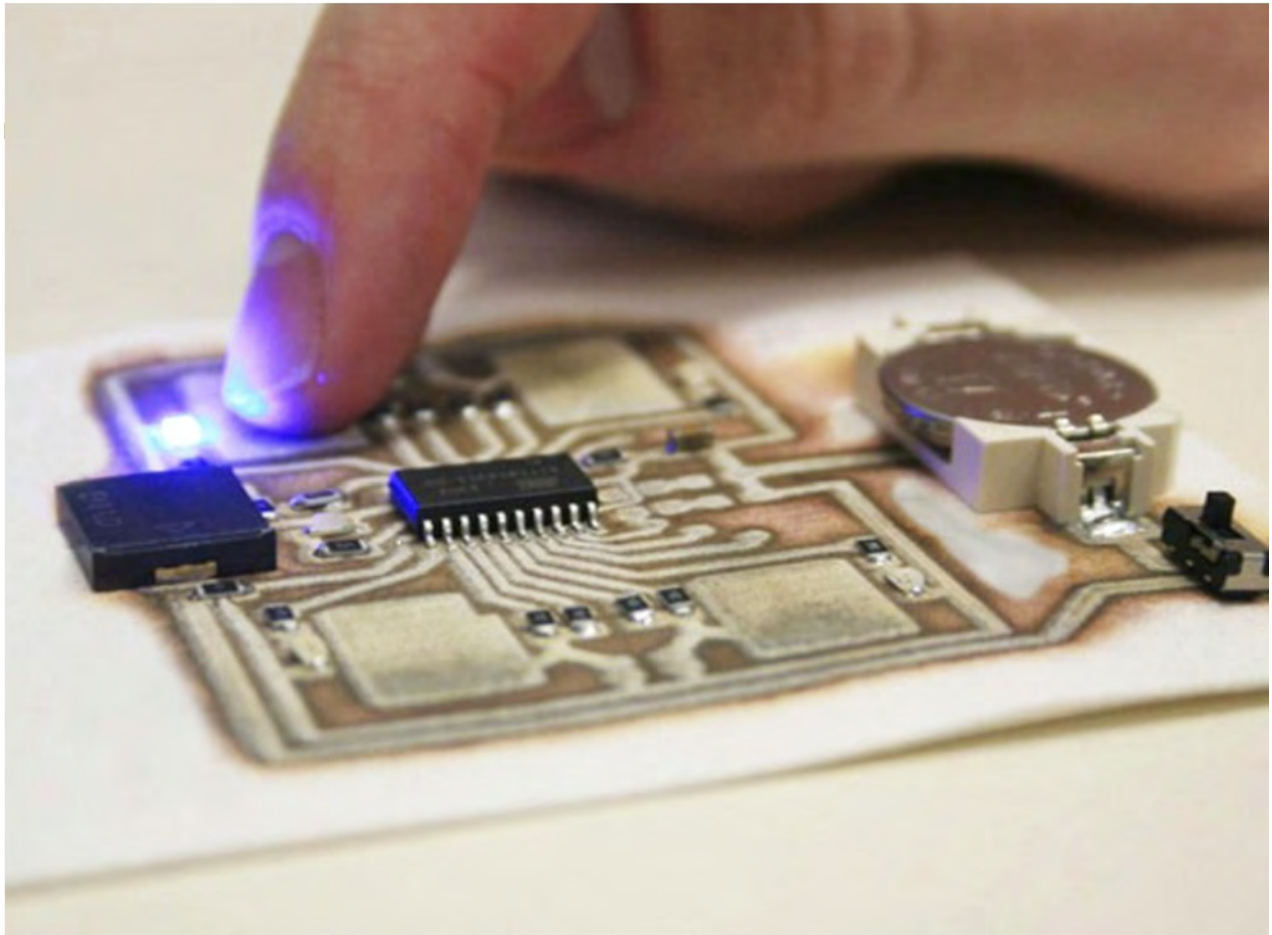


Open Palm

El pulgar está extendido hacia afuera en la posición de mano abierta, de modo que usted consigue una posición de mano plana.

Vivir. Con Michelangelo® – Con toda naturalidad

Figura 52. <http://fisioterapia.blogspot.mx/2013/02/las-protesis-mioelectricas.html>



Componentes técnicos

Existen nuevas formas de impresión de circuitos utilizando una impresora casera de FDM, gracias a un nuevo filamento (Ninja Flex) mediante el que es posible imprimir sobre la placa de cobre y luego el proceso de atacado con ácido directamente. Esta tecnología también abre la posibilidad de imprimir sobre circuitos electrónicos flexibles

CLASIFICACIÓN DE SENSORES

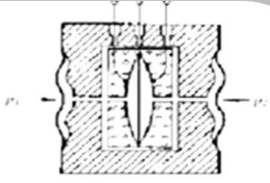
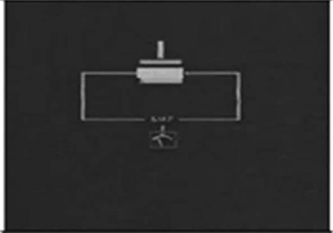
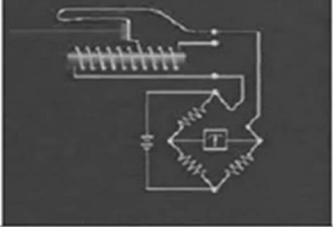
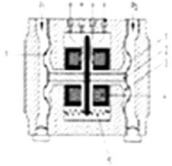

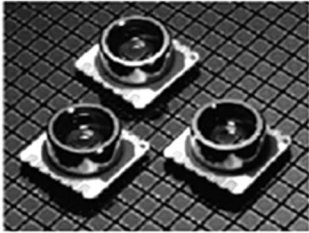
Capacitivo	Tienen una variación de capacitancia que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas	0.05-5 a 0.5-600 bar	Mediciones estáticas y dinámicas	 <p style="text-align: center;">Abbildung 1.6: kapazitiver Drucksensor</p>
Piezo - Eléctrico	son materiales cristalinos que al deformarse (por acción de una presión) generan una señal eléctrica	0,1 a 600 bar	Mediciones con poca sensibilidad	
Sensor Resistivo	Consiste en un elemento elástico que varía la resistencia (ohmios) de un potenciómetro en función de la presión	0-0.1 a 300 bar	Mediciones con alta sensibilidad	
Magnético de inductancia variable	Tienen un núcleo móvil que se desplaza dentro de una bobina aumentando la inductancia en forma casi proporcional a la porción de núcleo contenida dentro de la bobina	0-0.1 a 300 bar	Mediciones con alta sensibilidad	 <p style="text-align: center;">Abbildung 1.7: induktiver Drucksensor mit Ölfüllung</p>
Galgas Extensiométricas	Consiste de un hilo resistivo sometido a una tensión, se basa en la variación de longitud y diámetro de este hilo, y por tanto del cambio de su resistencia	0.5 a 600 bar	Medición directa	
Piezo Resistivo	Varia su resistencia eléctrica por efecto de la presión	1 a 150 bar	Objetos pequeños, manos ortopédicas y robots	 <p style="text-align: center;">Abbildung 2: MS5534 auf Wafer mit Silizium Druckelementen</p>

Figura 54. Tabla de clasificación de sensores

SENSOR DE FLEXIÓN DE 4.5 PULGADAS

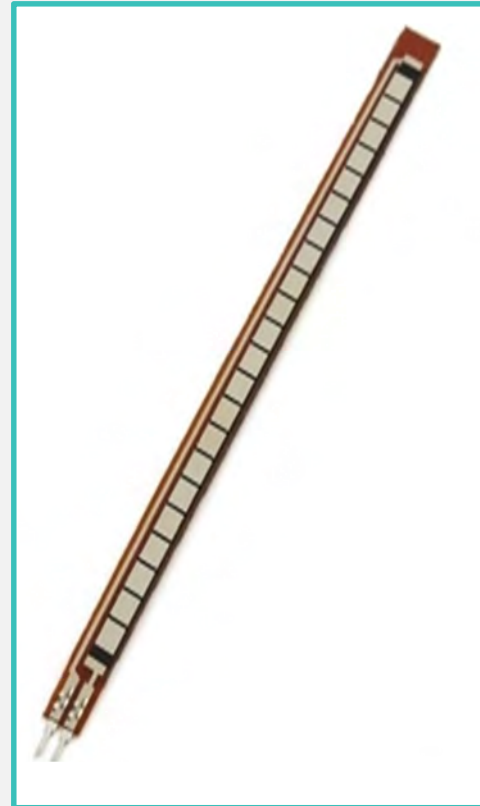
Descripción: Se trata de un sensor simple flexión de 4.5pulg de largo. El cual se presenta a continuación, ya que fue requerido para las pruebas de presión que se realizaron durante el trabajo de prototipado en los dedos

Como funciona: A medida que el sensor es flexionado, la resistencia aumenta en todo el sensor.

La resistencia del sensor cambia cuando las pastillas de metal se encuentran en el exterior de la curva (de texto en el interior de la curva) Recta (sin flexionar) Resistencia: ~ 90000hm, Curva de 90 grados de resistencia: ~ 140000hm, Curva de 180 grados de resistencia: ~ 220000hm

Extras: La tecnología patentada de Spectra Symbol - estos sensores fueron usados en el Nintendo Power Glove.

Compatible con cualquier microcontrolador incluyendo Arduino.



~~Precio: \$ 360.00 MXN*~~

Precio estudiante: \$ 300.00 MXN*

* Pesos Mexicanos

SENSOR DE FUERZA

PRESIÓN 1 ½

Descripción: Es un sensor simple de presión, a medida que el sensor es presionado, la resistencia aumenta en todo el sensor, sin embargo, es más sensible que el sensor flexible y no requiere que se haga presión sobre toda el área.

Como funciona: Es un resistor sensible a fuerza con área de detección de 0.5" de diámetro, que varía su resistencia en función de la presión que se aplica en la zona de detección. Mientras mayor sea la fuerza, menor será la resistencia y si en este no se está aplicando presión, la resistencia será mayor que 1 M. Este sensor puede medir la fuerza aplicada en un intervalo de 100 g a 10 kg.

Extras: Estos sensores son sencillos de configurar y adecuados para detectar presión, pero no son muy precisos. Las principales ventajas de estos sensores son lo fáciles de usar, de bajo coste y que no requieren de alimentación.

Tamaño:

Longitud: 2.375"

Ancho: 0.75"



Sensor de fuerza presión resistivo
circular 1/2 .5 arduino
Precio 350MXN

MINI MOTOR DE VIBRACIÓN DC

Descripción: Es un sensor Mini de tipo vibrador, el cual trabaja como un motor que funciona con 2V y 5V. El cual a mayor voltaje mayor vibración y consumo, resulta el dispositivo más utilizado para diversos propósitos de respuesta y retroalimentación háptica

Como funciona: Es un motor sensible al voltaje inducido por la programación inducida en el código.

El área de emisión es de 10mm diámetro, 2.7mm de grosor. Los voltajes a los que varia su resistencia en función van de los 2V a los 5V, siendo 5V los responsables del consumo de 100mA, 4V a 80mA, 3V a 60mA, 2V a 40mA y alcanzando hasta 11000 RPM con el consumo de 5V.

Extras: Son sencillos de configurar y adecuados para emitir respuesta sensitiva, no lumínica.

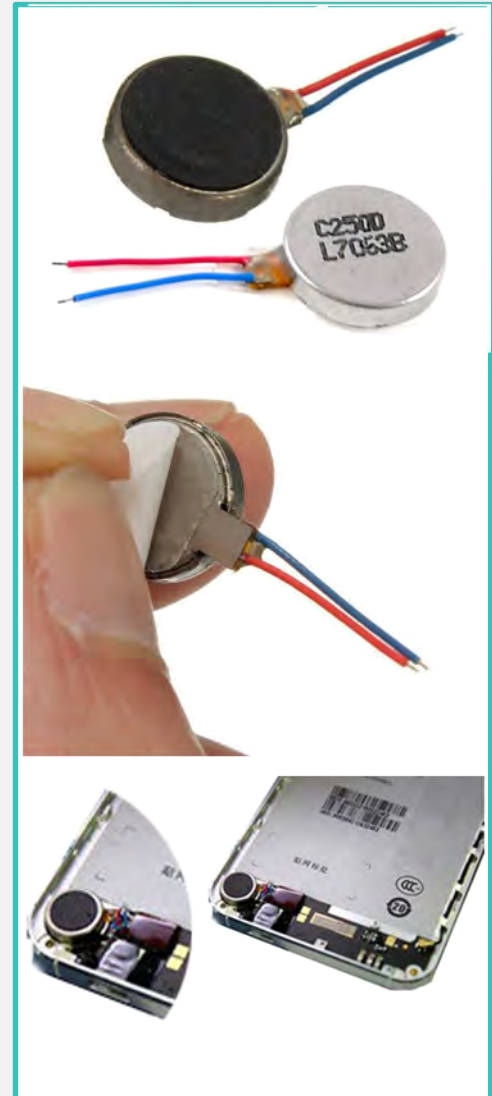
Requieren de dos tomas líneas, tierra y voltaje

Tamaño:

Longitud: 2.7mm

Ancho: 10mm

Peso: 0.9gramos.



Motor de vibración
Precio: 10 piezas por 85MXN

SENSORES DE MONITOREO Y POSICIONAMIENTO

LA LUZ ESTRUCTURADA

Es el principio que usa el sensor Kinect (utilizado en este trabajo) para su funcionamiento de tracking y monitoreo.

Consiste en proyectar un patrón de luz sobre una escena y observar la deformación del patrón en la superficie de los objetos. A la izquierda de la figura 55 se muestra un patrón de líneas y a la derecha un patrón de puntos utilizado por el sensor Kinect, cuyo funcionamiento se detalla más adelante

El patrón de luz puede ser proyectado, bien por un proyector LCD (luz no coherente) o bien por un barrido laser. Una cámara ligeramente desplazada respecto del proyector, captura la deformación de las líneas (o puntos) y calcula la distancia de cada punto utilizando una técnica similar a la triangulación. (Fig.55) (Córdova Lucero, 2012)

En una superficie plana, es de esperar que la línea capturada por la cámara sea recta. Una pequeña deformación en la misma puede

ser convertida a una imagen con coordenadas 3D. Para ello se tiene que identificar cada línea, que se logra mediante el rastreo de cada línea (método de reconocimiento de patrones) o simplemente contándolas.

Otro método muy común consiste en proyectar patrones alternativos formando una secuencia de código Gray que identifica el número de cada línea proyectada sobre el objeto.

EL SENSOR KINECT

El sensor Kinect es un dispositivo lanzado en Noviembre de 2010 por Microsoft, orientado principalmente a la industria de los videojuegos, como periférico del Xbox 360, su principal innovación es que permite controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tocar ningún controlador del juego físicamente.

Es a través de una interfaz de usuario basada en gestos y comandos de voz. (Ver figura 56).

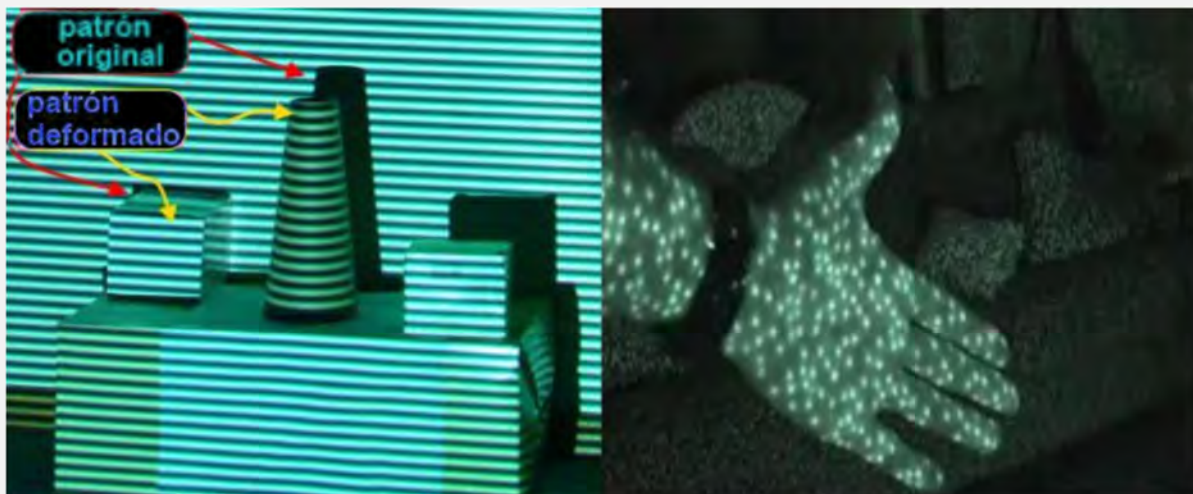


Figura.55. Patrones de luz estructurada con líneas y puntos (sensor Kinect). (Córdova Lucero, 2012)

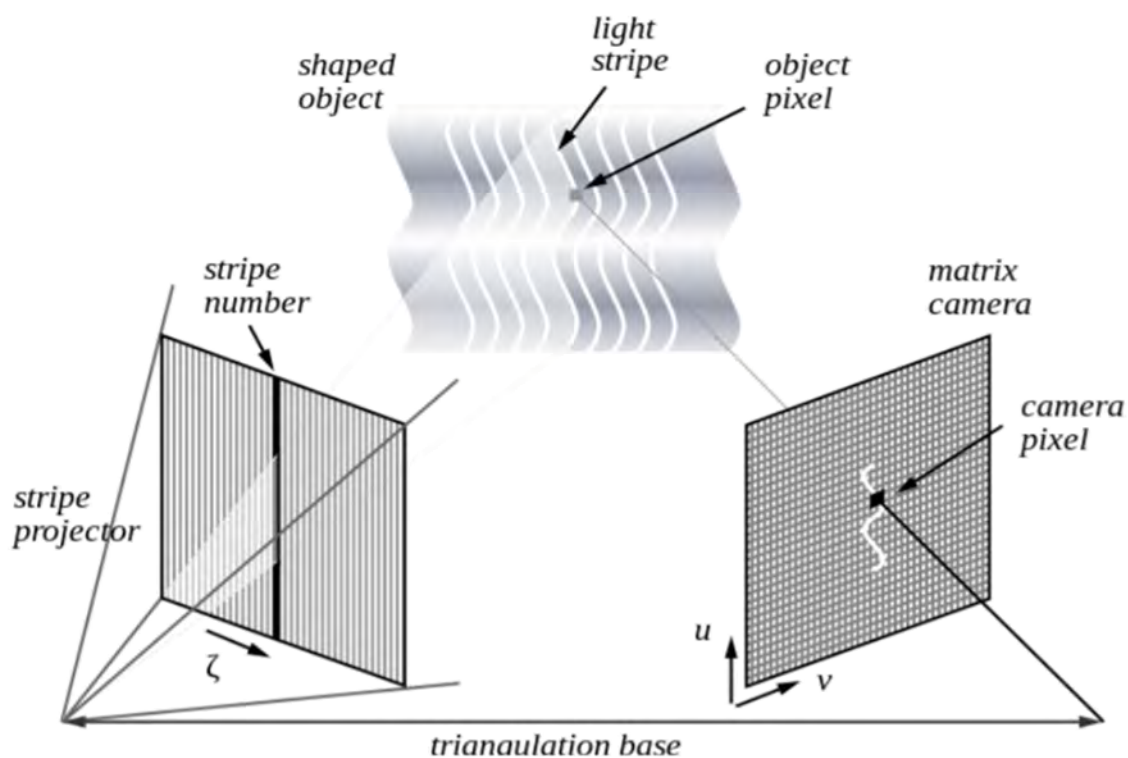


Figura 56. Principio de la triangulación aplicada a patrones de líneas (Córdova Lucero, 2012)

Son cuatro los elementos principales que componen el dispositivo:

Una cámara RGB en resoluciones de 640x480 (VGA) y 1280x1024 píxeles

Sensor de profundidad (proyector IR + cámara IR) en resoluciones de 640x480 (VGA), 320x240 (QVGA) y 80x60 píxeles.

Un motor para controlar la inclinación del dispositivo y un arreglo de cuatro **micrófonos** distribuidos a lo largo del sensor.

En formato RGB, es capaz de generar hasta treinta imágenes por segundo (30fps). Las imágenes en formato YUV sólo están disponibles en una resolución de 640x480 píxeles y a solo 15fps. (Microsoft Corporation, 2013)

El sensor de profundidad: Este sensor utiliza luz estructurada infrarroja para su funcionamiento. La fuente de luz infrarroja (laser más rejilla de difracción), proyecta

un patrón de puntos sobre la escena que es leído por un sensor de infrarrojos monocromático CMOS. (Fig. .57)

El sensor detecta los segmentos de puntos reflejados y estima la profundidad a partir de la intensidad y la distorsión de los mismos. Microsoft no ha hecho ninguna publicación en relación al algoritmo empleado para estimar la profundidad.

Razón principal por la que en este proyecto otros miembros del equipo desarrollaron uno independiente.

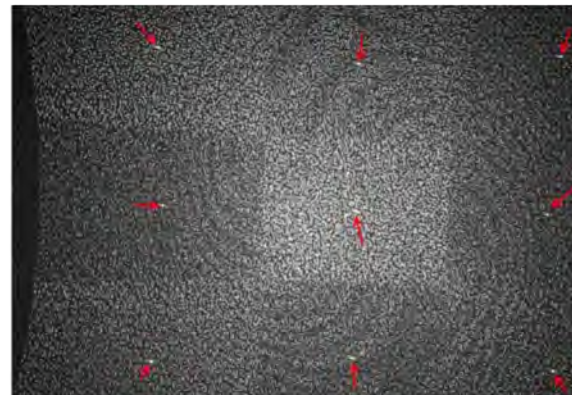


Figura 57. Patrón de puntos emitidos por el sensor Kinect



Figura 58 Sensor Kinect de Microsoft

SIMBOLOGÍA DE LA ELECTRÓNICA

Será necesario denominar la simbología de los **componentes electrónicos** que van a integrar el sistema. Con el fin de estandarizar y familiarizar al lector, presentare los siguientes esquemas, dando por enterado que un componente electrónico es aquel dispositivo que forma parte de un circuito electrónico.

Los componentes electrónicos se suelen encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en las respectivas terminales o patillas metálicas.

Se diseñaron para ser conectados entre ellos de manera modular, normalmente mediante soldadura, para los prototipos, sin embargo para la conceptualización de la propuesta, se plantea la impresión del metal conductor sobre una placa flexible a manera

de circuito impreso, para formar la arquitectura del sistema.

SIMBOLOGÍA DEL PROYECTO

La siguiente nomenclatura fue desarrollada para utilizarse como simbología del dispositivo desarrollado para la presente tesis, por lo que no debe ser interpretada esta simbología para otro dispositivo.

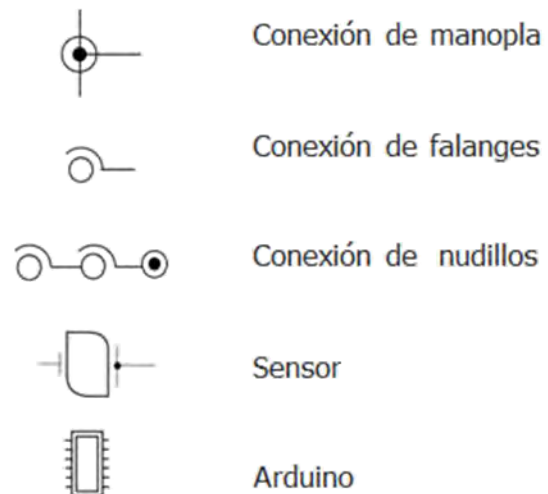


Figura 58. Simbologías del proyecto

SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL

La siguiente nomenclatura, es simbología universal de componentes electrónicos, por lo que puede ser interpretada incluso sobre otro dispositivo. (Electrónica Fácil. (2015))

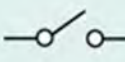
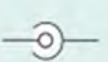
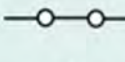















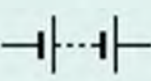


	Generador de corriente continua		Interruptor contacto abierto
	Entrada de Jack		Interruptor contacto cerrado
	Zumbador		Cruce con conexión
	Enchufe Red eléctrica		Tierra
	Clavija coaxial macho		Conductor blindado
	Unión de enchufe de clavijas iguales		Línea subterránea
	clavija macho		Bus de líneas
	Clavija coaxial hembra		Salida de línea
	Clavija hembra		Entrada de línea
	Sin conexión		Línea submarina
	Conexión fija		Pantalla
	Pilas [Batería]		Tierra sin ruido
			Indicador Batería

Figura 59. Simbologías de electrónica



Perfil de producto

De acuerdo al Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, se consideran cuatro factores básicos para calificar un diseño: **producción, función, ergonomía y estética.**

Para fines de este proyecto, se considerarán también los aspectos técnicos de la electrónica para su desarrollo.

PERFIL DE DISEÑO DE PRODUCTO: PRIMERA FASE

ASPECTOS GENERALES

Se diseñará un elemento para pacientes adultos de entre 18 a 80 años que requieran rehabilitación y reeducación posterior a una amputación

El elemento diseñado considerará la existencia del monitoreo asistido y monitoreado por un especialista, y se identificará como un instrumento de ayuda y recopilación de datos.

ASPECTOS ERGONÓMICOS

El dispositivo deberá permitir que el usuario mantenga la postura correcta según la pauta ergonómica, para realizar las actividades de rehabilitación, por lo que se deberá poner énfasis y atención en la posición de las falanges y antebrazo, así como la flexión de las extremidades superiores.

La postura será dictaminada bajo la disposición determinada por los mecanismos en el dispositivo calculados según los percentiles adecuados para su uso.

Índice Antropométrico. Cada parte del sistema deberá basarse en las medidas antropométricas de los usuarios mexicanos en un rango de edad de 18 a 80 años.

Índice Biomecánico. Se limitará a las acciones por el usuario primario, colocarse, accionarse, usarse y guardarse.

Las acciones que realizará el responsable de servicio serán las de reparación y mantenimiento

Índice Higiénico. Deberá proteger al usuario de pellizcos o rozaduras. Así como permitir la sudoración natural del paciente sin que por lo anterior se genere un foco de infección

ASPECTOS FUNCIONALES

El dispositivo deberá considerar el peso promedio de los instrumentos de rehabilitación usados en el mercado es decir entre 180 a 250grs

No deberá arriesgar la seguridad del paciente ni de los especialistas en ningún momento considerando a todos los usuarios posibles, tales como: el usuario de mantenimiento, lo instale, lo ensamble, o transporte.

Se deberá contemplar la colocación y el guardado como punto fundamental ya que la seguridad y el fácil acceso a la colocación permitirán que sea utilizado con eficiencia evitando en el paciente o especialista, genere desapego por el dispositivo y termine por abandonar el tratamiento. Incluyendo también entre estas actividades de alta frecuencia y fácil maniobra el limpiarse y darle mantenimiento

El dispositivo no deberá estorbar en las actividades que se realizan durante la rehabilitación.

ASPECTOS PRODUCTIVOS

Los materiales utilizados dependerán totalmente de la resistencia, ligereza y buena transmisión de datos que pueda otorgar.

Se podrá utilizar cualquier tipo de plásticos, electrónicos y método de producción, con las limitantes que el equipo de desarrollo considere; siempre y cuando se pruebe la existencia del proceso o método en desarrollo.

El dispositivo tendrá una producción de aproximadamente tres unidades como prototipo, debido a que el mercado al que estará dirigido es el sector médico de especialidad y esta considerará las 3 tallas mínimas estándar.

Los elementos electrónicos se producirán con diferentes proveedores según las tecnologías y número de piezas a utilizar y se ensamblarán por sistemas automatizados

ASPECTOS ESTÉTICOS

Debido a la naturaleza del proyecto como instrumento del sector médico, el dispositivo deberá reflejar un aspecto de seguridad, higiene, y resistencia.

Se utilizarán colores, luces, relieves y formas como códigos de lenguaje y de naturaleza común para el sector médico, para indicar las zonas de accionamiento y ajuste, así como de accionamiento y mecanismos de articulación y ensamble entre las piezas.

Se evitará en lo posible el uso de mecanismos aparentes y se priorizará la señalización con claridad de los códigos visuales de la interfaz del dispositivo que indiquen la acción a controlar.

Deberá ser identificado como un instrumento tecnológico con aspectos de vanguardia, pero fácilmente aceptado por los pacientes y especialistas médicos.

ASPECTOS DE MERCADO

El dispositivo está dirigido a la industria médica, por lo tanto el comprador será el área de rehabilitación o de medicina del trabajo de la institución.

La expectativa implica que el dispositivo sea en principio utilizado en el sector privado, como instrumento de venta y renta a pacientes, pero después pueda ser adquirido en el sector público, al aumentar los métodos de producción, para disminuir el precio al público en general.

Índice Psicoperceptivo. Deberá ser percibido de manera intuitiva para su fácil relación con el usuario, también tener códigos visuales que indiquen la manera de colocarse, accionarse, usarse, guardarse y limpiarse.

PUNTOS CRÍTICOS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO

Fuente de Energía. El principal reto de los instrumentos electrónicos es la fuente de alimentación, sin necesidad de cableados o pilas voluminosas. Por lo que existen diferentes propuestas para ser utilizadas en la obtención de energía, tales como: pilas laminadas y de inducción magnética para su recarga, de espesores no mayores a 3mm.

Conectividad: Comunicación del dispositivo entre los diferentes elementos que lo conforman, evitando que se distorsione la información que cada elemento provee de entrada y de salida.

Estructura. Se realizarán estructuras principalmente rígidas y flexibles, pero sobretodo ligeras, al igual que un *método de producción sumamente preciso* para la talla del paciente y la conectividad del material electrónico diseñado en CNC*,

Mantenimiento de los componentes electrónicos. Será necesario considerar que el costo de producción de estas piezas pueda ser equiparable a una pieza de vida larga a media o de materiales reutilizables al desecho.

Adaptación a las variaciones de tamaño de usuario. La mayoría de los dispositivos médicos, requieren de algún tipo de personalización muy específica por cada paciente, pues la distancia de longitud fija entre las articulaciones, o de cicatrización del paciente puede variar cualquier talla "estándar", sin embargo se pretende realizar una talla en chica, mediana y grande, femenina y masculina para el rango de tallas entre los usuarios, según tamaño, altura y peso. Por lo que se considerarán tres diferentes tallas, modulares, según requiera el paciente

Detección de movimientos inseguros

El sistema deberá ser capaz de reconocer movimientos que pongan en peligro o riesgo al usuario durante sus actividades a través del sistema de monitoreo y háptica, por lo que deberá contar en su totalidad los movimientos que el usuario pudiera realizar e intervengan con los sistemas de ajuste y conexión, a manera de que las conexiones entre elemento eviten ser invasivos y en caso de emergencia, permitan al usuario dejar de lado con facilidad el dispositivo, evitando el maltrato a su persona y al dispositivo.

Para garantizar la viabilidad del diseño se definirá el orden de los factores condicionantes según su relevancia considerada en la investigación previamente presentada. Dichos factores buscan explorar y explotar los descubrimientos realizados en la etapa de investigación y diseño.

De acuerdo al Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, se consideran cuatro factores básicos para calificar un diseño: **producción, función, ergonomía y estética.**

Para fines de este proyecto, además de estos 4 factores principales, se considerará el **entorno o interfaz en que** se desarrollara el objeto.

En cuanto al diseño del dispositivo, presenta con mayor prioridad el factor ergonómico, ya que la naturaleza del instrumento responde a la carencia de instrumentación y apoyo a la problemática de rehabilitación y reeducación post trauma.

Este factor también involucra que el usuario deba vestir el dispositivo y sentir seguridad, higiene, al portarlo, así como confianza en que es un elemento útil en su recuperación.

En segundo lugar, el factor de **función;** ya que el objeto debe cumplir su propósito

electrónico como generador y receptor de datos, de forma sencilla y eficiente, con una interacción poco compleja, para los usuarios principales (pacientes) como los secundarios (médicos o especialistas), con el menor número de pasos a seguir para que las actividades fluyan junto con el uso del dispositivo.

Después, el factor **producción**, cuyo papel indiscutiblemente cobra importancia si se pretende innovar y salir del concepto atado a este tipo de dispositivos hápticos y de monitoreo, cuya morfología y presentación al público todavía cae en el precepto de prototipo sumamente alámbrico y con carcasa tipo BUS* para *esconder* el cableado y electrónica.

Por otro lado, la implementación de la electrónica con elementos miniaturizados requiere de procesos especializados, imposibles de realizar e implementar de manera casera

Por último, se considera la **estética**, la cual es considerada como objeto de apariencia y equilibrio visual, que comunique seguridad empatía en los diferentes usuarios que intervengan con él.

CNC: El abaratamiento y miniaturización de los procesadores ha generalizado la electrónica digital, lo que dio lugar a la denominación, *control numérico por computadora, control numérico por computador o control numérico computarizado (CNC)*, para diferenciarlas de las máquinas que no tenían computadora. En la actualidad se usa el término **control numérico** para referirse a este tipo de sistemas, con o sin computadora.¹

BUS: En arquitectura de computadores, el bus (o canal) es un sistema digital que transfiere datos entre los componentes de una computadora o entre varias computadoras. Está formado por cables o pistas en un circuito impreso, de dispositivos como resistores y condensadores, además de circuitos integrados.²

ESFERAS DE RELACIÓN

“Esferas de Relación” es una metodología analítica concebida para desarrollar la definición y comprensión de los diferentes sujetos que interactúan con los objetos y que resultan necesarias para la toma de decisiones de diseño.

La metodología “Diseño centrado en el usuario” incorpora las “Esferas de Relación” y se reinterpreta como “Diseño centrado en el sujeto” para que la relación de un objeto pueda responder a múltiples usuarios en diferentes grados de complejidad.

Las relaciones que se presentan, son únicamente físicas con el objeto, de manera cada usuario toma un rol, sin embargo, en algunos casos el mismo usuario puede tomar más de un rol.

En el caso que se presenta, tenemos tres diferentes sujetos en *interacción* con

el objeto: sujeto activo, sujeto de servicio y sujeto constructor.

- El Sujeto Activo **siempre** manipula el objeto y **puede o no** recibir el beneficio que ofrece el producto.
- Sujeto de Servicio, manipula parcialmente el objeto y su intervención es esporádica; **nunca** recibe el beneficio.
- Sujeto Constructor, generalmente manipula partes del objeto o su totalidad, **no recibe el beneficio**.

Herramienta metodológica, tomada del Taller de diseño en séptimo semestre del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (2015)

D.I. M. Alberto Vega Murguía. (2005). Esferas de Relación: una herramienta de Diseño extensivo. México: CIDI UNAM.

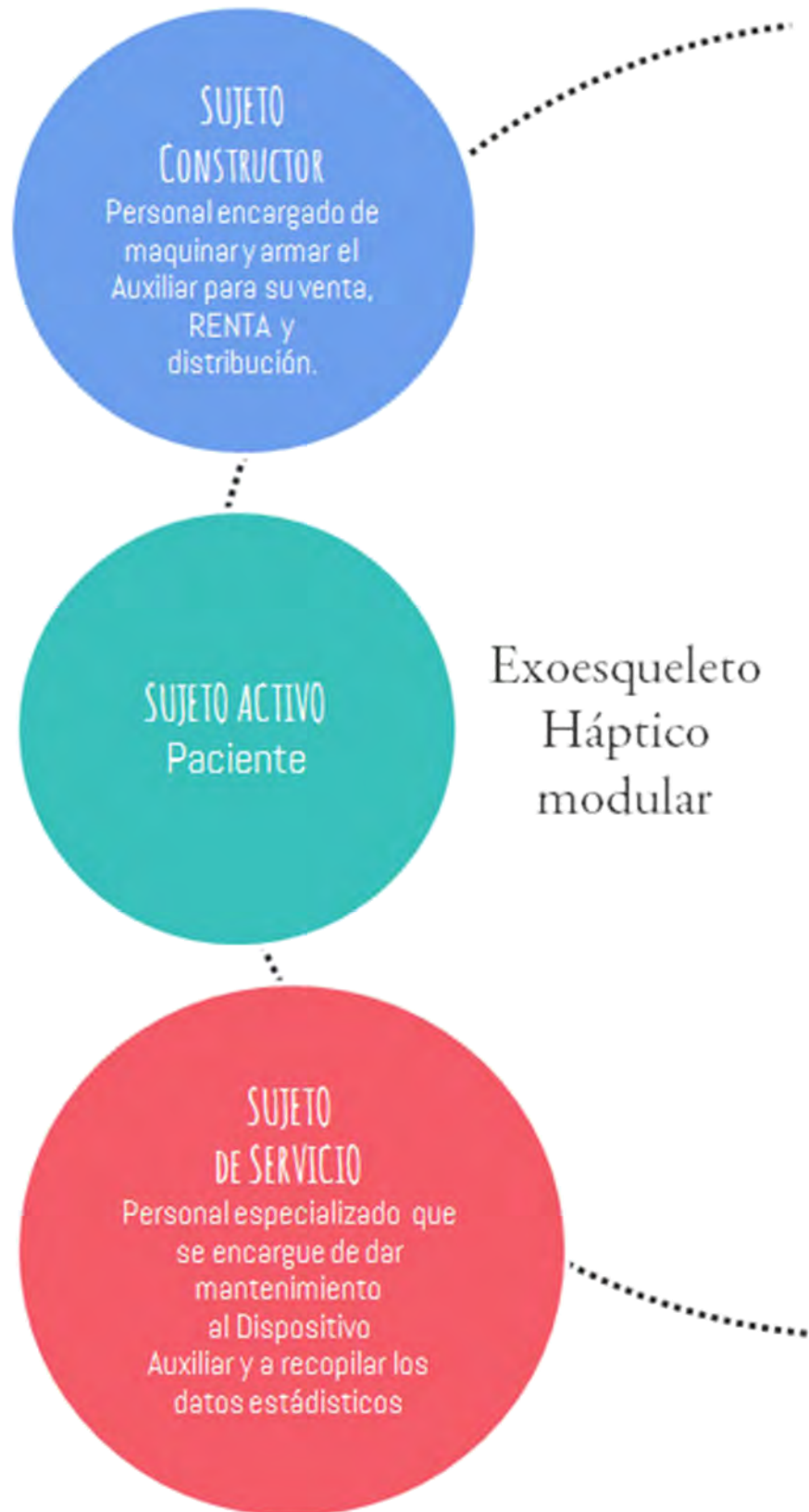
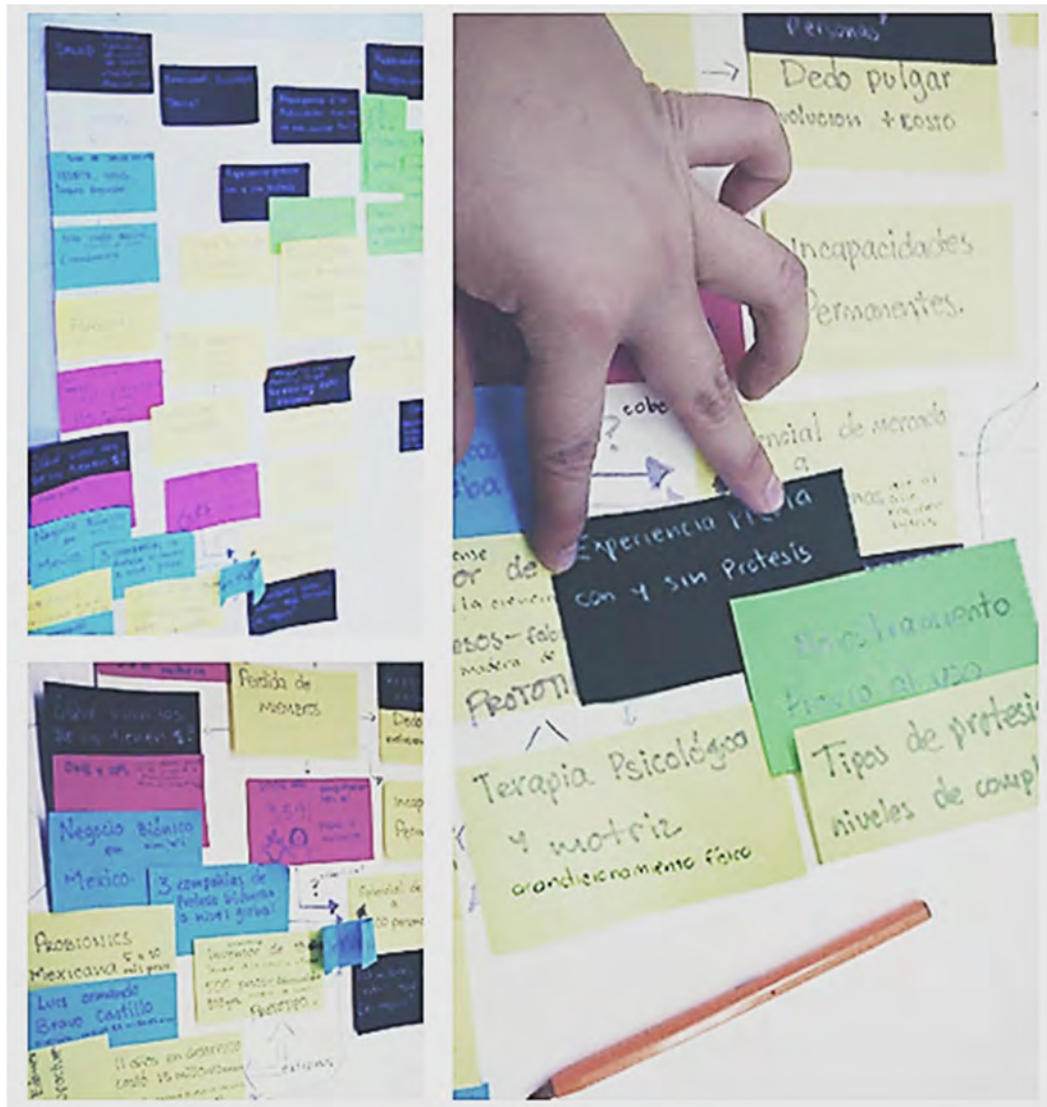


Figura 61. Esquema de esferas de relación



Desarrollo del proyecto

El proyecto se desarrolló en dos etapas principales: el prototipado y la configuración. En la etapa de configuración se desarrolló el concepto de diseño como objeto-producto, mientras que en la etapa de prototipado se validaron aspectos funcionales y ergonómicos. Dichas etapas se mostrarán a continuación de modo cronológico.

DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES

Se consideraron parámetros para la determinación de los componentes electrónicos, tales como: longitud, respuesta táctil y capacidad de los componentes.

A continuación se mostrará la siguiente evolución configurativa, generando 3 propuestas principales para la distribución de los componentes electrónicos; según las pruebas generadas por la respuesta que dictaminaba el algoritmo.

PROPUESTA 1

FASE INICIAL

Inicialmente se pensaba que cada falange consistiría de un sensor de posicionamiento y un motor de vibración, sin embargo al realizar las pruebas pertinentes, tanto del algoritmo como de usabilidad, se concluyó que no eran necesarias ambas piezas, pues ni la sensibilidad táctil, ni el peso de los

componentes lo permitían, pues resultaba tosco para maniobrar y se excedía el peso máximo por zona.

PROPUESTA 2

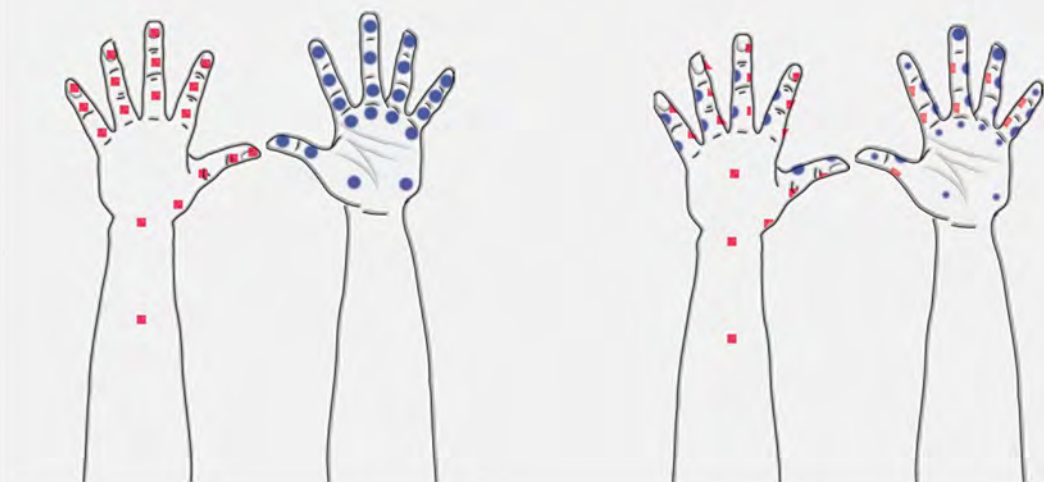
FASE CRÍTICA

Los sensores y motores de vibración se cambiaron a los pliegues entre dedo y dedo, para aumentar la sensibilidad, sin embargo esto producía vibraciones en la estructura que interrumpían la señal de los sensores, aun cuando seguían colocándose de manera paralela.

PROPUESTA 3

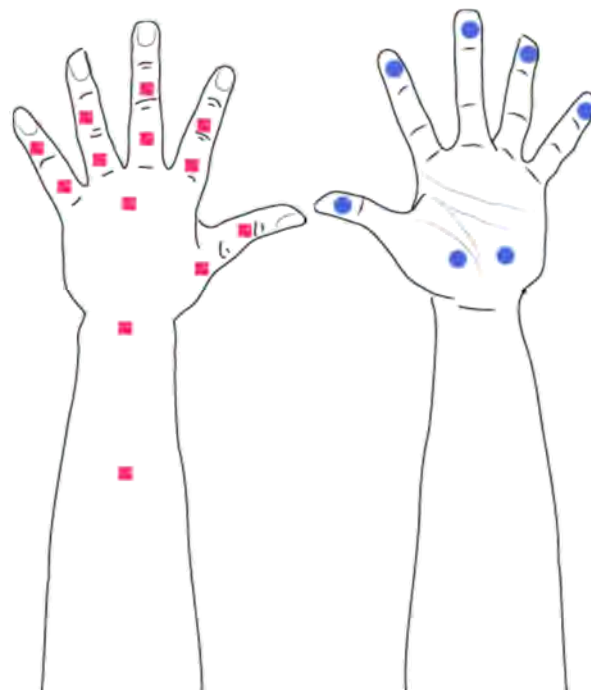
FASE FINAL

Con la finalidad de bajar el peso del dispositivo a 250grs, se eliminaron todos los sensores de las yemas de los dedos y solo se permitieron motores en ellas, así también solo en los montículos superiores de la palma de la mano, los cuales ya no interferían en la emisión y recepción de datos



Propuesta 1 fase inicial

Propuesta 2 fase crítica



Propuesta 3 fase final

■ Sensor

● Motor de vibración

SENSORES DE FALANGES

Fase inicial

SENSORES DE CONEXIÓN EN FALANGES

Las primeras pruebas de conexión y transmisión de datos sirvieron para identificar la mejor propuesta que comunicara la información y datos sin interferencia o ruido de sensor a sensor.

Por lo que las pruebas de conexión priorizaron la libertad de movimiento de los dedos sin que esto implicara perder conexión o produjera ruido en la transmisión de datos.

Por otro lado se cuidó que la distribución del cableado generase desgaste excesivo o innecesario de los componentes de conexión debido a la fricción.



Figura 64.

DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES

FALANGES - PALMAR Y DORSAL FASE INICIAL

PROPUESTA 1

Las siguientes muestras fotográficas servirán para clarificar lo antes descrito acerca de la movilidad y volumen que cada componente representa, así como los simuladores utilizados.

PROTOTIPO 1: Verificación de sensores, y motores de vibración.

Descripción: A partir de un guante de 4mm de espesor de tejido y aplicaciones metálicas, se comprobó la movilidad que representaba tener un dispositivo que cumpliera las peticiones del equipo de ingeniería, para corroborar que el movimiento de pinza y el de prensión de elementos planos, era viable debido al grosor y sobresaturación de elementos electrónicos

Aportación: se generaron datos del peso y distribución electrónica para las Propuestas 1 y 2.

En la figura 65 y 66 se muestra una simulación de la distribución espacial y volumétrica de los sensores en las falanges, aspecto que determinó la miniaturización de los componentes, para la implementación en propuestas posteriores.

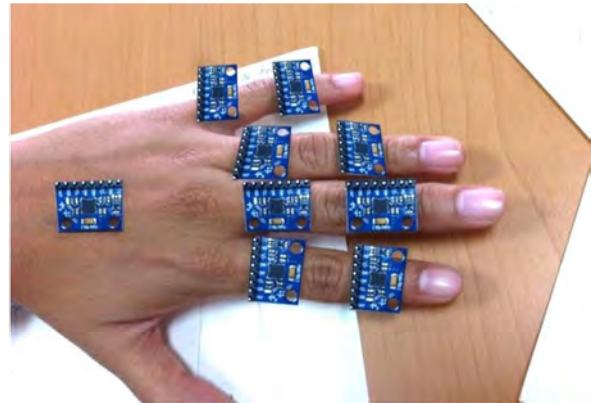


Figura.65 Propuesta 1

PROTOTIPOS

FASE INICIAL



Figura.66 Sensores, de rastreo y monitoreo, Propuesta 1



Figura.67 Prototipo para Propuesta 1 Ejercicio de pinza y flexión



Figura.67 prototipo 1, verificación de maniobra



Figura.68 prototipo 2, para verificación de sensores y motores de vibración

PROPUESTA 2

Este prototipo consistió en un guante de espesores menores a los que planteaba el equipo de ingenieros y en el que se simularon los sensores y motores de vibración, en puntos estratégicos.



Descripción:

A partir de un guante de 1.5 mm de espesor con aplicaciones metálicas y plásticas, se comprobó el ejercicio de pinza y de extensión.

Las piezas simuladas de los componentes electrónicos, son del tamaño miniaturizado.

Como aportación principal se identificó que el grosor no debía exceder los 3mm para el buen desempeño del paciente ante los ejercicios de rehabilitación.

DOCUMENTACIÓN DE COMPONENTES

Las fotos a continuación, muestran los componentes que fueron utilizados en las primeras pruebas para comprobar el funcionamiento del algoritmo y lectura de datos en los sensores y elementos de integración: conexión inalámbrica y alimentación del sistema

Se realizaron pruebas de conexión y transmisión de datos de las falanges hacia el centro de control. Inicialmente en una de las falanges distales se colocó un sensor de posicionamiento y se realizó la conexión a un segundo sensor en la falange media, para finalmente colocarlos en las tres falanges y medir la respuesta en el centro de control.

Figura 69.

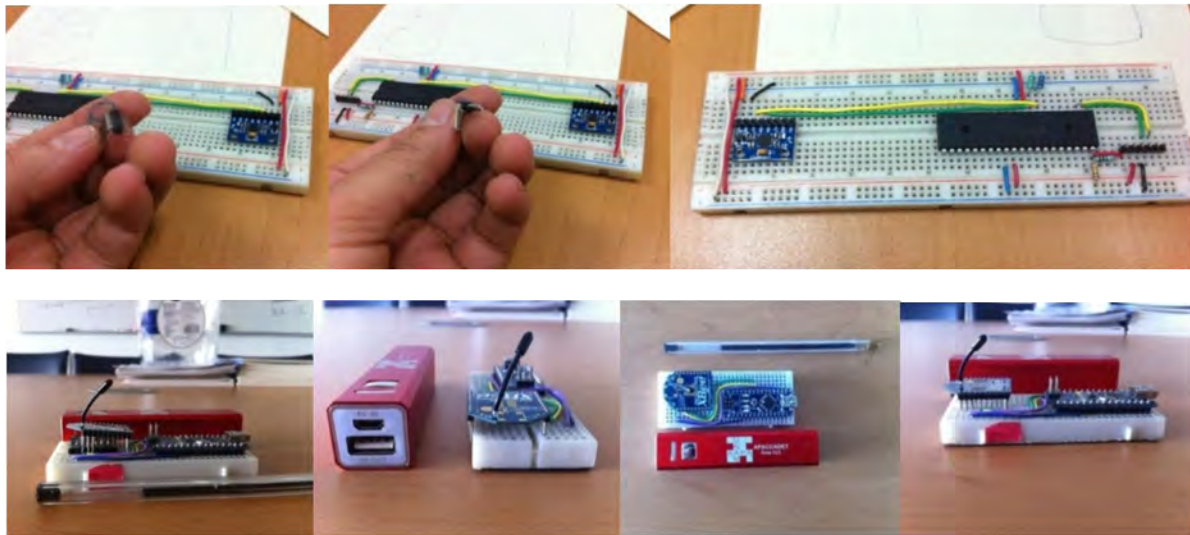
Posteriormente se identificó como factor crítico la carga generada por los 18 sensores ya que determinó la eliminación de los sensores de la falange distal, ya que la vibración generada por el motor de vibración, interrumpía la transmisión de datos.

Se realizaron pruebas con diferentes métodos de ajuste por forma y miniaturización de componentes. Por lo que se desarrolló la propuesta de una segunda terminal en la zona de los nudillos, independiente a la antigua terminal que debía colocarse en el antebrazo. La cual procesa toda la comunicación del dispositivo en general.

Las mediciones de longitud para distanciar terminal a terminal, fueron posibles, gracias a la implementación de un Kinect para identificación de los sensores a través del algoritmo en desarrollo. Véase figura (70)



Figura 70. Prototipo 1: Circuito para centro de operaciones y alimentación alámbrica por bus, con pila de celular y arduino nano



Centro de operaciones - propuesta final de prototipo para transmisión de datos y alimentación

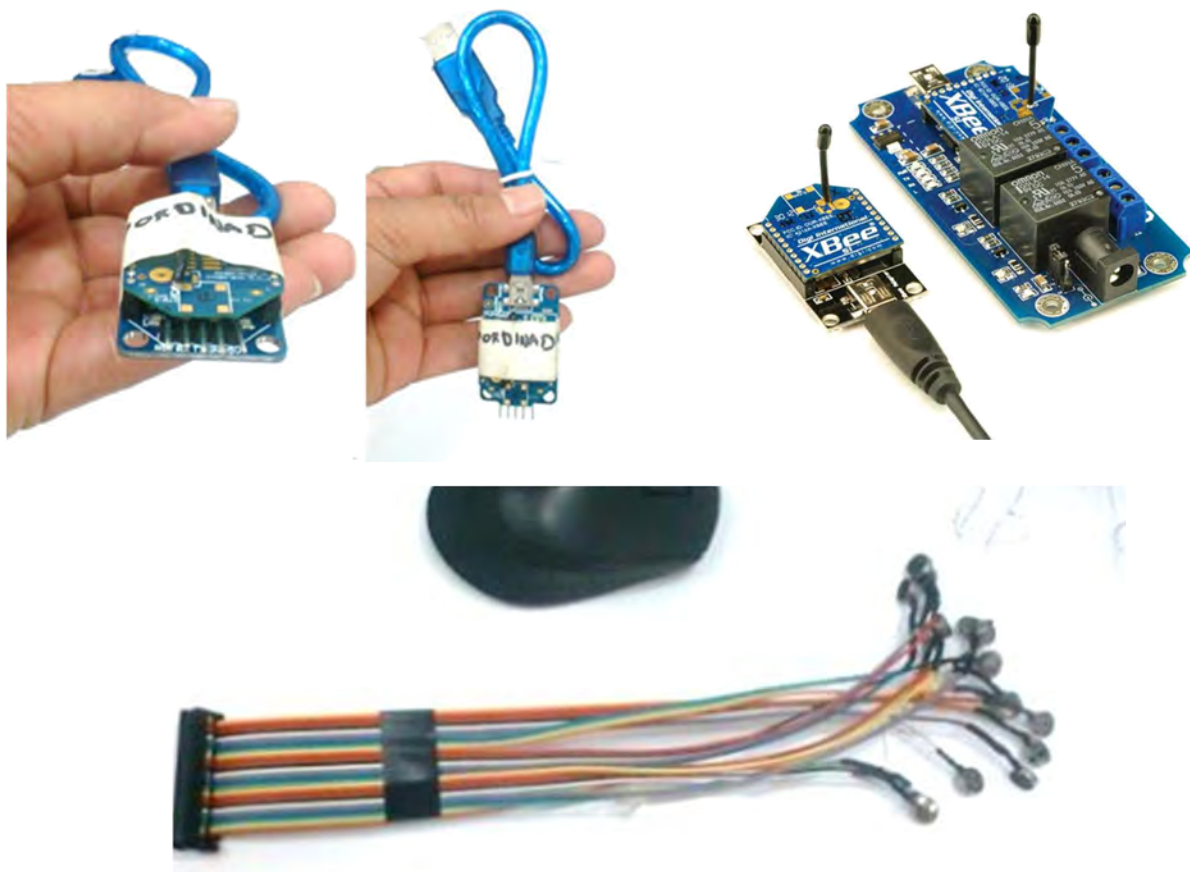


Figura. 71. Coordinador o centro de control, sensores de prueba - prueba de conexión y transmisión de datos a partir de un arduino uno, un módulo wifi_ un *communication shield*, un usb y el router.

SENSORES DE CONEXIÓN FALANGES A FALANGE

Las pruebas de conexión y transmisión de datos debían evitar la interferencia o ruido de sensor a sensor, en la recopilación de datos, por lo que se realizaron pruebas con diferentes métodos de ajuste, forma y tamaño.

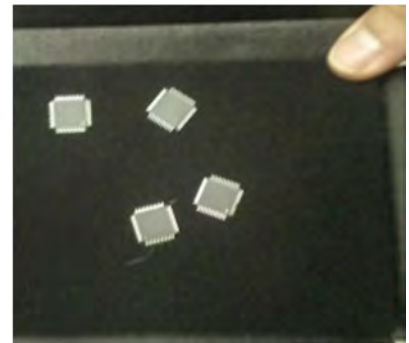
La experimentación con los sistemas de conexión resultó determinante para la arquitectura y distribución de los componentes, sin comprometer el concepto de modularidad de las falanges.

El primer limitante fue la conectividad entre los módulos de las falanges ya que al flexionar los conectores requerían

estirarse lo suficiente para que no se perdiera la conexión, pero a la vez que fuera un material que regresara a su forma después de la elongación.

Por otra parte, debía soportar el deterioro de las constantes maniobras sin que ello implicara la pérdida de información. (fig71)

Las tallas de los dedos se determinaron por género en: chica, mediana y grande, basada en las tablas de medidas antropométricas (consúltense anexos) y por el tipo de cicatrización, pues al existir la posibilidad de una cicatrización queloide, implica que aumente el grosor del miembro.



Se definió al corroborar en prototipos también que la mejor opción era miniaturizar los elementos electrónicos e integrar conexiones para la transmisión de datos a través de PCB's flexibles (véase fig.72)

Este aspecto permite que las piezas adopten la forma que se requiera, además que promueve la identidad tecnológica del proyecto, dentro de los aspectos de producción, a partir de impresión 3d.

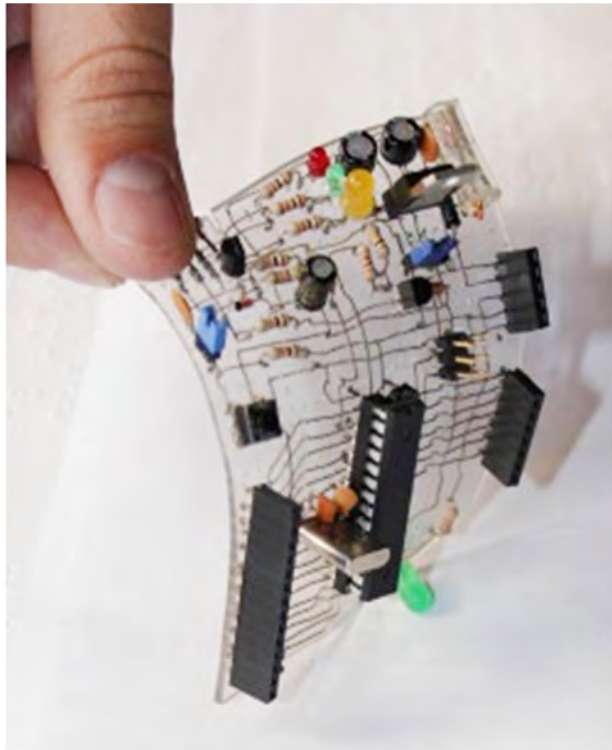


Figura 72 Técnica de producción de circuitos sobre plástico flexible, o PCBs (printed circuit boards o circuitos impresos) y miniaturización de elementos

ELEMENTOS HÁPTICOS EN EL MERCADO: BENCHMARKING

En la tabla (fig.74.) se describen características con el objetivo de comparar y describir las cualidades de cada producto en el mercado (fig. 73)

En esta tabla se compara la configuración tecnológica y posición en el mercado de los principales puntos de innovación, uso y función de productos ya existentes en el mercado. Por lo que la comparación tiene por objetivo establecer un parte aguas entre lo existente y lo que

podría resultar en un aspecto de innovación en nuestro dispositivo, pues como ventaja competitiva, el área a la que se plantea, no está dentro del campo de estos dispositivos.

Esta competitividad se verifica dentro del área de rehabilitación a través de la *gamification* (juego), por lo que habrá que identificar aquellos proyectos que no se destinan al entretenimiento.

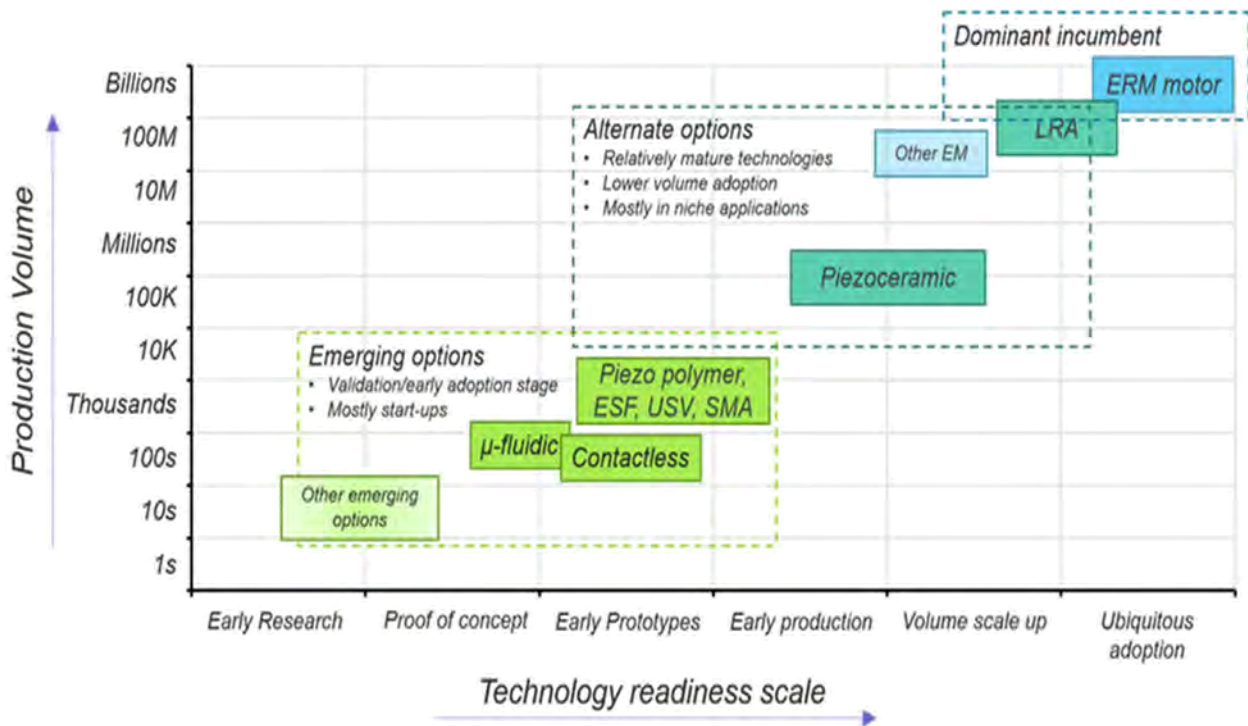


Figura. 73 tecnologías emergentes, de la háptica competitiva. FUENTE: IDTechEx

ELEMENTOS HÁPTICOS EN EL MERCADO: BENCHMARKING

HANDS OMNI

Desarrolladores:

Ingenieros en la Universidad Rice
Financiado por Kickstarter

Material de construcción:

Plástico, tela, sensores, cámaras de aire,

Funcionamiento:

Utilizan pequeñas cámaras de aire para simular el tacto.

Limitantes:

Uso de demasiadas piezas externas, aun en estado de prototipo las cuales lastiman al usuario tras espacios de uso prolongado.

Contras:

Pesa 350 gramos,
No ergonómico

Extras

La sensación no produce vibraciones sino espasmos de aire.

Nicho de mercado:

Videojuegos y entretenimiento

Precio:

USD \$700

**Limitantes:**

Requiere de aditamentos extras no incluidos en la compra del dispositivo principal

Contras:

Sensibilidad y rapidez de respuesta

Pros:

Sensación de libertad en todas las direcciones, útil para simulaciones médicas y esculpido 3d.

Nicho de mercado:

Médico, desarrollo 3d, animación.

Precio:

USD \$3900

PHANTOM

Sensible Technologies

Desarrolladores:

Universidad de Bournemouth.

Empresa Geomagic

Material de construcción:

Rotulas mecánicas, plástico, sensores.

Funcionamiento:

Geomagic es un dispositivo profesional portátil y rentable que aplica retroalimentación de fuerza a la mano del usuario, permitiendo sentir objetos virtuales y producir sensaciones táctiles a través de una pluma soportada por brazos articulados a medida que el usuario manipula objetos 3D en pantalla.



Virtuix Omni

Desarrolladores:

Ingenieros en la Universidad Rice

Material de construcción:

Fibra de carbono, plástico, tela, sensores.

Funcionamiento:

El Omni es básicamente una cinta multidireccional - una estructura circular que se encuentra con un fondo cóncavo inclinado.

Se desliza por dentro, tratando de caminar a todos lados de cualquier parte que se coloca con barandales laterales de apoyo.

Para todos sus aspectos de alta tecnología, básicamente se desliza sobre una superficie lisa con zapatos de baja fricción los cuales, siguen el movimiento del usuario.

Limitantes:

Uso de demasiadas correas, las cuales lastiman al usuario tras espacios de uso prolongados.

Contras:

Resulta al usuario un dispositivo muy dinámico y lo agota con facilidad
Dolor de pies y tensión en las piernas.
Voluminoso

Pros:

Sensación de libertad en todas las direcciones.

Extras:

Hace de los pies, los controles de juego.

Nicho de mercado:

Videjuegos y entretenimiento

Precio:

USD \$4500

PHANTOM

Sensible Technologies

Desarrolladores:

Empresa japonesa Exiii

Material de construcción:

Rotulas mecánicas, plástico, sensores.

Funcionamiento:

Es un dispositivo háptico con forma de exoesqueleto mecánico. Exos nos permite tocar y coger objetos virtuales con nuestras manos, utilizando para ello un motor interno que envía una fuerza reactiva al dedo del usuario, creando la sensación real de agarrarlos. El mecanismo del exoesqueleto permite exhibir la cantidad correcta de fuerza y los ángulos de articulación correctos para conseguir el efecto. El dispositivo cuenta con cuatro articulaciones con las que podremos realizar los movimientos básicos de apretar y agarrar.



Pros:

Sensación de rápida respuesta.
Simulaciones de percepción al nivel de interacción con objetos virtuales.

Extras:

Es un exoesqueleto háptico de tipo activo

Nicho de mercado:

Médico, desarrollo 3d, animación.

Precio:

En desarrollo.

Limitantes:

Requiere estar conectado y limita la movilidad.

Contras:

El cableado, el peso, el volumen.

PERFIL DE DISEÑO DE PRODUCTO

ANÁLISIS

ASPECTOS GENERALES

Se diseñará un dispositivo no invasivo para pacientes adultos con articulaciones sanas, de entre 18 a 80 años de edad, que requieran rehabilitación y reeducación posterior a una amputación y previo a la disposición de material protésico

El dispositivo habrá de considerar la existencia de monitoreo asistido por un especialista vía internet. Por lo que se identificará como un instrumento de ayuda y recopilación de datos, utilizado por el paciente desde casa.

El elemento a diseñar, deberá solucionar las problemáticas de atención previa a la implementación de material protésico y de monitoreo durante el tratamiento, con posibilidad de ser utilizado más de una vez por paciente.

ASPECTOS ERGONÓMICOS

Como resultado de las pruebas se concluyó que el dispositivo a diseñar deberá considerar la postura del paciente estando sentado y parado, haciendo uso de las extremidades superiores en las que las falanges de los dedos de la mano realizaran posturas de flexión, abducción, supinación, aducción y pronación.

La postura será dictaminada bajo la disposición de los mecanismos en el dispositivo calculados según los percentiles adecuados para su uso con material de barrera (desechable) en caso de ser utilizado por más de un paciente.

Índice Antropométrico

Cada parte del sistema deberá basarse en las medidas antropométricas de los usuarios mexicanos en un rango de edad de 18 a 80 años. En este caso se deberán considerar las dimensiones del largo y ancho de la mano y palma de la mano,

diámetro del antebrazo a la altura del ulnar y longitud de falange a falange.

Índice Biomecánico

Se limitará a las acciones del usuario primario, las cuales constan de como colocarse el anillo del módulo independiente o dedal, accionar el dispositivo e interfaz de soporte (dispositivo móvil o computadora), poder desplazarse con él, usarlo y guardarlo.

Entre las acciones que hará el usuario de monitoreo estarán enseñar al usuario primario a utilizar el dispositivo, configurar el dispositivo; así como generar al paciente (usuario primario) un perfil personalizado vía online que establezca las actividades que requerirá para su rehabilitación.

Cabe señalar que el usuario de servicio deberá ser un especialista en el área de ortoprotésica pues de él depende la interpretación de los datos estadísticos

que el dispositivo genere y comprobará el correcto funcionamiento del dispositivo, así como también intercambiará elementos.

Índice Higiénico

Deberá proteger al usuario de pellizcos o rozaduras, y de los componentes mecánicos y electrónicos, fabricarse en un material hipo alérgico y que permita la sudoración natural del cuerpo.

El dispositivo deberá considerar el peso promedio de los instrumentos de rehabilitación usados en el mercado de 180 a 250grs

No deberá arriesgar la seguridad del paciente ni de los especialistas o posibles usuarios como: usuario que le de mantenimiento, usuario que lo instale, usuario que lo ensamble, transportista, etc.

Se deberá contemplar la colocación y el guardado como punto fundamental ya que la seguridad y el fácil acceso a la colocación permitirán que sea utilizado con eficiencia evitando en el paciente o especialista, genere desapego por el dispositivo y termine por abandonar el tratamiento o lleguen a estropearlo, así bien, la conectividad entre cada una de las piezas deberá ser de fácil instalación de manera que no requiera mayor complicación o destreza que la que efectuaría un niño de 3 años.

Deberá limpiarse y dar mantenimiento con facilidad, al grado de poseer un componente para ser desechable de paciente a paciente sin perjudicar o comprometer a todo el dispositivo en general.

El dispositivo no deberá estorbar en las actividades que se realizan durante la rehabilitación.

Índice Psicoperceptivo

Deberá ser percibido de manera intuitiva para su fácil relación con el usuario, también tener códigos visuales que indiquen la manera de colocarse, accionarse, usarse, guardarse y limpiarse

ASPECTOS DE PRODUCCIÓN

Los materiales utilizados dependerán totalmente de la resistencia, flexibilidad y ligereza que puedan otorgar, siempre y cuando no comprometan la recepción y envío de información (imanes, electrodos).

Se podrá utilizar cualquier tipo de plástico en desarrollo, los electrónicos serán diseñados y maquilados en empresas extranjeras asiáticas y el método de producción de las placas, será por impresión 3D de material conductor y plástico en filamento *ninja Flex*, para lo cual, los electrónicos deberán estar sumergidos dentro del material de impresión.

Las limitantes serán aquellas que el equipo técnico considere según la tecnología de impresión utilizada.

El dispositivo tendrá una producción de aproximadamente 1000 unidades anuales, debido a que el mercado al que estará dirigido es el sector médico de especialidad.

Se producirán las partes electrónicas con diferentes proveedores dependiendo de los materiales y tecnologías utilizadas y se ensamblarán en una sola planta que verifique todas las normas de salud y calidad correspondientes.

ASPECTOS DE ESTÉTICA

Debido a la naturaleza del proyecto como instrumento del sector médico, el dispositivo deberá reflejar un aspecto de seguridad, higiene, y resistencia.

Se utilizarán colores como códigos de uso para indicar las zonas de

accionamiento y ajuste, así como de articulación entre las piezas. Se evitará en lo posible el uso de mecanismos aparentes

Es muy importante que los códigos visuales de la interfaz del dispositivo indiquen con claridad la acción a controlar.

Deberá ser identificado como un instrumento de vanguardia, pero fácilmente aceptado por los pacientes y especialistas médicos.

ASPECTOS DE MERCADO

El dispositivo está dirigido a la industria médica o de medicina del trabajo en las instituciones. Con la expectativa que el dispositivo sea utilizado en principio por el sector privado, como instrumento de renta a pacientes, pero después pueda ser adquirido en el sector público, al abaratar los métodos de producción, para el público en general.

PROYECTO

El presente proyecto siguió la metodología CIDI, apoyado de un *moodboard* (tablero de imágenes) como herramienta de conceptualización (presentado en la figura 86), con el cual se enriqueció la perspectiva estética y funcional para la generación de propuestas.

PROPUESTAS

Debido al desarrollo experimental del sistema electrónico las configuraciones aplicadas en la arquitectura del sistema modificaron el funcionamiento, desarrollo ergonómico, estético, productivo y funcional del objeto, por lo que cada versión conceptual es diferente al anterior.

Se presentarán en orden cronológico, teniendo por último, la propuesta final

Primero se mostrará el esquema de la arquitectura electrónica aplicada en la versión final, con el fin de informar al lector sobre las necesidades generales del proyecto también se incluye un resumen gráfico sobre el tipo de usuarios y del contexto relacionado al objeto.



Figura.75 Imagen de la segunda propuesta conceptual

USUARIOS



De 18 a 60 Años



Cualquier procedencia étnica



Nivel económico C Y B+ (Bajo y medio alto)



Muñón sano



Menos tiempo de espera en hospitales



Seguro médico



POBLACIONES ESPECIALES



Deficiencia motriz



Deficiencia visual (parcial)



Deficiencia auditiva



Déficit de atención y dislexia.



Obesa



Adultos Mayores

USUARIOS



PERSONAL
CAPACITADO



18 a 80 años



Cobertura de mayor
Número de pacientes



Atención
personalizada en línea

PROBLEMÁTICAS DETECTADAS EN LOS DISPOSITIVOS



Prototipos con electrónica
voluminosa



Dispositivos
Alámbricos o con muchas
conexiones y cables



Dispositivos con 5 dedos
y en tela e invasivos



Lenguaje visual tosco, barato
y anticuado



Dificultad para reemplazar
piezas y realizar reparaciones.



Préstamo o compra de
las aseguradoras de salud

Figura.76 Resumen de la investigación de usuarios

A continuación se explican los pasos que siguió el proyecto final (figura 77) según los aspectos descritos por los perfiles de producto en las distintas etapas.

También se mostrará la secuencia de uso planeada según el tipo de usuario.

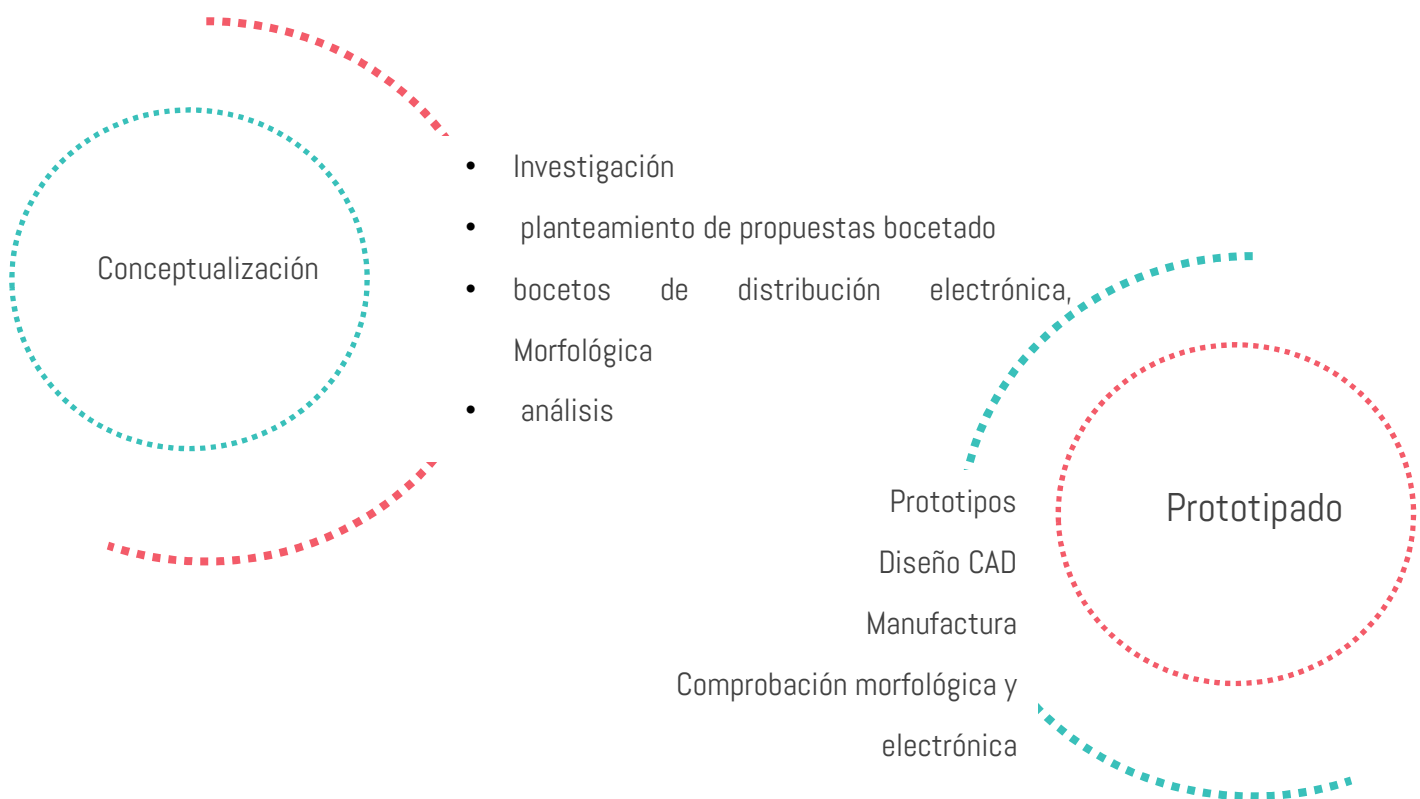


Figura.77

SECUENCIA DE USO

EN LA PROPUESTA INTEGRAL



LA INSTITUCIÓN
PRESTA EL EQUIPO

CASO 1 institución pública

El paciente llega a su clínica o institución donde le hayan asegurado, le dan de alta y le prescriben el dispositivo para realizar sus actividades de recuperación.

CASO 2 Institución privada

Compra el producto en línea bajo la prescripción de un especialista después de haber sido atendido en un hospital



EL PACIENTE
ADQUIERE EL EQUIPO

Figura.78. Esquema de casos y situaciones para las propuestas de mercado.



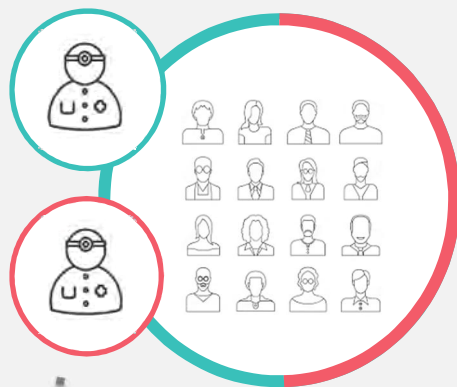
AMBOS CASOS

El especialista crea el perfil del paciente en línea, en el cual señala las actividades, duración y recomendaciones en un perfil en línea, personalizable y en el que ambos tendrán continua interacción y seguimiento del progreso del tratamiento

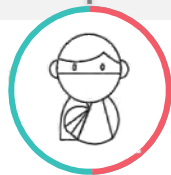
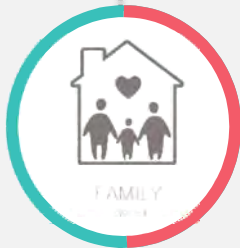
VENTAJAS EN AMBOS CASOS

El especialista puede atender a más de un paciente en diferentes lugares a la vez, lo resuelve la problemática de la carencia de especialistas e instalaciones adecuadas para la recuperación.

Además el especialista tendría acceso al progreso del paciente de manera controlada y ordenada, permitiéndole al paciente manejarse con mayor libertad desde un ambiente controlado y ya conocido para él, reforzando su psique gracias a la red de apoyo lograda por su familia.



Posteriormente el paciente iniciará la secuencia de ejercicios que el médico ha destinado según el tratamiento más recomendado para su situación, para ello, el paciente deberá de contar con una computadora o dispositivo móvil y conexión a internet



Los especialistas instruirán gracias al instructivo de uso, al paciente para su uso y se le proveerá (ya sea en la compra o como consumible adquirido por la institución pública) material de protección para el uso del dispositivo (almohadillas)

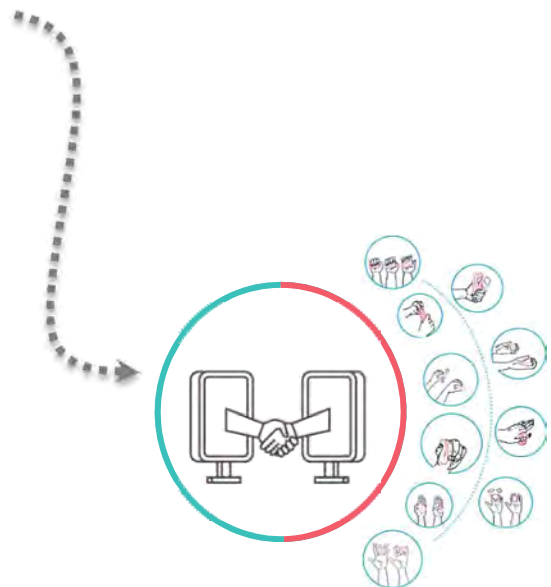


Figura.78

EN AMBOS CASOS



El especialista va registrando el progreso del paciente de manera controlada y ordenada, disminuyendo el tiempo que el paciente invierte teniendo que transportarse a la clínica; permitiéndole al paciente adaptarse también a su nueva situación.

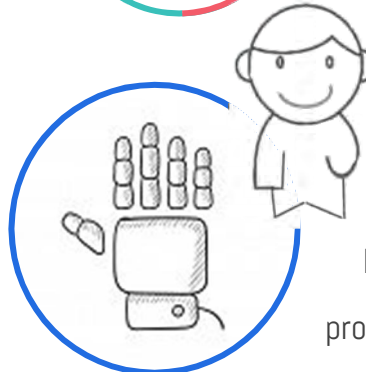
Siempre teniendo comunicación con el paciente, por el chat de la plataforma



Los especialistas verificarán que el progreso haya sido el deseado y



Reportarán a las instituciones aseguradoras en caso de que el paciente haya completado su tratamiento y devolverán el equipo.



Los especialistas podrán proveer al paciente con su nueva prótesis

Figura.78

ZONAS QUE CONFORMAN EL DISPOSITIVO

A continuación se presentará un diagrama, (figura 79), que explica las zonas y piezas que compondrán al dispositivo, así como los diferentes nombres con los que se denominaron las piezas ubicadas en esas zonas, según el avance técnico que se fue generando.

Por ejemplo, la zona de la terminal 2, fue llamada así en la etapa final del proyecto, sin embargo a sus inicios se desconocían las distancias mínimas para la colocación de los elementos electrónicos y del centro de mando.

Al principio se consideraba que la ubicación del centro de mando sería en la muñeca, razón por la que se bautizó muñequera de igual manera, el elemento denominado nudillos recibe su nombre por la zona localizada. Esta última pasó a ser la terminal 2, la cual sirve de centro de operaciones captación y distribución de datos.

Cabe señalar que la terminal 1 consta de la terminal general de datos y del centro de control o mando, situado en el extremo ubicado más cercano al codo.

Esto significa que es el lugar donde se almacenarán, recibirán y transmitirán los datos obtenidos en la zona de los dedos, recordando el esquema de la distribución de los componentes de la figura 63, ubicando los motores de vibración en la zona palmar y los sensores en la zona dorsal

Se anexa un esquema por zona (figura 80), de las dimensiones que conforman el dispositivo y los rangos de movimiento a los que se restringe el diseño de las propuestas expuestas en el presente capítulo.

ZONAS QUE CONFORMAN EL DISPOSITIVO

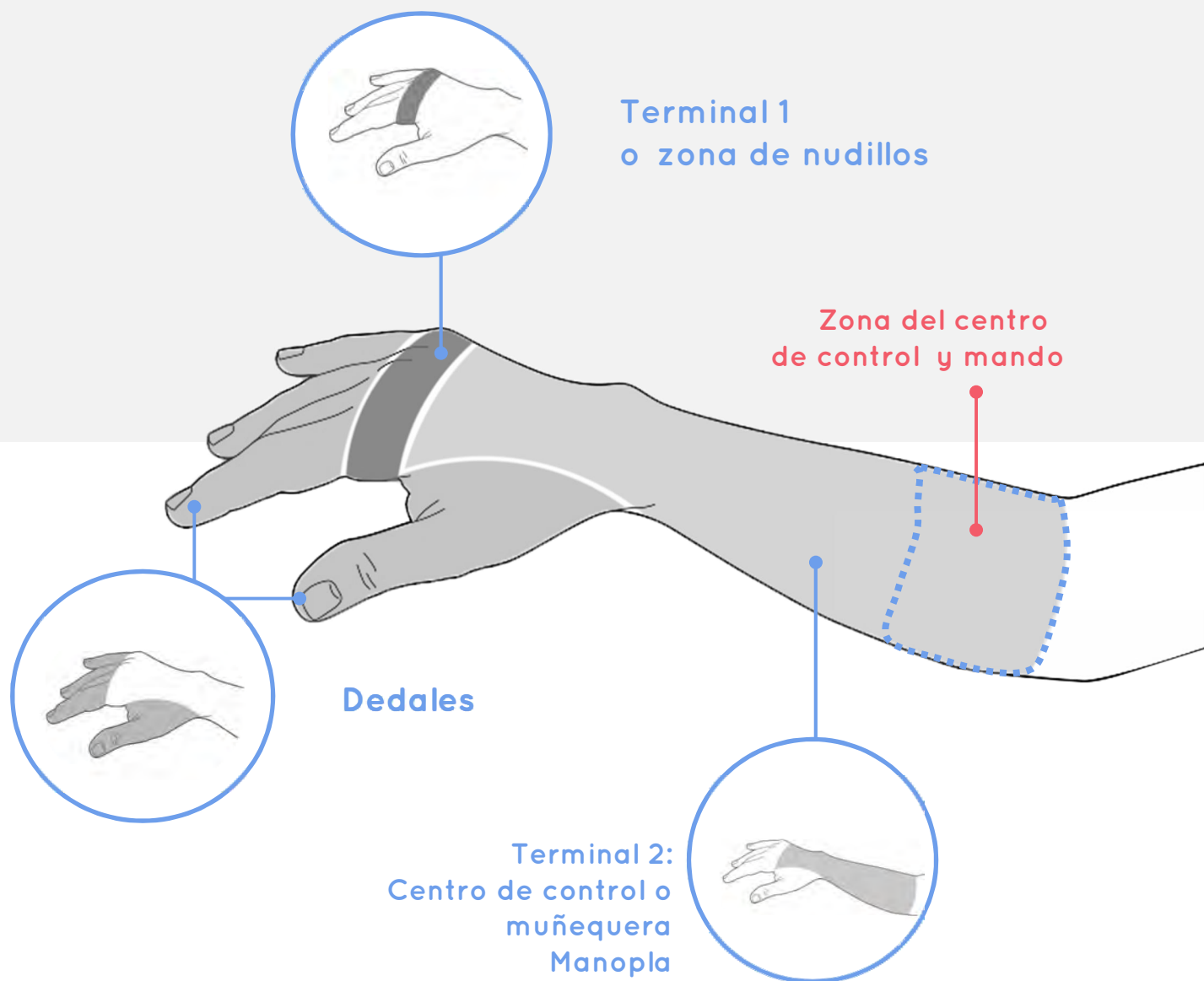


Figura 79 Esquema de zonas que conforman el dispositivo

ASPECTOS TÉCNICOS ERGONÓMICOS

Consideraciones mínimas para el buen funcionamiento de rastreo en los sensores y la ergonomía de los ángulos de movimiento

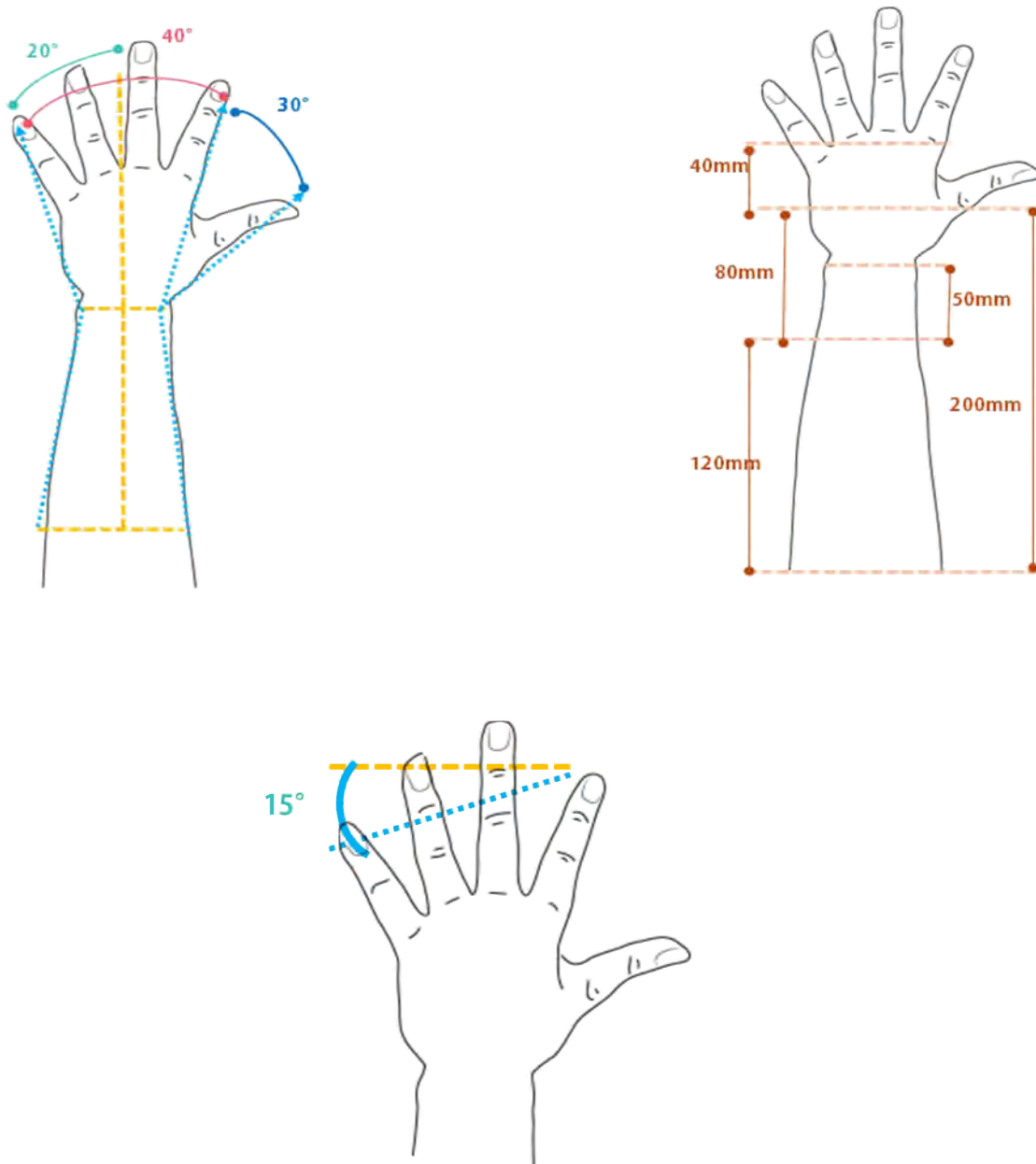


Figura 80. Esquema de las dimensiones por zona, que conforman el dispositivo

ARQUITECTURA ELECTRÓNICA

Final

Esquema de la trama final de conexiones en la arquitectura electrónica del dispositivo, dividido por dedo y por falange

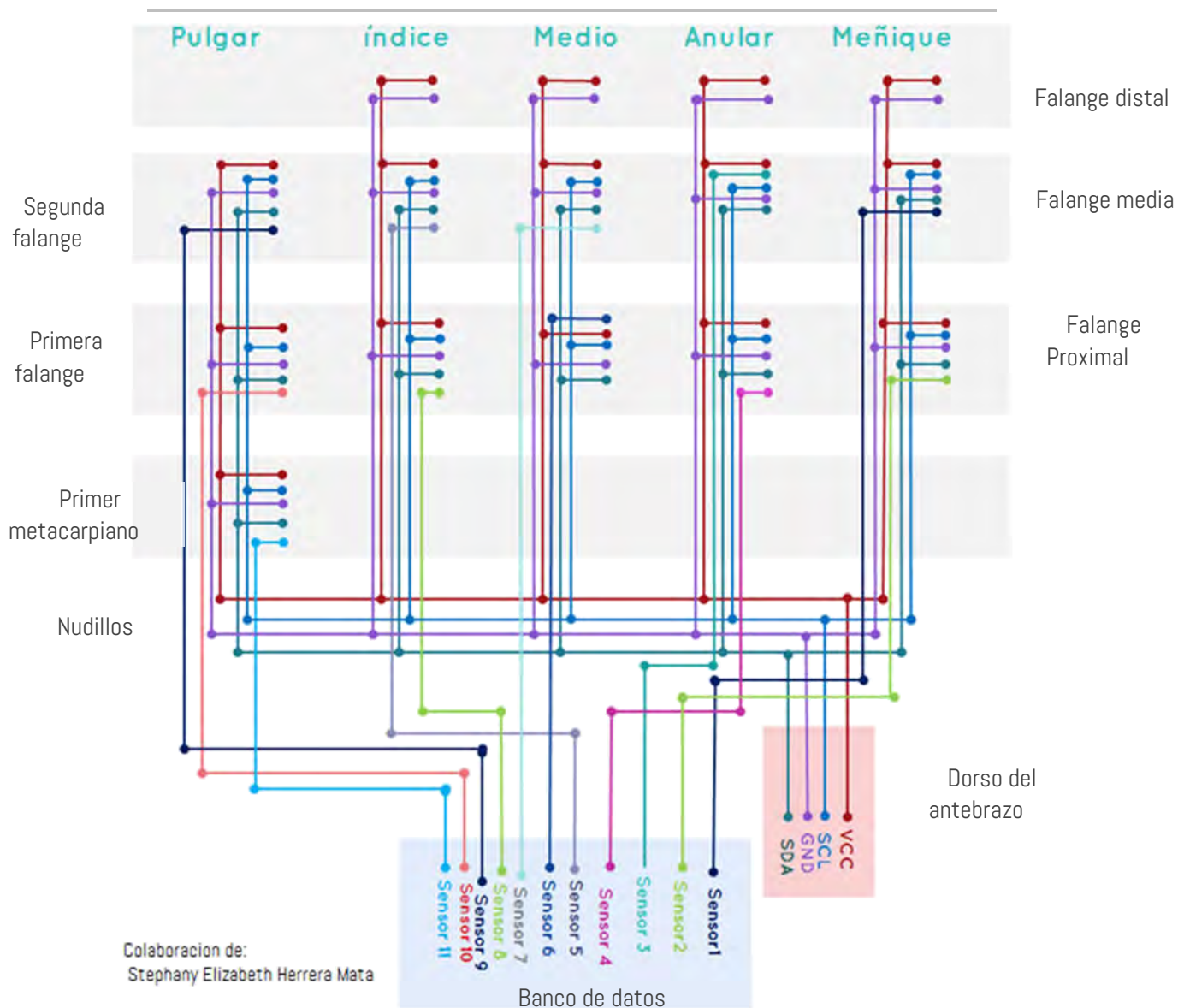


Figura. 81 Esquema: arquitectura del sistema electrónico embebido en el dispositivo.

PROTOTIPOS



Figura 82

La fase crítica del proyecto requirió de la experimentación de prototipado.

A continuación se muestran fotografías representativas de los prototipos de la propuesta final. Mientras que en la sección de anexos se encuentra un apartado con bocetos y prototipos trabajados por etapas.

Los aspectos de experimentación se apegan al factor ergonómico como principal eje de ponderación, establecido en el perfil de producto. Según este factor se identifican aspectos tales como el mínimo de peso, tamaño y volumen,

necesarios para los elementos electrónicos y la ubicación de sensores.

Cabe señalar que la muestra fue a partir de un mínimo de tres personas por prototipo; las cuales, eran pacientes en condiciones normales, pero versados en la materia del estudio ergonómico y funcional que se esperaba.

Por último se presentarán las conclusiones que surgieron con la experimentación y evaluación con usuarios.



Figura 82

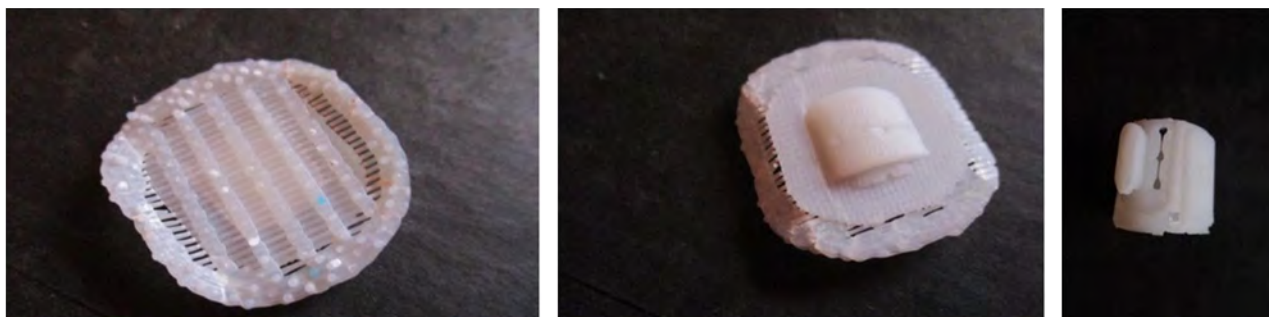


Figura 83



Prototipo en tecnologías FDM

problemas de calibración y plastificado de filamento



Prototipo en tecnologías FDM

RAFT de impresión



Prototipo en tecnologías CJP

Co-impresión de dos tonos en FDM, material ABS

Figura 83. Prototipo en tecnologías FDM (superior e inferior derecha) y MJF (inferior izquierda)

CONCLUSIONES DEL PROTOTIPADO

En las muestras fotográficas de los simuladores se observa que la flexión de las falanges es un punto crítico para los sistemas de conexión, pues el doblar de la articulación, limita el movimiento natural de la mano y de las posturas en reeducación; lo que significa un reto en el diseño de los componentes modulares en las falanges y las conexiones.

Los ligamentos tienden a desplazarse a los lados en los nudillos haciendo que se engrosen las falanges de los dedos, aspecto que se consideró, dejando el dedal abierto a $\frac{3}{4}$ en los simuladores de acrílico y posteriormente combinando elementos rígidos y flexibles en el anillo de la falange.

Como resultado a favor se considera que las pruebas fueron positivas, ya que los simuladores muestran que el uso continuo o prolongado del sistema de falanges, ejerce una tensión ligera en el

área de sujeción de la manopla y de los nudillos, razón por la que el paciente de monitoreo necesitará de un descanso mínimo de 30 minutos por cada 4hrs de uso.; sin embargo, para el paciente de rehabilitación, cuyo el periodo de uso es corto no será necesario interrumpir el uso.

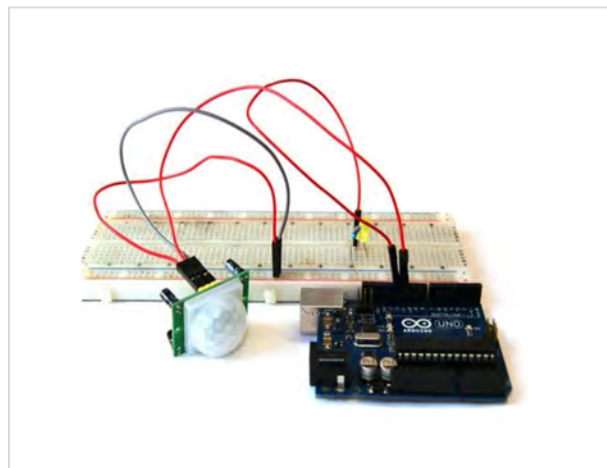
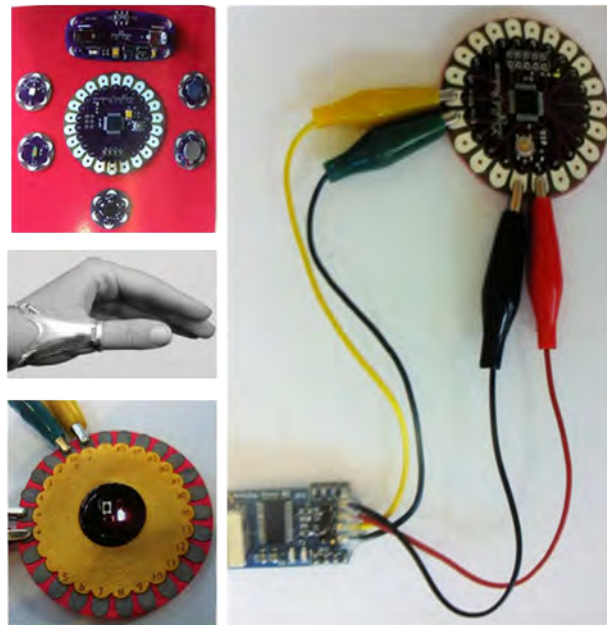


Figura 84

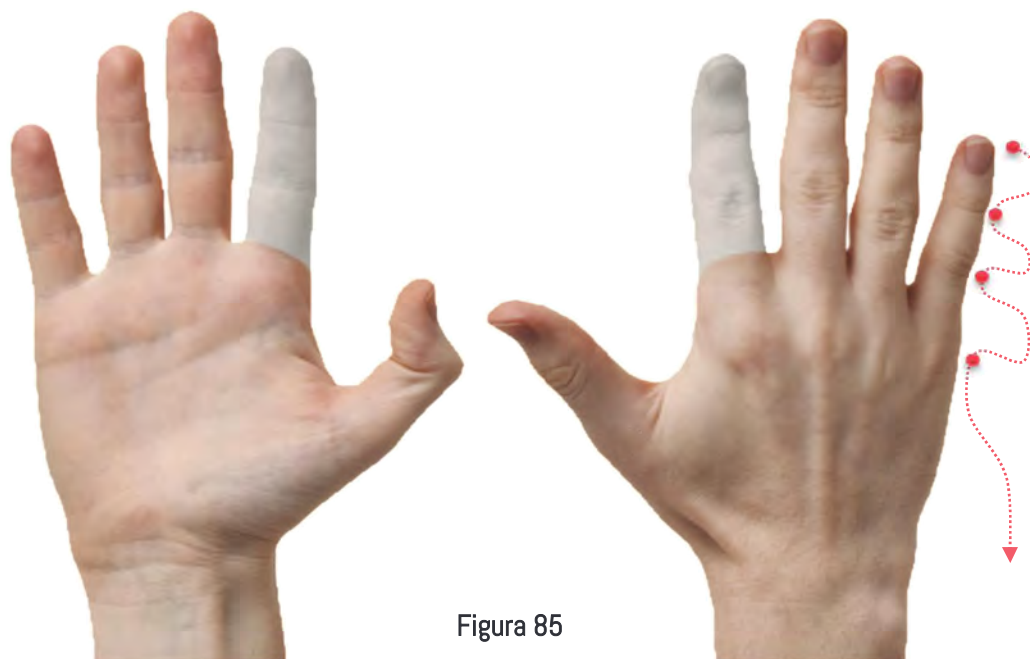


Figura 85

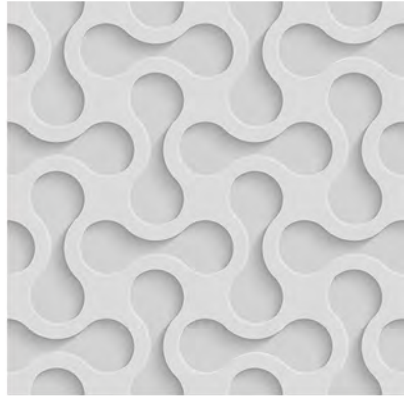
La innovación radica principalmente en la modularidad de los componentes de las falanges, así como en la integración de la electrónica y el algoritmo de rastreo en las conexiones de comunicación.

Se consideraron las necesidades ergonómicas del paciente amputado como usuario final, así como el desarrollo de una interfaz de soporte, que produzca bienestar y descanso para los múltiples usuarios que

habrán de interactuar con el sistema de diseño.

Por otro lado, el objeto busca un aspecto tecnológico, con la integración no aparente de sus elementos electrónicos, pero perceptivamente de fácil maniobra, que permita transportarse y limpiarse, sin dejar de lado que se identifique como un dispositivo médico.

Concepto



Concepto

La propuesta final es la suma de todos los factores identificados en la investigación teórica y práctica (experimental), en donde se combina el aspecto activo y pasivo de los componentes, por ejemplo en los dedos en las zonas flexibles (activas) y rígidas (pasivas) respectivamente. También se resuelven los problemas detectados en la usabilidad liberando las zonas de articulación y generando ensambles en las conexiones de presión y no por movimientos de precisión.

El material a utilizar, también se proyecta de textura suave y agradable tanto al tacto como a la vista.

Los colores utilizados son neutros y visualmente puede ser visto como un accesorio estético y a su vez como un dispositivo electrónico, tecnológico y de vanguardia.



Figura 87

La modularidad de los componentes previene comprometer el estado emocional del paciente con un artefacto que está diseñado para personas que tienen los cinco dedos, cuando ellos han perdido al menos una parte de él, ofreciendo la posibilidad de solo utilizar los componentes que necesitan.

Propone también, un sistema íntegro, a través de una interfaz de usuario que acompaña al producto. en todos sus niveles de uso.

La configuración tecnológica va ligada al factor de producción con el que se propone la creación del objeto (impresión 3D). Esta característica permite la disminución de espesores y uso de elementos electrónicos miniaturizados de *Trackings* (rastreo), que permiten movimientos más naturales al usarse.



Descripción general

PROPUESTA 1

PRIMER PROPUESTA:

MUÑEQUERA Y DEDALES

Esta propuesta tiene como antecedente el descubrimiento del ruido generado por las vibraciones del motor de vibración ubicado en la yema de la falange distal. Este ruido interfiere negativamente en la interpretación de datos recopilados.

Esta propuesta consiste de una manopla de dos piezas con dedos a manera de *media caña* con diferentes capas de material aislante a la vibración, con la finalidad de no irrumpir la secuencia logarítmica de sensor a sensor, con la respuesta háptica de vibración

Al ser el primer acercamiento de la integración de la manopla (pieza de mayor longitud) y los dedos, no se consideró a detalle el sistema de conexión, ni el ruido para la interpretación de datos de nodo a nodo, refiriéndonos por *ruido* a todo aquel



dato o conjunto de datos, señales, imágenes o información en general, que no es de nuestro interés, daña, degrada, impide, limita o distorsiona la información de interés de estudio y como *nodo*, aquello que físicamente vemos como un sensor.

Figura 88

Gracias a los prototipos impresos se corroboró el uso y ensamble del dispositivo. Principalmente el ensamble de las dos piezas que conforman la manopla la cual ensambla a presión por la parte dorsal y palmar de la mano respectivamente. Los inconvenientes detectados fueron las limitantes en los ángulos y rangos de flexión al realizar los ejercicios descritos en el manual de rehabilitación para mano, implementado por el IMSS (consúltense en anexos Material recuperado del hospital Magdalena de las salinas)

Otro factor en la propuesta es la estética femenina de la configuración, la cual resulta contradictoria al sustento de las investigaciones previas, pues en su mayoría los casos de amputación suceden más en hombres que en mujeres, por lo que debía lograrse una segunda configuración más neutral.



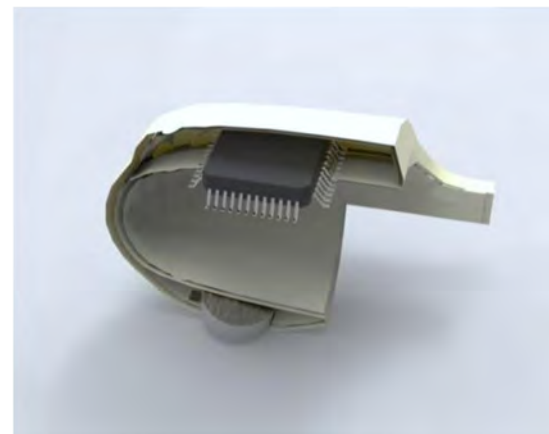
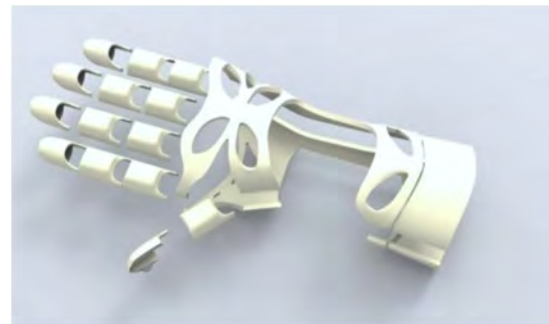
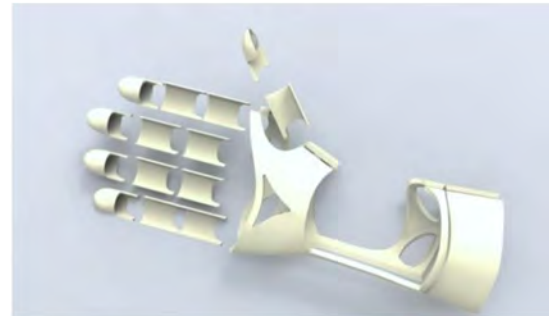
Diseño preliminar



Figura 89 primer propuesta



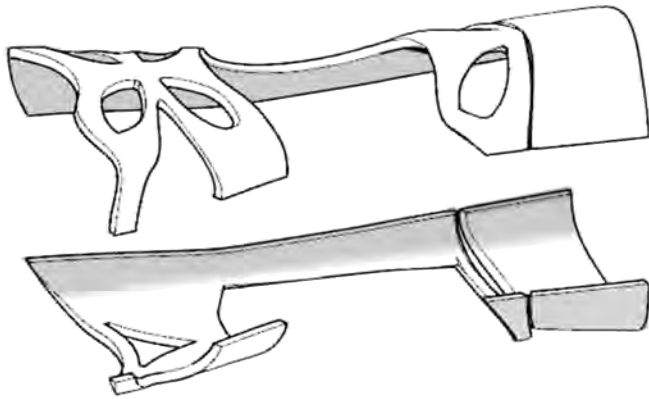
Ubicación de motores de vibración y sensores en el dispositivo.



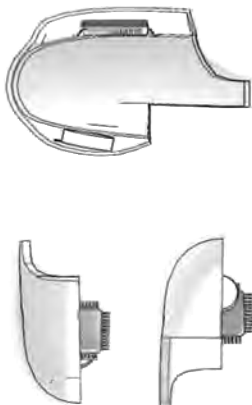
Corte de dedal. Sensor de rastro (superior) y motor de vibración (circular, inferior).

Figura 89 primer propuesta

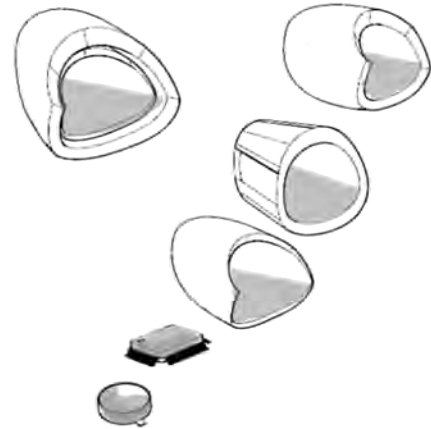
COMPONENTES



Sección de piezas, para permitir la sujeción no invasiva del miembro y evitar que se perciba un elemento que puede generar algún a molestia



Sección de dedal, falange distal.



Sección de piezas, por capas para evitar el ruido de transmisión de datos.

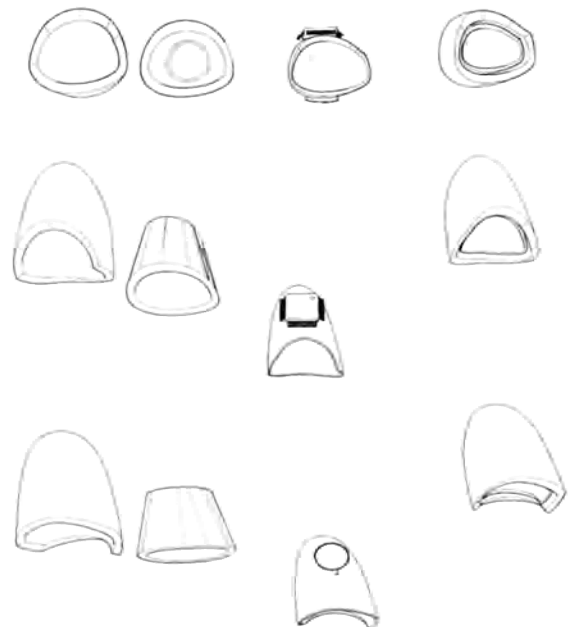


Figura 90 Componentes

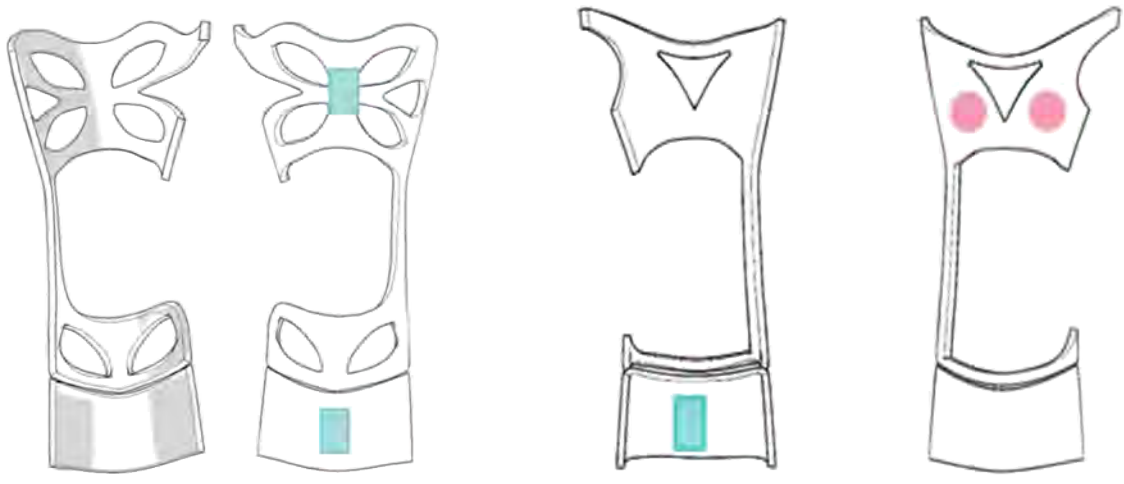
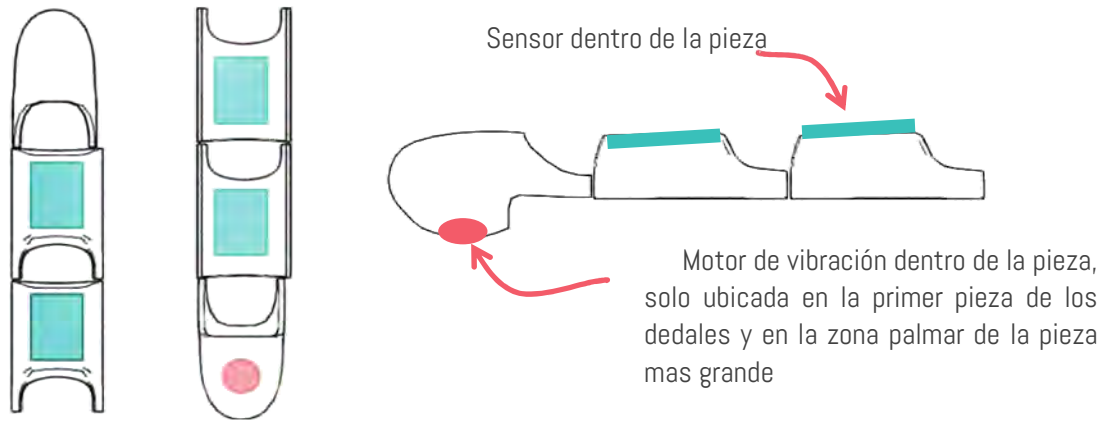
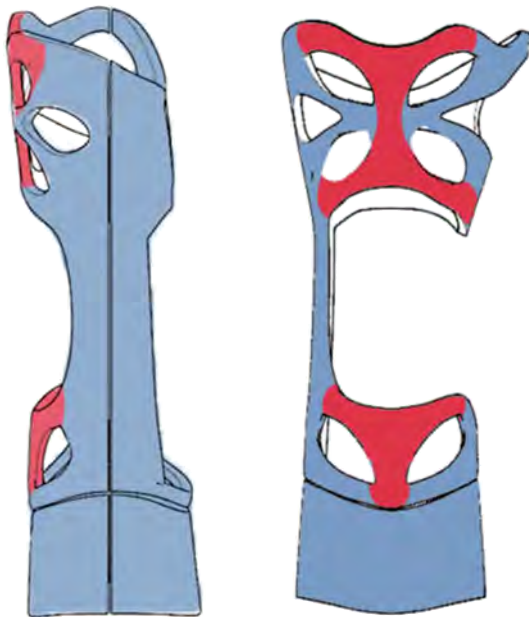


Figura 90

La ubicación de los elementos electrónicos en la propuesta uno determinó la necesidad de generar piezas flexibles y piezas rígidas, en distintas zonas de la mano, para permitir el uso del dispositivo sin perjudicar o limitar los rangos de movimiento.

MUÑEQUERA: CONTROL DE MANDO Y SEÑAL MATERIAL SEMI-FLEXIBLE



Elementos rígidos que soportan los sensores.



Elementos flexibles con alma metálica que sirven de alimentación y soporte

El siguiente esquema (figura 63) presenta la distribución de elementos flexibles y rígidos en la propuesta, donde los motores se ubican en las falanges distales y la palma de la mano

ARGUMENTACIÓN DE CAMBIO DE PROPUESTA

El desarrollo del concepto general fue uno de los grandes aportes en esta primer propuesta ya que se considera la posibilidad de realizar los ejercicios de rehabilitación desde la comodidad de la casa del paciente, también que en esta propuesta se identificó el uso de la electrónica para fines ortopédicos de rehabilitación en traumatismos leves o severos (fracturas, luxaciones hasta amputaciones).

La importancia de este guante respecto a los otros, es la idea del híbrido entre guante flexible y exoesqueleto, con elementos rígidos, que permiten mediante el sistema modular de falanges, la

aplicación de rehabilitación, y resolver la escasez de personal en los centros de apoyo.

Además rompió el icono de los guantes convencionales, pues no deja a la vista el sistema electrónico y contempla la usabilidad de dedales que se coloca a presión sobre el dedo, es decir abarca el perímetro de la falange a $\frac{3}{4}$.

Por otro lado, la razón de evolucionar la propuesta, fue el poco desarrollo que se tenía en la configuración de las conexiones, como se muestra en la siguiente figura (figura91)

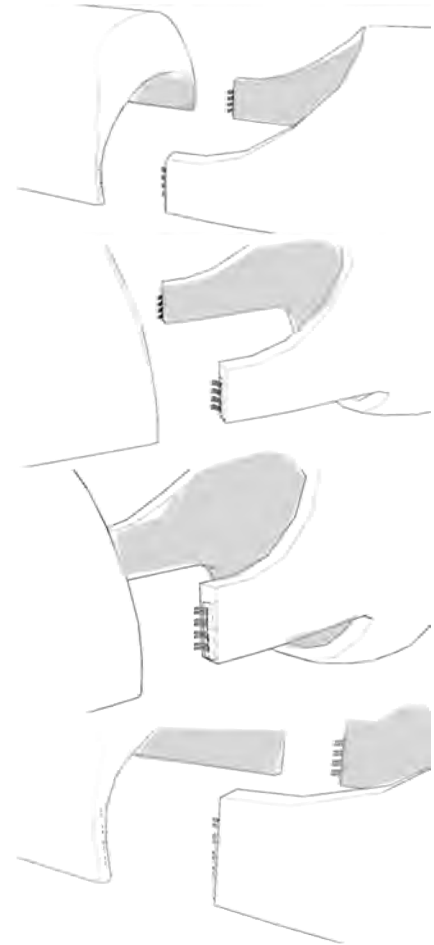
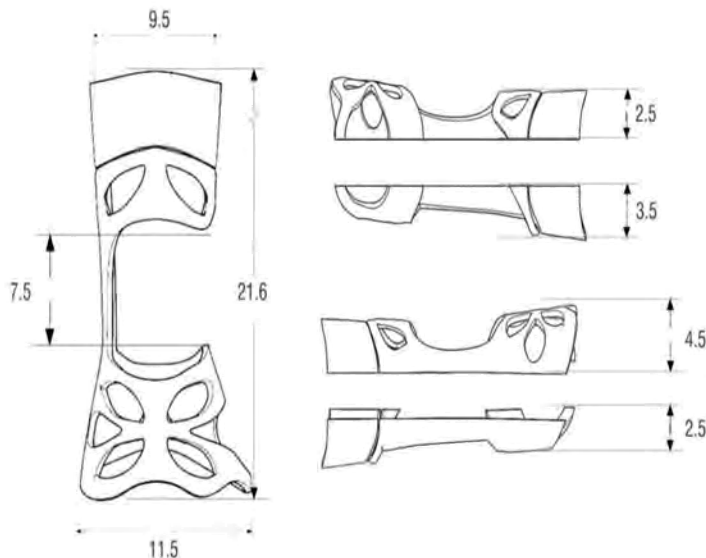


Figura 91. Sistema configurativo de primer propuesta





Propuesta preliminar 2

PROPUESTA 2

SEGUNDA PROPUESTA:

MANOPLA y DEDALES

Gracias a los prototipos que ya consideraban las piezas electrónicas, se determinó la mejor manera de colocar la muñequera, ahora bautizada como manopla, la cual habría que deslizar a través de los dedos y la palma a manera de un aro para su colocación sobre la parte dorsal de la mano y el antebrazo.

La manopla o centro de control en esta propuesta, sirve como receptor de información de los 5 dedos, a través de dos cables, uno ubicado en la zona palmar para el pulgar y otro en la zona dorsal para los 4 dedos restantes.

Las consideraciones de mejora radican principalmente en el aspecto técnico, ya que el centro de recepción de datos

ubicado en la muñequera no tenía la capacidad de recepción suficiente para la información que los dedos requieren.

Por lo que se consideró una segunda terminal o centro de control de descarga y procesamiento de datos. Por otra parte, el aspecto estético masculino del dispositivo debía tender a la neutralidad.

Como aspectos positivos, en esta propuesta se implementó el sistema de códigos lumínicos en la manopla, para identificar aspectos de conexión entre todos sus elementos. Y A pesar de plantearse como un elemento conceptual, generó un parte aguas en el diseño, pues la morfología del dispositivo permite que sus elementos sean flexibles por su configuración formal y el material propuesto.

La configuración restrictiva y no invasiva de muchos análogos ortopédicos, fueron los mayores referentes para la propuesta de una manopla larga que se colocará como un elemento deslizante de los dedos hacia la palma. Se realizó un modelo funcional con PVC y estireno, registrado en los anexos.

Por otro lado, se planteó la necesidad de utilizar elementos desechables para no comprometer la higiene del dispositivo. Sin embargo, en los hallazgos se identificó que dichos desechables, generaban mayor roce y sudoración de la que reamente se generaba en los 20 minutos de uso del dispositivo sin estos desechables.

También se identificó que el grosor del material en algunas partes no debía sobrepasar los 3mm, sobretodo en los pliegues de la mano, hace falta adelgazarlo por ergonomía, lo adecuado a la mano, es que se redujera el grosor lo más posible y se sintiera como una segunda piel.



Imagen de análogos ortopédicos

Este adelgazamiento de la manopla permitió la flexibilidad al mover la mano de izquierda a derecha dentro de los rangos de desviación radial y cubital (consultar esquema de la figura 27)



Esquema de evolución de propuesta configurativa

Esta nueva configuración permitió que el dispositivo fuera más flexible, ligero y con ventilaciones que permitieran la transpiración del paciente.



COMPONENTES

Esta propuesta se integra por dedales modulares de un solo eje de conexión con la muñequera acinturada la cual permite la flexión lateral de la palma y plantea la posibilidad de plásticos tipo *soft touch* y de elementos rígidos

Se consideró también la necesidad de una segunda terminal más próxima a los dedales (Véase la figura.94), la cual se colocará en los nudillos para recabar la

información, de manera que la nueva terminal comunica a la manopla.

Del lado superior derecho se muestra la evolución del concepto sin nudillos y con ellos en la (figura.95) de la izquierda

El peso máximo del guante se limitó a 250grs contemplando el sistema electrónico impreso y miniaturizado en china.

La idea conceptual, se refuerza al remitir al aspecto de un hueso externo y generando la sensación de completar algo faltante.



Integración de elemento en nudillos

El sistema de iluminación ubicado en la manopla, que permite mostrar si se encuentra encendido el sistema y bien conectado

Algunos conceptos sobre la integración de los dedos, fueron a media caña y solo el dedal de la falange distal a manera de dedal de costura



Figura. 95 Evolución de propuesta 2

El elemento nudillos, representa un segundo punto de control, y es considerado en esta propuesta, como un elemento que solo cubre la zona dorsal de la mano (véase figura superior derecha.)



Evolución de propuesta 2
Palma y dorso

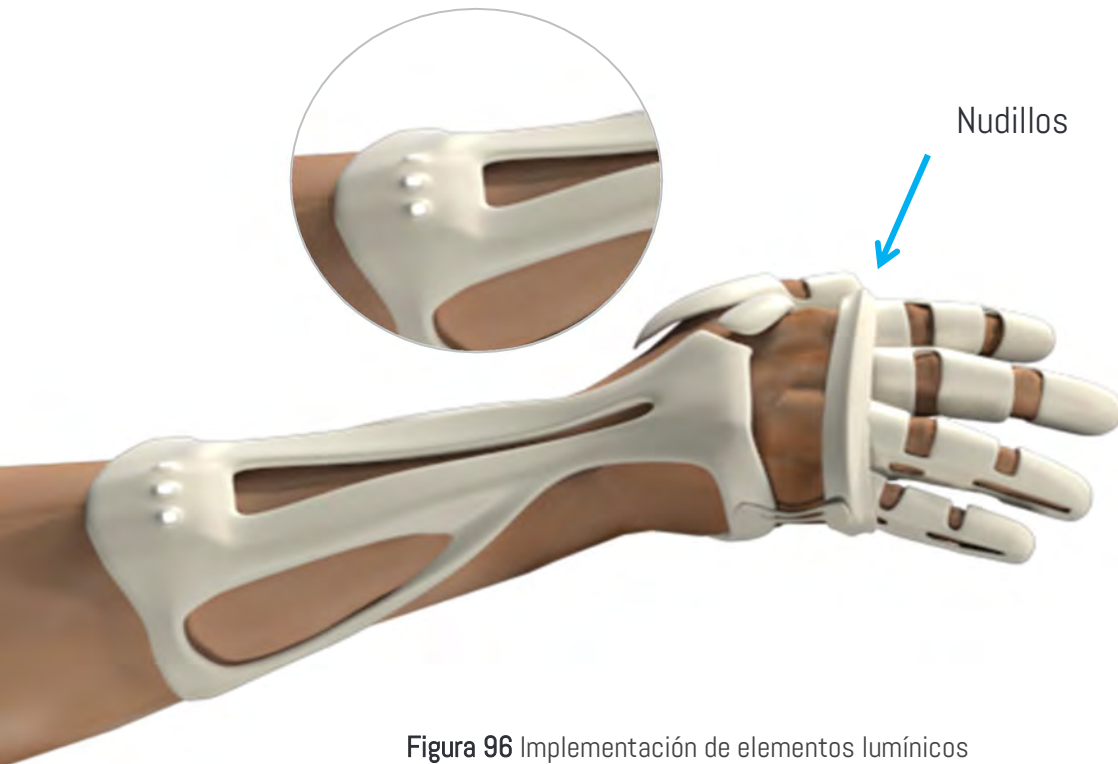


Figura 96 Implementación de elementos lumínicos



Evolución de propuesta 2, Perspectivas



Ejemplo de broches de presión

Figura 97 Detalle de comunicación por cableado del pulgar a la manopla

Los cables de conexión se diseñaron con una abertura en el medio para que fueran flexibles y con cabezales de ajuste a la manopla, por medio de un ajuste tipo broche de ropa. Ya que resulta un sistema de presión y no de precisión, y a diferencia del velcro es más resistente, no se engancha ni se descose

La propuesta de diseño, también considerara aspectos de retroalimentación lumínica que diferenciara la situación en la que se encuentra el dispositivo es decir, si todos los dedos están bien colocados o si la transmisión de datos es correcta. Así como aspectos de mantenimiento, alimentación (la carga de la batería) y de encendido.

Cabe señalar que la conexión para la transmisión de datos se plantea por contacto, sin embargo el sistema de ajuste es por presión, también, se tuvo que identificar por medio de prototipos, la zona de anclaje del sistema.

El sistema de comunicación entre falange y falange es a través de elementos flexibles que se posicionan por un imantado alrededor del sistema de ajuste.

El ensamble de comunicación entre los dedos, se ubica en el lado lateral del dedo, debido a que si se coloca por encima, la flexión del sistema flexible de conexión podría generar un elemento elongado factible a atorarse con otros elementos que demeritaran su función.

En esta propuesta se continuó con el agarre a media caña de los dedos a los dedos, pero se identificó que este agarre generaba en el usuario presión si existían bordes irregulares en el muñón en caso de haber cicatrizado queloides.

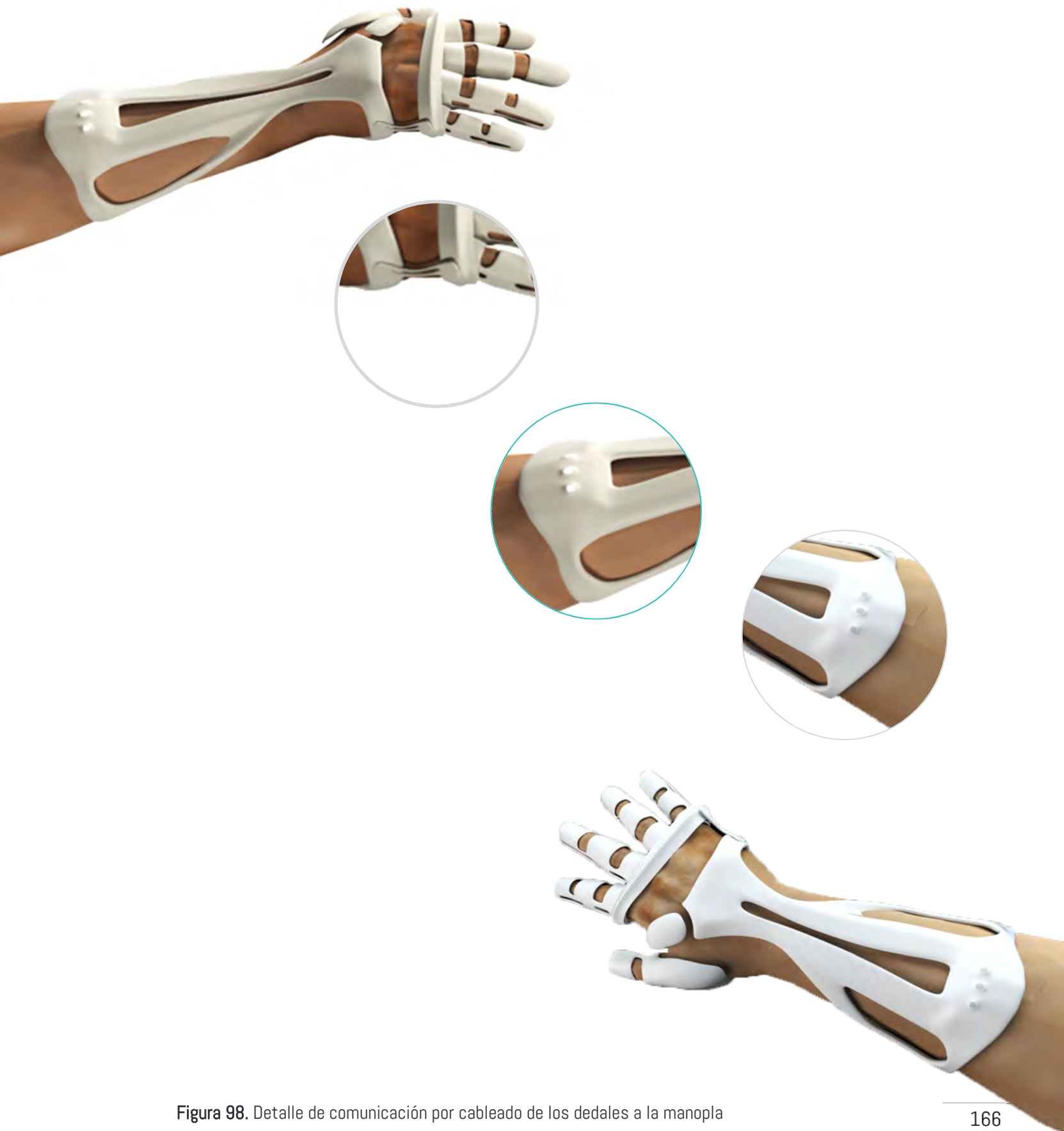


Figura 98. Detalle de comunicación por cableado de los dedos a la manopla

ARGUMENTACIÓN DE EVOLUCIÓN

PROPUESTA FINAL

En esta propuesta el aporte más importante es la conexión de los dedos y la implementación de la segunda terminal en los nudillos.

Desde otro punto de vista, se encuentra también el cambio de la configuración de la segunda terminal (nudillos) y de la primera terminal (manopla) la cual implementa un sistema de horadaciones que permite los movimientos que hasta ahora no habían sido considerados. Por ejemplo: la extensión y flexión palmar.

Esta segunda propuesta fundó las bases de la propuesta final, sin embargo al estar todavía a nivel conceptual, existían detalles de aspecto productivos y estéticos que hacía falta pulir.

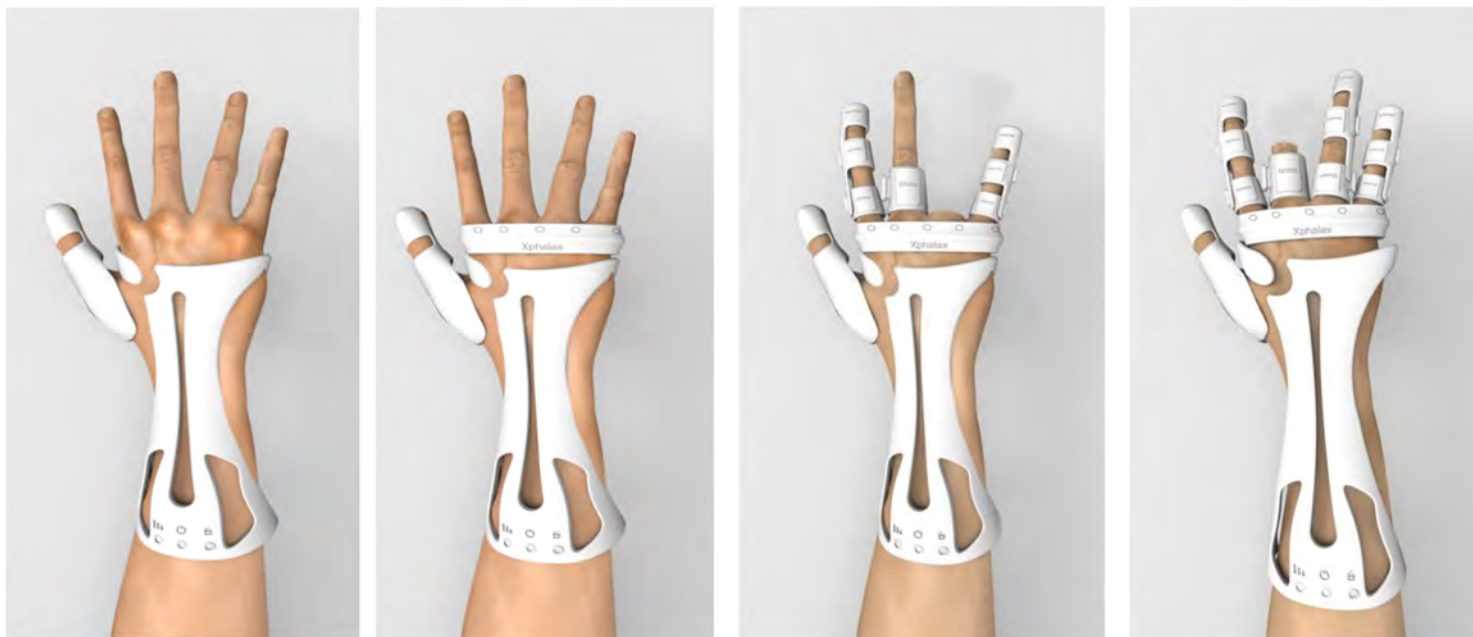
Sin embargo, como primer acercamiento al objeto final, facultó las consideraciones de la mecánica de diseño e identificación

de los aspectos formales y configurativos para la producción.

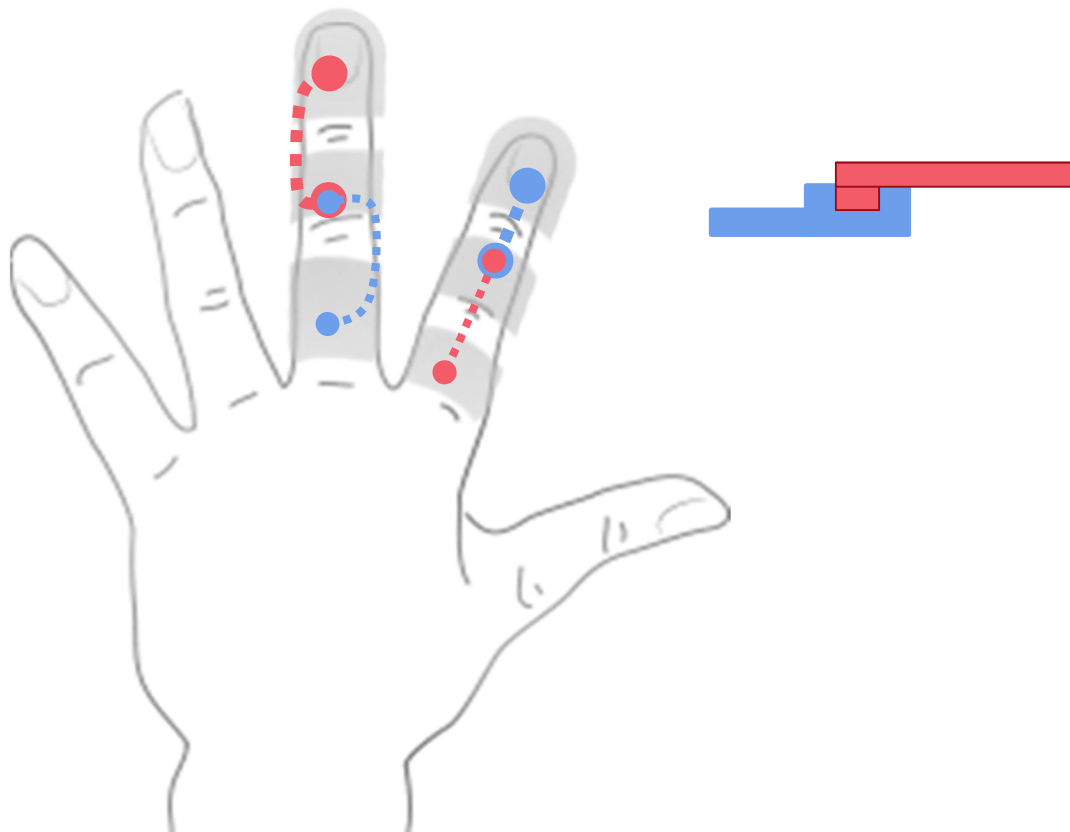


Propuesta 3

La propuesta 3 representa la configuración de todos los elementos, de la propuesta final en la cual se considera que el dedo pulgar deberá considerarse como un elemento de doble dedo, debido a la evaluación de las propuestas previas e investigaciones acerca de la pulgarización en pacientes

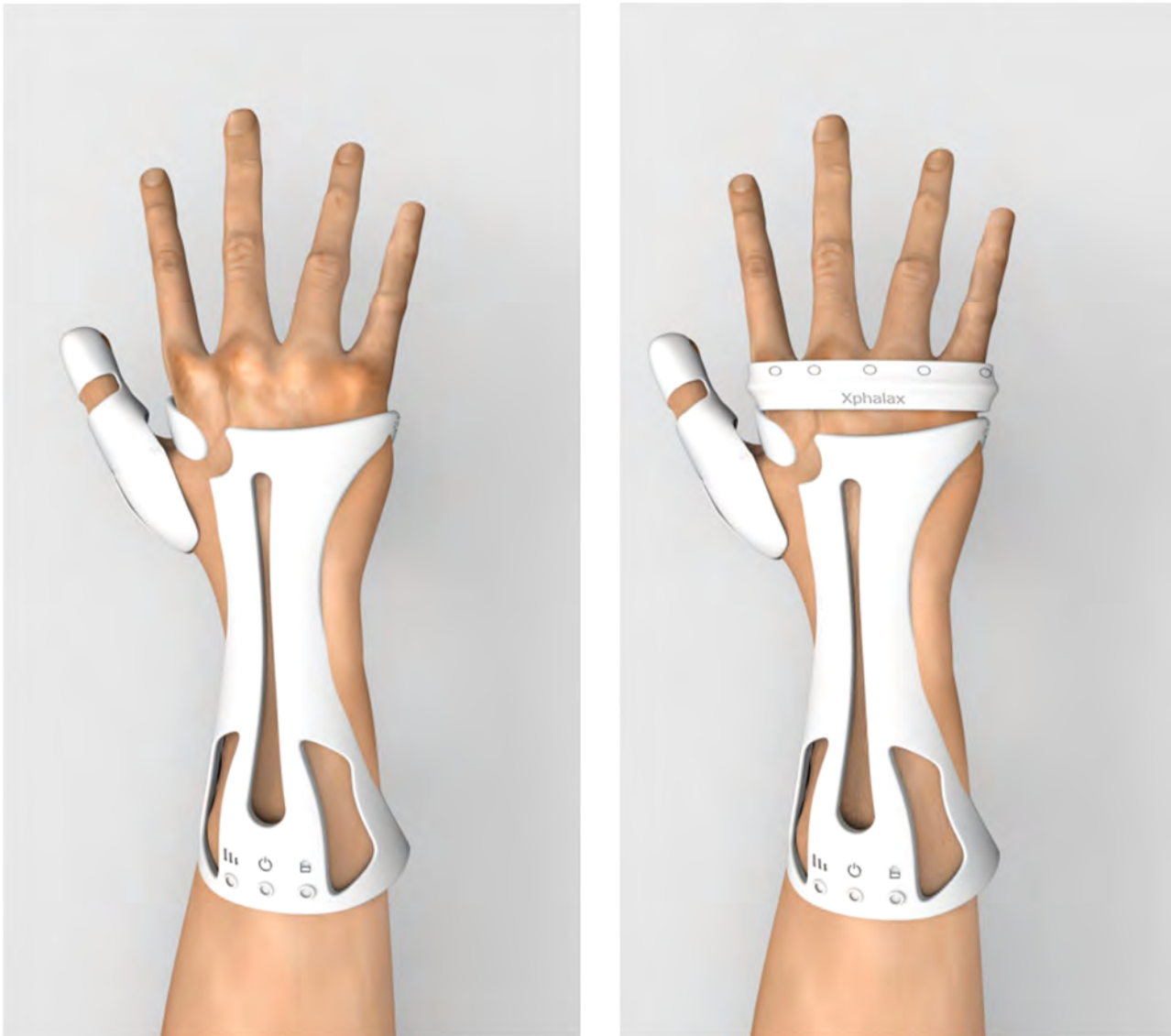


Evolución de la propuesta final



Propuesta 3

La evolución de la propuesta de conectividad entre cada anillo o dedal de falange fue evolucionando identificando que el sistema de colocación sería por presión. Sin embargo, al realizar los modelos físicos, se identificó que la configuración S y Directo, eran los que mejores resultados arrojaban en la conectividad y transferencia de datos.



Durante el desarrollo de la configuración formal de los elementos del dispositivo se debatió si separar el dedal del pulgar en dos elementos para sus dos falanges o mantenerlo como un solo elemento, debido a que la pulgarización es una técnica de prioridad entre los especialistas para aplicar en los pacientes amputados. Sin embargo se resolvió que era mejor un elemento de doble dedal que no contrariará el concepto de modularidad.

Figura.101 Elementos básicos del sistema

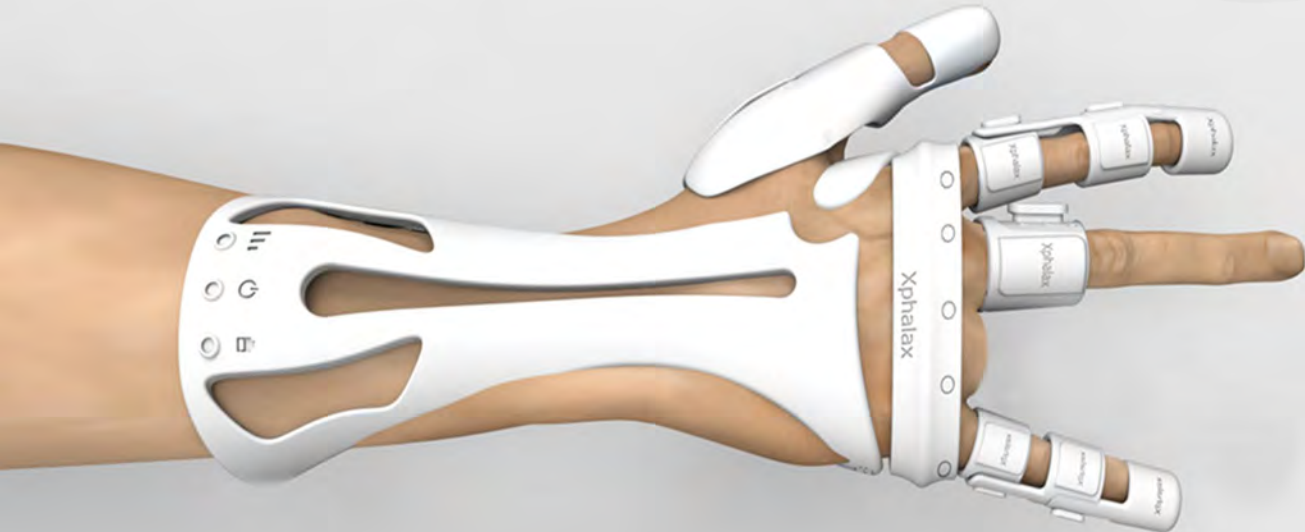
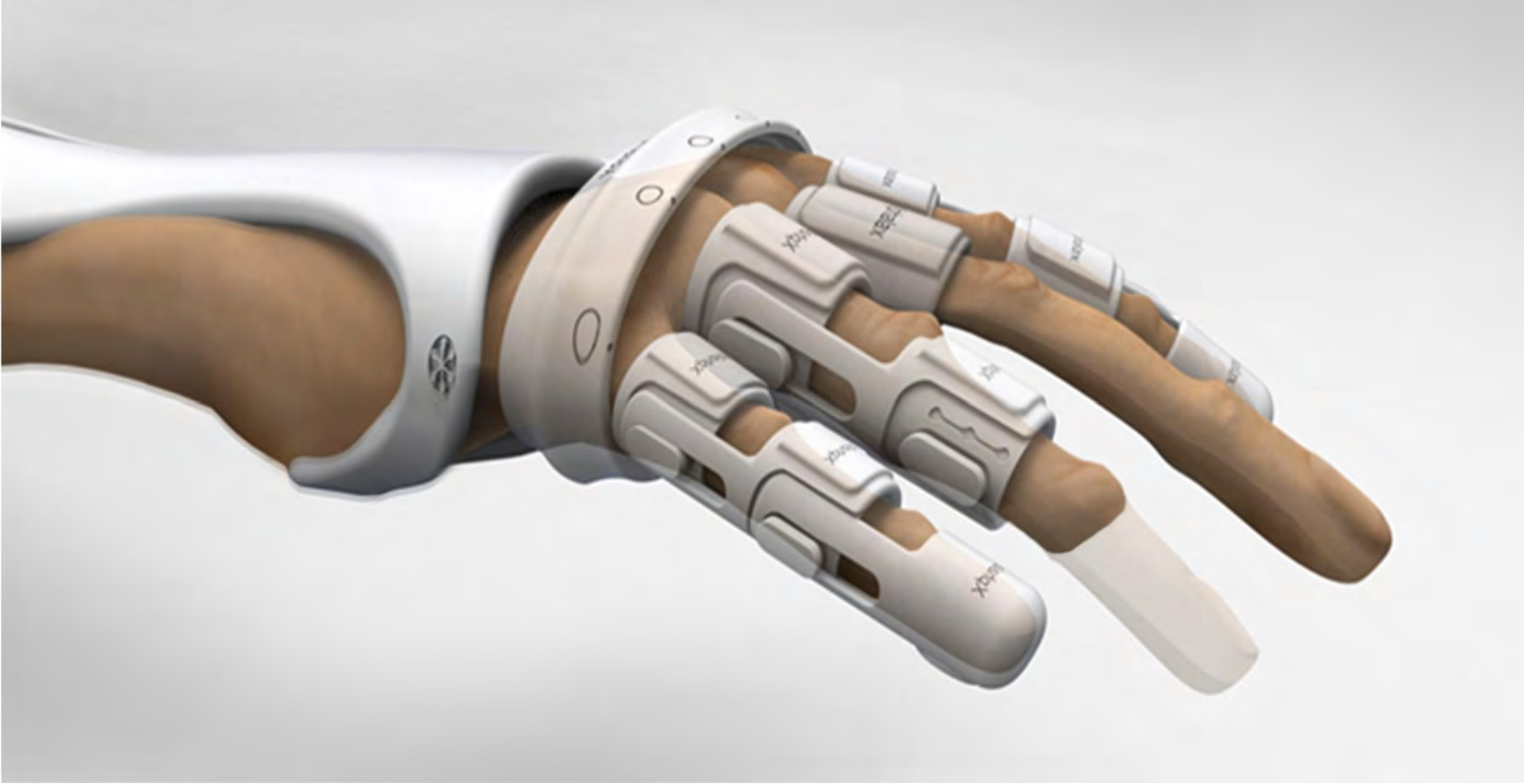


Figura 102 Configuración de los códigos visuales

La figura 103 muestra las conexiones y ensambles entre los dedos.

El dispositivo tiene dos actividades principales: pasiva y activa: la flexión de los dedos y empuñaduras serian activas (rehabilitación y reeducación) y tener el dispositivo colocado para monitoreo, se consideraría pasiva.

Para la etapa final se corroboró con los prototipos impresos en ABS la flexibilidad y morfología de los elementos, lo cual permitió que se realizaran ajustes (véase figura 83, pág. 156 y157)

El nombre propuesto para el dispositivo se encuentra en todos los elementos pequeños, para evitar que se extravíen y se reconozcan en el consultorio o en la casa de los pacientes.

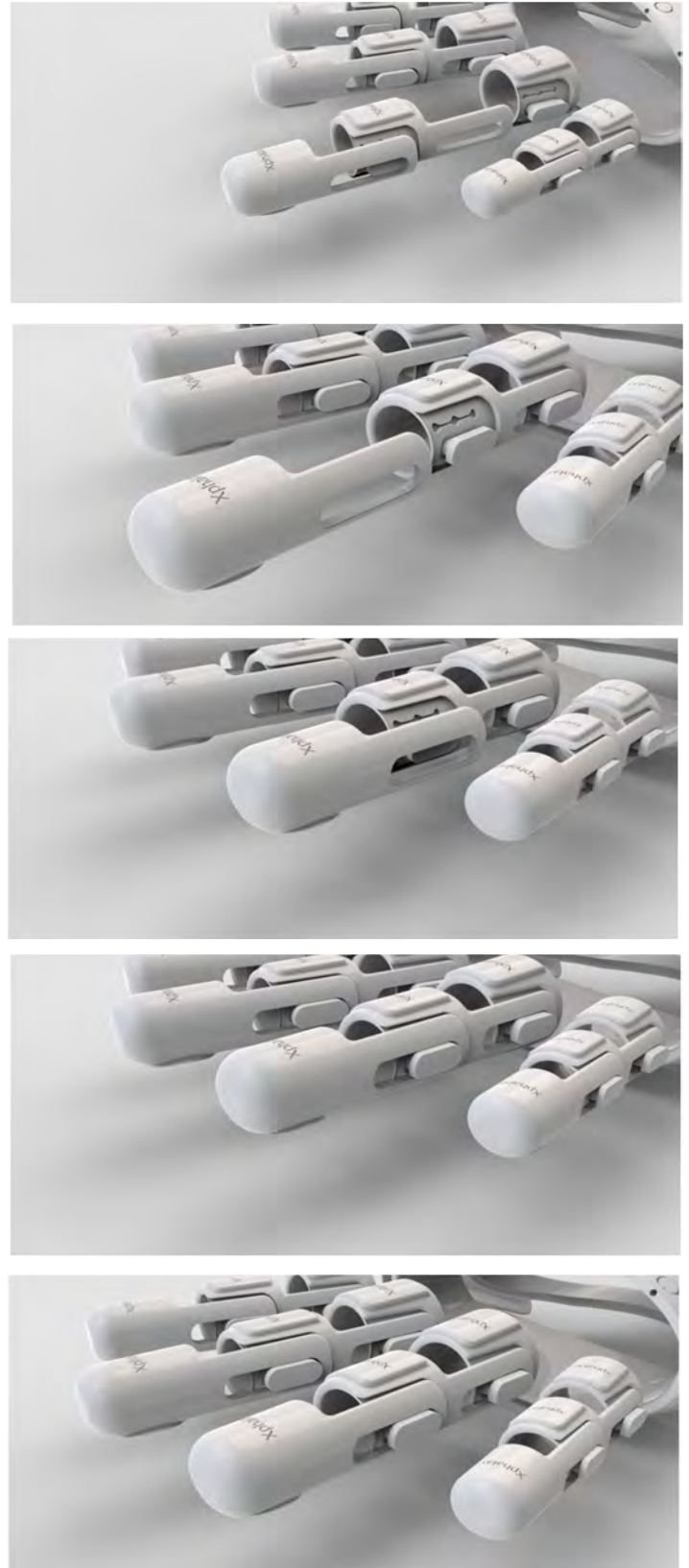


Figura 103 Secuencia de colocación de dedos

CONFIGURACIÓN FORMAL DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL DISPOSITIVO

Un aspecto que tuvo prioridad fue la realineación de la conexión entre los dedos. Lo cual establece un margen mayor de atención según situaciones y casos vistos con pacientes de diferentes etnias.

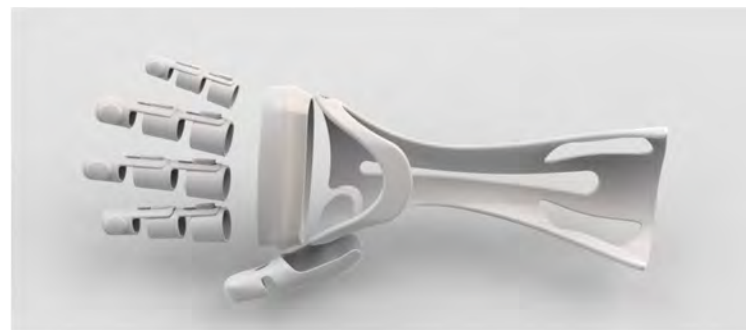
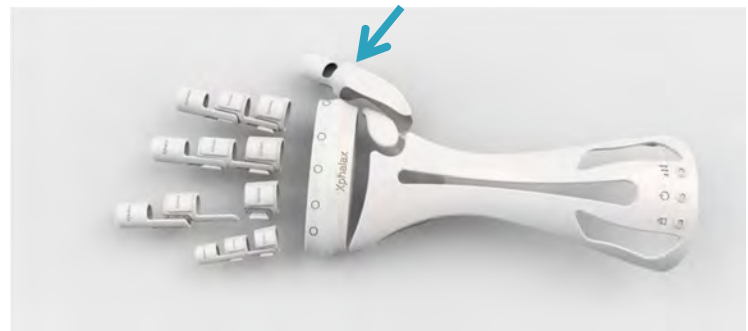
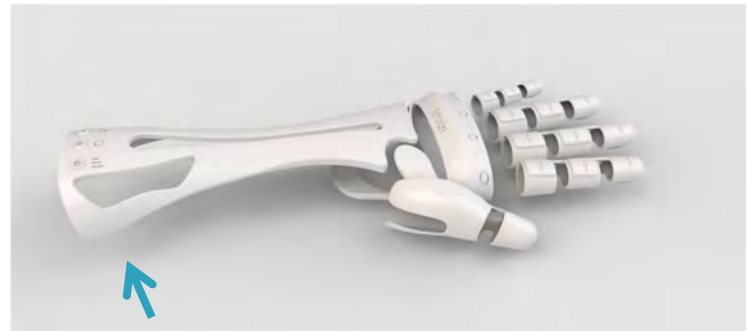


Figura 104. Propuestas de color y personalización

CONCLUSIONES

Esta propuesta es la que precede a la final, por lo que los cambios realizados fueron mínimos, sin embargo en la corrección final se implementan dos posibilidades de conexión para los módulos en los dedos, permitiendo que se generen posibilidades y tallas dependiendo el caso particular del paciente.

Otro aspecto que se modificó fue la separación del dedal del pulgar y la reconfiguración sin aristas de la manopla.

Así como los sistemas lumínicos de respuesta a la transmisión de datos y de señal WIFI de los dedos a la terminal en los nudillos



Configuración personalizada de los nudillos



Figura 104. Propuestas de color y personalización en nudillos



Figura 105



Monitoreo



Conectividad



Sensación de vibración



Recolección de información



Figura 106



Amputación



 Xphalax

Figura 107
Logo del dispositivo

Propuesta de embalaje





Figura 108 Propuesta de embalaje y muestra de distribución de piezas

ABSTRACCIÓN DEL LOGO Y CONFIGURACIÓN DE LA ANATOMÍA DE LA MANO

El logo de Xphalax, nos remite a una X pues es la letra que mayor impacto visual tiene sobre el nombre.

El logo también muestra aspectos de equilibrio y esbeltez por el gran número de líneas rectas que se perciben.

Por otro lado siguiendo la envolvente de la configuración anatómica de los músculos del antebrazo se percibe un ligero ángulo cóncavo en el medio del elemento más largo, que delimita a la mano del antebrazo, enfatizado por el hueso del cúbito.

En el medio del elemento se muestra una ranura que funciona como elemento articulado entre las zonas flexibles y rígidas de la manopla, con la forma de gotas de agua y fluidez, debido a que También funge como elemento para de ventilación de la transpiración.

Xphalax

PANTONE 7472 C

PANTONE 420 C

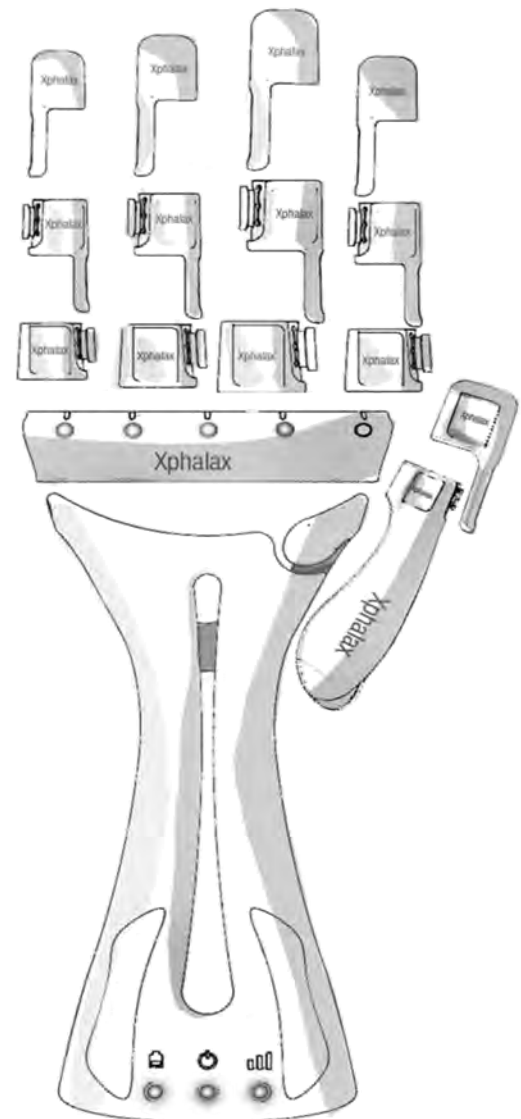
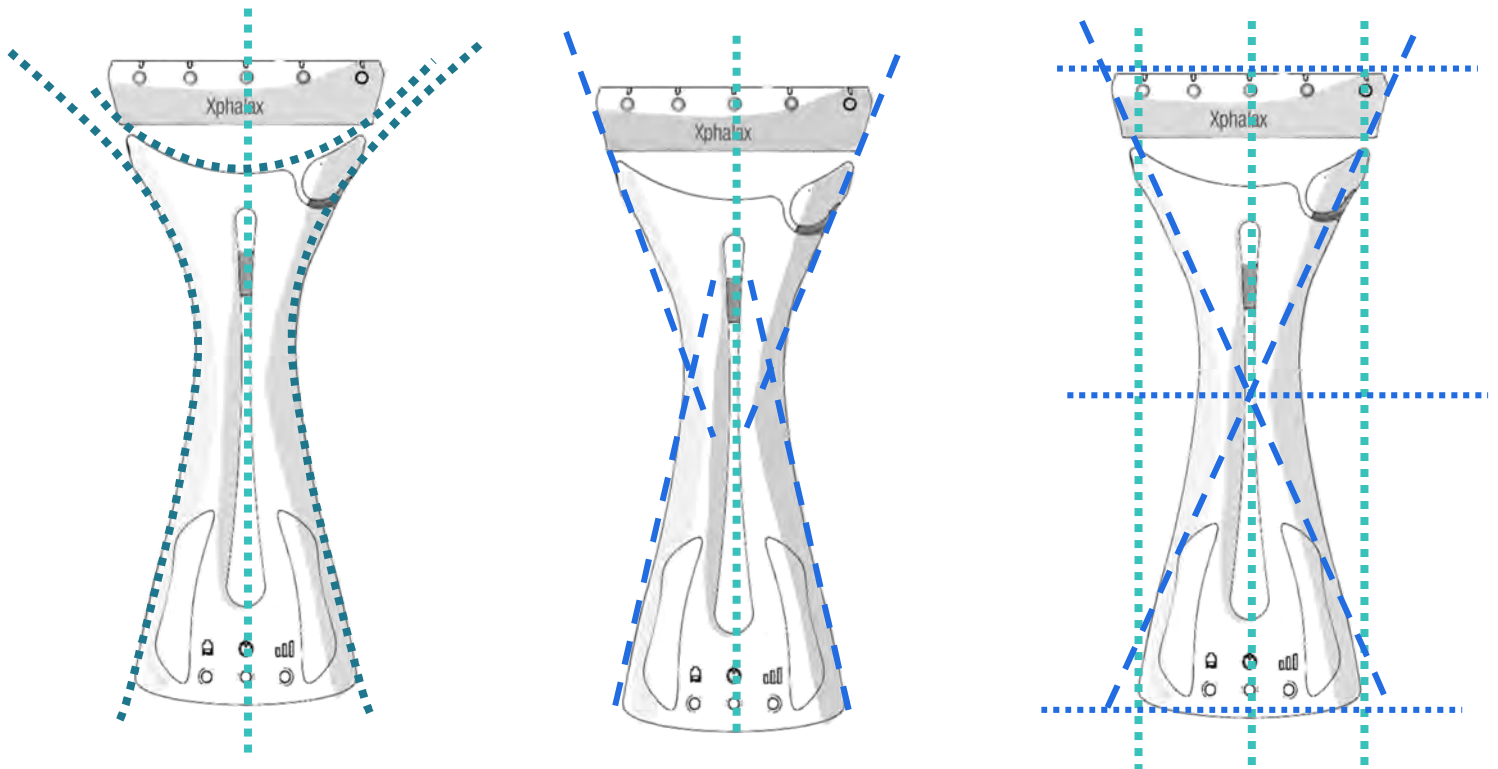


Figura 109

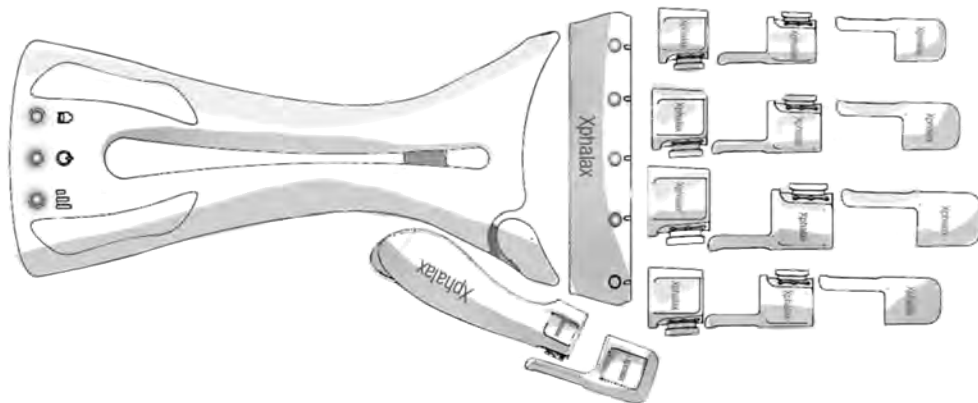


SIMETRIA AXIAL

Las proyecciones generan una coincidencia de izquierda a derecha, o inversa en la configuración de la envolvente la cual, refiere al esquema de dos asíntotas y a la X de Xphalax.

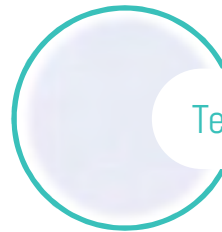
SIMETRIA RADIAL a cada 30°

Las proyecciones generan una coincidencia de las líneas a cada fracción de 30 grados debido a que la inclinación de la mano, se adoptó al objeto

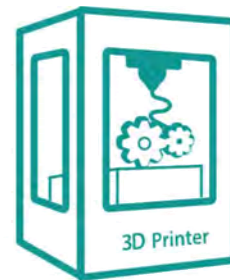


Ejes Compositivos

Figura 110 Composición de la propuesta



Textura *Soft Touch*



Fabricado en impresión FDM 3d con un elastómero termoplástico especialmente formulado (TPE),.

Aspectos técnicos

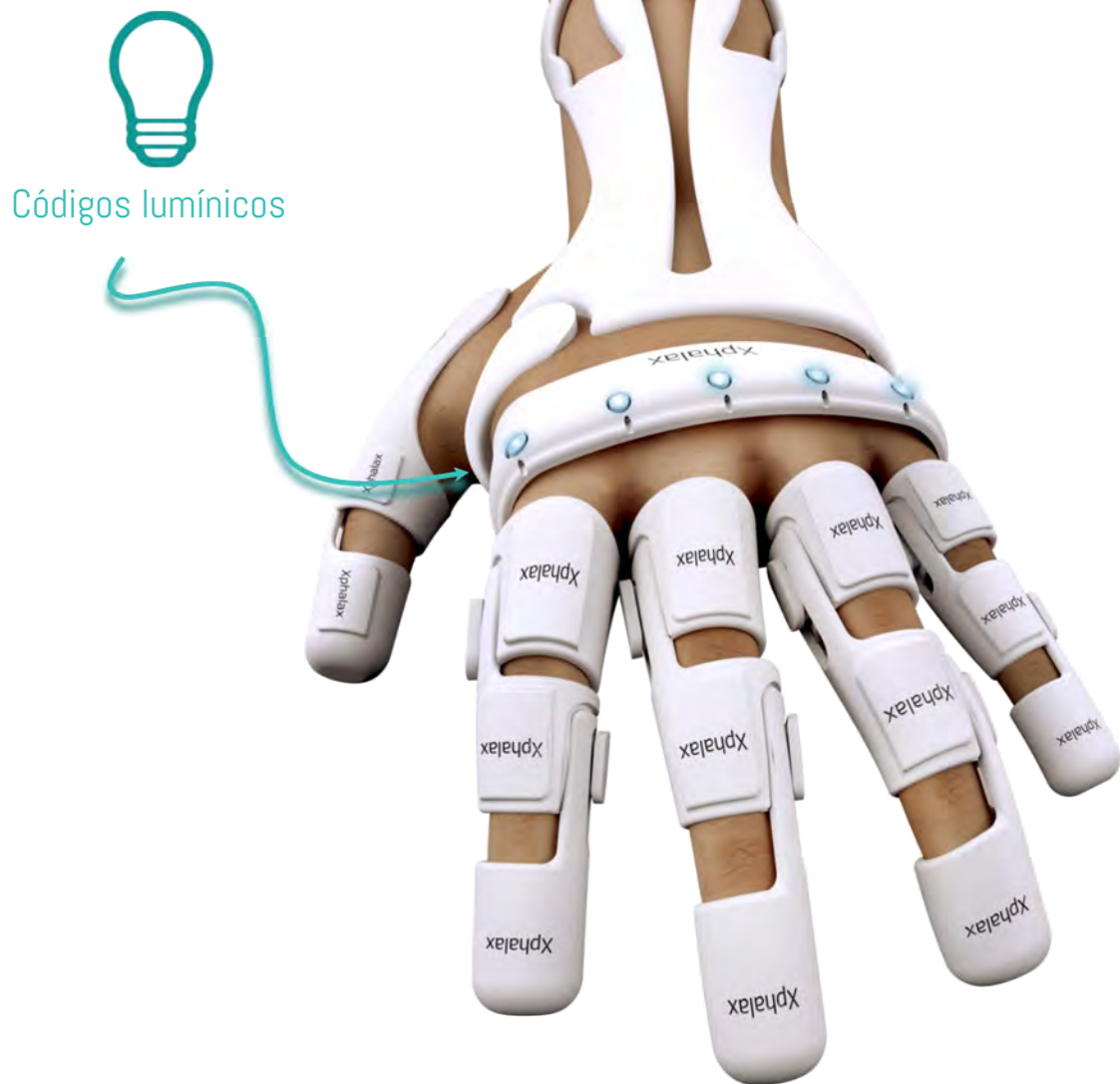


Piezas modulares de
ensamble a presión

Códigos lumínicos

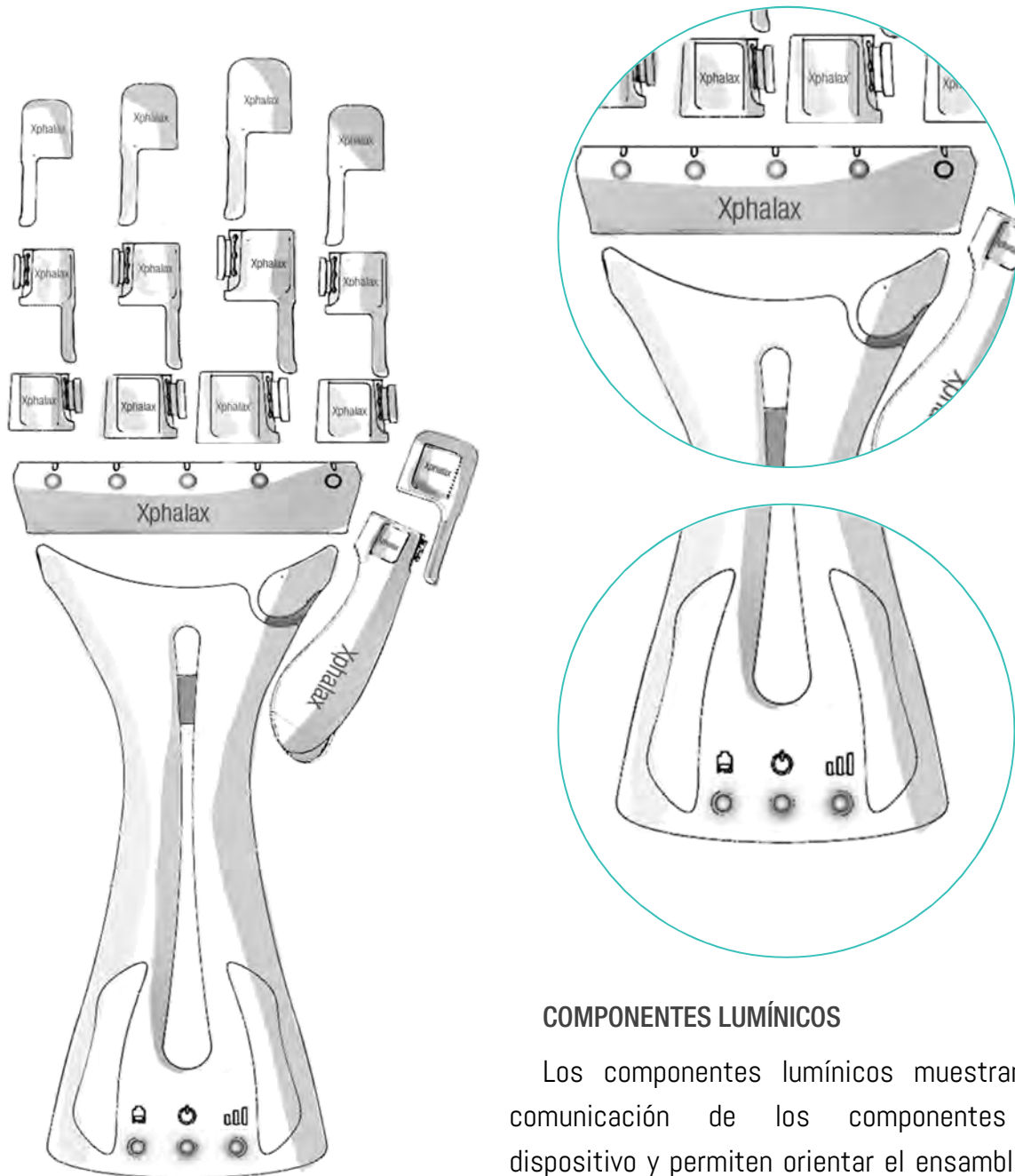
Aspectos técnicos

Figura 112



La respuesta luminica de los nudillos se mostrará una vez conectados los dedales correctamente, sin importar si solo se dispone de un solo dedal, se encenderá en la terminal el foco LED correspondiente al dedo conectado

Una vez conectado el dispositivo y enlazado al software en algún dispositivo móvil, el color de los LED cambiará a un tono azulado (Véase fig. 113)



COMPONENTES LUMÍNICOS

Los componentes lumínicos muestran la comunicación de los componentes al dispositivo y permiten orientar el ensamble de los componentes, así como identificar la conectividad al software del sistema

Figura 114

COMPONENTES LUMÍNICOS

Significado de los elementos de respuesta.

El encendido del LED identificará cada elemento por la presencia del estímulo lumínico estable o en parpadeo.

Sí enciende una luz azul tenue indicará que está iniciándose y posteriormente cambiará a un tono blanco, lo cual indicará que se encuentra bien conectado y hay suficiente batería.

Mientras que sí una luz de los nudillos parpadea, indica que la comunicación está limitada o no está bien colocado un dedal. Para identificar que dedal está mal conectado hará falta solo observar la línea de led sobre los nudillos e identificar el foco que parpadea, sobre este led estará posicionado el dedal mal colocado.



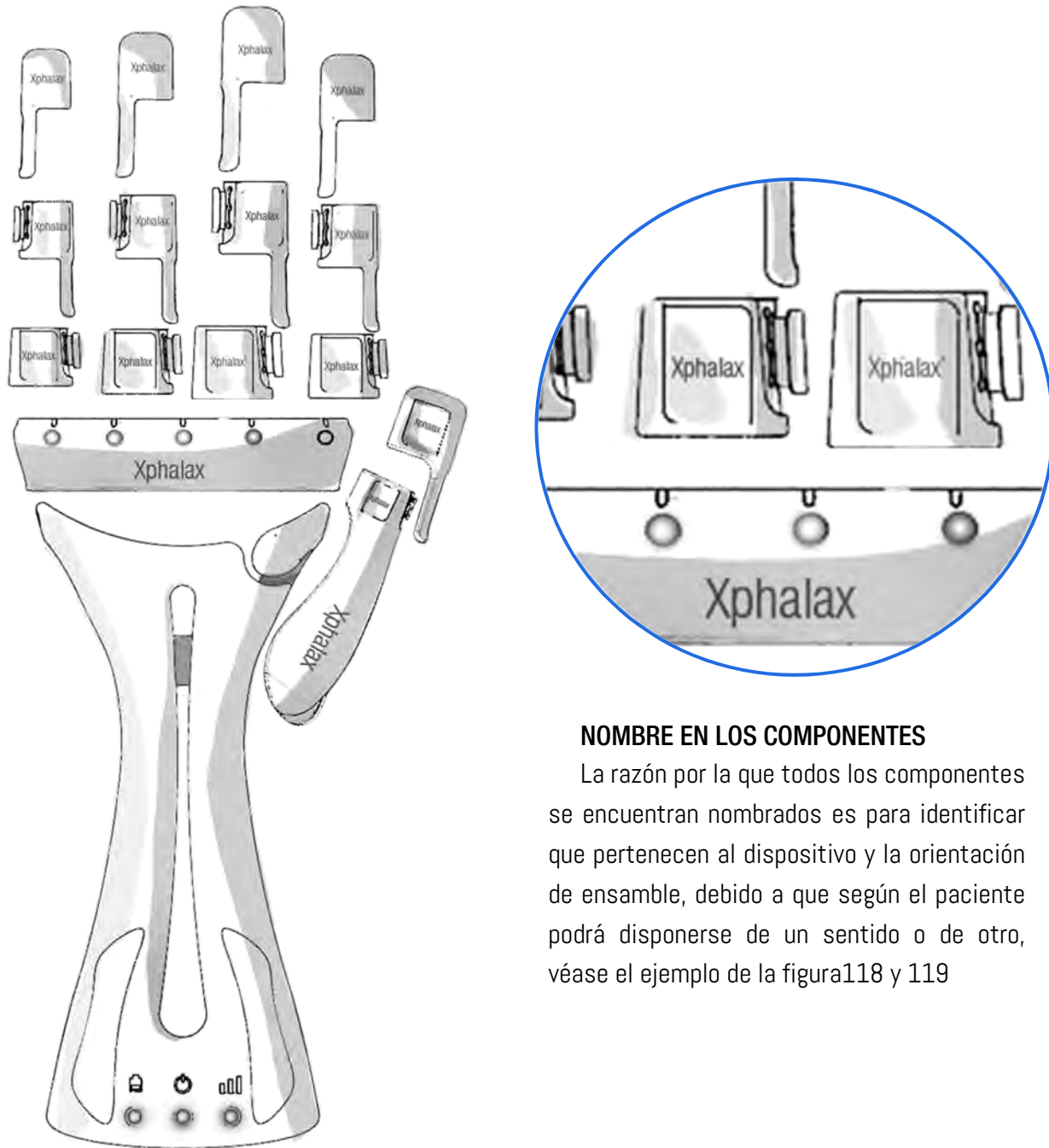
Batería



Encendido



Comunicación



NOMBRE EN LOS COMPONENTES

La razón por la que todos los componentes se encuentran nombrados es para identificar que pertenecen al dispositivo y la orientación de ensamble, debido a que según el paciente podrá disponerse de un sentido o de otro, véase el ejemplo de la figura 118 y 119

Figura 116

Extensible

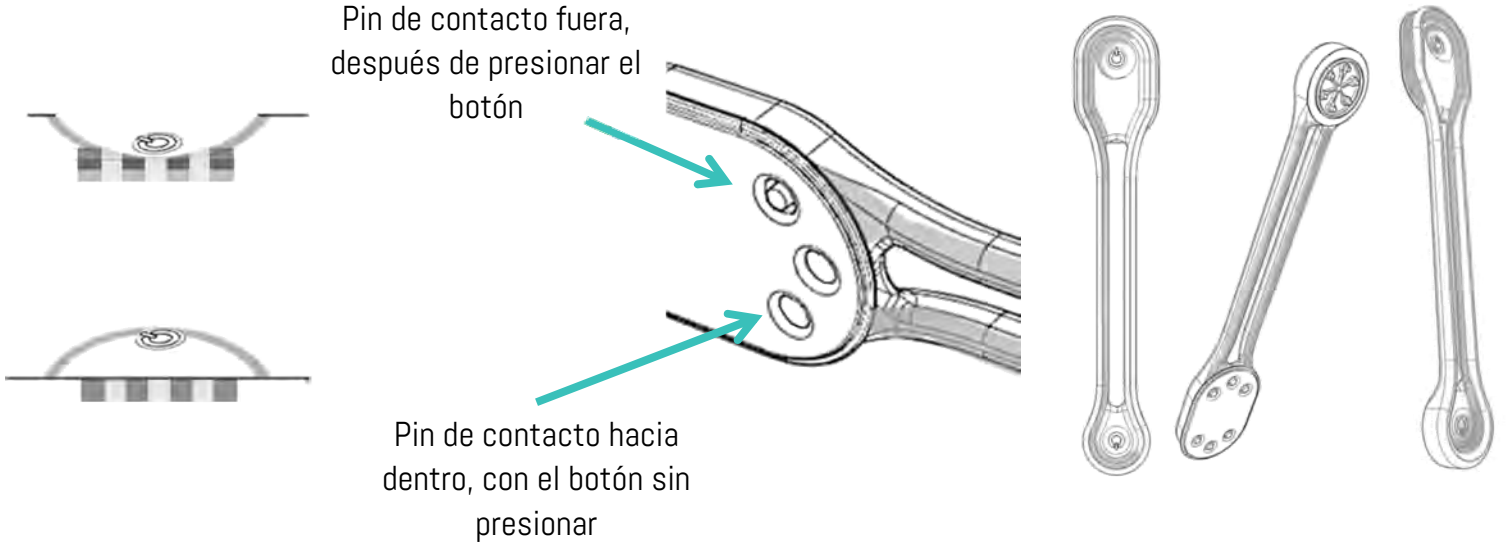


Figura 117

Dedales

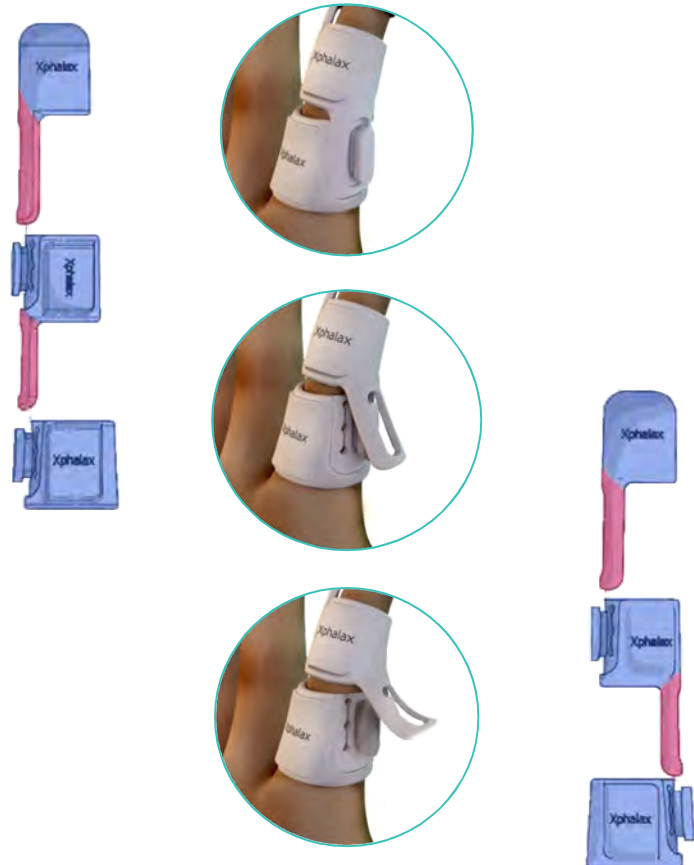


Figura 118

ZONAS RÍGIDAS Y ZONAS FLEXIBLES

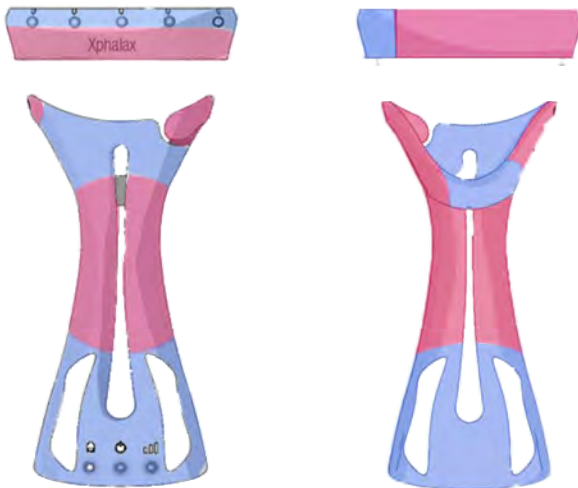
Dedales



Los elementos flexibles de las terminales usaran alambre de nitinol para adquirir la forma natural de la mano sin interrumpir la transmisión de datos, ya que este material es muy flexible al aplicarle calor sin embargo, sí se le pasa corriente eléctrica automáticamente empieza a trabajar para regresar a su forma original.

El nitinol es un material muy fuerte incluso cuando sólo tiene 0.7 mm de diámetro. La fuerza se duplica al estar diseñado ida y vuelta en cada dedal y estructura de las terminales.

Terminal 1 v 2

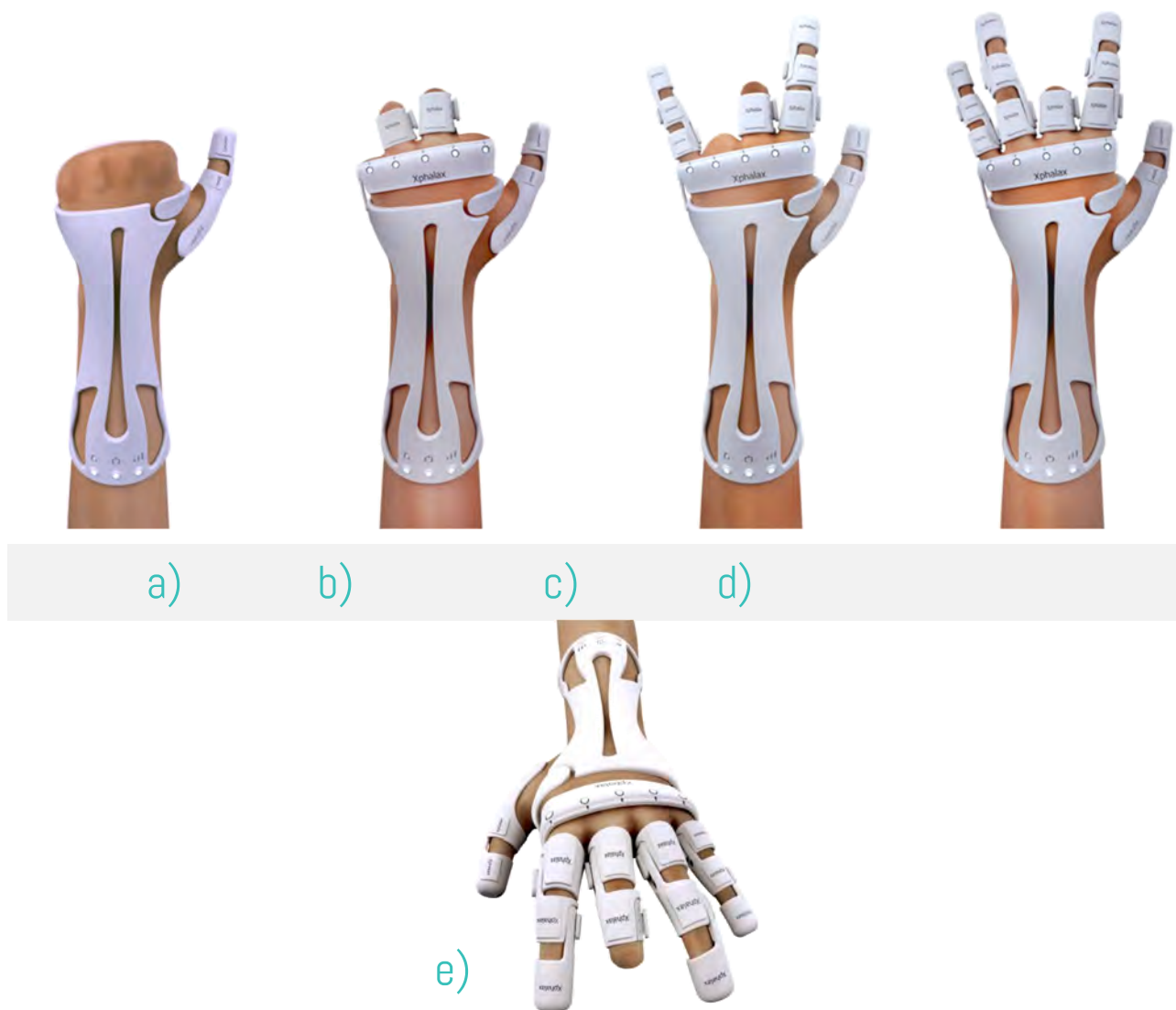


Por su efectividad es actualmente usado productos médicos como frenos dentales, o en ortopedia.



Escenarios de uso

Figura 120



ESCENARIOS DE USO SEGÚN TIPO DE AMPUTACIÓN Y TIPO DE PACIENTE.

- a) Paciente sólo con pulgar
- b) Paciente con primeras falanges (falanges proximales)
- c) Paciente sin algún dedo y con otro dedo amputado parcialmente.
- d) Paciente con amputación de dos falanges, en un solo dedo.
- e) Amputación de una sola falange (falange distal o tercer falange)

Figura 121

MODULARIDAD DE ELEMENTOS

Al encontrar que existen decenas de variaciones según tipo de cicatrización, flexibilidad y capacidad motriz en cada paciente, se determinaron dos juegos de piezas intercambiables para la mano izquierda y derecha, a manera que pudieran funcionar en los diferentes escenarios y situaciones según se requiriera.

DEDALES EN DOS DIRECCIONES

La disposición de dedales en dirección de zigzag es una herramienta para ofrecer mayor comodidad al paciente, según lo identifique el experto a cargo o la flexibilidad, tolerancia interfalángicas y tipo de cicatrización lo permita. (Figura 122)

DEDALES EN UNA SOLA DIRECCIÓN

El uso de dedales en una sola dirección, responde a un paciente que no tenga problema en separar ninguno de sus dedos o muñones entre sí; además de que el dedal de la falange distal y el de la falange proximal pueden utilizarse en caso de la inexistencia de la tercera falange. (Figura 123)

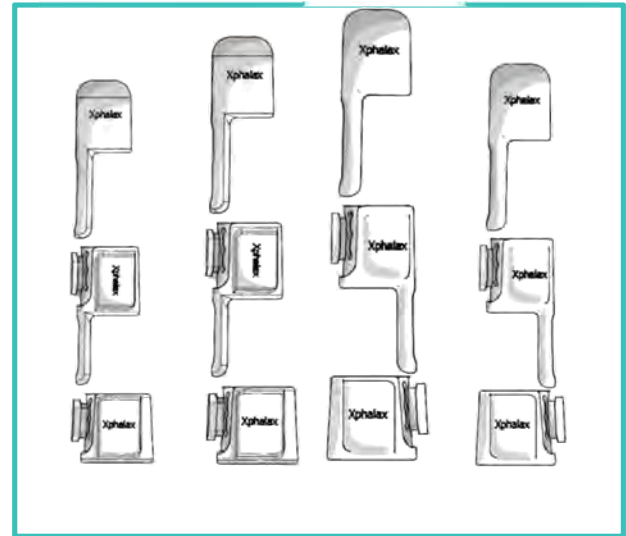


Figura 122. Dedales en dos direcciones

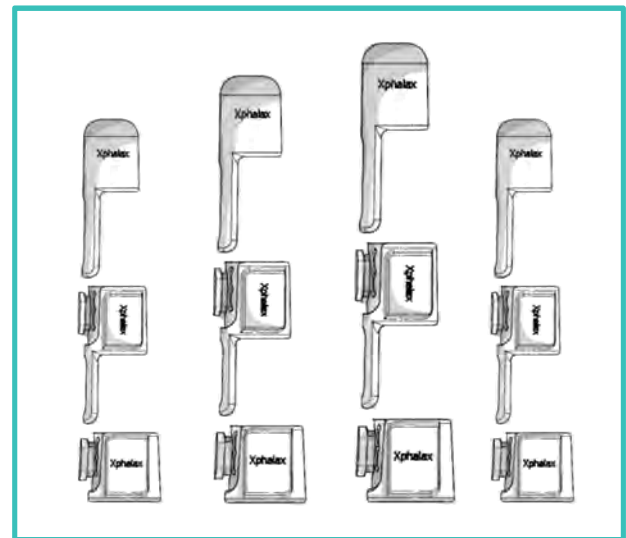


Figura 123. Dedales en dirección continua

COMPONENTES MODULARES - DEDALES SITUACIÓN QUELOIDE

La modularidad de los componentes y las dos variantes en la disposición de elementos permiten que en el desafortunado suceso de que la cicatrización del paciente sea queiloide, después de haber perdido la tercera falange, se pueda adecuar el sistema de las dos primeras falanges, sin embargo se ve restringida la respuesta háptica del motor de vibración (figura 124).

COMPONENTES MODULARES- DEDALES CICATRIZACIÓN UNIFORME

Por otra parte, si la cicatrización se lleva sin ningún problema y el muñón adopta la forma curva natural, podrá implementarse el uso del dedal de la tercera falange y de la primera falange, según se muestra en la figura 124

Cabe aclarar que la disposición del dispositivo, deberá ser evaluada por el especialista, para disponer de él cuando la

cicatrización y salud del paciente lo permitan.

La conexión de los dedos genera un delgado espesor de 3mm, sin embargo, existen casos en los que el paciente no tiene la disposición suficiente en los



Figura 124

espacios entre falanges para colocar el dedal, por lo que existe esta otra variante de uso, con el fin de brindar la mayor comodidad al paciente posible.

SECUENCIAS DE USO

La secuencia de uso del dispositivo se presenta por terminales (manopla y nudillos), disposición y acomodo de dedos y por último la conexión de los

extensibles a los diferentes sistemas.

La secuencia de disposición y acomodo de dedos es por medio de la inserción del elemento y de su sujeción la cual se realiza por presión del elemento flexible, tal como se muestra en la figura 125.

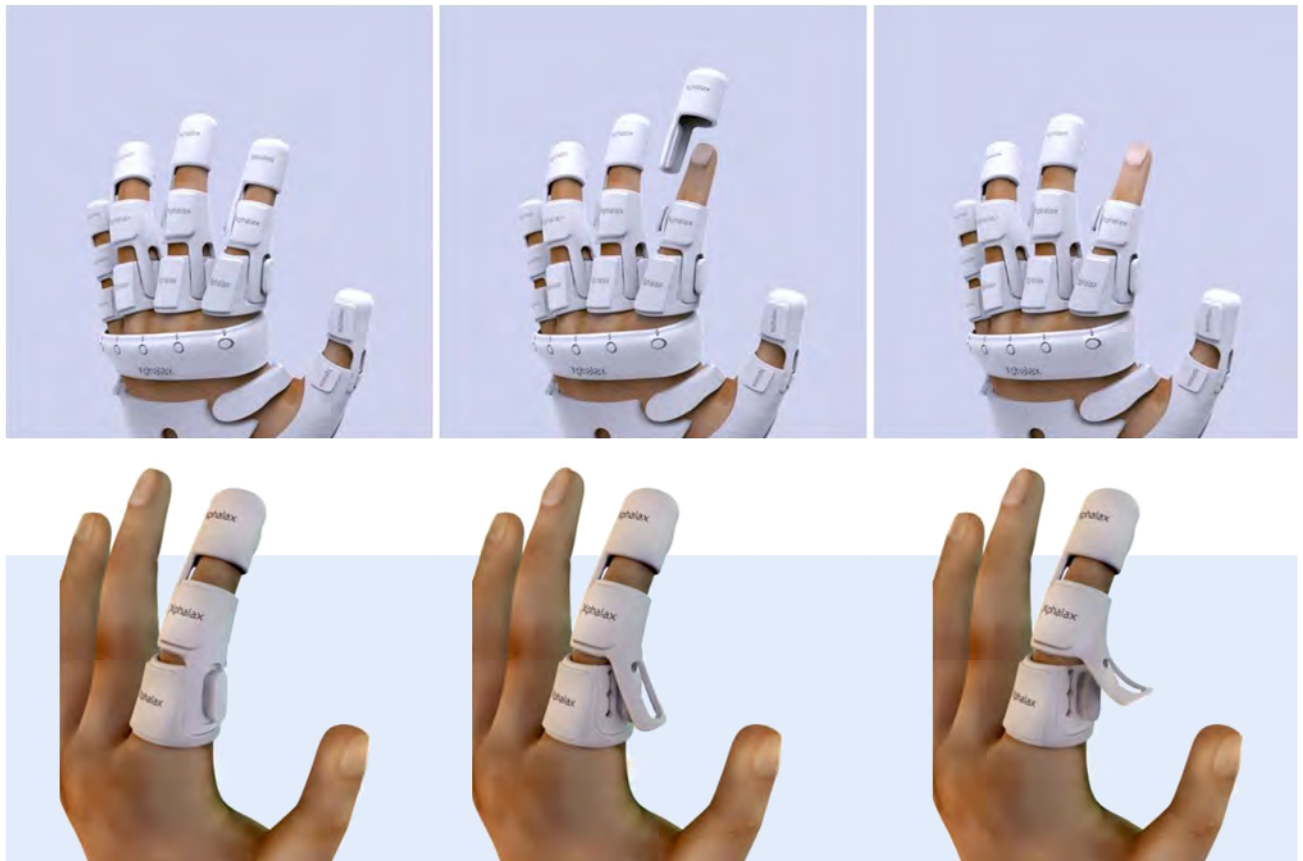


Figura 125

EXTENSIBLE

La disposición del extensible en las terminales del pulgar y nudillos se crean gracias a que estos son elementos sumamente flexibles por el tipo de material con el que se fabrican y por la forma horadada que tienen.

Solo hace falta presionar los botones que tienen para que los pines salgan y hagan contacto

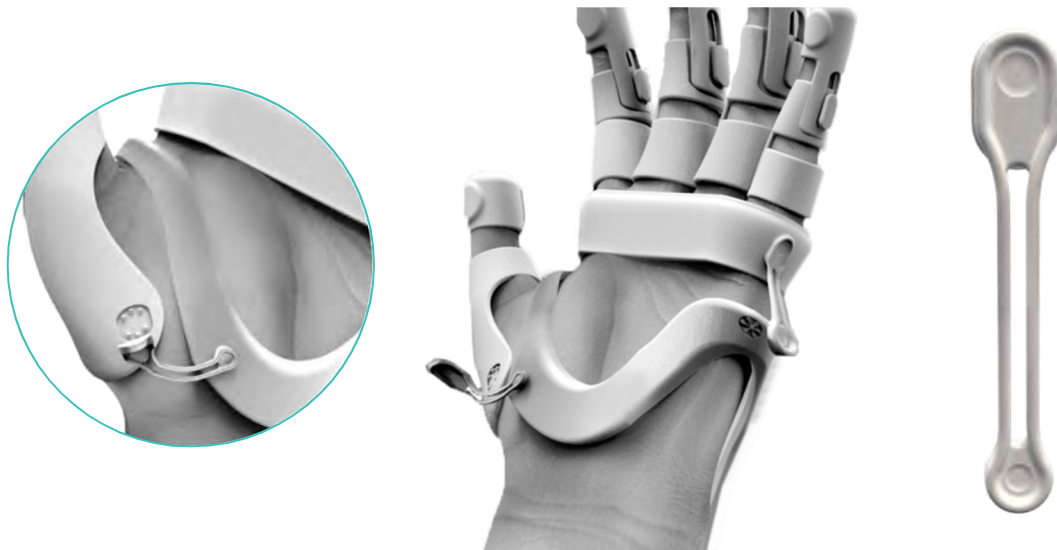


Figura.126 Disposición del extensible en las terminales del pulgar y nudillos



Fig.127 Ejemplos de disposición y acomodo del extensible

Terminal 2

Debido a que se trata de un elemento semiflexible se puede terminar de amoldar a la mano del paciente, pues la argolla que rodea la zona palmar, está constituida por un largo elemento flexible que permite la colocación moldeable del elemento sin resultar invasivo. (Figura 128)

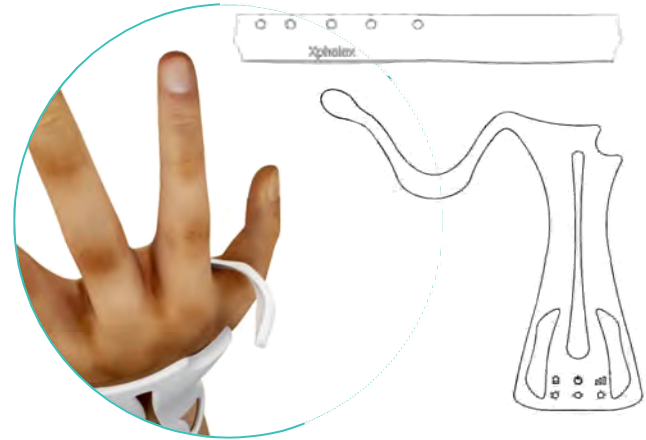


Fig.128 Secuencia de disposición y acomodación de la terminal 2

DISTRIBUCIÓN DE ALAMBRE DE NITINOL

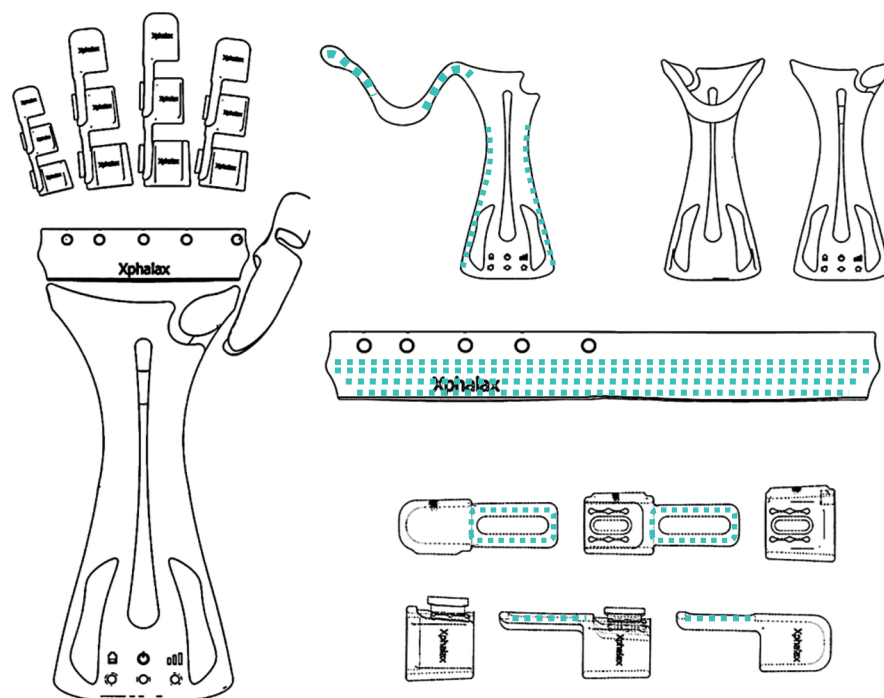


Figura 129 Esquema de distribución de nitinol

DISTRIBUCIÓN DE SENSORES Y MOTORES DE VIBRACIÓN

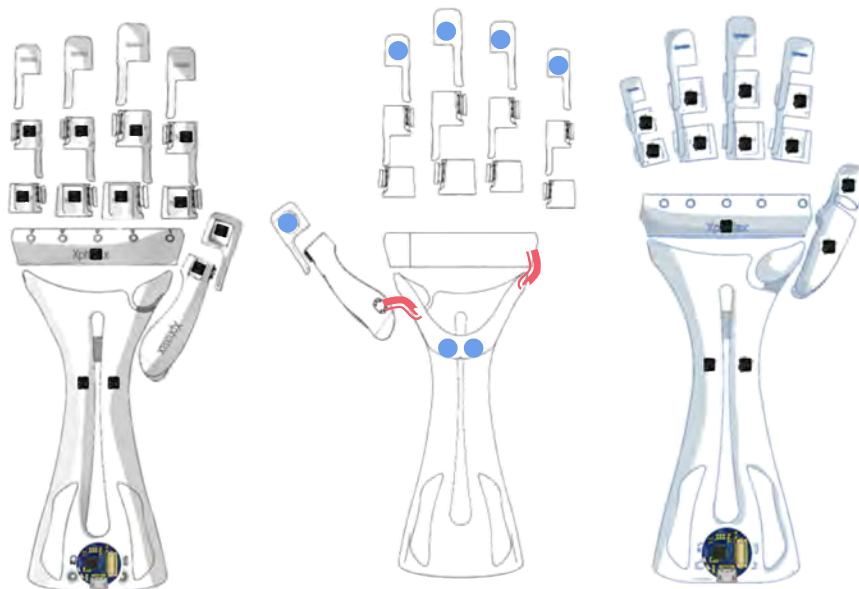
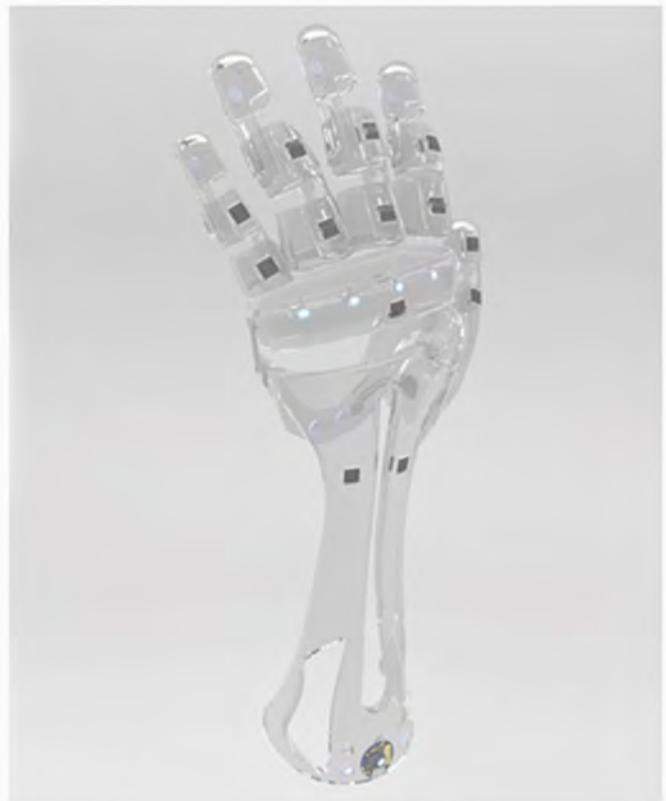


Figura 130 Esquema de distribución de los elementos de electrónica



Distribución electrónica

Figura 131



Programa de Seguimiento

Figura 132

Hoy en día cuando el celular ya es parte de la vida cotidiana de todos, accediendo a la aplicación se podrá consultar Xphalax

La configuración tecnológica va ligada al concepto de la página en línea, la cual contará con elementos de accesibilidad, tales como respuestas remotas y códigos de identificación de la página.

Existe la posibilidad de cambiar de idioma, a inglés o español, además los elementos y la combinación de materiales

y texturas en la página permiten que se cree un ambiente agradable con la menor cantidad de elementos posibles, para evitar confusiones.

El software contará con un indicador de clickeo, el cual al ser iniciado por el médico tendrá un color rojizo, mientras que el cursor usado por el paciente será blanco, lo cual ayudará a identificar qué usuario está manipulando el software y mostrará el listado de actividades para ejercitarse.



Figura 133. Propuestas de visualización del software en dispositivos móviles (responsable)

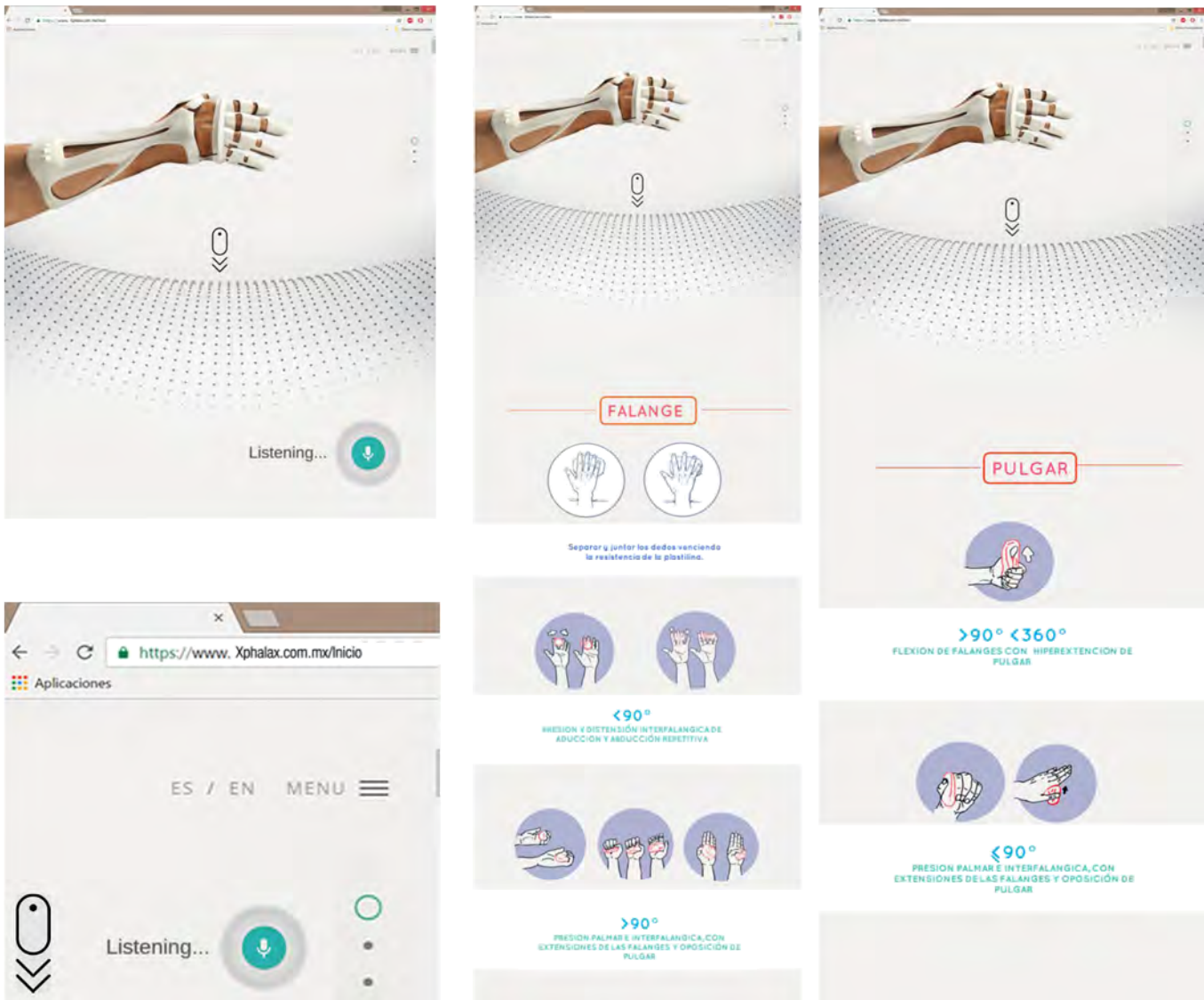


Figura 134. Indicadores, elementos y códigos de color y accesibilidad en el programa de seguimiento



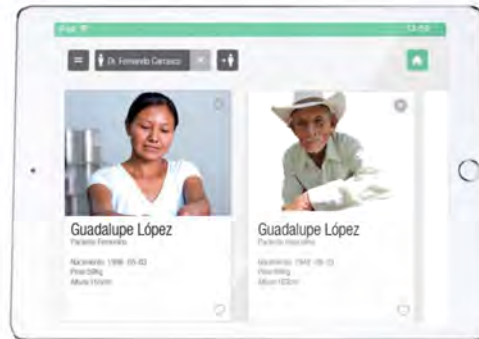
USUARIO Y CONTRASEÑA

Introducir nombre de usuario y contraseña para acceder a la aplicación.



NUEVO PACIENTE

A través de este icono accedemos a introducir la ficha de un nuevo paciente.



Esquema de simulador de seguimiento versión de nuevo paciente



SELECCIONAR LESIÓN

Seleccionamos el tipo de lesión dentro del listado.



ESCANEAR ZONA AFECTADA

Con la opción *ESCANEO*, empezamos el proceso de escaneo de la zona afectada.

Esquema de simulador de seguimiento versión de escaneo y selección de lesión

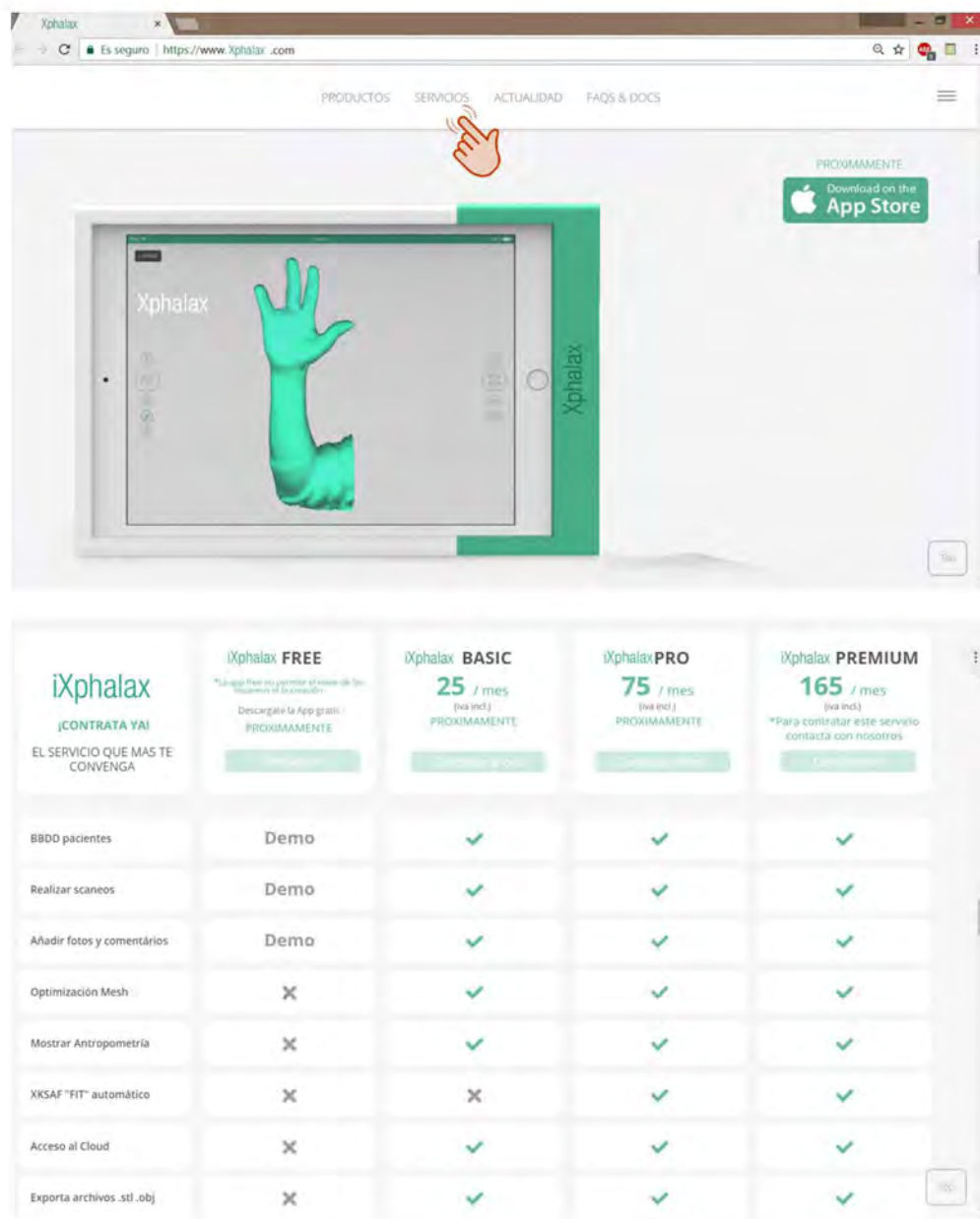


Figura 136. Esquema de simulador de seguimiento versión de nuevo sistema de modalidad y plan de pago

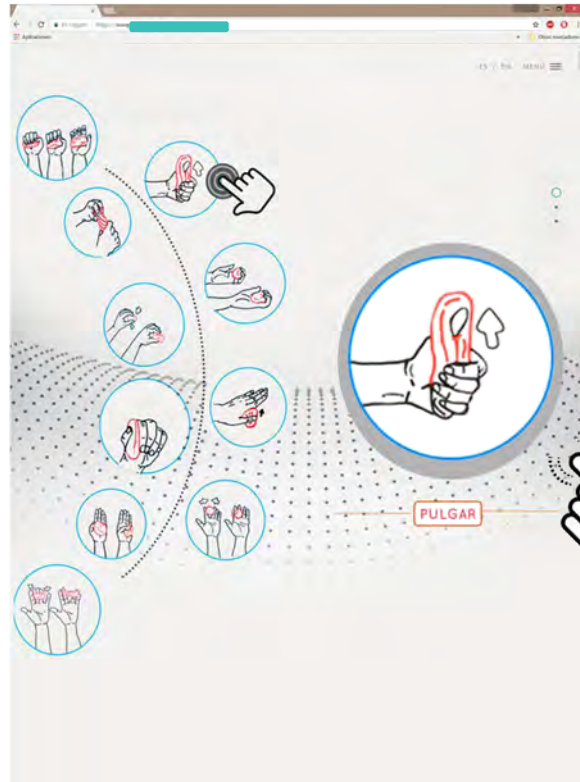


Figura 137 Esquema del simulador de seguimiento versión de selección de tratamiento por el paciente

EXPERIENCIAS Y RETOS DE DISEÑO

Se presentaron diversas complicaciones de carácter conceptual y técnico, por ejemplo la miniaturización del sensor y la determinación de la arquitectura eléctrica y electrónica del sistema; lo cual derivó en que me viera obligada a tomar un curso de arduino (microprocesadores y micro controladores) en la DGTIC (Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM) bajo la asesoría de Araceli Casas, y la asesoría de dos amigos mecatrónicos, César Alonso Montejano y Abisaí de la Rosa Gudiño, para poder complementar esa parte del proyecto.

La generación de prototipos fue un gran reto, pues fue preciso validar los mismos con especialistas médicos, en particular con el Dr. José Guadalupe para concretar las decisiones finales del diseño.

CONCLUSIÓN DEL PROYECTO

Al concluir este proyecto me alegro del conocimiento que he adquirido sobre ingeniería, robótica, tecnología y medicina, pues han generado en mi un nuevo enfoque para la generación de ideas estratégicas y temáticas para abordar.

En lo presente a la siguiente tesis he de aclarar que mi postura sobre la construcción y diseño de un proyecto para sustituir extremidades y recuperar movilidad, debería estar ligada a la prescripción médica y argumentada por el mismo gremio. Pues desde mi perspectiva se ha lucrado con el uso injustificado de prótesis fabricadas en impresión 3D.

Este proyecto no pretende sustituir al humano capacitado para las labores médicas y de rehabilitación, sino por el contrario ayudar a facilitar su tarea y atender a los pacientes que lo requieran.

Por otro lado el proceso desde el que se abordó el proyecto, previo a la implementación de caracteres estéticos y de producción, significativamente se diferenciaron de la metodología tradicional educativa, hasta entonces para mí, debido a que el trabajo multidisciplinario no es lineal, sobre todo cuando el material técnico sigue en desarrollo. Razón que considero el primer factor de desarrollo de un proyecto tan largo e integral como el presente.

A través de la investigación generada para este dispositivo, se puede visualizar la ventaja competitiva de que este instrumento sólo requiere de un usuario con la voluntad y fuerza suficiente para flexionar sus músculos y operar el dispositivo, ya se trata de un elemento no invasivo y pasivo, el cual he de aclarar que sin el software podría no tener la importancia descrita anteriormente.

Este dispositivo solo requiere de un usuario con articulaciones sanas y con movilidad en la zona afectada, la cual podrá ser intervenida según los miembros existentes.

El aspecto de modularidad en las falanges es de los principales aportes pues a pesar de que existen dispositivos en estado de prototipo y alámbricos, no existe dispositivo tan ambicioso como este, debido a que sus semejantes implican la existencia de un miembro de cinco dedos lo cual como se describió, puede resultar en un recordatorio constante de la pérdida.

Otra es la independencia del paciente respecto al sistema tradicional de espera en el sector salud (*triage*), así como como de los cables de conexión y alimentación.

Sin embargo a pesar de todas las virtudes descritas, el proyecto tiene que considerar algunas mejoras, tales como la

comunicación entre los segmentos modulares de las falanges y de la terminal en los nudillos, la cual pueda plantearse a futuro completamente vía inalámbrica (*wireless*), por medio de tecnologías como lo es la transmisión de datos *bluetooth* *wifi* o *lifi*.

Por otro lado el aspecto de producción de impresión 3D alimentada por diferentes tipos de extrusores y materiales tendría que automatizarse y mejorar los tiempos de producción, pues a nivel de prototipo existen muchas desventajas, principalmente en esos ámbitos.

Además que los prototipos o impresiones caseras incrementan el peso total del dispositivo debido a que los elementos electrónicos y sistema de alimentación dependen hasta el día de hoy de piezas comerciales. No obstante sí se lograra que la electrónica fuera impresa en PCB's, se lograrían disminuir aún más los factores de peso y maniobra.

Debido a que la reducción del peso descrito en la fase experimental y de prototipado arrojó puntos de mejora para la usabilidad del dispositivo, por otra parte se tiene por desventaja el costo de producción.

Otro aspecto de mejora es la respuesta háptica del dispositivo, ya que pudiera transmitir impulsos electromagnéticos para la estimulación activa del miembro.

Por ultimo creo que es importante desarrollar proyectos multidisciplinarios que aborden retos a los compañeros de diseño bajo minutas que establezcan alcances factibles y compartidos, con el fin que los procesos y etapas de desarrollo sean compartidas y no se generen proyectos tan largos.

Agradezco a todos los colaboradores por su tiempo y empeño al proyecto y espero haya sido de su agrado.

Descubrimientos de la investigación y el proyecto por área de oportunidades

ERGONOMIA

La rehabilitación de manos requiere de un paciente con articulaciones sanas.

Artrosis, traumatismos osteomusculares vs. Monitoreo en padecimientos de párkinson

Actualmente el paciente se adapta al objeto (prótesis) y no viceversa.

Rehabilitación con objetos virtuales: Rehabilitación gamemificada

Necesidad psicológica de material desechable en productos médicos

Rehabilitación por niveles y elementos de respuesta

Los sistemas de conexión entre elementos de precisión implican acciones de pinza (pulgar y otro dedo)

El paciente tiene miedo al dolor post-trauma y cualquier objeto que aparente ser invasivo

Indispensable ejercitarse para alcanzar el Nivel de movilidad para realizar los ejercicios y ser candidato a prótesis

Actualmente el paciente se adapta al objeto (prótesis) y no en viceversa

Figura 138. Ergonomía



Figura 139. Función



Figura 140. Producción



Figura 141. Estética



Anexos

DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS

La función de la mano se puede analizar mejor cuando es dividida en partes, aunque es algo meramente didáctico y artificial, permitiendo una mejor comprensión en la actividad de la mano como una unidad.

Se tornó necesario considerar el estudio recabado sobre aspectos Biométricos de la Mano de Individuos Chilenos, publicado en International Journal of Morphology para realizar las medidas del proyecto.

Este estudio muestreó 1.196 manos, pertenecientes a (267 hombres y 331 mujeres) de edad entre 18 y 65 años.

Cada paciente fue sometido a un examen antropométrico general y uno específico de la mano. Las variables consideradas fueron las siguientes: longitud de la mano, ancho de la mano, longitud de los dedos, longitud del sector de las falanges.

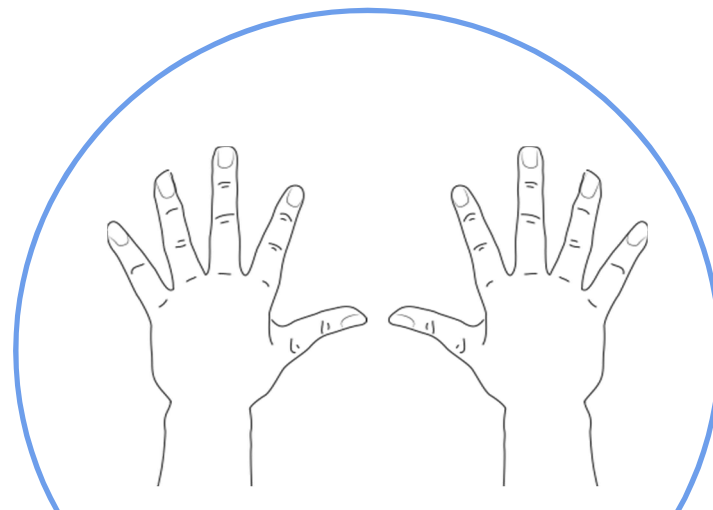
Las variables se estudiaron de acuerdo a sexo y edad.

Parte de los resultados fueron los siguientes:

En el sexo masculino la longitud promedio de la mano derecha fue de 184,9 mm y de la izquierda de 185,6; en el sexo femenino fue de 167,6 mm en el lado derecho y de 168,9 en el izquierdo.

Con respecto a la longitud de los dedos en el sexo masculino, considerando la sumatoria de los promedios obtenidos para cada sector de las falanges correspondientes, los promedios fueron:

DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS



Izquierda

Pulgar 72,4 mm
Índice, 104,5 mm
Medio 114,6 mm
Anular 108,9 mm
Meñique 88,4 mm



Derecha

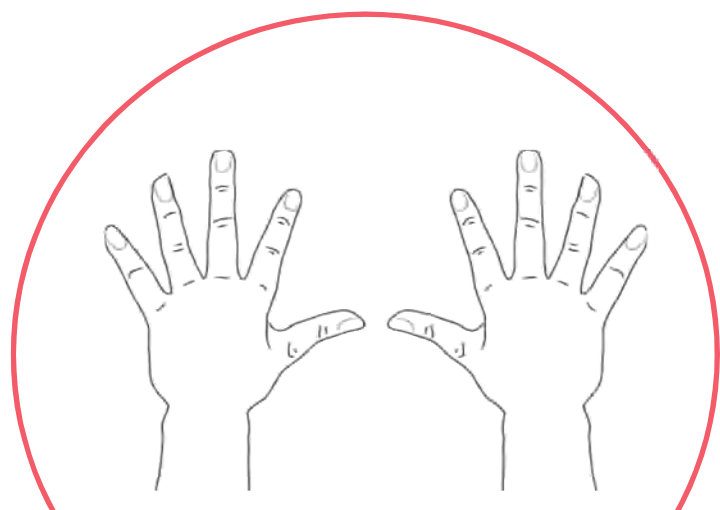
Pulgar, 72,5 mm
Índice, 104,2 mm
Medio, 115 mm
Anular, 109,1 mm
Meñique 88,5 mm

Consultar la información general en:

https://www.researchgate.net/publication/262715372_Aspectos_Biometricos_de_la_Mano_de_Individuos_Chilenos

Figura A1

DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS



Izquierda

Pulgar 62,6 mm
Índice, 90,7 mm
Medio 99,2 mm
Anular 94,2 mm
Meñique 75,9 mm



Derecha

Pulgar, 63,5 mm
Índice, 91 mm
Medio, 100,4 mm
Anular, 94,4 mm
Meñique 75,8 mm

Consultar la información general en:

https://www.researchgate.net/publication/262715372_Aspectos_Biometricos_de_la_Mano_de_Individuos_Chilenos

Figura A2

Figura en Anexos. Programa de terapia del IMSSS Material recuperado del hospital Magdalena

ENTERRAR EL PULGAR, Y JALAR HACIA ABAJO

CON LA PALMA HACIA ABAJO, APRETAR LA MASA CON EL PULGAR Y SUBIR Y BAJAR

CORTAR PEDAZOS CON LAS PARTES LATERALES DE CADA DEDO Y EL PULGAR

CORTAR PEDACITOS CON LAS PUNTAS DE LOS DEDOS Y HACER BOLITAS Y CONTAR CON LOS DEDOS

ENTERRAR CADA DEDO CON EL PULGAR JUNTANDO LAS UÑAS Y JALAR HACIA AFUERA

PERFORAR HASTA JUNTAR LAS YEMAS DE LOS DEDOS

CACHAR CON LA MANO APRETANDO. CACHAR CON LAS DOS MANOS APRETANDO

HACER UN CUCURUCHO PARANDO. HACER UN CUCURUCHO Y ARRANCAR

PLANTA DE REPRODUCCIONES GRAFICAS/IMSS

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

ILUSTRACIONES: PLANTA DE REPRODUCCIONES GRAFICAS/IMSS
ALVARO ESPINOSA NAVARRO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UMAE "MAGDALENA DE LAS SALINAS"
UNIDAD DE MEDICINA FISICA Y REHABILITACION
REGION NORTE

PROGRAMA DE TERAPIA PARA LOS DEDOS DE LAS MANOS

UNIDAD CERTIFICADA POR EL CONSEJO DE SALUBRIDAD GENERAL

Figura en Anexos. Programa de terapia del IMSSS Material recuperado

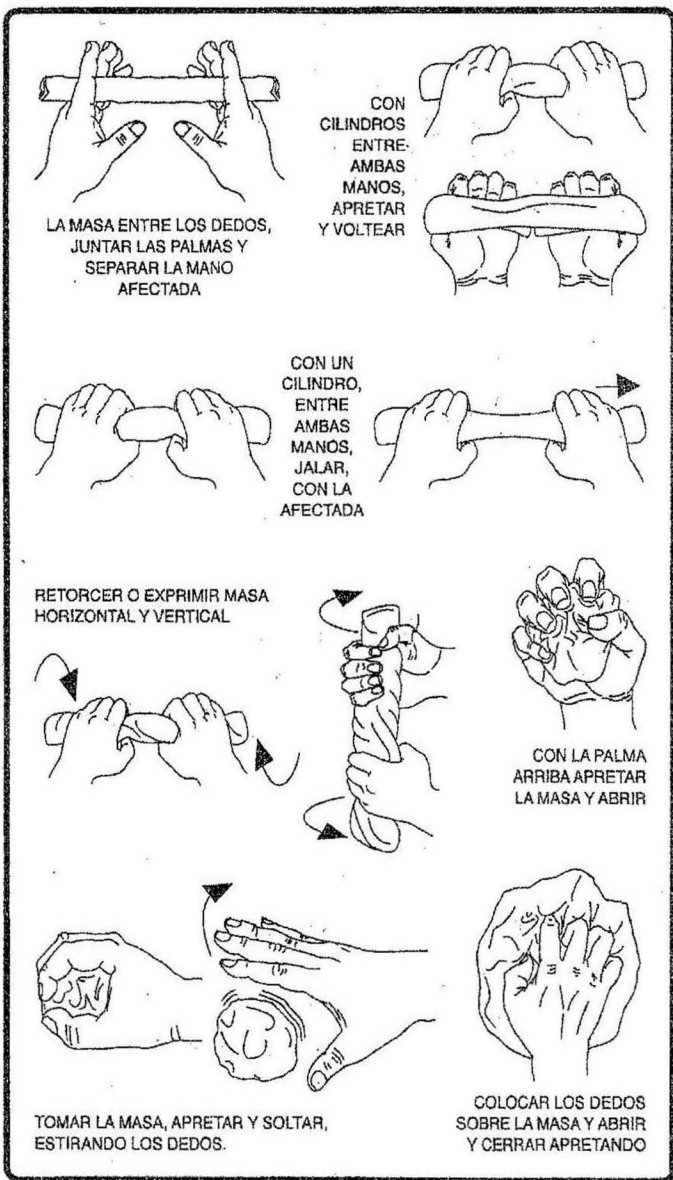


Figura en Anexos. Programa de terapia del IMSSS Material recuperado





Terminal 2 y falanges

Material Fotográfico

Los movimientos que se realizaron con cada uno de los prototipos cumplían el protocolo de una sesión de reeducación manual.

Figura en Anexos de prototipos Material Fotográfico



Terminal 2 y falanges Material Fotográfico

razón principal de prueba: conexión y forma para dedales y centro de control

Material de prueba: estireno y tubo de acrílico termoformado.

Número de configuraciones obtenidas: 3

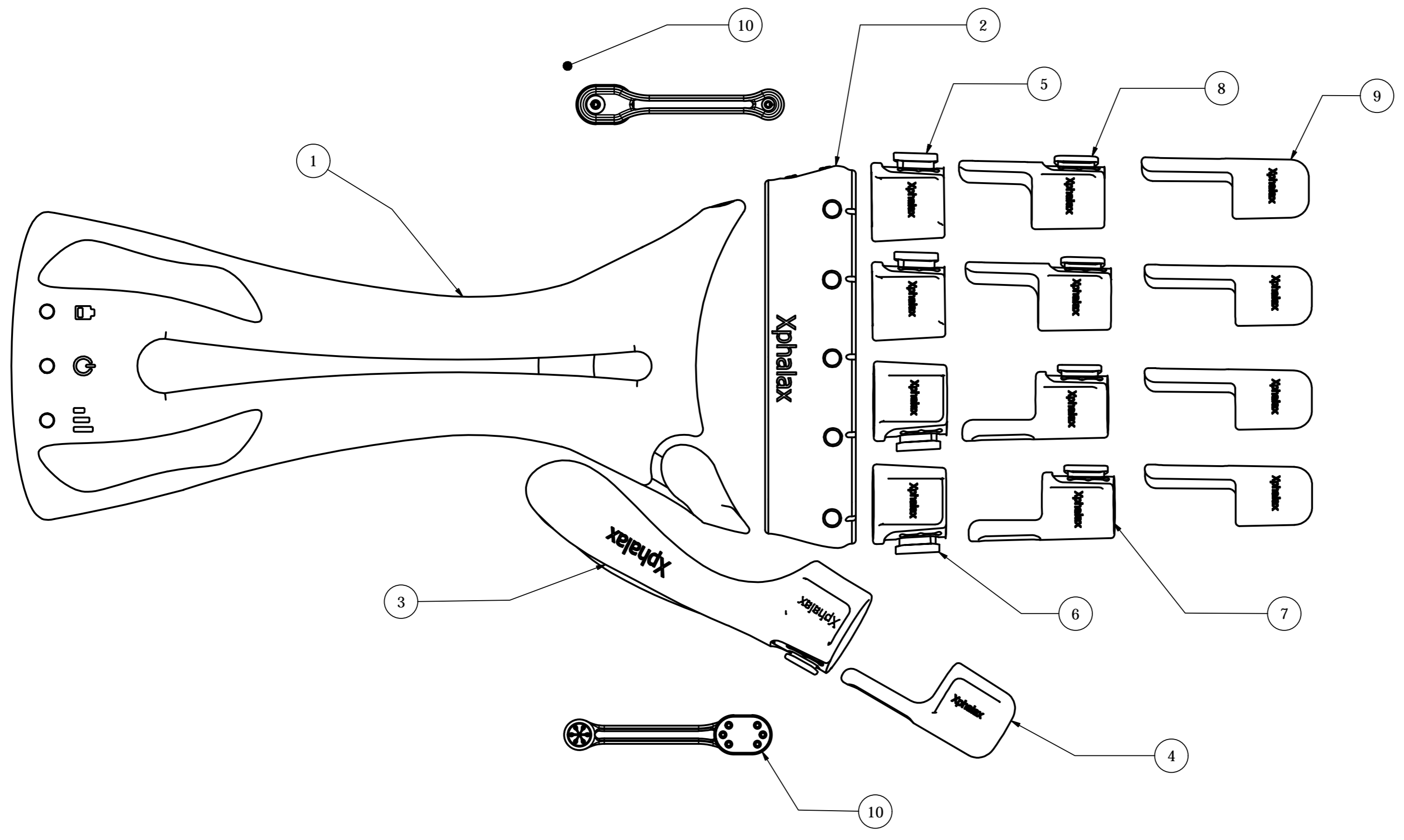
Figura en Anexos de prototipos Material Fotográfico D de prototipos para



Falanges Material Fotográfico

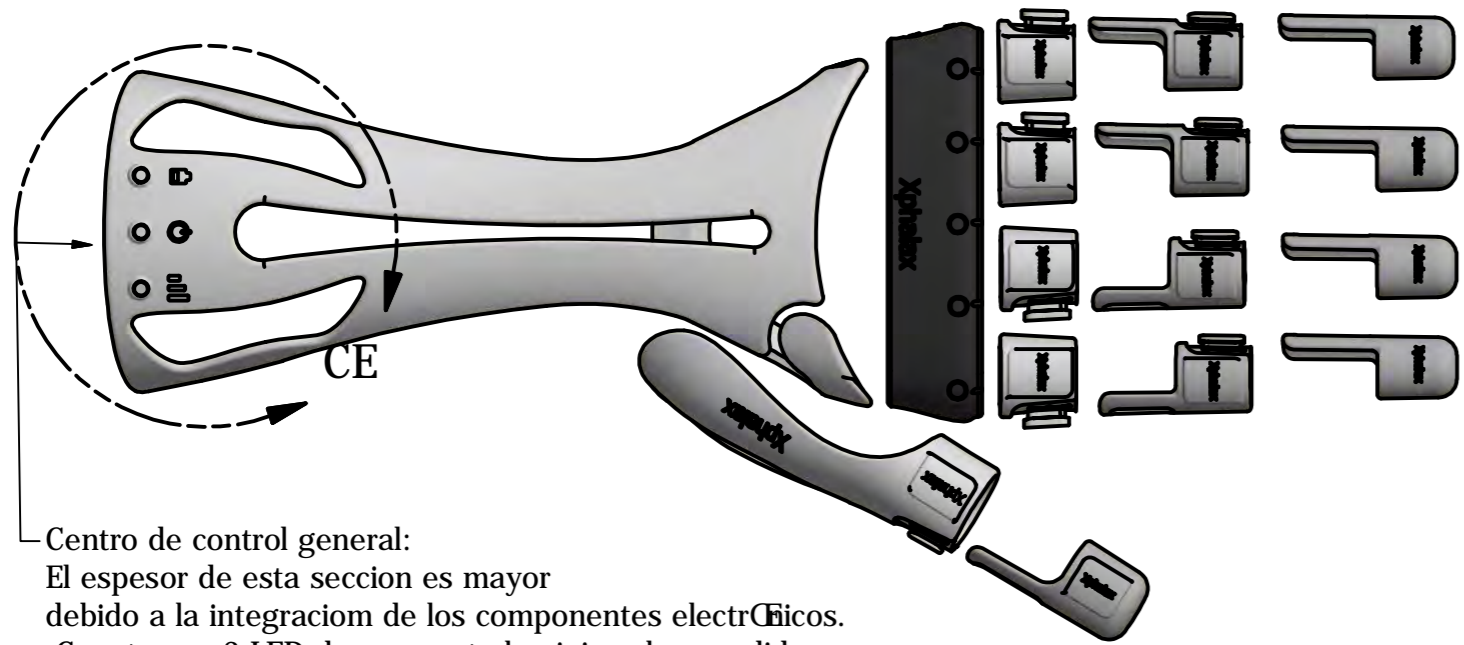


Planos



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	terminal 2	Terminal de control de datos, señal y alimentación
2	1	terminal 1 (nudillos)	Terminal de recepción de datos de los dedos
3	1	Dedal de pulgar falange proximal	Dedal del pulgar
4	1	Dedal de pulgar alange distal	dedal que comunica a la manopla por extensible
5	2	Dedal dedo medio alange proximal_izq	
7	2	dedal falange media, orientacion derecha	
6	2	dedal falange proximal orientacion derecha	
8	2	dedal falange media, orientacion izquierda	
9	4	dedal falange distal	dedal unilateral, factible a usarse sin disponer del dedal de la falange media en caso de perdida de falange distal

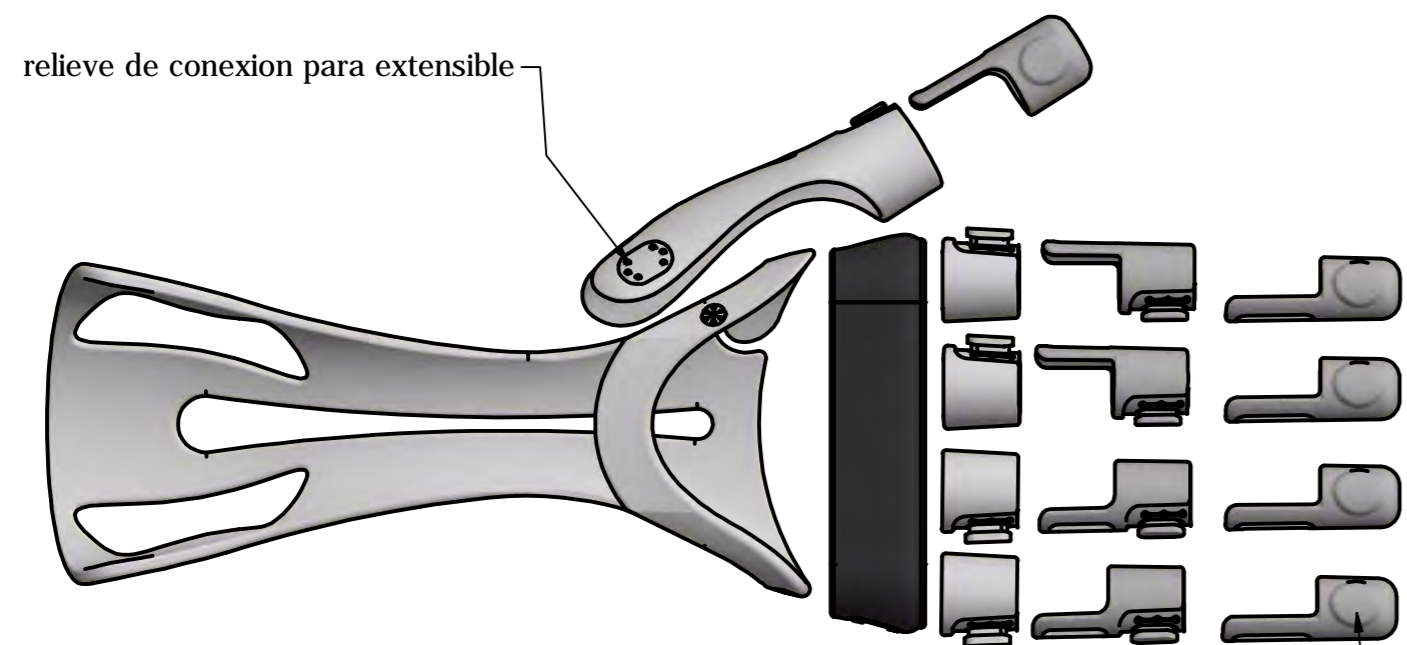
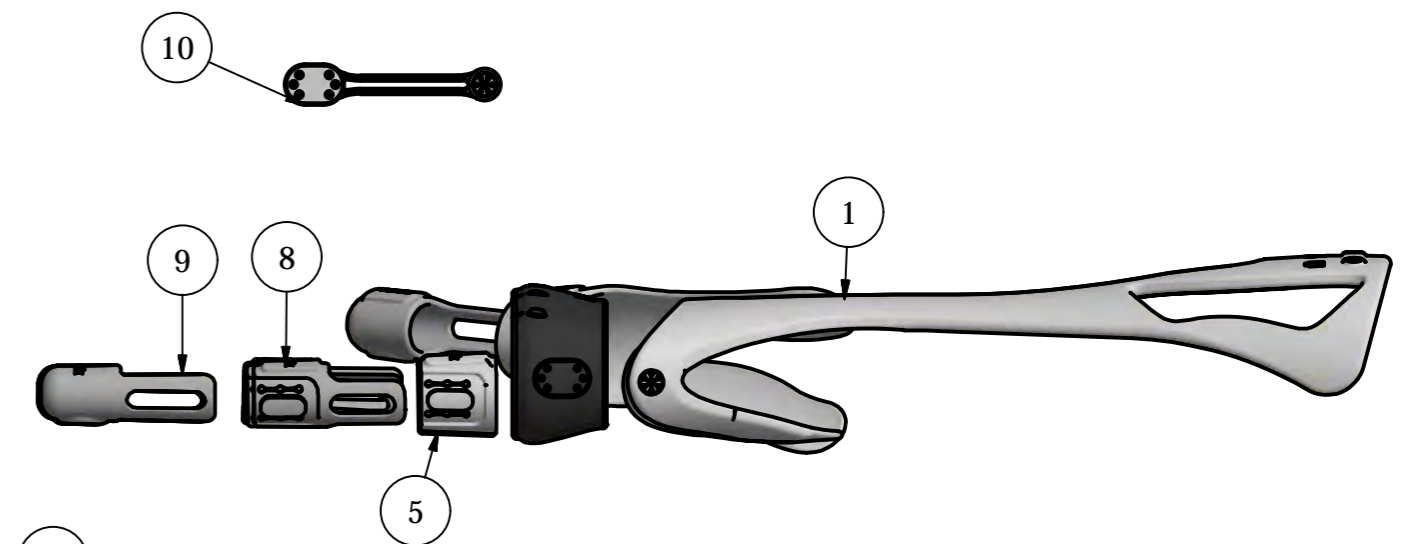
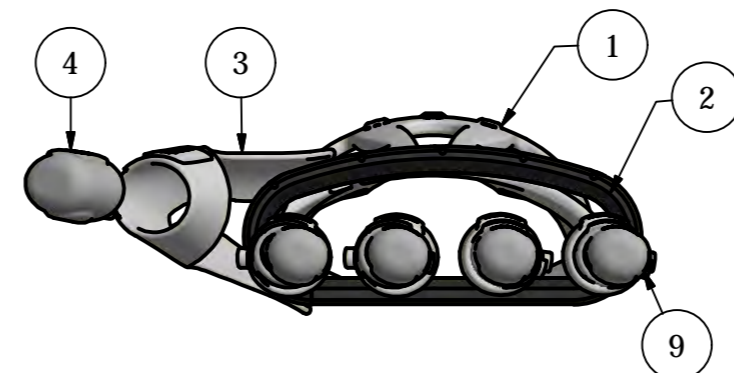
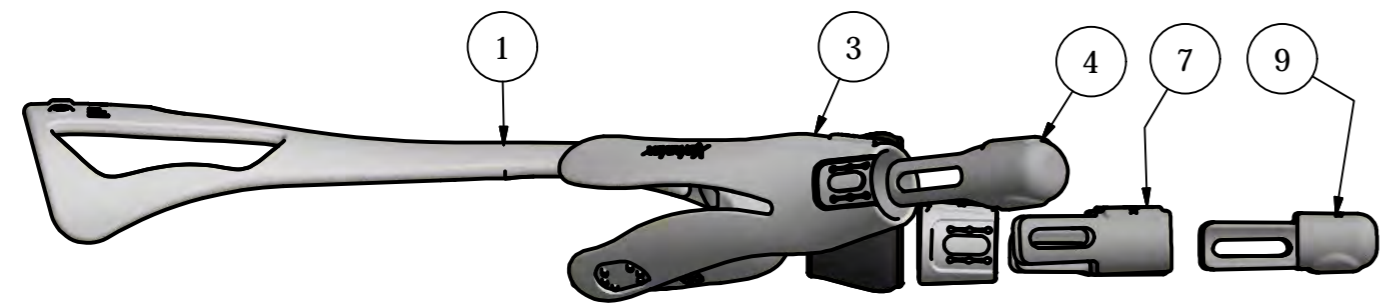
Autor Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción Estructura anatómica a la mano del paciente, determinado por talla en rangos de CH, M y G.	Proyecto planos exoesqueleto haptico modular
Pieza comercial ninguna, piezas electronicas manufacturadas en china	Pieza A2
ESCALA mm	TAMAÑO Hoja 1 de 9



Centro de control general:
El espesor de esta seccion es mayor
debido a la integraci3n de los componentes electr3nicos.
Cuenta con 3 LED de respuesta l3minica al encendido
y conexi3n segura y transmisi3n de datos



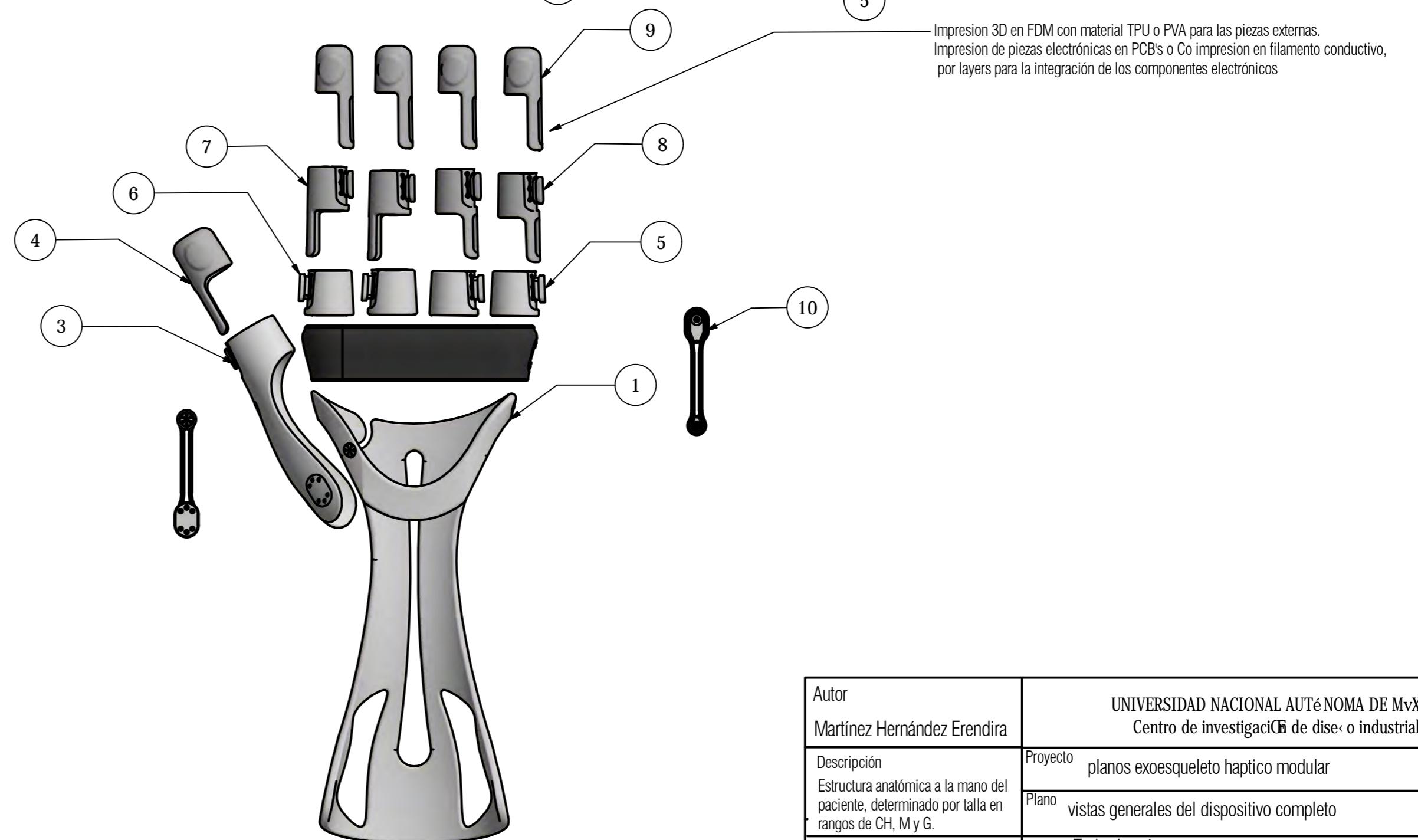
Detalle CE
Secci3n de mayor espesor



relieve de conexi3n para extensible

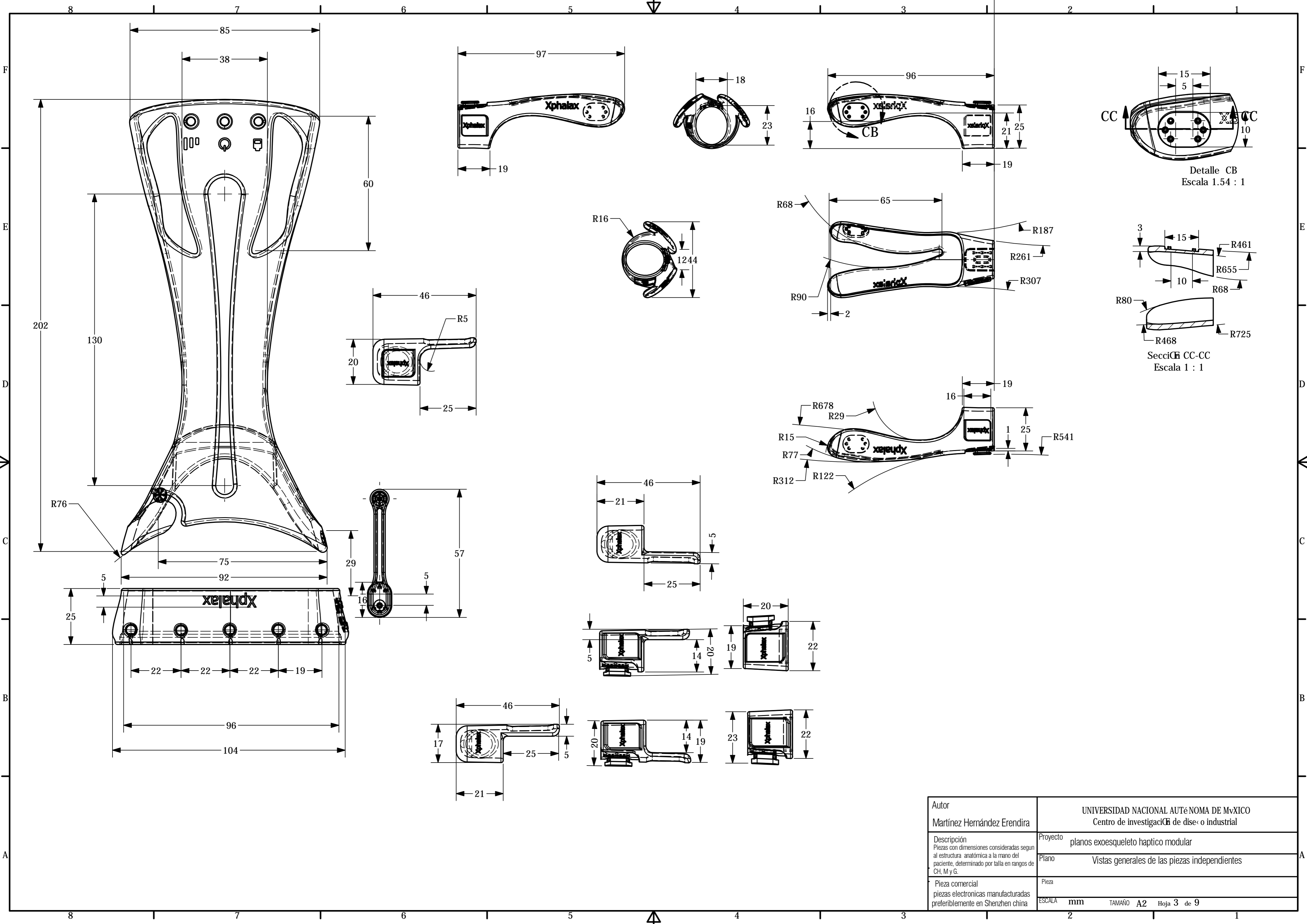
Vista palmar

Visualizaci3n de relieves
para integraci3n de conexiones
y motores de vibraci3n (respuesta hzptica)



Impresion 3D en FDM con material TPU o PVA para las piezas externas.
Impresion de piezas electr3nicas en PCB's o Co impresion en filamento conductivo,
por layers para la integraci3n de los componentes electr3nicos

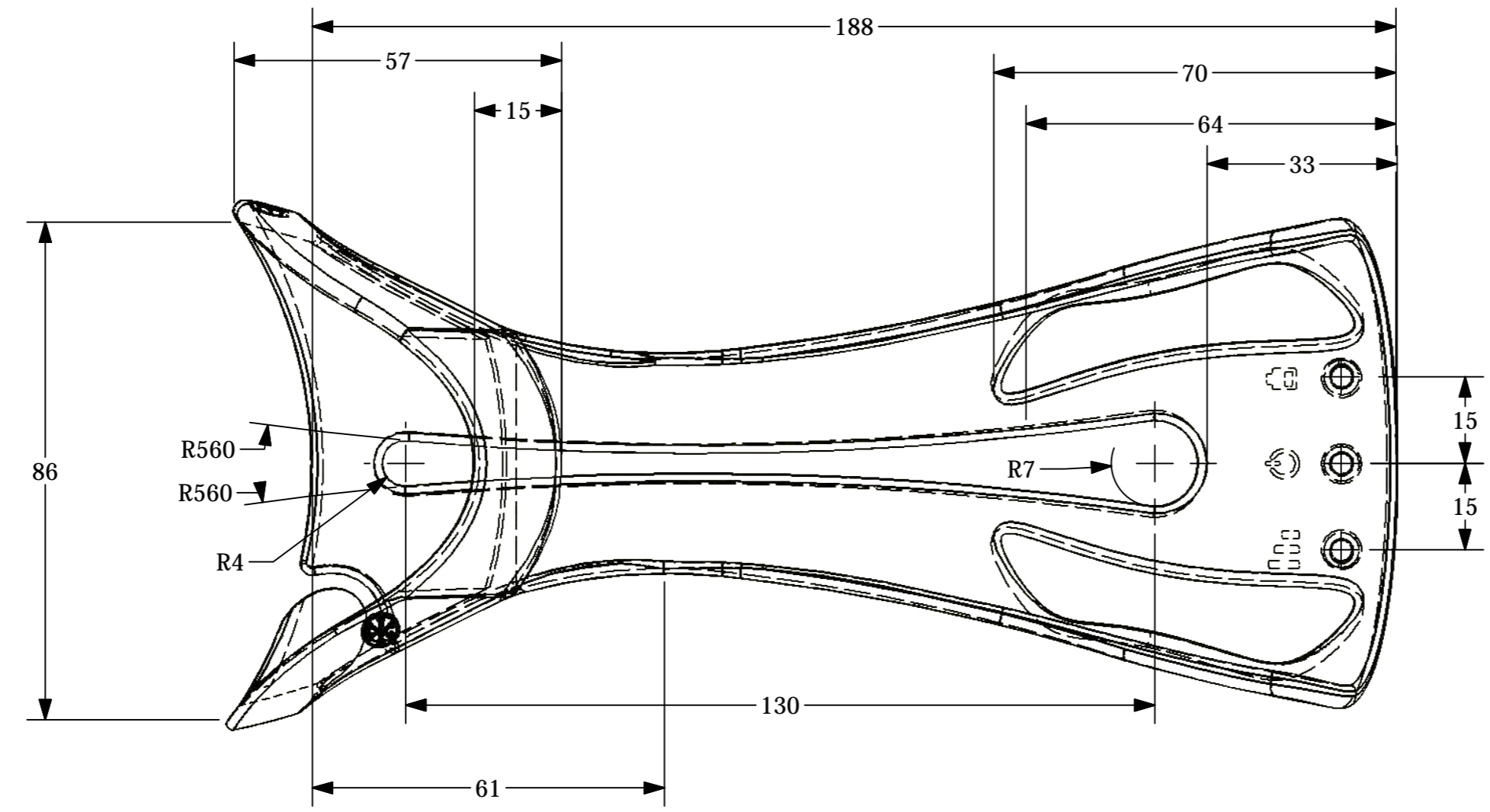
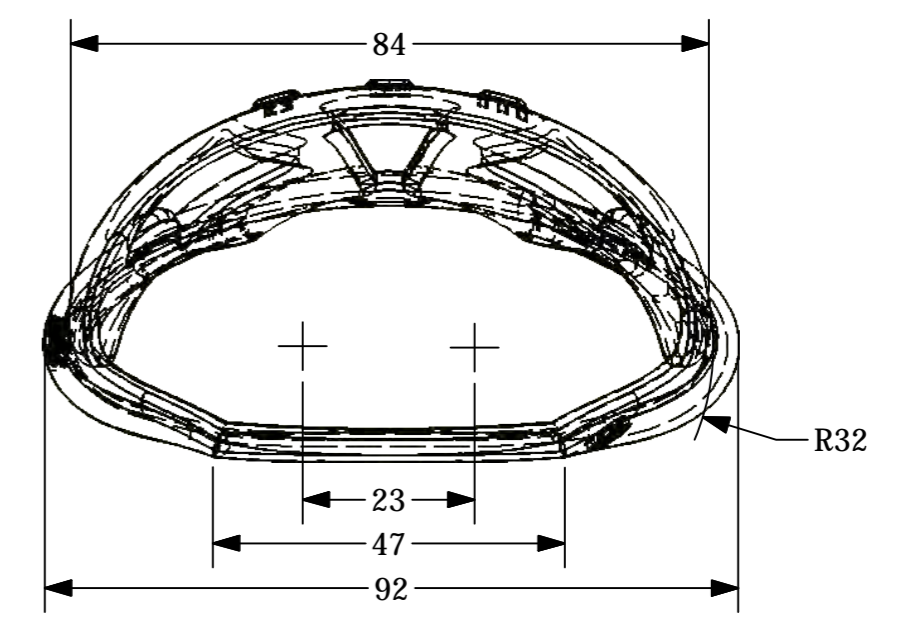
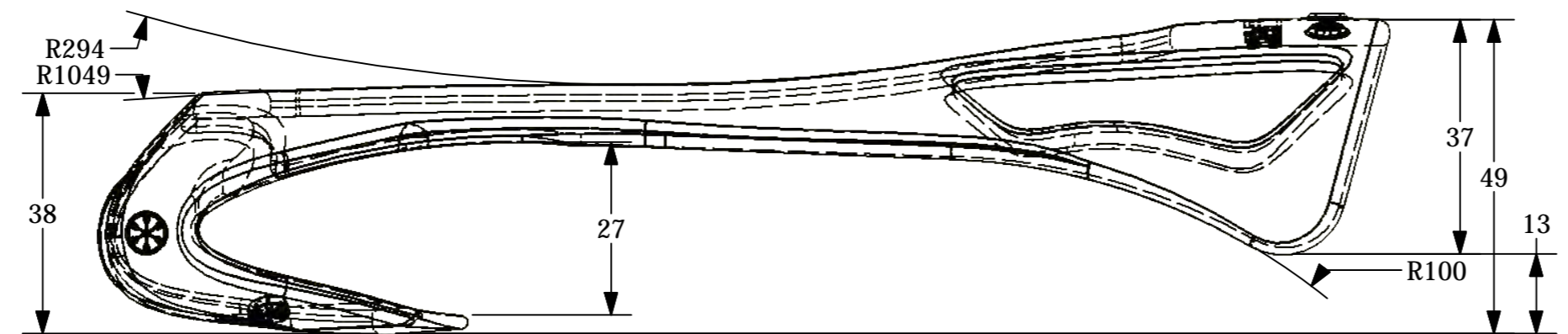
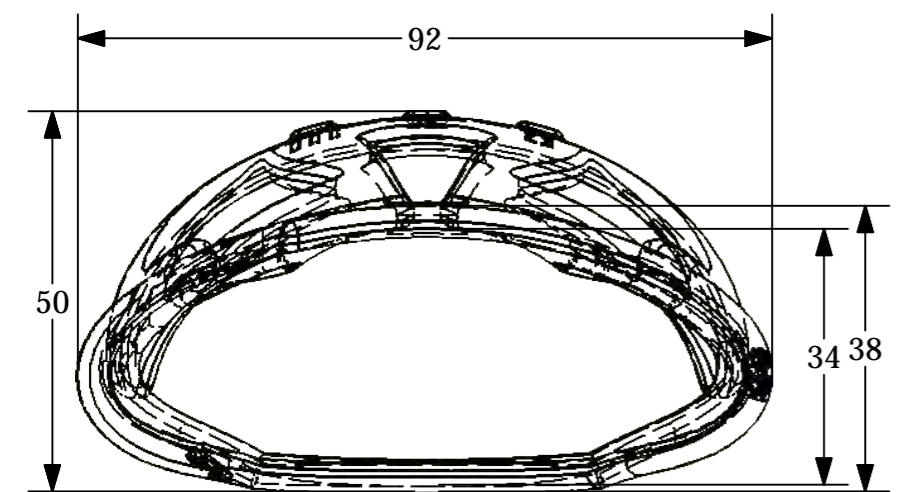
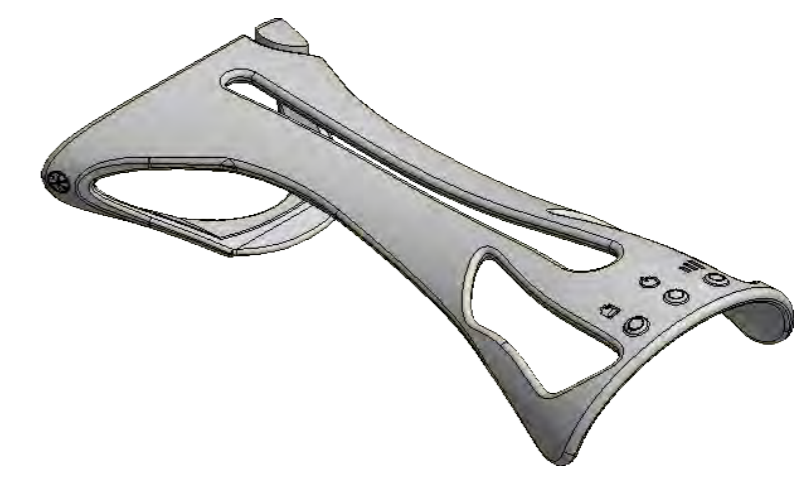
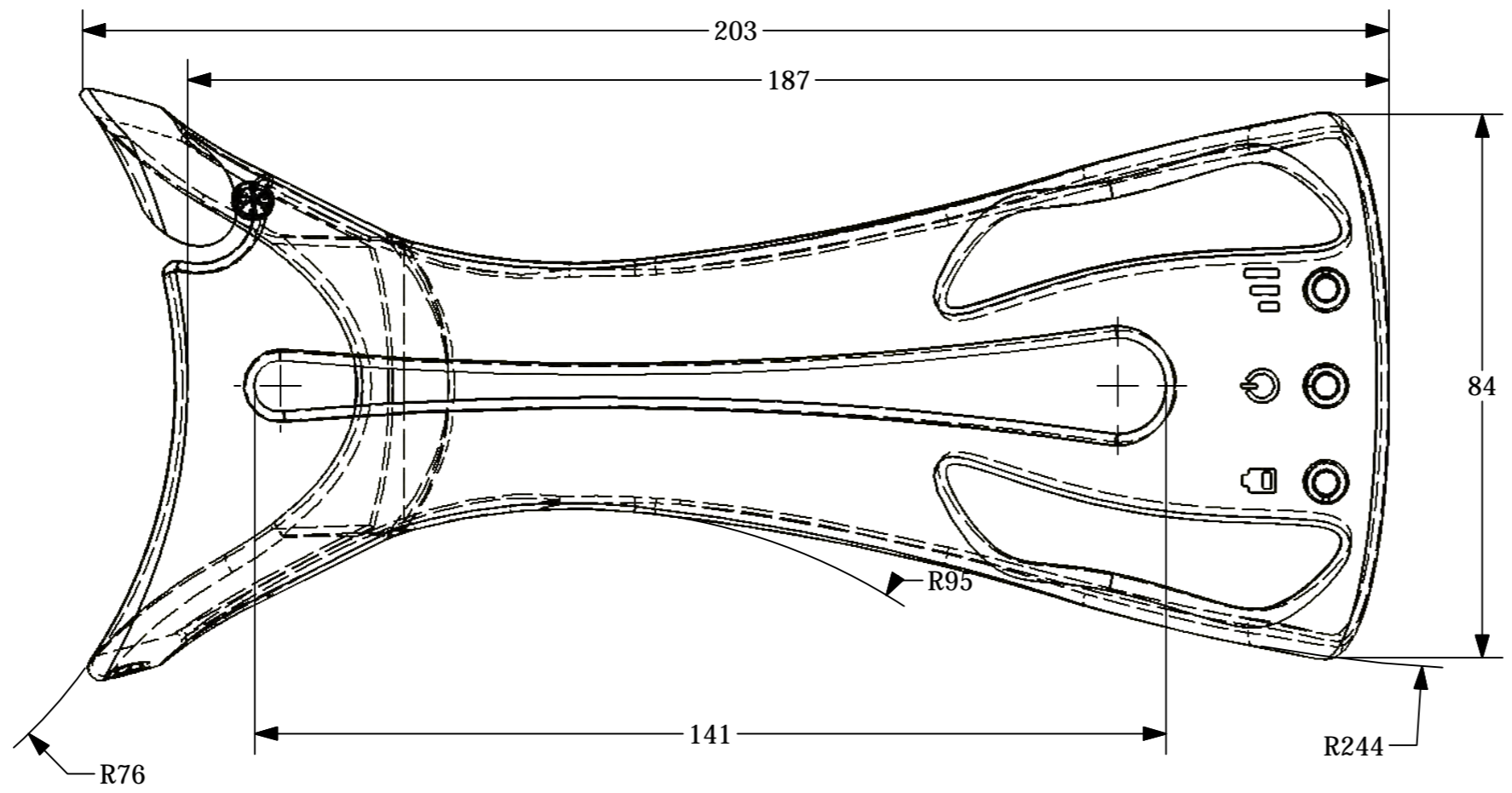
Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Estructura anatómica a la mano del paciente, determinado por talla en rangos de CH, M y G.	Proyecto planos exoesqueleto haptico modular
Pieza comercial	piezas electronicas manufacturadas preferiblemente en Shenzhen china	Plano vistas generales del dispositivo completo
		Pieza Todas las piezas
ESCALA	mm	TAMAÑO A2 Hoja 2 de 9



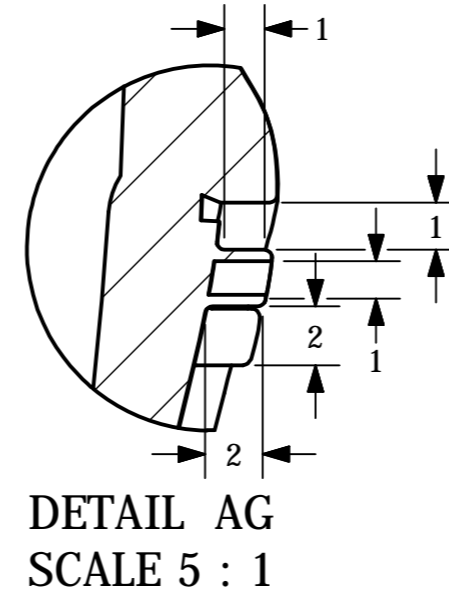
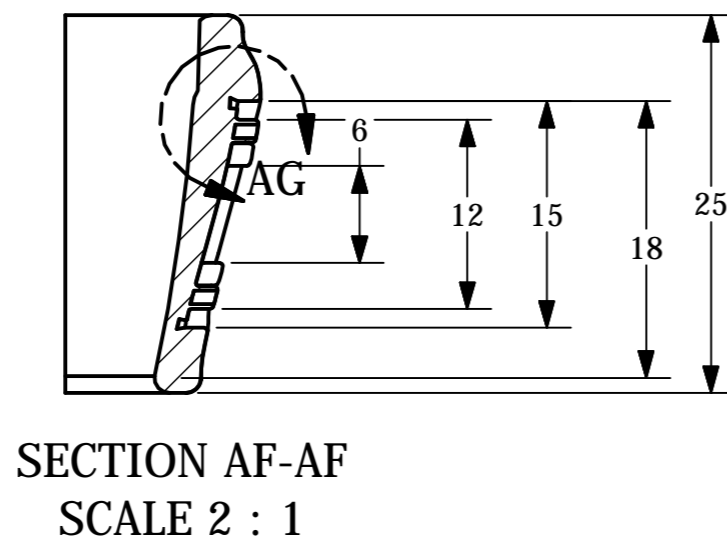
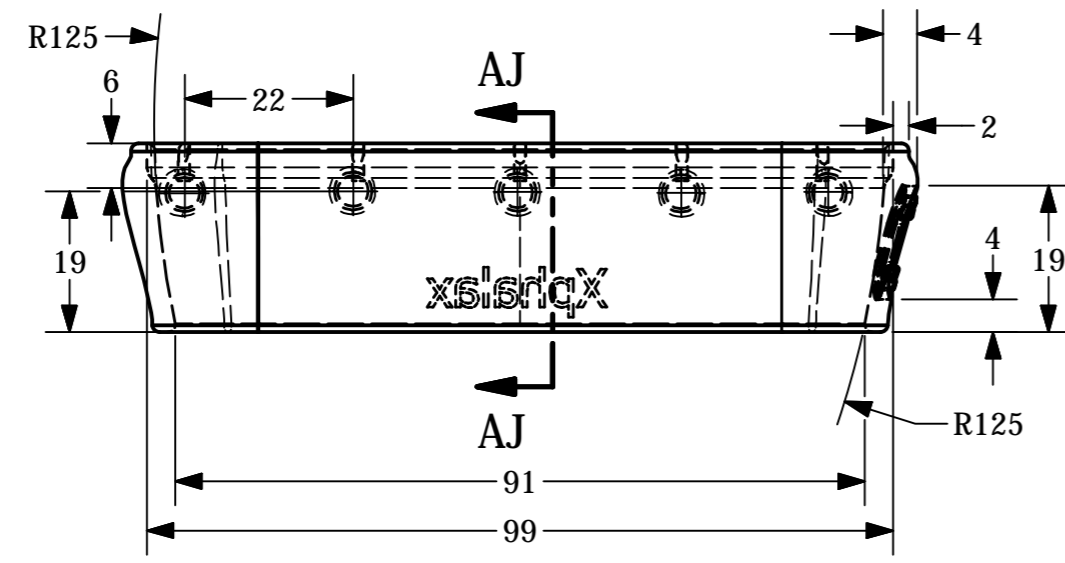
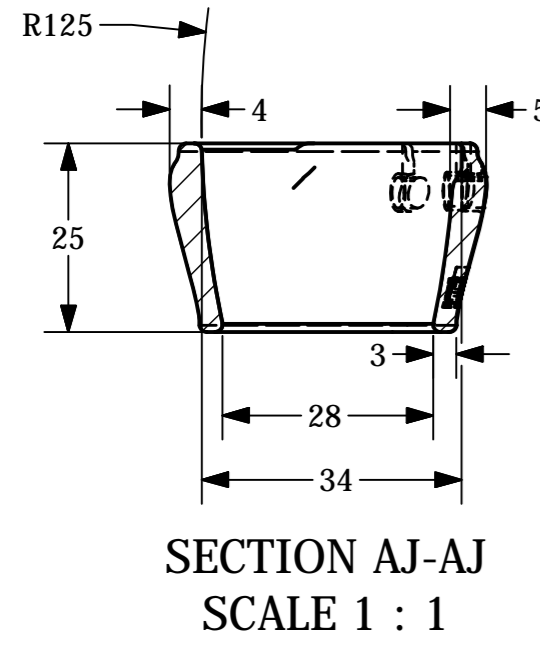
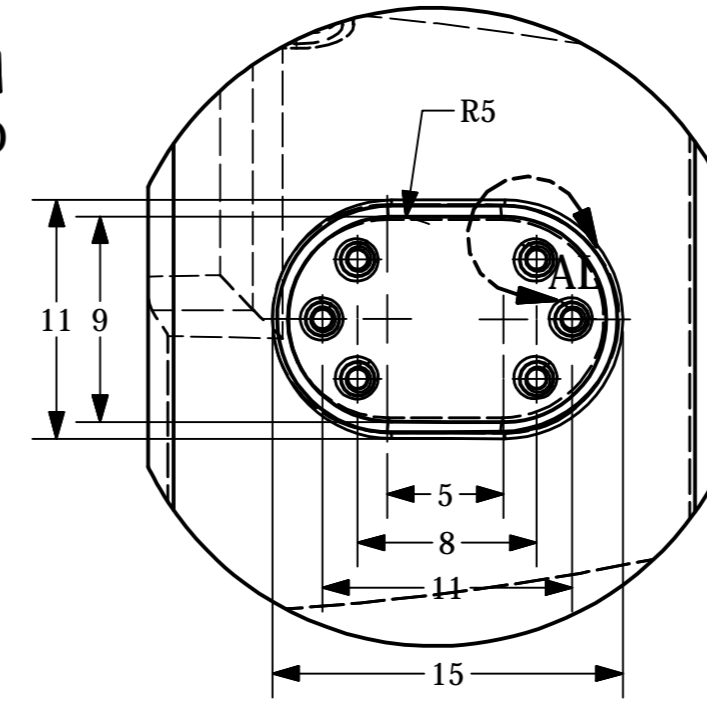
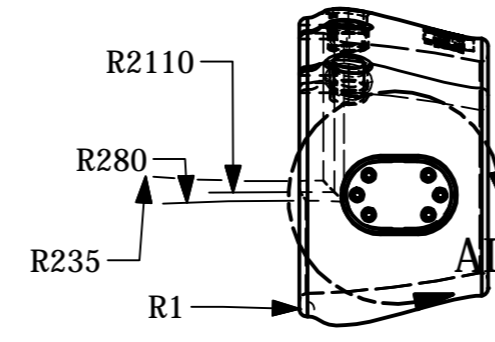
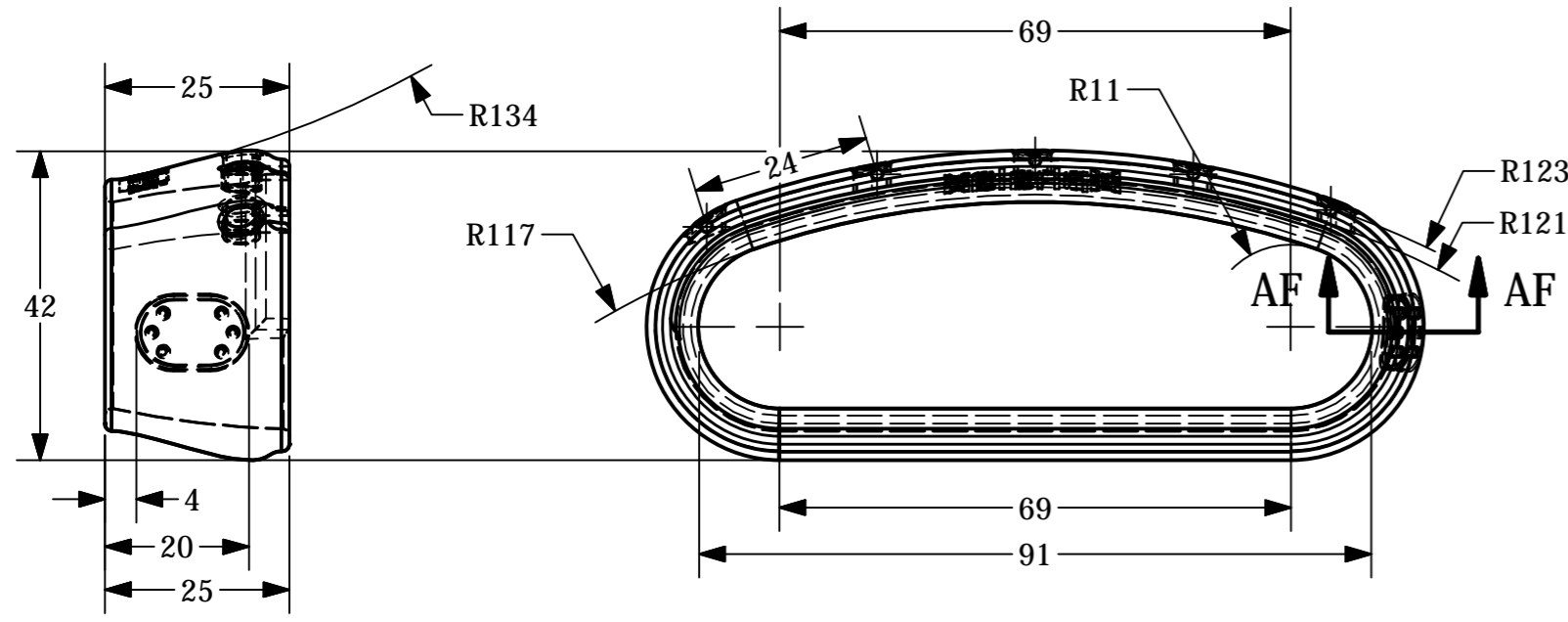
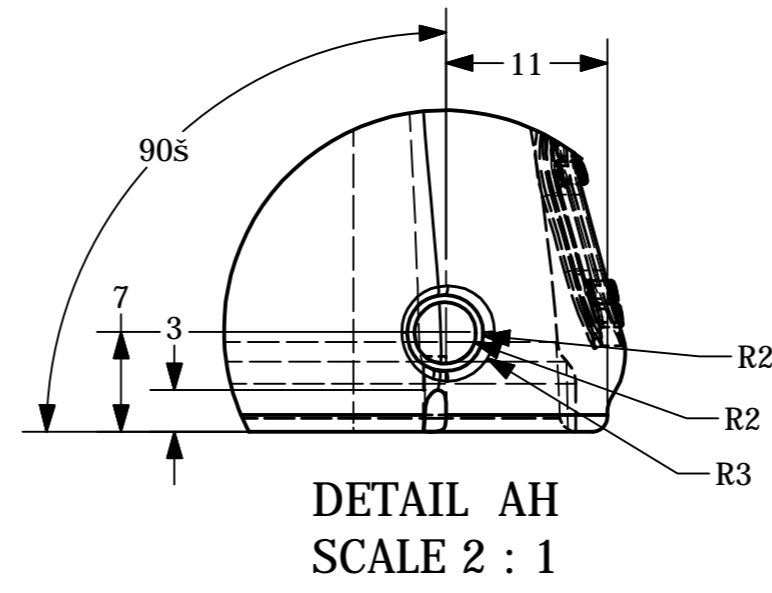
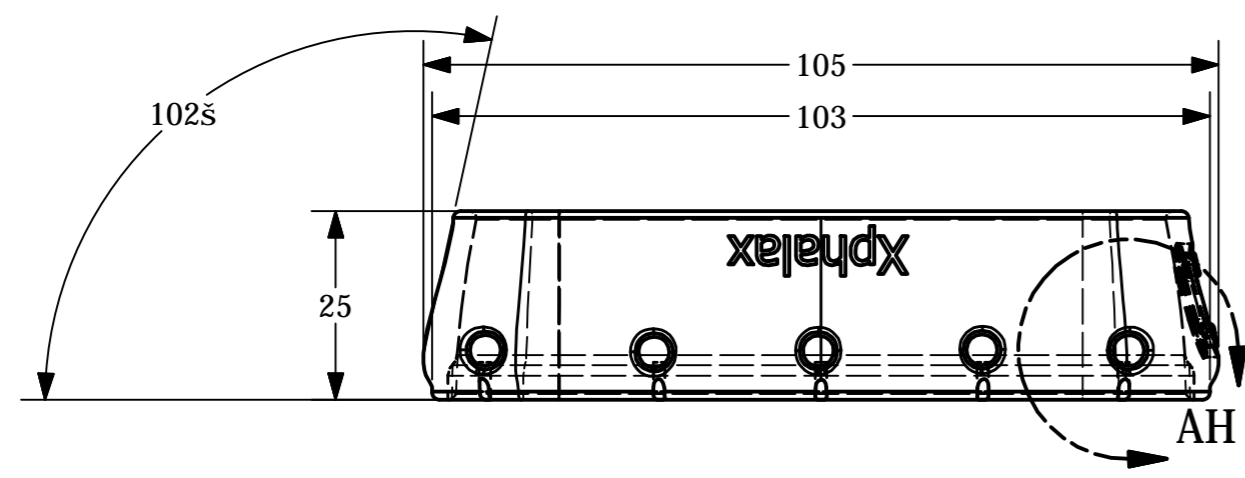
Detalle CB
Escala 1.54 : 1

Sección CC-CC
Escala 1 : 1

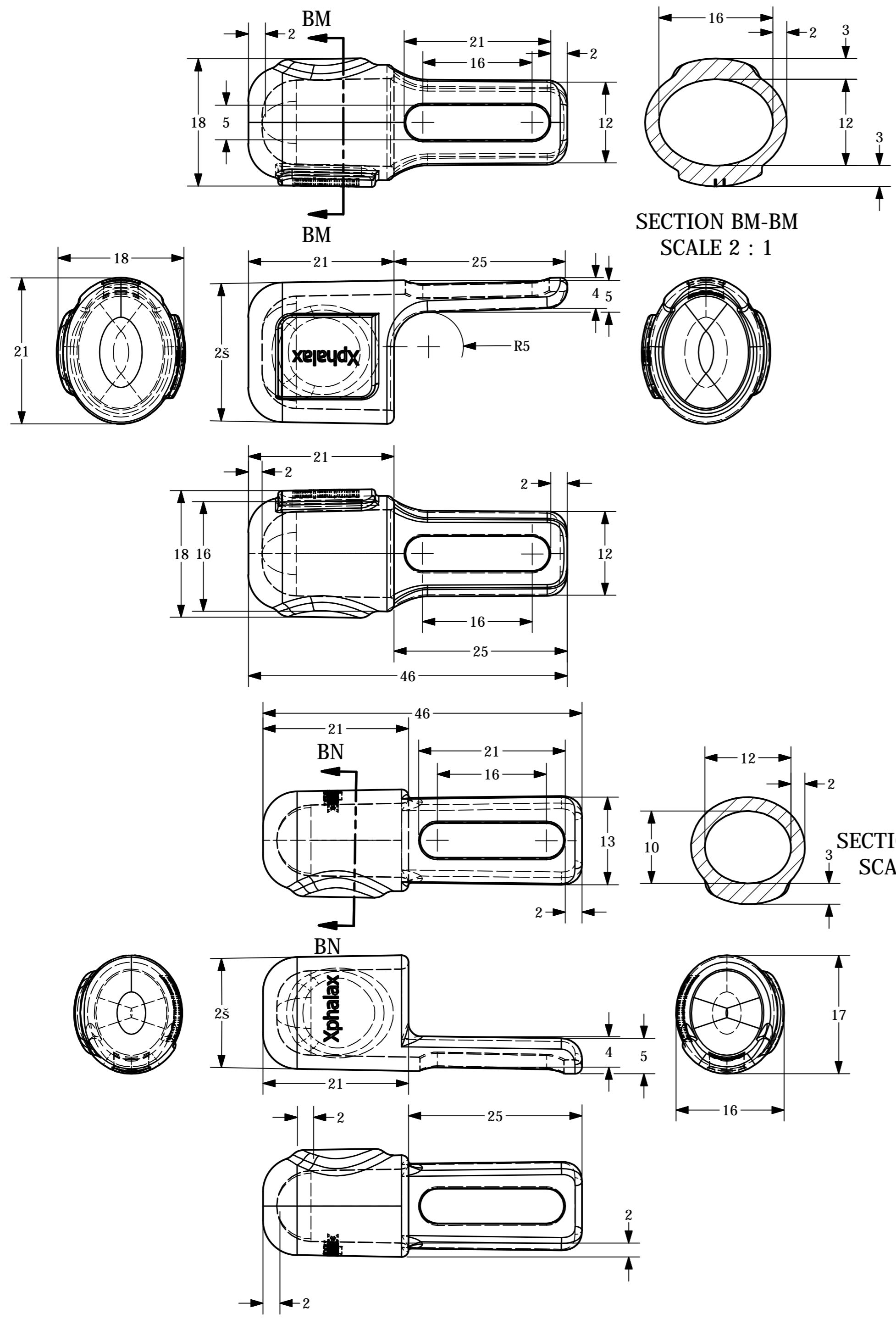
<p>Autor Martínez Hernández Erendira</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Centro de investigación de diseño industrial</p>
<p>Descripción Piezas con dimensiones consideradas según la estructura anatómica a la mano del paciente, determinado por talla en rangos de CH, M y G.</p>	<p>Proyecto planos exoesqueleto haptico modular Plano Vistas generales de las piezas independientes</p>
<p>Pieza comercial piezas electronicas manufacturadas preferiblemente en Shenzhen china</p>	<p>Pieza ESCALA mm TAMAÑO A2 Hoja 3 de 9</p>



Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Piezas con dimensiones consideradas según al estructura anatómica a la mano del paciente, determinado por talla en rangos de CH, M y G.	Proyecto
Pieza comercial	piezas electronicas manufacturadas preferiblemente en Shenzhen china	Plano
		Pieza
		Terminal 2, centro de control general.
	ESCALA mm	TAMAÑO A2 Hoja 4 de 9

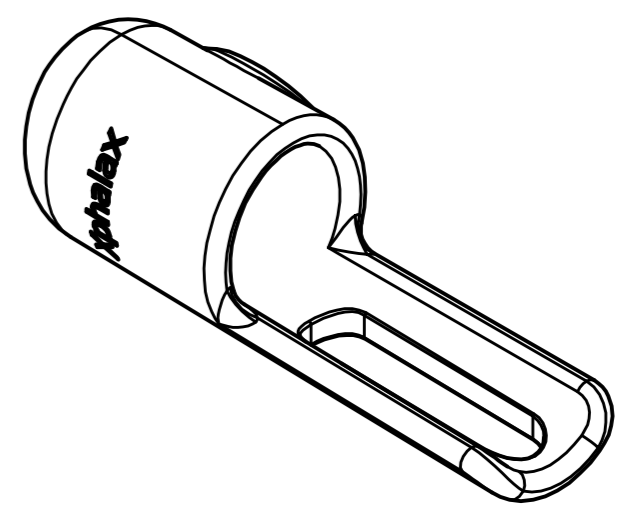
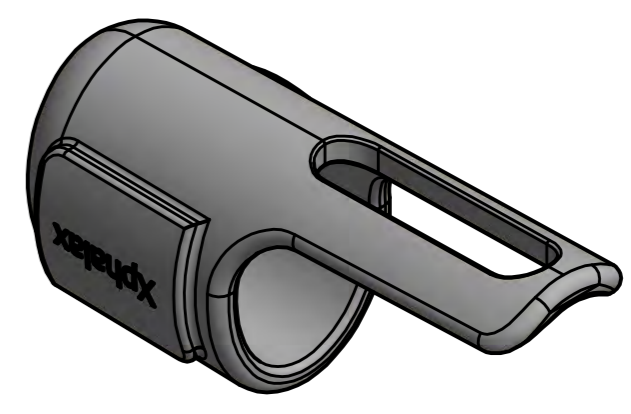


Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Piezas con dimensiones consideradas según al estructura anatómica a la mano del paciente, determinado por talla en rangos de CH, M y G.	Proyecto planos exoesqueleto haptico modular
Pieza comercial	piezas electronicas manufacturadas preferiblemente en Shenzhen china	Plano vistas generales de terminal 1
		Pieza Terminal 1, centro de control general.
	ESCALA mm	TAMAÑO A2 Hoja 5 de 9

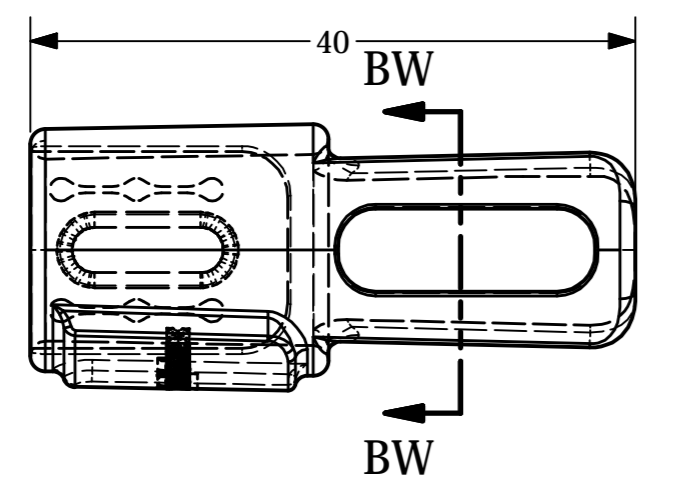


SECTION BM-BM
SCALE 2 : 1

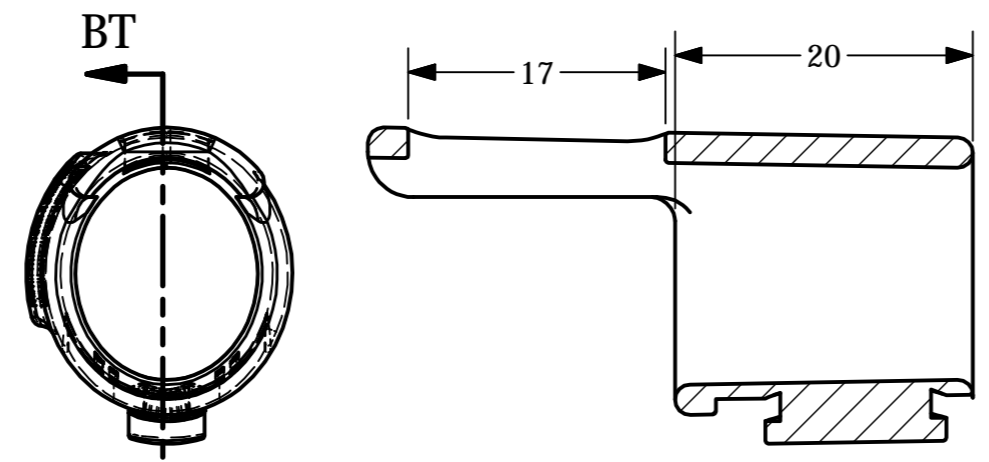
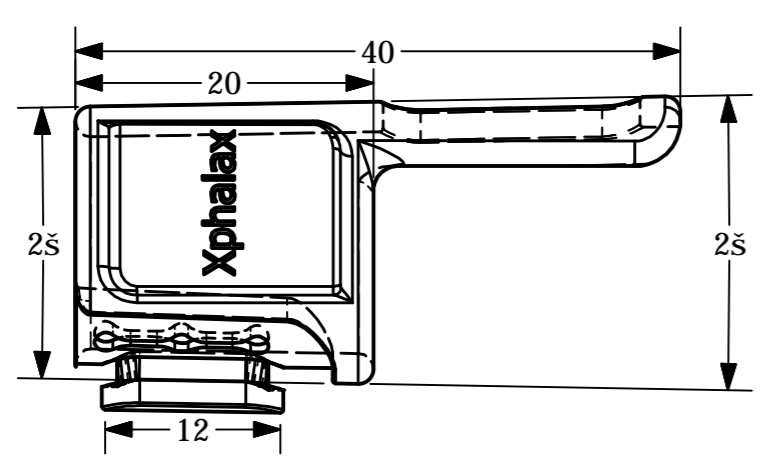
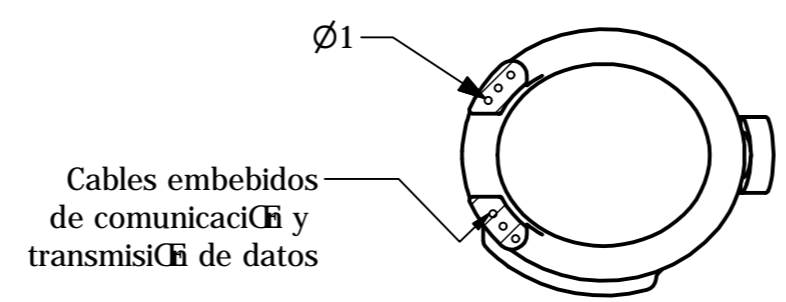
SECTION BN-BN
SCALE 2 : 1



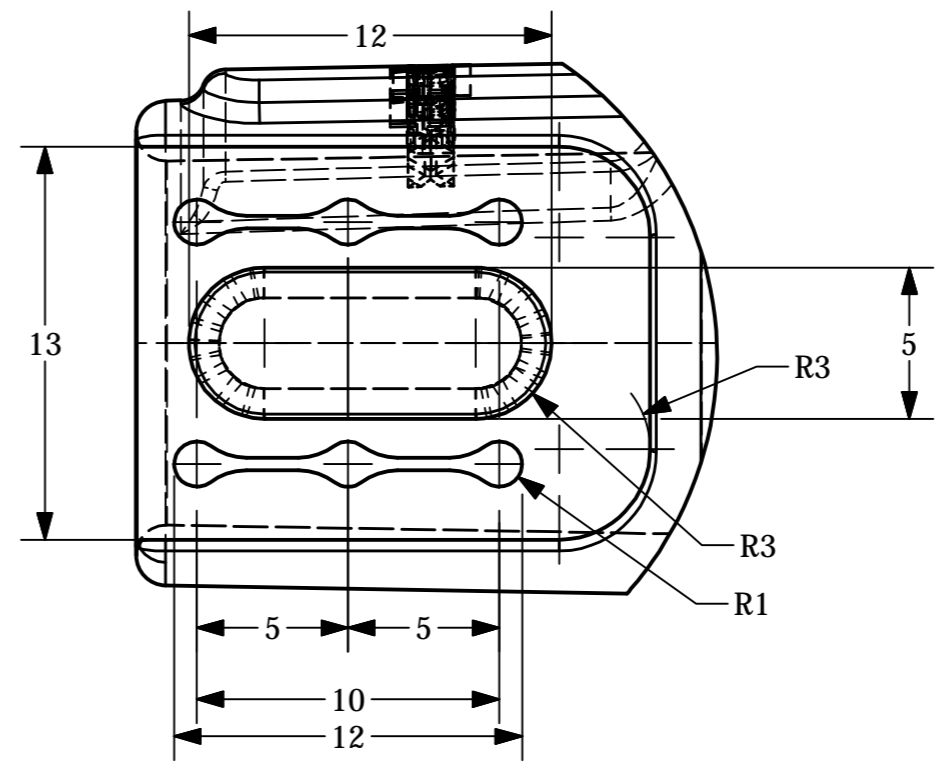
Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Proyecto	planos exoesqueleto haptico modular
	Plano	
Pieza comercial	Pieza	
ESCALA	TAMAÑO	Hoja 6 de 9



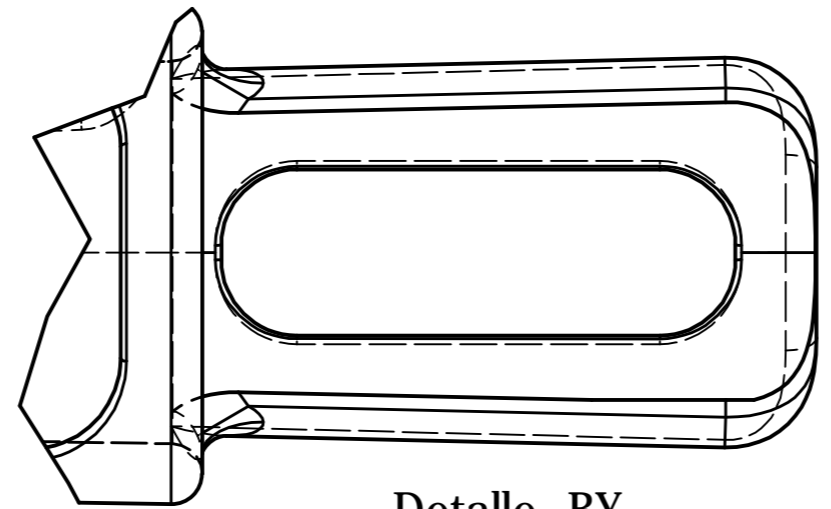
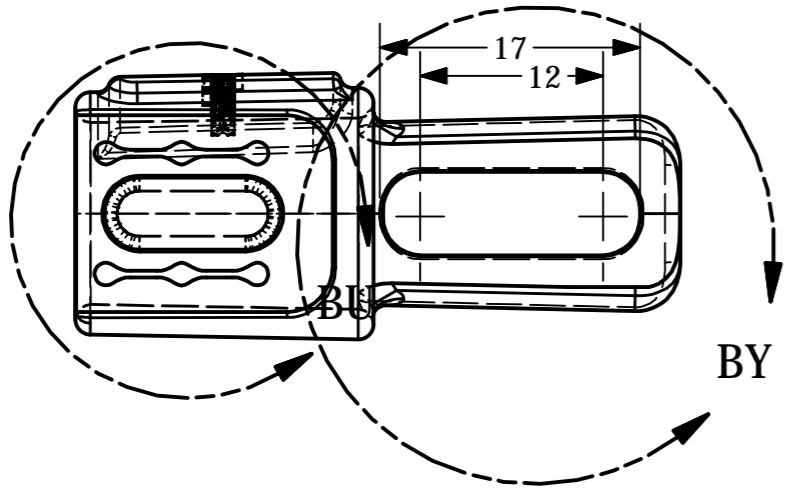
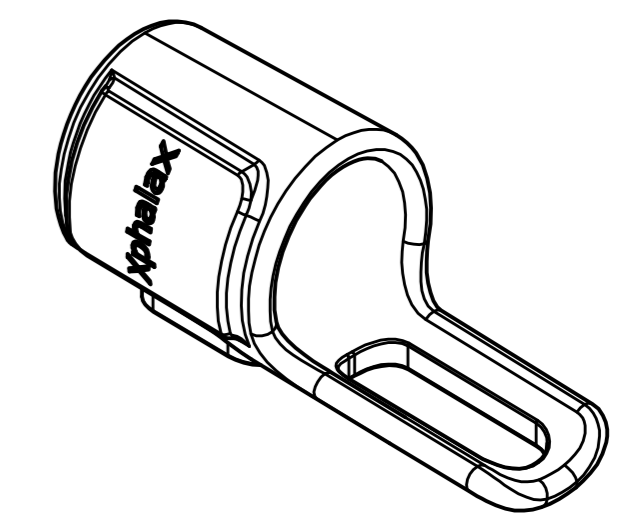
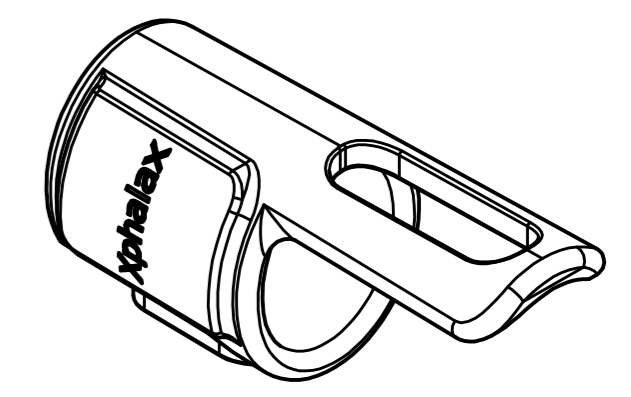
SECTION BW-BW
SCALE 2 : 1



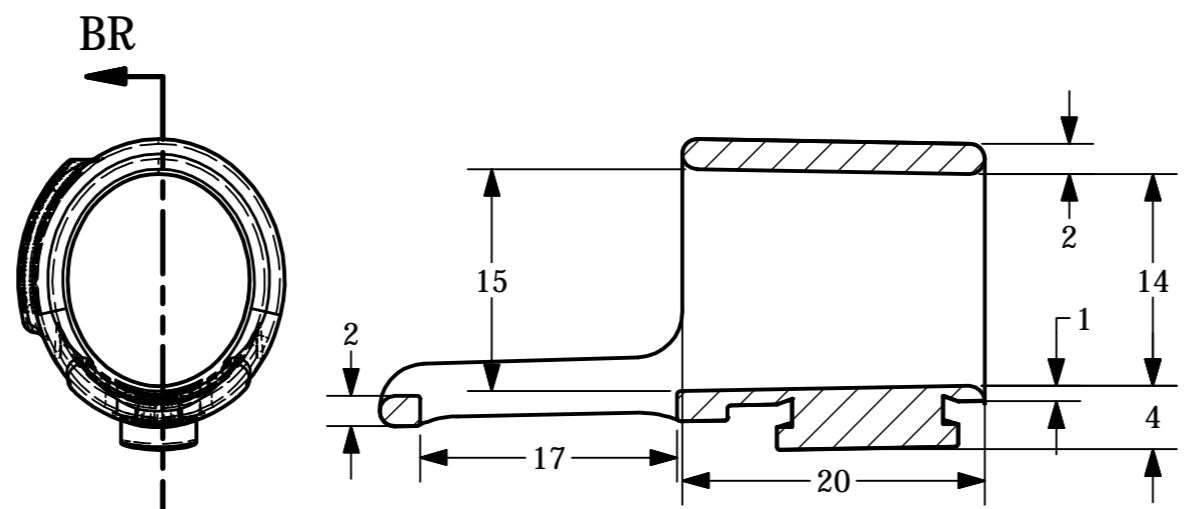
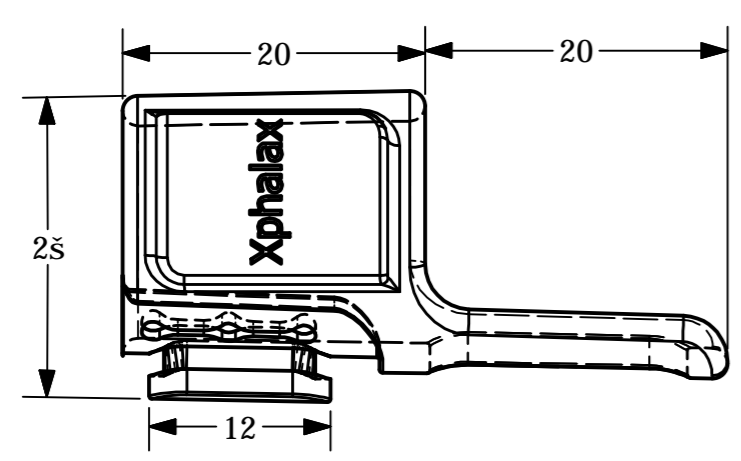
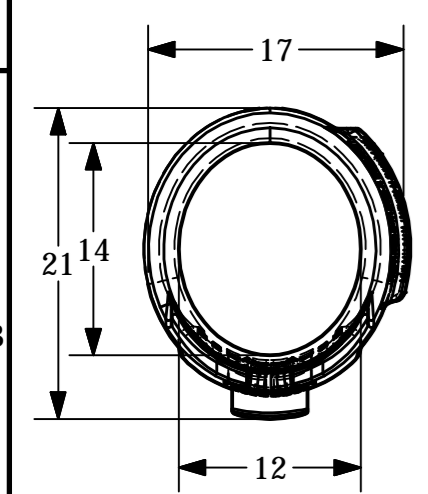
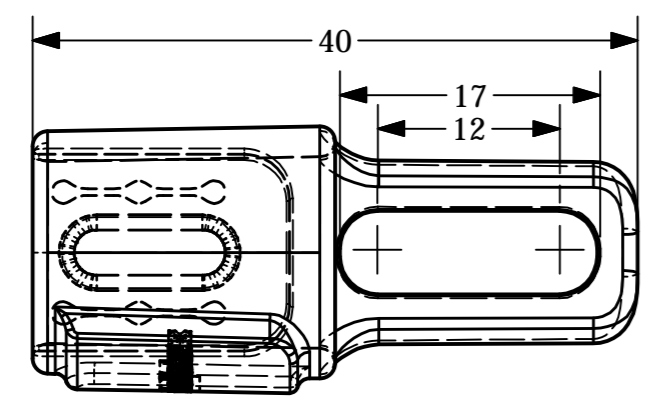
Secci3n BT-BT
Escala 2 : 1



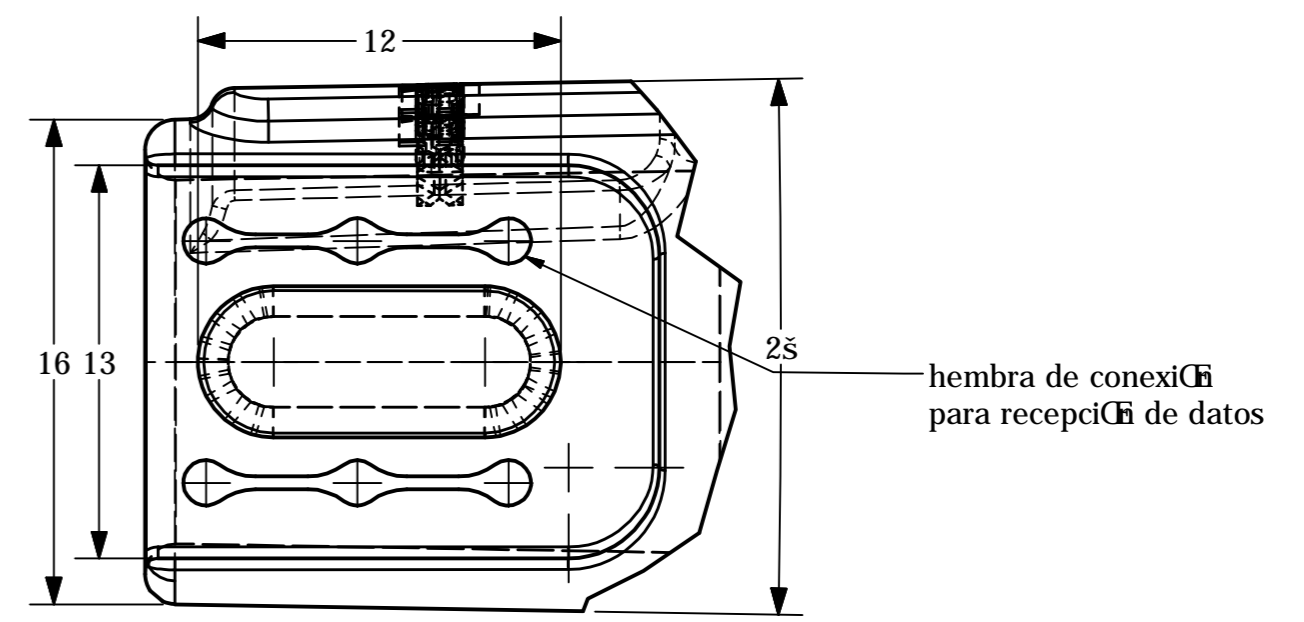
Detalle BU
escala 4 : 1



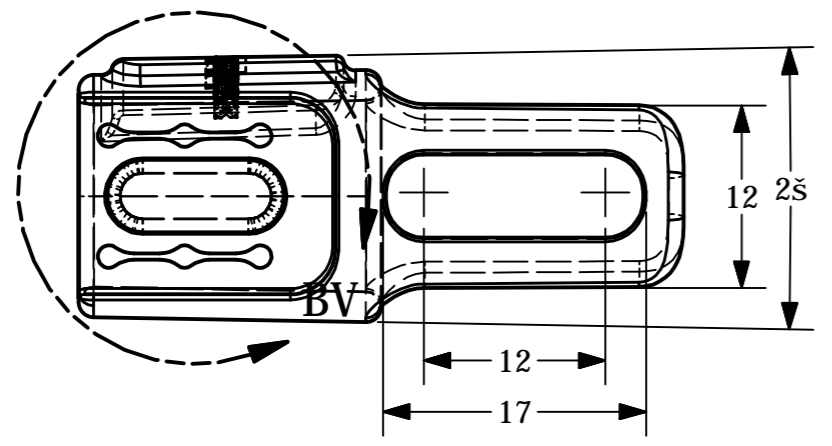
Detalle BY
conexi3n macho a hembra
transmisi3n de datos



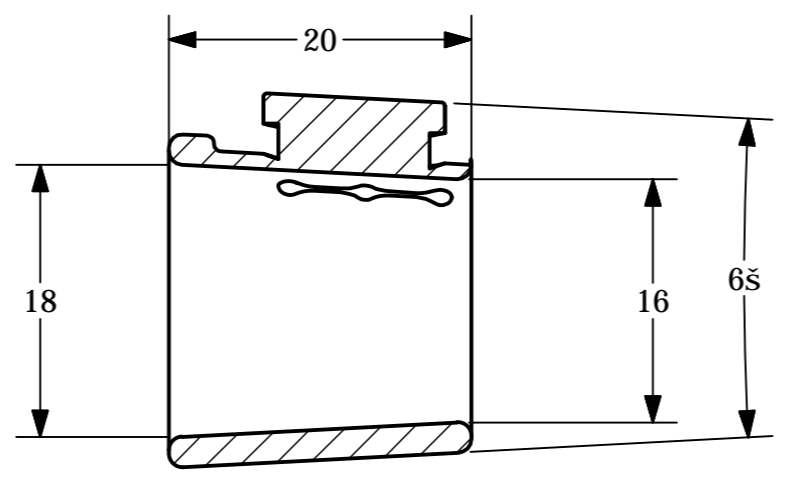
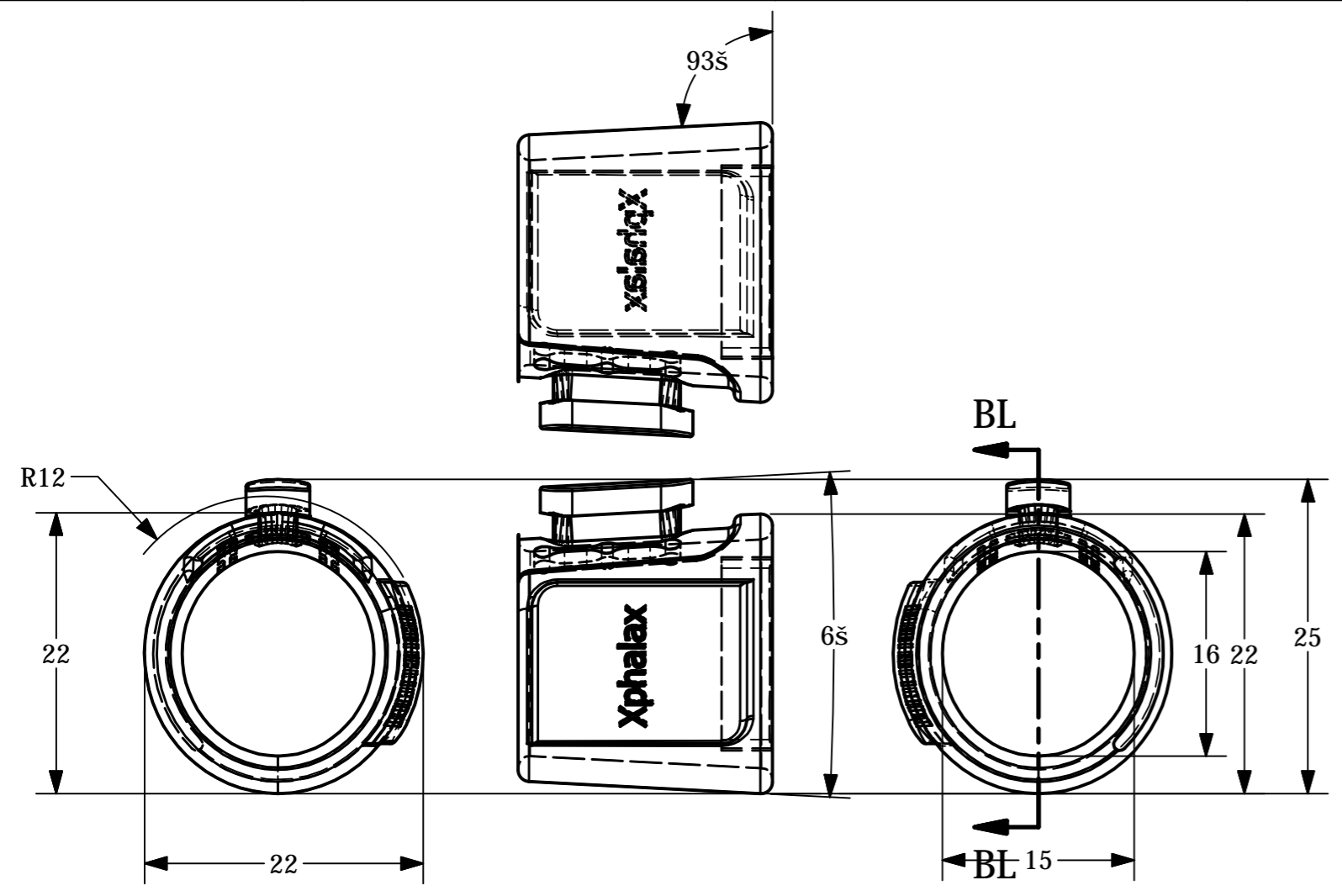
Secci3n BR-BR
escala 2 : 1



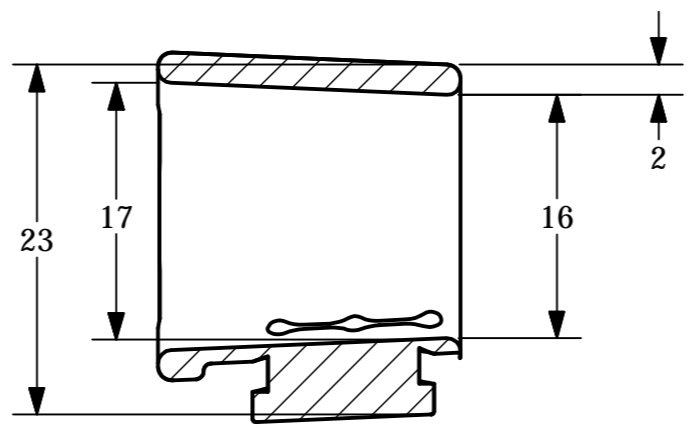
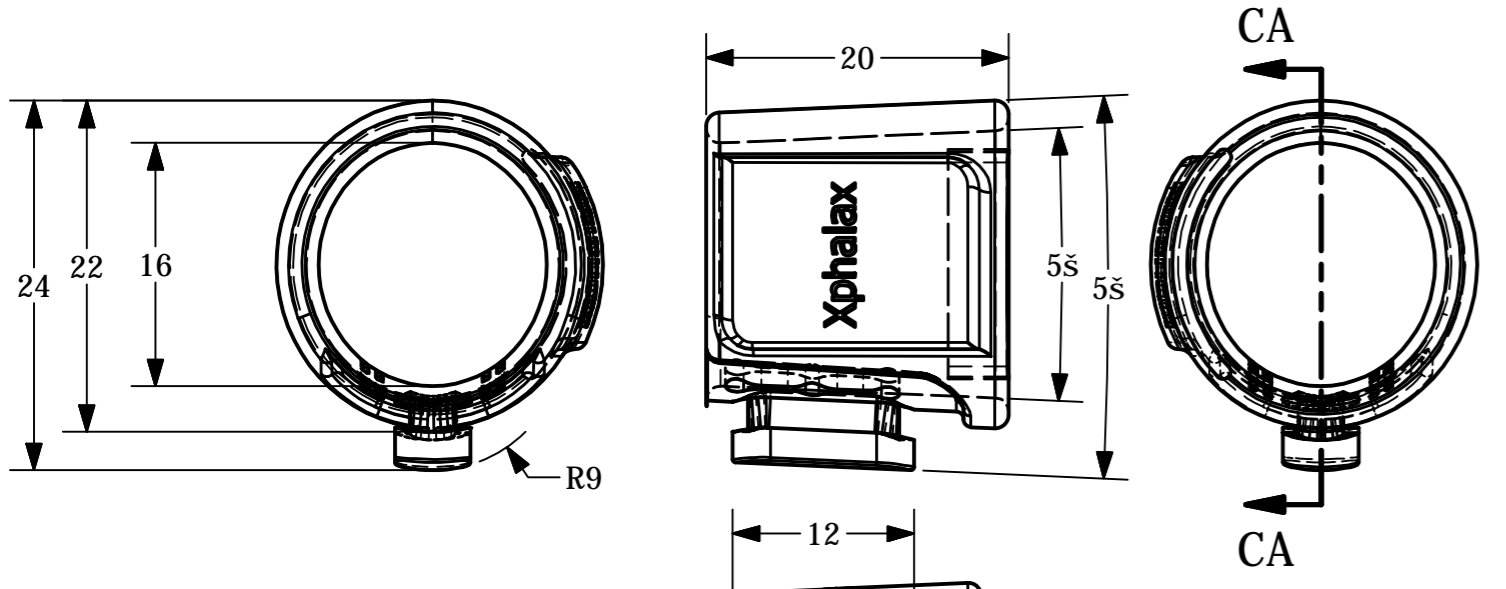
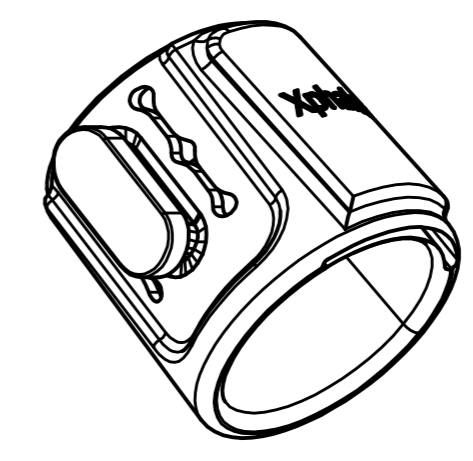
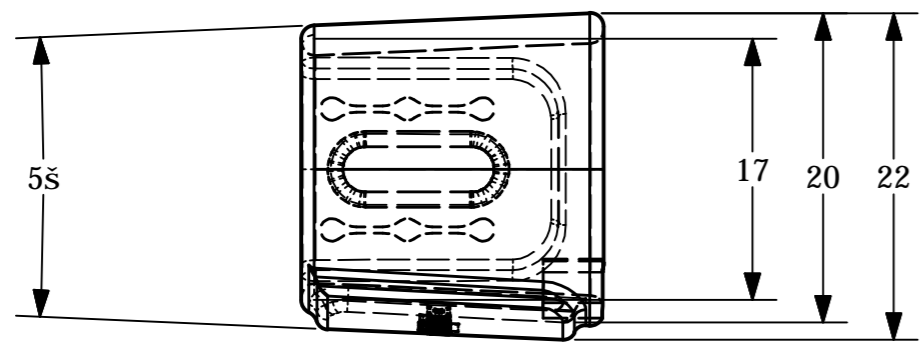
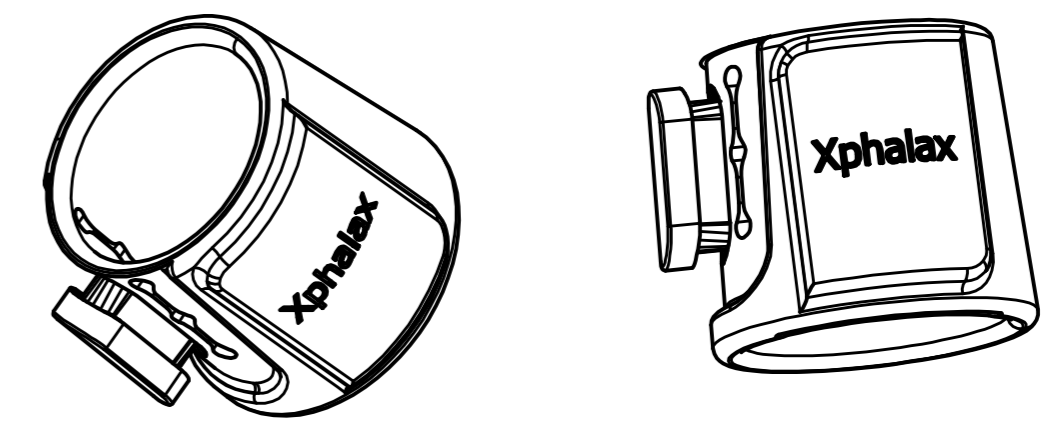
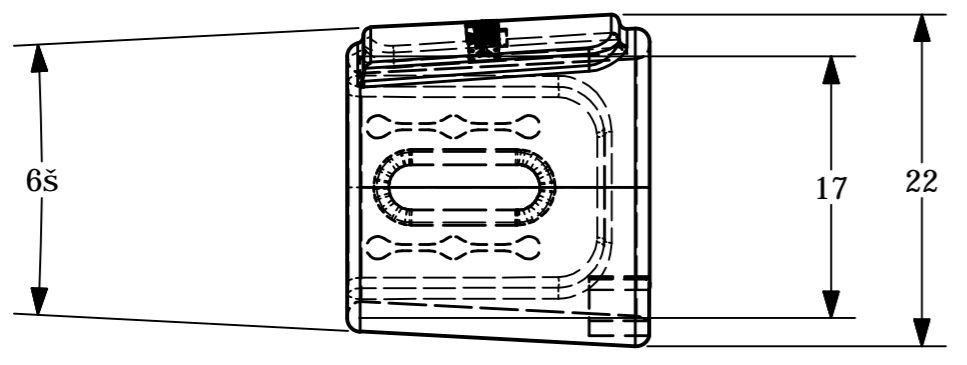
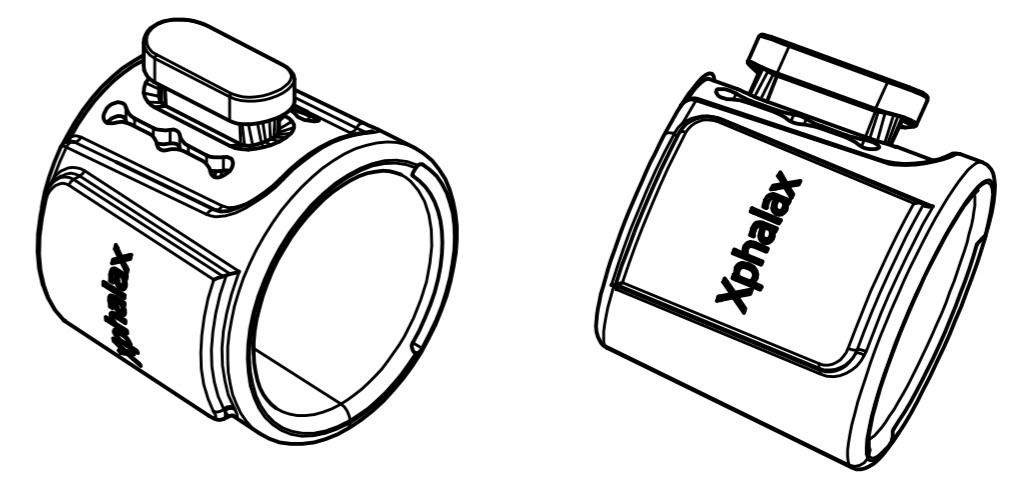
Detalle BV
Escala 4 : 1



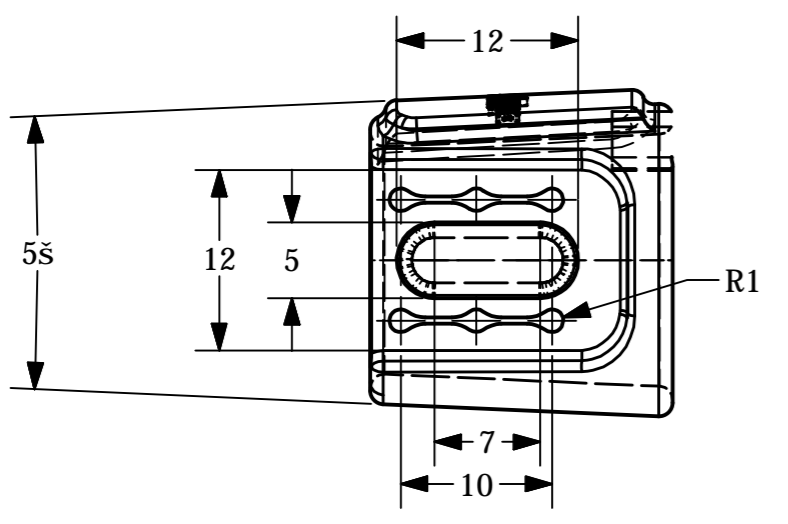
Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Proyecto	planos exoesqueleto háptico modular
	Plano	
Pieza comercial	Pieza	
ESCALA	TAMAÑO	Hoja 7 de 9



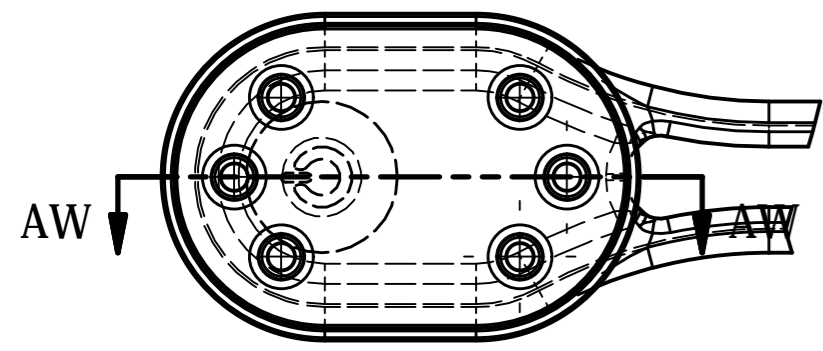
Sección BL-BL
escala 2 : 1



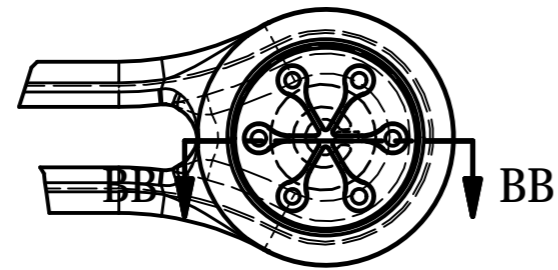
Sección CA-CA
escala 2 : 1



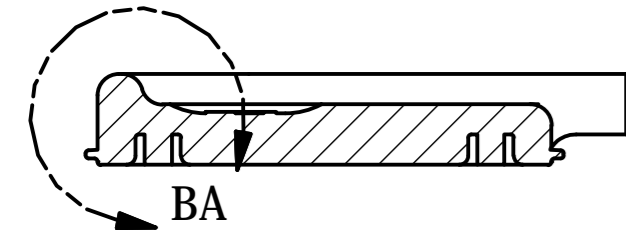
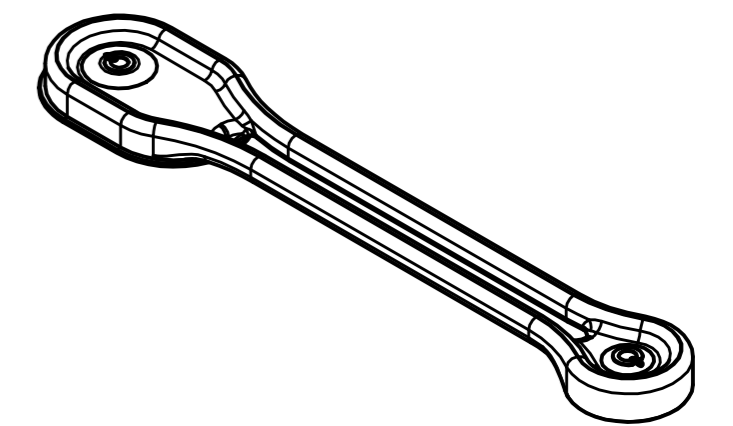
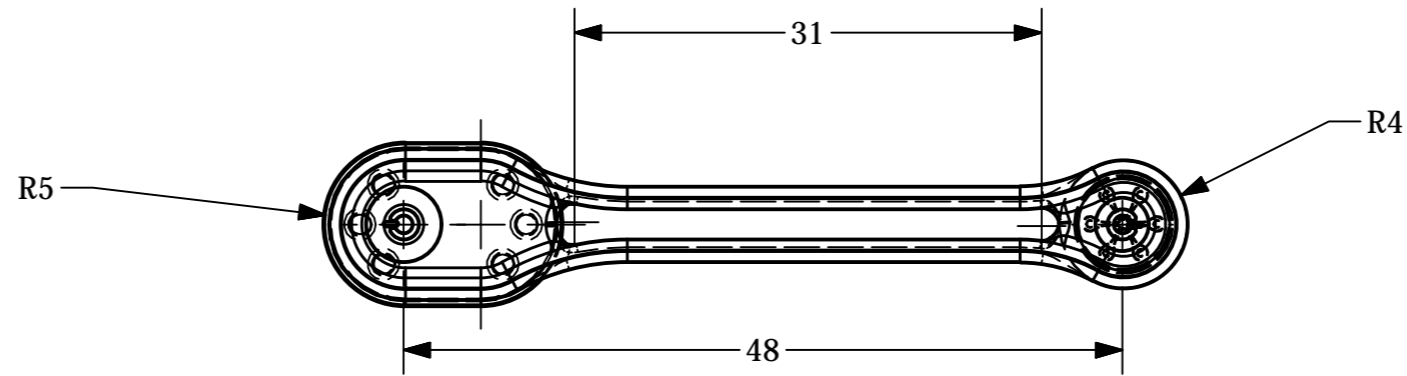
Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Proyecto	planos exoesqueleto háptico modular
	Plano	
Pieza comercial	Pieza	
ESCALA	TAMAÑO	Hoja 8 de 9



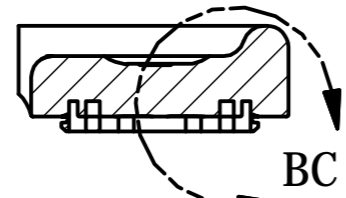
DETAIL AP
SCALE 4 : 1



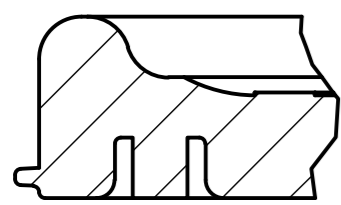
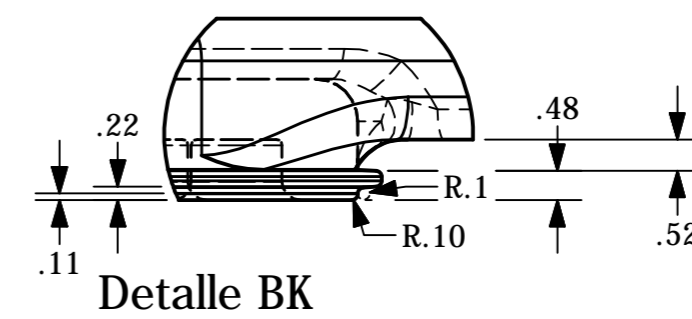
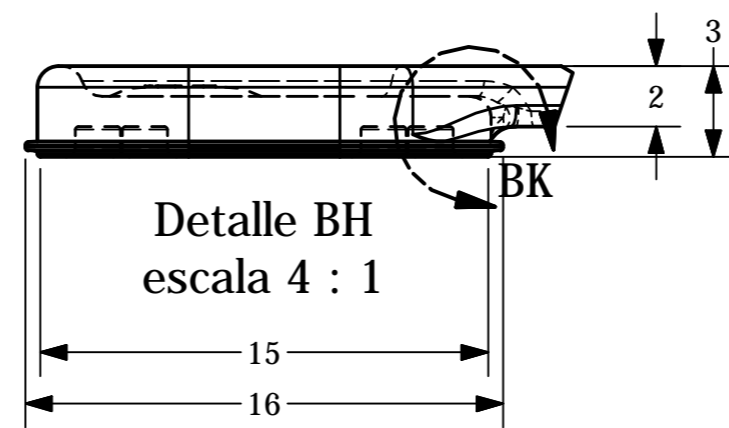
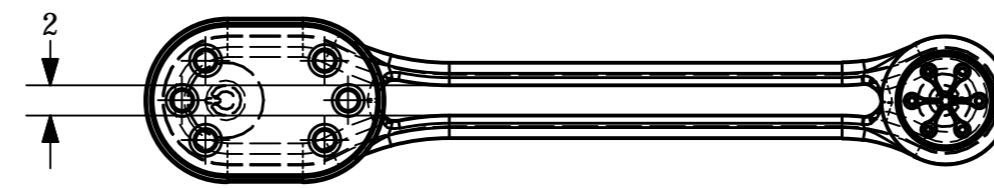
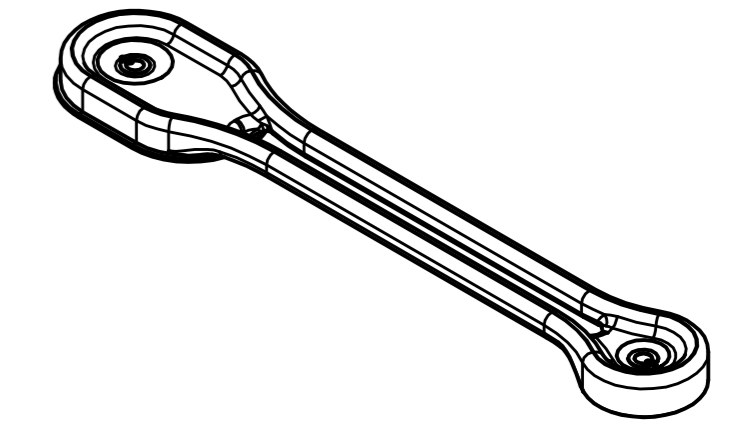
DETAIL AR
SCALE 4 : 1



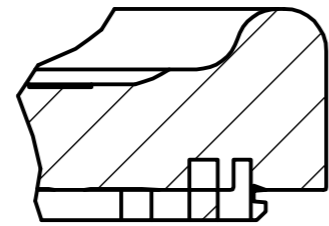
Accionado (botón presionado)
Sección AW-AW
escala 4 : 1



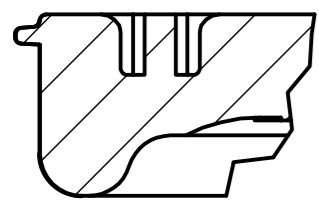
Sección BB-BB
escala 4 : 1



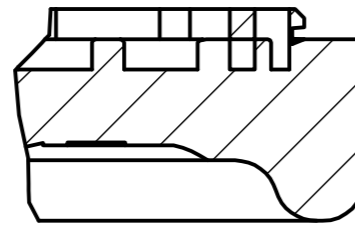
DETALLE BA
Accionado



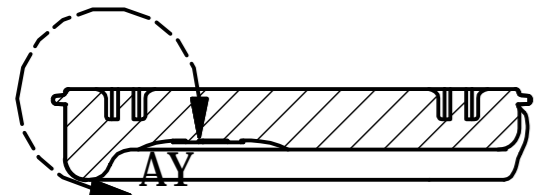
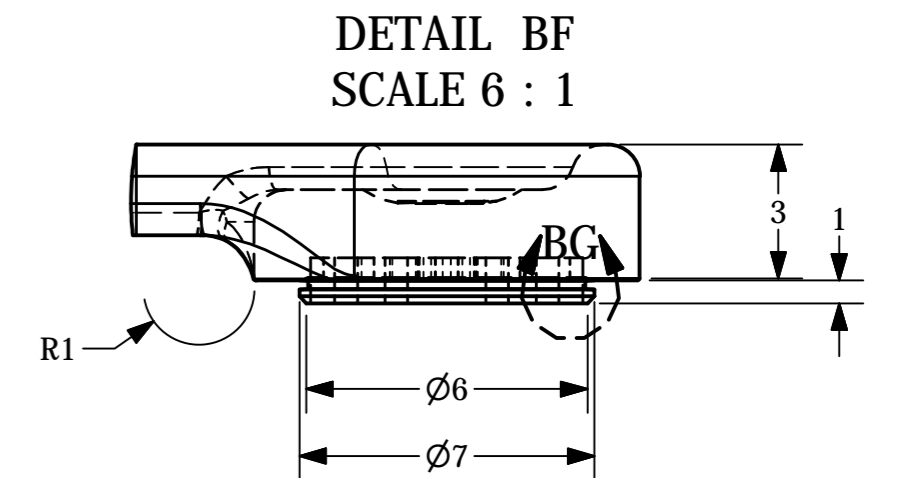
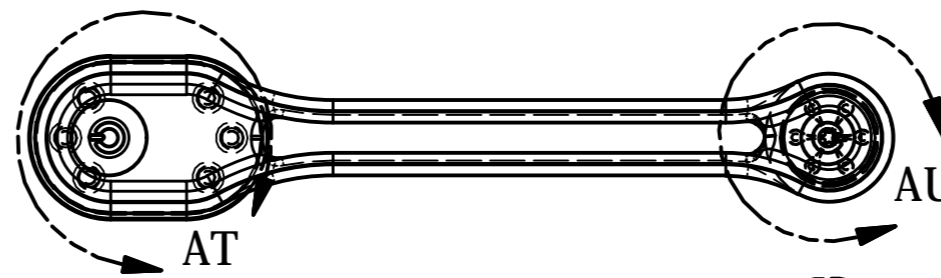
Detalle BC
Sin accionar



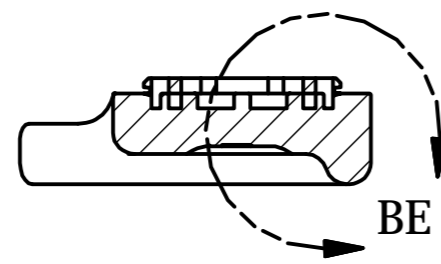
Detalle AY
Sin accionar



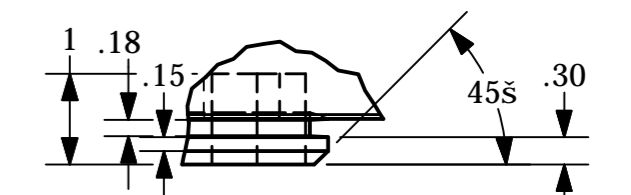
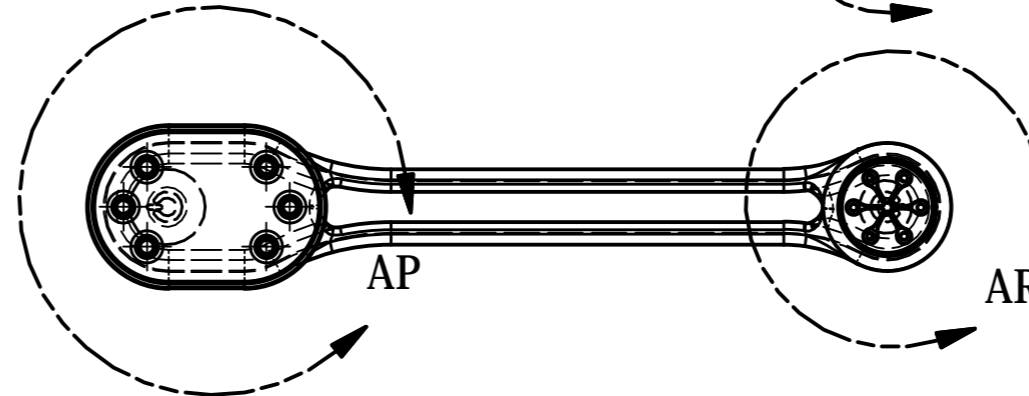
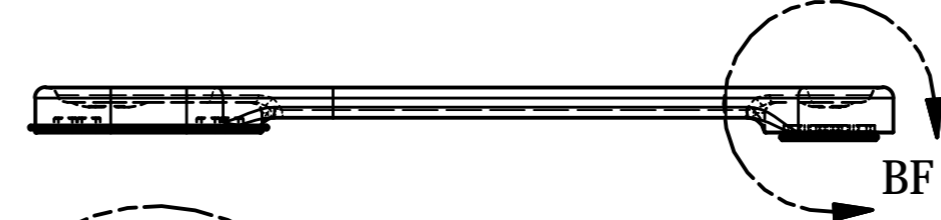
Detalle BE
Sin accionar



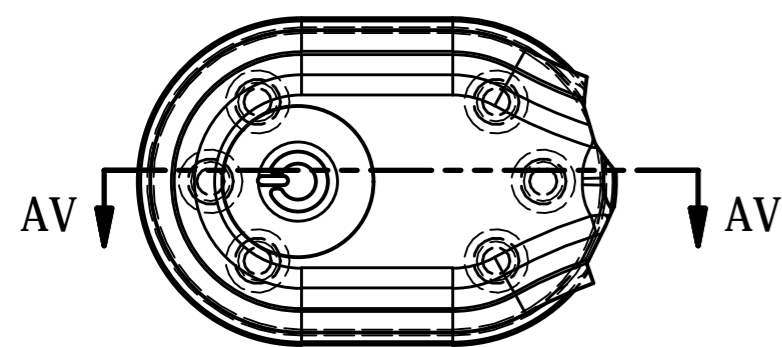
Sin accionar
Sección AV-AV
escala 4 : 1



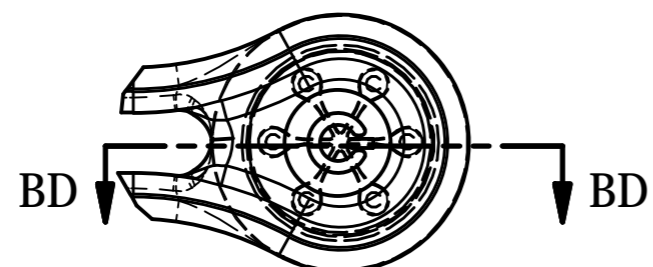
Sección BD-BD
Escala 4 : 1



DETAIL BG
SCALE 12 : 1



DETAIL AT
SCALE 4 : 1



DETAIL AU
SCALE 4 : 1

Autor	Martínez Hernández Erendira	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO Centro de investigación de diseño industrial
Descripción	Proyecto	planos exoesqueleto háptico modular
	Plano	
Pieza comercial	Pieza	
	ESCALA	TAMAÑO Hoja 9 de 9

Lista de figuras

Num	Título	Fuente	Pág.
Figura.1	Propuesta final	Propia*	6
Figura.2	Propuestas conceptuales	Propia*	7
Figura.3	Propuestas conceptuales	Propia*	8
Figura.4	Propuesta final, falange media y distal faltante	Propia*	12
Figura.5	Esquema: línea del tiempo de etapas y desarrollo del proyecto, aspectos clave	Propia	14
Figura.6	Tabla de aportaciones por área especialidad	Propia	16
Figura.7	Metodología de diseño etapas	Propia	17
Figura.8	Desarrollo científico y creativo	Propia	18
Figura.9	Desarrollo mental por área	Propia	19
Figura.10	Mapa de relaciones	Propia	20
Figura.11	Portada de investigación	De: http://acid-orchid.tumblr.com/post/136234856609?is_related_post=1	22
Figura.12	Diferencia evolutiva del homínido	https://www.elpensante.com/evolucionaron-nuestras-manos-para-ser-capaces-de-golpear-al-otro/	26
Figura.13	Prótesis egipcia	Recuperado de http://revistalareunion.blogspot.mx/2008/09/historia-de-las-prtesis-de-mano.html	26
Figura.14	Códice de fray Juan de Torquemada, siglo XVI	Recuperado de http://revistalareunion.blogspot.mx/2008/09/historia-de-las-prtesis-de-mano.html	27
Figura.15	Grafica de discapacidad según tipo de limitación	Inegi	29
Figura.16	Grafica de discapacidad según causa	Inegi	30
Figura.17	Grafica de discapacidad por nacimientos y accidentes	Inegi	31
Figura.18	Tabla de causa incapacitante	Inegi	32
Figura.19	Tabla. Porcentaje de la población con limitación en la actividad según tipo de limitante	Inegi	36
Figura.20	Gráfica. Estimaciones en México de probabilidad de fallecer por edad y sexo (2005 y 2050)	Conapo	38
Figura.21	Cifras del personal especializado en México y lugares de Centroamérica.	Http://www.inr.gob.mx/descargas/transparencia/pot/estadisticos_2007.pdf	39

Figura.22	Esquema de porcentajes por edad y género de pacientes amputados.	(academia nacional de medicina,2015)	41
Figura.23	Portada de capitulo miembro superior	Pinterest	44
Figura.24	Esquema general del brazo	Pinterest	45
Figura.25	Esquema de anatomía ósea del brazo	Pinterest	46
Figura.26	Rangos de movimiento de mano, del antebrazo y muñeca	Mapfre	48
Figura.27	Rangos de movimiento de zona metacarpo-falángica y de carpo-cubitales.	Reinterpretación de: manual de ergonomía, fundación mapfre]	47
Figura.28	Músculos de la mano y del antebrazo	https://es.slideshare.net/paothh/mano-48527889	51 y 52
Figura.29	Huesos de la mano	https://es.slideshare.net/paothh/mano-48527889	53 y 54
Figura.30	Esquema e imagen de funciones prensiles y de posición	Reinterpretación: biomecánica y patrones funcionales de la mano – arias I	55
Figura.31	Esquema articulación de arcos	Morfología de manos y pies - mcgraw-hill	56
Figura.32	Esquema articulación metacarpofalángica	Morfología de manos y pies - mcgraw-hill	56
Figura.33	Descripción gráfica de las zonas flexoras de la mano, sistema de poleas, falange distal dedo índice	https://www.efisioterapia.net/articulos/lesiones-tendones-flexores-mano	58
Figura.34	Foto de paciente: accidente por artilugio explosivo	Anónimo	60
Figura.35	Foto de paciente: accidente por transmisión mecánica	Anónimo	60
Figura.36	Foto de paciente: accidente laboral	Anónimo	61
Figura.37	Porcentajes de amputación por tipo de miembro	Propia	62
Figura.38	Esquema. Causas de amputación.	Propia	63
Figura.39	Esquema demostrativo sobre la determinación del uso de prótesis	Propia	64
Figura.40	prótesis ME (mioelectrica	I limb page	66

Figura.41	Aspectos principales en prótesis	propia	68
Figura.42	Ejemplo de uso de prótesis	I limb page	69
Figura.43	Imagen de ejemplificación de prótesis impresa en 3D	Google images	70
Figura.44	imagen de ejemplificación de problemas de hipertensión y cardíacos	Google images	71
Figura.45	Gráfica de ventas a prospectiva de elementos hápticos	Trend force	72
Figura.46	Esquema demostrativo sobre el uso de prótesis en las personas de bajos recursos	Recuperado de: https://universidadisabelmiembrosuperior.wordpress.com/2014/12/09/amputaciones-miembros-superiores/ Http://www.manosydedos.com/index_sel_dedos.html	73
Figura.47	Guante para pacientes con ep	http://gyrogear.co/gyroglove	76 y77
Figura.48	Chuchara google. Parkinson devices	Google devices	78
Figura.49	Facultad de transmitir emociones	https://www.psychologytoday.com/articles/201303/the-power-touch	79-80
Figura.50	Resultado funcionales a los 3 meses de cirugía	Anónimo	83
Figura.51	Secuencias de uso en rehabilitación	Propia	83
Figura.52	Secuencias de uso en reeducación	Propia	85
Figura.52	Pulgar	Propia	87
Figura.52	Secuencias de uso en reeducación ne pulgar	Propia	88
Figura.52	Secuencias de uso en reeducación con prótesis	Propia	89
Figura.53	Portada de capitulo componentes técnicos	Https://technabob.com	90
Figura.54	Clasificación de sensores	Slideshare	91
F	Sensor de flexión de 4.5 pulg	Propia	92
	Sensor de fuerza presión 1 ½	Propia	93
	Mini motor de vibración dc	Propia	94
Figura.55	Patrones de luz estructurada con líneas y puntos (sensor kinect).	(córdova lucero, 2012)	96
Figura.56	Principio de la triangulación aplicada a patrones de líneas	(córdova lucero, 2012)	96

Figura.57	Patrón de puntos emitidos por el sensor kinect	(córdova lucero, 2012)	97
Figura.58	Esquema de partes: sensor kinect de microsoft	(córdova lucero, 2012)	98
Figura.59	Simbología electrónica del proyecto	Propia	99
Figura.59	Simbología electrónica convencional	Propia	100
Figura.60	Imagen propuesta final portada de pdp	Propia	102
Figura.61	Esquema de esferas de relación	Propia	110
Figura.62	Desarrollo del proyecto	propia	111
Figura.63	Distribución de componentes electrónicos en el desarrollo del proyecto	propia	113
Figura.64	Portada de fase inicial de componentes	propia	114
Figura.65	Sensor propuesta 1 arduino	propia	115
Figura.66	Sensores, de rastreo y monitoreo, Propuesta 1	propia	116
Figura.67	Prototipo para Propuesta 1 Ejercicio de pinza y flexión	propia	116
	prototipo 1, verificación de maniobra	propia	117
Figura.68	prototipo 2, para verificación de sensores y motores de vibración	propia	117
Figura.69	Prototipo de sensor en resina elástica viscosa	propia	118
Figura.70	Prueba de conexión y transmisión de datos sin interferencia de sensor a sensor	Muestra fotográfica recopilada en el ccadet	119
Figura.71	Coordinador o centro de control, sensores de prueba	Muestra fotográfica recopilada en el ccadet	120
Figura.72	Técnica de producción de circuitos sobre plástico flexible	Http://sewboard.cancamusa.net/	122
Figura.73	Tecnologías emergentes, de la háptica competitiva.	: http://www.idtechex.com/research/reports/haptics-2017-2027-technologies-markets-and-players-000532.asp	123
Figura.74	Benchmarking elementos hápticos	https://www.cnet.com/products/virtuix-omni/preview/	124-125
Figura.75	Render propuesta conceptual 2	Propia	130

Figura.76	Esquema de usuarios, resumen e introducción	Propia	131
Figura.77	Pasos de desarrollo del proyecto	Propia	133
Figura.78	Esquema de casos y situaciones para las propuestas de mercad	Propia	134-137
Figura.79	Esquema de zonas que conforman el dispositivo	Propia	138
Figura.80	Esquema de las dimensiones por zona, que conforman el dispositivo	Propia	140
Figura.81	Esquema: arquitectura del sistema electrónico embebido en el dispositivo	Propia	141
Figura.82	Prototipos	Propia	142-143
Figura.83	Prototipos impresos 3D	Propia	144-145
Figura.84	Arduinos CIRI propuestas de conexiones y sensores	Propia	146
Figura.85	Imagen del concepto de transmisión de datos en manos	Propia	147
Figura.86	Paleta de concepto	Propia	148
Figura.87	Descripción general, Render de concepto del proyecto final	Propia	150
Figura.88	Primer propuesta conceptual de guante	Propia	151
Figura.89	Sistemas de módulos y muñequera, propuesta uno	Propia	153
Figura.90	Componentes de la primer propuesta	Propia	154 -156
Figura.91	Planos primer propuesta	Propia	157
Figura.92	Propuesta 2	Propia	158
Figura.93	Imagen de análogos ortopédicos	Propia	160
Figura.94	Adelgazamiento e inclusión de configuraciones flexibles	Propia	161
Figura.95	Integración de elemento en nudillos	Propia	162
Figura.96	Implementación de elementos lumínicos	Propia	163
Figura.97	Detalle de comunicación por cableado del pulgar a la manopla	Propia	164

Figura.98	Detalle de comunicación por cableado de los dedos a la manopla	Propia	166
Figura99	Propuesta 3 tipos de amputación y uso del dispositivo en la propuesta final	Propia	168
Figura.100	Evolucion de la propuesta 3 a final	Propia	169
Figura.101	Elementos básicos del sistema	Propia	170
Figura.102	Configuración de los códigos visuales	Propia	171
Figura.103	Secuencia de colocación de dedos	Propia	172
Figura.104	Propuestas de color y personalización de elementos	Propia	173
Figura.105	Portada monitoreo, proyecto final	Propia	175-176-
Figura.106	Portada amputación, proyecto final	Propia	177-178
Figura.107	Logo del dispositivo	Propia	180
Figura.108	Propuesta de embalaje y muestra de distribución de piezas en el embalaje	Propia	181
Figura.109	Configuración del logo del dispositivo	Propia	183
Figura.110	Composición de la propuesta	Propia	184
Figura.111	Aspectos técnicos	Propia	185
Figura.112	Render códigos lumínicos	Propia	186
Figura.113	Componentes lumínicos	Propia	187
Figura.114	Uso y significado de los componentes lumínicos	Propia	188
Figura.115	Tipo de luminosidad	Propia	189
Figura.116	Nombre en los componentes	Propia	190
Figura.117	Extensible	Propia	191
Figura.118	Secuencia de uso de los dedos	Propia	191
Figura.119	Zonas rígidas y zonas flexibles	Propia	192
Figura.120	Portada escenarios de uso	Propia	193
Figura.121	Escenarios de uso según tipo de amputación y tipo de	Propia	194

	paciente.		
Figura.122	Modularidad de elementos dedales en dos direcciones (en s)	Propia	195
Figura.123	Modularidad de elementos dedales en una sola dirección (en i)	Propia	195
Figura.124	Componentes modulares según tipo de cicatrización	Propia	196
Figura.125	Secuencia de uso en los dedales	Propia	197
Figura.126	Secuencia de uso en el extensible	Propia	198
Figura.127	Ejemplos de disposición y acomodo del extensible	Propia	199
Figura.128	Secuencia de disposición y acomodo de la terminal 2	Propia	200
Figura.129	Esquema de distribución de nitinol	Propia	201
Figura.130	Secuencia de disposición y acomodo de la terminal 2	Propia	201
Figura.131	Esquema de los dispositivos electrónicos en la mano	Propia	202
Figura.132	Portada de capítulo de programa de seguimiento	Propia	
Figura.133	Propuestas de visualización del software en dispositivos móviles (responsable)	Propia	205
Figura.134	Indicadores, elementos y códigos de color y accesibilidad	Propia	206
Figura.135	Propuesta visual del <i>App</i> desarrollada para el médico	Propia	207
Figura.136	Esquema del simulador de seguimiento versión de selección de tratamiento por el médico para creación de perfil	Propia	208
Figura.137	Esquema del simulador de seguimiento versión de selección de tratamiento por el paciente	Propia	209
Figura.138	Descubrimientos del proyecto: aspectos de Ergonomía	Google images	213
Figura.139	Descubrimientos del proyecto: aspectos de funcion	Google images	214
Figura.140	Descubrimientos del proyecto: aspectos de producción	Google images	215

Figura.141	Descubrimientos del proyecto: aspectos de Estética	Google images	216
Figura. A- 1	Anexos	pinterest	217
A1	Dimensiones antropométricas en hombres	https://www.researchgate.net/publication/262715372_Aspectos_Biometricos_de_la_Mano_de_Individuos_Chilenos	218
A2	Dimensiones antropométricas en mujeres	https://www.researchgate.net/publication/262715372_Aspectos_Biometricos_de_la_Mano_de_Individuos_Chilenos	219
A3	Programa de terapia para dedos de la mano	Recuperado del imss	221-223
A4	Portada de bocetos	propia	224
A5	Material fotográfico de prototipos	propia	225-227
A6	planos	propia	228

Referencias

BIBLIOGRAFÍA

Aguado Díaz, A. L. (1993). Historia de las Deficiencias. Colección Tesis y Praxis. Madrid: Escuela Libre Editorial, Fundación ONCE.

Academia Nacional de Medicina, 2015 Acta de la Sesión del 4 de marzo del 2015 Academia Nacional de Medicina "Los amputados, un reto para el estado.

Dr. Vázquez Vela, Eduardo, Dr. Ruiz Pérez, Leobardo. (2015). *Acta de la Sesión del 4 de marzo del 2015 Academia Nacional de Medicina Los amputados, un reto para el estado*. Academia Nacional de Medicina, México

Aesthetic damage assessment in amputations Lluïsa Puig Bausili, Amadeo Pujol Robinat, Jordina Corrons Perramón, Jordi Medallo Muñoz; Article · Jul 2011

Amate y A. J. Vásquez (Eds.), Discapacidad. Lo que todos debemos saber (pp. 3-8). Washington, D.C: Organización Panamericana de la Salud.

Aslam A.; Afoke A. La nueva técnica de sutura de núcleo para la reparación del tendón flexor: análisis biomecánico de resistencia a la tracción y la formación de vacío. *J Surg mano*, 25: 390 a 392, 2000.

Anatole Bender. (2011). INFECCIONES EN CIRUGÍA. 2016, de Cátedra de cirugía Sitio web: <http://blogs.eco.unc.edu.ar/cirugia/2011/08/15/infecciones-en-cirugia/comment-page-1/>

Antúñez Farrugia, M. E. y Balcázar de la Cruz, A. (2007). Diagnóstico sobre Discapacidad en México. México: Organización de Estados Americanos (OEA), Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Recuperado el 07 de diciembre de 2010, de: scm.oas.org/pdfs/2007/DIL00140s.pdf

Álvarez del Castillo, E. (1982). El derecho social y los derechos sociales mexicanos. México: Editorial Porrúa. Amate, E. A. (2006a). Evolución del concepto de discapacidad. En E. A.

C. Aviñó Farret M. T. Maneiro Chouza I. Clemente Benaiges. (2007). Neurorrehabilitación en la enfermedad de Parkinson. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación Hospital de Palamós Palamós (Girona) Serveis de Salut Integrats del Baix Empord (SSIBE), *Neurol Supl* 2007;3(7):22-29, 8.

Baehler AR. Técnica ortopédica. Indicaciones. Barcelona: Masson, 1999.

Barbieri, CH; Mazer, N.; Trejo,(1994.) lesiones con AR de los tendones flexores de los dedos en los adultos. *Rev Bras Ortop*, 29: 8,

Batista, KT; Araujo, (2007.) Factores EA influir en los resultados de la reparación tardía de tendones flexores en la zona II. *Rev. Soc. Bras. Cir. Plast*, 22 (1): 45-51,

Beredjiklian, (2003) PK Aspectos biológicos del tendón flexor de laceración y la reparación. *El Diario De Bone & Joint Surgery*, 85: 3,

Boyer, MI; Strickland, JW; Engles, DR; Hiller, K.; Leversedge, FJ; (2002) Tendón Flexor reparación y rehabilitación. *El Journal of Bone & Joint Surgery*, 84: 9,

Buendía, LA; RM Júnior; Ulson,(2005.) HJR estudio biomecánico comparativo de la resistencia a la tracción de las técnicas de sutura de tendones flexores de la mano *Rev Bras Ortop*, 40: 7

Biomecánica Funcional: Miembros, cabeza, tronco. Masson. (2006) p 351 – 412.

Biomecánica y Patrones Funcionales de la Mano – Arias L Cooper C.

Blanco, E. E., y Sánchez Salcedo, A. M. (2006). Enfoque de la discapacidad en los organismos internacionales. *Revista del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*, 65, 37-48. Recuperado el 10 de abril de 2012, de: www.meyss.es/es/publica/pub.../revista/numeros/65/Revista65.pdf

Brinckmann P, Frobin W, Leivseth G. *Musculoskeletal Biomechanics*. Thieme. 2002, p 4 – 16. Chao E. *Biomechanics of the hand*. World Scientific. 1989, p 31 – 97. 24 Morfolia – Vol. 4 - No.1 – 201

Caillet, R. *El dolor en la mano*. Porto Alegre: Artmed, 4ª ed., 2004.

Castillo Castillo Gerardo.Duran Zenteno Juan.Vargas Luis Israel. 2005, Prótesis De Miembro Superior Mioeléctrica. 152. 2016, De Instituto Politécnico Nacional base de datos.

Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad [CONADIS]. (2011, 1 de agosto). CONADIS instala el Comité Técnico Especializado en Información sobre Discapacidad. Boletín 125. Recuperado el 25 de mayo del 2012, de:http://conadis.salud.gob.mx/interior/sala_de_prensa/anteriores/instalacion_comite_tecnico.html

Córdova Lucero Fabricio Alexander. (2012). "Detección de robo/abandono de objetos en interiores utilizando cámaras de profundidad", Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España

Crespo Cuadrado, M., Campo, M. y Verdugo, M. A. (2003). Historia de la Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF): un largo camino recorrido. Siglo Cero, 34 (205), 20-26. Recuperado el 01 de febrero de 2012, de: <http://sid.usal.es/idocs/F8/ART6142/articulos2.pdf>

Cruz Torrero, L. (2000). Se creó en 1925 la Dirección General de Pensiones Civiles de Retiro, en apoyo a trabajadores del Estado. Nosotros, Órgano informativo del ISSSTE, 75. Recuperado el 22 de febrero de 2012, de: <http://informatica.issste.gob.mx/website/comunicados/nosotros/agosto2000/portada.html>

Cuenca Gómez, P. (2011). Derechos humanos y modelos de tratamiento de la discapacidad. Papeles el tiempo de los derechos, 3. Madrid: Instituto de Derechos Humanos Bartolomé de las Casas, Universidad Carlos III de Madrid.

Culebro, R., Delgadillo, A. L. y Rolander, Y. (2008). Evaluación del programa de apoyo económico para personas con discapacidad en el Distrito Federal. México: Instituto Mexicano de Derechos Humanos y Democracia, A.C.

De Lorenzo García, R. (2003) La protección jurídica de las personas con discapacidad en el derecho internacional. En R. González Millán y L. Cayo Pérez Bueno (Coords.), Las múltiples dimensiones de la discapacidad, Colección solidaridad 18 (pp. 53-84). Madrid: Fundación ONCE, Escuela libre editorial. Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2001, 14 de agosto). Primera Sección. Recuperado el 29 de mayo de 2012, de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=762221&fecha=14/08/2001

Espinosa Castañeda, R. y Medellín Castillo, H. I. (2014): Análisis y evaluación de la generación de iconos mentales en personas invidentes a partir de la percepción virtual táctil utilizando realidad virtual y sistemas hápticos, Icono 14, volumen (12), pp. 295-317. doi: 10.7195/ri14.v12i2.695

Evans,(2005.) Zona RB I flexor rehabilitación del tendón con extensión limitada y la flexión activa. *J Mano Ther.* 18: 128-140,

Fernandes, CH; Matsumoto, MH; Santos, J. B. G.; Araujo, PMP; Fallopa, M.; Albertoni, WM (1996.) Resultados de tenorrhaphies en los flexores de los dedos, en la zona II, sometidas asistido temprana pasiva *movimiento. Rev Bras Ortop*, 31: 6,

Frank Andres and Salvatore Juan Eduardo. (2013). "Detección de objetos usando el sensor Kinect", Trabajo de investigación, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

Fess E, Gettle K, Philips C, Robin J. Hand and Upper Extremity Splinting. 3ra ed. Elsevier, Mosby, (2005), p 47 – 72.

Field D, Palastanga N, Field D, Soames R. Anatomía y movimiento humano: estructura y funcionamiento. 3ra. Ed. Paidotribo, (2000) p 67.

Fundamental of Hand Therapy. Mosby, Elsevier, 2007, p 4 -35. Dufour M, Pillu M.

Gelberman, HR; Manske, P.; Akeson, WH; Woo, SL; Lundborg, G.; . Amiel, (1986.)reparación del tendón flexor D. *J Orthop Res*, 4: 119-28,

Gamio Ríos, A. (2006). Experiencias comparadas en América Latina y Europa sobre Derechos de las Personas con Discapacidad. La experiencia mexicana. Memoria del Seminario Internacional Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. Por una cultura de la implementación, Programa de Cooperación sobre Derechos Humanos México– Comisión Europea (pp. 105-112). México: CONAPRED, Programa de Cooperación sobre Derechos Humanos México-Comisión Europea. Recuperado el 18 de mayo de 2012, de: <http://portal.sre.gob.mx/pcdh/libreria/libro11/IV%20experiencias%20comparadas.pdf>

Hatanaka, H., Kojima T, Mizoguchi, T.; Ueshin, Y. (2002.) agresivo zona movilización activa II tendón flexor Después de la reparación con la técnica de bucle de bloqueo de calibre pesado de dos hebra. *J Orthop Sci*7: 457 hasta 461,

Hung, LK; Pang, KW; Yeung, PLC; Cheung, L.; Wong, JMW; Chan, P. (2005.) movilización activa después de la reparación del tendón flexor:. Comparación de los resultados Después de las lesiones en la zona 2 y otras zonas *Journal of Orthopedic Surgery*, 13 (2): 158-163,

Hunter J, Mackin E, Callahan A. Rehabilitation of the Hand. 5ta ed. Mosby, (2002) p 60-72.

Dr Jorge Montero Holms. (2007). Sobre la Neuropatía Periférica, Fenómenos positivos. 2016, de © 2013 Grupo Ferrer Internacional S.A. Sitio web: <http://www.neuropatiaperiferica.com/es/content/fenomenos-positivos>

- Junior, AGP *trauma mano*. Río Janeiro: Editora Médica y Científica. . 2ªed 1992.
- Junior, RM; Azze, RJ; Okane, SY; Starck, R.; Rao, MR.; Kimura, LK; Paula, E JL; Pereira, EA; Camillo, AC La reconstrucción de tendones flexores con el método de la India. *Rev Bras Ortop*, 32: 4, 1997.
- .Kapandji A. Fisiología articular. 5ta. Ed. Editorial Médica Panamericana, P 174 – 291.
- Luz Amparo Arias López. (2012). Biomecánica y patrones funcionales de la mano. *Morfología* No.1, Vol. 4, 14-24.
- Martin, R.; James W. Strickland, Drew R. Engles, Md, Kavi Sachar, Fraser J. Leversedge, Md tendón flexor reparación y rehabilitación. *Estado del arte* en, 45: 167, 2002.
- Microsoft Corporation. (2013). Kinect for Windows.
- Moron S, Terapia ocupacional en al rehabilitación de la mano en pacientes Tetraplejicos TOG, (A Coruña) [Revista en internet]. 2007 [Consulta en 2016]; (6): [22p.] Disponible en <http://www.revistatog.com/num6/pdfs/revision1.pdf>
- Nigg B, MacIntosh, Mester J. Biomechanics and biology of movement. USA. 2000, p 19. Nordin M, Frankel V. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 3ra. Ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2001, p 358.
- Pettengil, KM La evolución de la movilización precoz del tendón flexor reparado. *J Mano Ther* 18: 157-168, 2005.
- Ing. Salvatore, Juan Eduardo. Detección de objetos utilizando el sensor Kinect. UNAJ, Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina, Recuperado de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP178.pdf>
- Strickland JW La base científica de los avances del tendón flexor de la cirugía, *J Mano Ther*, 18: 94-110, 2005.
- Silva, JB; Martins PDE; Román, J.; Gehlen, D. movilización postoperatoria con principios de flexión activa después de la reparación de los tendones flexores en la zona 2. *Rev. Soc. Bras. Cir. . Plast*, 20 (4): 207-12, 2005.

Silva, JB; Calcagnotto, G.; Oliveira, CG; Fisher H. Un estudio aleatorio prospectivo de movilización activa temprana después de la reparación de los tendones flexores en la zona 2. *Rev Bras Ortop*, 38:10, 2003.

AM Smith; Evans DM evaluación biomecánica de un nuevo tipo de reparación del tendón flexor. *J Surg mano*, 26: 217-219, 2001.

Rafael Matesanz. (2010). Medicina regenerativa y células madre. Madrid: Editorial CSIC.

Senado de la República. (2004). Beneficencia pública y privada: del Porfiriato a la época moderna. Boletín informativo de la Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, IV (32). Recuperado el 17 de junio de 2012 de: http://www.senado.gob.mx/libreria/sp/libreria/historico/contenido/boletines/boletin_32.pdf

Toledano, J. E. (2007). Convención sobre Derechos de las Personas con Discapacidad. Por una cultura de la implementación. En J. C. Gutiérrez Contreras (Coord.), Memorias del Seminario Internacional Convención sobre Derechos de las Personas con Discapacidad. Por una cultura de la implementación (pp. 211-218). México: CONAPRED, Programa de Cooperación sobre Derechos Humanos México-Comisión Europea. Recuperado el 13 de junio de 2012, de: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/5/2468/26.pdf>

Paola González, Kinesióloga y Ergónoma. (Enero 2013). La Ergonomía Cognitiva, clave en la salud de los trabajadores. Recuperado de: <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=79&edi=4&xit=la-ergonomia-cognitiva-clave-en-la-salud-de-los-trabajadores>

Wada, A.; Kubota, H.; Miyanishi, K.; Hatanaka H.; Miura. H.; Iwamoto, Y. Comparativa de movilización activa temprana postoperatoria y la inmovilización in vivo utilizando una de cuatro - cadena tendón flexor de reparación. *El diario de la mano Cirugía*, 26: 4, 2001.

Wang B.; Tang JB Aumento de empotramiento en los tendones de sutura: un método eficaz para reparar Mejorar la fuerza. *J mano Surg*, 27: 333-336, 2002.

Wilson, EMK; Barbieri, CH; Mazzer, NE; Velludo, MAL Reconstrucción de las poleas anulares con materiales sintéticos digitales estudio experimental en conejos *Rev BrasOrtop*, 32: 11,1997.

Whiting W, Zernicke R. Biomechanics of musculoskeletal injury. USA. 2da. Ed. 2008, p 237.

Zhao, C.; Amadio, PC; Tanaka, T.; Yang, C.; Ettema, AM; Zobitz, ME; Nan-Kai, A. evaluación a corto plazo de tiempo óptimo para la rehabilitación postoperatoria flexor profundo de los dedos del tendón después de la reparación en un modelo canino. *J Mano Ther*, 18 (3): 322-329, 2005.

WEB GRAFÍA

- **Páginas de proveedores y empresas**

- <http://www.ottobock.com.mx/orthotics/>
- http://www.ortopedicosyfigurasesbeltas.com/catalogo_07_ortesisyprotesis.html
- <http://www.berktree.com/rolyan-radial-bar-wrist-cock-up-splint-polyflex-ii-solid-1-8-3-2mm-color-white-size-medium.html>
- <http://www.quiminet.com/productos/ortesis-protesis-medicas-36674741336/proveedores.html>

- **Páginas de imágenes**

- <http://aptoca.org/wp-content/uploads/2014/06/ortesis-mano.jpg>

- **Páginas de instituciones**

- <http://www.rehabilitacionintegraldemexico.com.mx/Pand0.html>
- <http://www.elergonomista.com/fisioterapia/pf10.html>
- <http://www.rehabilitacionintegraldemexico.com.mx/Especialistas.html>
- <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas.htm>

- **Páginas de consulta**

- <http://wm1064470.web-maker.es/lesiones/mano/tendones-flexores/mobile/>
- <http://www.efdeportes.com/efd171/pos-operatorio-da-tendinopatia-flexora-da-mao.html>
- <http://aptoca.org/terapia-ocupacional/funciones/ortesis/>
- <http://www.elmundo.es/economia/2015/04/23/5537e276e2704ef0498b457f.html>
- http://www.zimmer-group.de/website/cli/XXM_EXPORT_DB/HHT/DOK/MAK/hht_dok_mak_gd500_ses_aqu_v1.pdf
- <https://entreteo.wordpress.com/2014/01/19/el-desarrollo-del-agarre-del-lapiz/>

- <http://gsdl.bvs.sld.cu/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0rehabili-00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l-11-es-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-OutfZz-8-00&a=d&cl=CL1&d=HASH014caf0bc3efc0341380643f.5.fc>
- <http://www.theladbible.com/articles/guy-builds-working-lego-arm-exo-skeleton>
- <http://www.popularmechanics.co.za/science/soft-robotics-aims-to-mitigate-the-flaws-of-hard-robots/>
- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/medicina/cirugia/tomo_i/cap_01_heridas%20y%20cicatrizaci%C3%B3n.html
- <http://invdes.com.mx/galeria-general/8880-que-es-la-biotecnologia>
- <http://www.tecnociencia.es/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=WcM0ruq28dc>
- <https://www.youtube.com/watch?v=KPhkVPNKtVA>
- <https://entretelo.wordpress.com/2014/01/19/el-desarrollo-del-agarre-del-lapiz/>
- <http://www.batanga.com/tech/13783/exoesqueleto-robot-permite-aumentar-la-fuerza-cual-si-fueras-un-androide>
- <http://www.tecnociencia.es/>
- <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.visiblebody.muscle>
- <http://altadensidad.com/?cat=826>
- <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=7333>
- <http://medicablogs.diariomedico.com/samfrado/2009/01/21/lopes-diseno-y-evaluacion-de-un-exoesqueleto-robotico-para-rehabilitacion-de-la-marcha/>
- <http://www.exoesqueleto.com.es/iquestcoacutemo-funciona-un-exoesqueleto.html>
- <http://vidanatur.com/diferencias-ortesis-protesis>
- <http://utxj-tfar-area-medica.blogspot.mx/p/ortesis-y-protesis.html>
- http://www.festo.com/cms/es_corp/12713.htm
- http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/03/140306_exoesqueletos_robots_rg
- <http://www.rtve.es/noticias/20140612/asi-funciona-exoesqueleto-permitira-discapacitado-hacer-saque-honor-del-mundial/953306.shtml>
- <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9942/1/9.pdf>
- <http://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/MaTesEG.pdf>

- <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9942/1/9.pdf>
- <http://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/MaTesEG.pdf>
- http://ingbiomedica.weebly.com/uploads/3/2/2/6/32264937/pr%C3%B3tesis_y_ortesis.pdf
- <http://www.uv.es/mpisea/54656d615f315f46756e64616d656e746f735f7465c3b37269636f735f67656e6572616c6573.pdf>
- <http://vidanatur.com/diferencias-ortesis-protesis>
- <http://utxj-tfar-area-medica.blogspot.mx/p/ortesis-y-protesis.html>
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_s_f/capitulo4.pdf
- <http://www.unicauca.edu.co/deic/Documentos/Monograf%EDa%20exoesqueleto.pdf>
- http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria22/feria262_01_exoesqueleto_mecanico.pdf
- http://www.hctlab.com/jornadas_e-accesibilidad/presentaciones/3.pdf
- http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5636/Tesis_Andres_Felipe_Ruiz_Olaya.pdf?sequence=1
- <http://gmac-el.espe.edu.ec/wp-content/uploads/file/Exoesqueleto%20de%206%20GDL%20para%20potenciar%20capacidades.pdf>
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/perez_m_f/capitulo2.pdf
- <http://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/9942>
- <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01-1a.html>
- <http://www.bdigital.unal.edu.co/32030/1/31373-113677-1-PB.pdf>
- <http://132.248.9.195/pd2007/0617145/A5.pdf>
- <http://www.amicivirtual.com.ar/Anatomia/11MucaMano.pdf>
- http://www.fundacite-aragua.gob.ve/pdf/cirugia_mano1.pdf
- <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180747.pdf>
- http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/anatomia_y_biomecanica.pdf
- http://seram.pulso.com/modules/posters/files/anatoma_sea_y_radiologa_de_la_mueca.pdf
- http://www.rehabilitacionblog.com/2015/04/el-abuelo-de-la-rehabilitacion-medica.html?utm_source=BP_recent
- <http://www.rehabilitacionblog.com/2012/08/exohand-de-festo-un-exoesqueleto-guante.html>
- <http://www.exoesqueleto.com.es/rex-bionics.html>

- http://www.festo.com/cms/en_corp/12713.html
- <http://www.dmedicina.com/enfermedades/neurologicas/ictus.html>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Exoesqueleto>
- <https://books.google.com.mx/books?id=i4jdAgAAQBAJ&pg=PT90&dq=exoesqueleto&hl=es-419&sa=X&ved=0CDEQ6AEwBGoVChMly4vPIPjxxwIVBgySCh2wKA-J#v=onepage&q=exoesqueleto&f=false>
- <https://books.google.com.mx/books?id=nTQaQAAlAAJ&q=exoesqueleto&dq=exoesqueleto&hl=es-419&sa=X&ved=0CDcQ6AEwBWoVChMly4vPIPjxxwIVBgySCh2wKA-J>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Exoesqueleto_mec%C3%A1nico
- <https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rtesis>
- <http://www.rehabilitacionblog.com/2012/08/exohand-de-festo-un-exoesqueleto-guante.html>
- https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/17562/TRABAJO_OT.pdf?sequence=1
- <http://www.unicauca.edu.co/ai/publicaciones/Samara.pdf>
- <http://www.estudiante.org/consejos-practicos-para-iniciar-la-tesis/>
-