

**PROTOTIPO DE EXOESQUELETO PARA LA ARTICULACIÓN
METACARPOFALÁNGICA**



PRESENTADO POR:

Juan Carlos Piedrahita
Victor Eduardo Realpe

DIRECTOR DE TRABAJO:

Diego Andrés Campo Ceballos
Profesor Asociado Ingeniería Mecatrónica

TIPO DE OPCIÓN DE GRADO:

PROYECTO DE GRADO

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
POPAYÁN
2021**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, 25 de noviembre de 2021

PÁGINA DE DEDICATORÍA

Este trabajo es el resultado del esfuerzo de nuestros padres por darnos el apoyo, las fuerzas y la energía suficiente para alentarnos a seguir adelante y querer terminar nuestros estudios, dando todo de nosotros para hacerlos sentir orgullosos.

Víctor E. Realpe, Juan C. Piedrahita

PÁGINA DE AGRADECIMIENTOS

Primero dar gracias a Dios y a mi familia, a mi madre que se esmeró día tras día para que este proceso culminara y a mi padre que, con su apoyo constante, el cual nunca desistió en ningún paso, ayudó a sacar este proyecto adelante. Igualmente, gracias a nuestro director que estuvo muy pendiente de los detalles de funcionamiento del prototipo y que pudiéramos salir adelante con las dudas e inquietudes que se nos presentaban en el momento.

A mi abuela que está en el cielo y demás personas que me hubieran gustado que presenciaran este momento en vida

Víctor E. Realpe

Tabla de contenido

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	15
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y GENERALIDADES	16
1.1 MECATRÓNICA	16
1.1.1 Robótica	16
1.1.2 Biomecánica	16
1.1.3 Exoesqueletos	17
1.2 FISIOTERAPIA	18
1.2.1 Rehabilitación en las articulaciones metacarpo falángico	18
1.2.2 Ejercicios para la rehabilitación	18
1.2.3 Extensión de la mano	19
CAPÍTULO II: MODELAMIENTO Y DISEÑO	19
2.1 DISEÑO MECÁNICO	20
2.1.1 Diseño Estructural	20
2.1.2 Modelado CAD	24
2.1.3 Análisis de esfuerzos en condiciones estáticas	26
2.1.4 Sistema de actuación	29
2.1.5 Modelado CAM	32
2.1.6 Parámetros y material de impresión	32
2.1.7 Diseño eléctrico y control	33
2.1.8 Software	34
CAPÍTULO III: VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	35

3.1	VALIDACIÓN CON FISIOTERAPEUTAS.	35
3.2	VALIDACIÓN CON PACIENTES SIN HISTORIAL CLÍNICO.....	40
	CONCLUSIONES.....	43
	RECOMENDACIONES	44
	BIBLIOGRAFÍA.....	46
Anexo 1.	ANEXO 1.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Rehabilitador mecatrónico de mano [11]	17
Figura 2.	Extensión de la mano (Proceso de Rehabilitación).....	19
Figura 3.	Modelo estructural sobre articulaciones en la mano. [15]	20
Figura 4.	Ubicación de los centros virtuales [16].	21
Figura 5.	Ejes de movimiento de la estructura.	22
Figura 6.	Prototipo de practica #1.....	23
	23
Figura 7.	Prototipo de practica #2.....	23
Figura 8.	Prototipo Final.....	23
Figura 9.	Modelo CAD Prototipo	24
Figura 10.	Modelo CAD Prototipo.	24
Figura 11.	Verificación fisioterapia.....	25
Figura 12.	Fisiología de la mano humana [16]	25
Figura 13.	Movimiento alcanzado por la articulación MCP.....	26
Figura 14.	Pruebas de análisis estático	27
Figura 15.	Pruebas de análisis estático	27
Figura 16.	Cambios estructurales en la estructura	28
Figura 17.	Análisis de esfuerzo en condiciones estáticas	28
Figura 18.	Prueba de factor de seguridad generada sobre la pieza.	29
Figura 19.	Eje de movimiento del prototipo	30

Figura 20.	Especificaciones del motor implementado.....	30
Figura 21.	Especificaciones técnicas microcontrolador ATmega 2560	31
Figura 22.	Esquema eléctrico.....	33
Figura 23.	Esquema de control.	34
Figura 24.	Esquema de código	35
Figura 25.	Grafica de pesos para la evaluación de cada factor de desempeño en la encuesta de los fisioterapeutas.....	39
Figura 26.	Tendencia de la evaluación de desempeño del prototipo por parte de los fisioterapeutas.	39
Figura 27.	Tendencia de la evaluación de desempeño del prototipo por parte de los pacientes.	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de la lesión acorde a la localización y nervios lesionados. [14] ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2.	Rango de movimiento de las articulaciones de los dedos [16].	21
Tabla 3.	DataSheet del ServoMotor Mg996r	31
Tabla 4.	Parámetros de impresión.	32
Tabla 5.	Datos recolectados con las encuestas a fisioterapeutas.....	36
Tabla 6.	Datos recolectados con las encuestas a pacientes sanos	40

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1.	Gráfica radial del resultado de la validación del prototipo por parte de fisioterapeutas.	38
Gráfica 2.	Gráfica radial del resultado de la validación del prototipo por parte de los pacientes.....	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	ANEXO 1.	49
----------	---------------	----

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de exoesqueleto para rehabilitación de la articulación metacarpo falángica, aplicando la tecnología biomecánica en el área de fisioterapia, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes que hayan sufrido traumas en las extremidades superiores con pérdida total de la movilidad, mediante terapias de movimientos pasivos en las 4 falanges de la mano. El desarrollo implica el uso de tecnologías de fabricación digital, implementando software CAD para la creación de un diseño en 3D en el cual se visualicen los parámetros mecánicos del prototipo. Para la construcción se hace uso de impresoras de extrusión de material para crear las piezas del exoesqueleto. La incursión de la mecatrónica en la rehabilitación de lesiones en articulaciones ha permitido mejorar los procesos médicos, dado que complementa el proceso de forma pasiva. El prototipo desarrollado genera movilización pasiva en cuatro dedos de la mano (índice, medio, anular y meñique), realizando movimientos de cierre y apertura, su funcionamiento consta de la estimulación repetitiva y programable para ayudar en las terapias relacionadas con lesiones del nervio periférico, dirigido al movimiento de la mano. En tanto a los resultados recopilados y evaluados por pacientes y fisioterapeutas, se logra obtener una calificación aceptable por el personal encuestado que se evidencia en los diagramas y análisis estadísticos obtenidos y evidenciados en el informe tanto a la funcionalidad del prototipo, además de lograr adecuarse a la mayoría de los protocolos de movilidad en los movimientos requeridos para las terapias de rehabilitación, con mejoras a futuro en tanto a ergonomía y comodidad.

ABSTRACT

In this work, the development of an exoskeleton prototype for rehabilitation of the metacarpophalangeal joint is presented, applying biomechanical technology in physiotherapy, with the aim of improving the quality of life of patients who have suffered traumas in the upper extremities. with total loss of mobility, through passive movement therapies in the 4 phalanges of the hand. The development involves the use of digital manufacturing technologies, implementing CAD software to create a 3D design in which the mechanical parameters of the prototype are displayed. For the construction, material extrusion printers are used to create the exoskeleton parts. The incursion of mechatronics in the rehabilitation of joint injuries has made it possible to improve medical processes, since it passively complements the process. The developed prototype generates passive mobilization in four fingers of the hand (index, middle, ring, and little finger), making closing and opening movements, its operation consists of repetitive and programmable stimulation to help in therapies related to peripheral nerve injuries, directed to the movement of the hand. As for the results compiled and evaluated by patients and physiotherapists, it is possible to obtain an acceptable rating by the surveyed personnel, which is evidenced in the diagrams and statistical analyzes obtained and evidenced in the report, both for the functionality of the prototype, in addition to being able to adapt to most of the mobility protocols in the movements required for rehabilitation therapies, with future improvements in ergonomics and comfort.

INTRODUCCIÓN

El área de la medicina es un campo muy complejo del cual se desprenden ramas de estudio especializadas para tratar un tema o partes del cuerpo en específico, dando así un mejor tratamiento a los pacientes y mejorando la calidad de vida de ellos. Tomando principalmente como tema de estudio el área de fisioterapia, las lesiones presentadas por pacientes de tipo muscular o articular son tratadas por especialistas de la salud, teniendo un enfoque más oportuno al tratamiento médico. La medicina ha dado grandes pasos a través de la historia de la humanidad, teniendo mayor efectividad en procesos de rehabilitación a tal punto de incorporar la tecnología y la robótica para dar precisión y exactitud en cirugías y tratamientos. La unión de estos dos campos da como resultado la ingeniería biomecánica, la cual se especializa en crear dispositivos que realizan procedimientos médicos con mayor eficiencia.

Para el área de fisioterapia se ha incursionado en crear dispositivos de rehabilitación para las extremidades afectadas de los pacientes, ya sea por lesiones o daño permanente. El estudio va dirigido a la rehabilitación de la articulación metacarpofalángica en donde se presentan lesiones articulares por accidentes laborales y/o deportivos según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) anualmente ocurren alrededor de 337 millones de accidentes en el trabajo, siendo las lesiones presentadas en la articulación metacarpofalángica las más comunes [1].

La robótica ha puesto a disposición la implementación de exoesqueletos que ayuden en los procesos de rehabilitación de los pacientes con lesiones articulares, estos han logrado mejorar considerablemente la recuperación de los pacientes y alcanzado buenos estándares de rehabilitación. Un ejemplo de ello, Andreas wege, Konstantin Kodak y Gunter Hommel, desarrollaron un exoesqueleto para la rehabilitación de la mano, empezando con la construcción de un prototipo mecánico de cuatro grados de libertad, el cual es movido por una unidad actuadora y recibe la información a través de sensores de efecto hall en cada articulación de la estructura, por medio de ecuaciones trigonométricas y conociendo la longitud de cada segmento, se calculan los ángulos correspondientes a cada falange [2].

La ventaja en el uso de estos dispositivos consta de optimizar los procesos de rehabilitación, referente al tiempo en el proceso médico, precisión en la movilidad y retroalimentación de datos. Con el uso de sensores se incrementa la funcionalidad del exoesqueleto y adaptación de los procesos de rehabilitación, obteniendo datos estadísticos o de estudio que permiten mejorar dichos procesos. El prototipo de exoesqueleto va dirigido a contribuir con la rehabilitación de forma pasiva a través de movimientos de flexión y extensión en cuatro de las falanges de la mano para lesiones del nervio periférico incidiendo en el movimiento sobre las articulaciones metacarpofalángicas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, la mecatrónica se ha incorporado a otras áreas de estudio, permitiendo desarrollar productos inteligentes adaptados y apropiados a todo tipo de necesidades. En el área médica ha incursionado para mejorar los procesos de recuperación de los pacientes, tanto en cirugías como procedimientos médicos y recuperación de lesiones de articulaciones.

La incursión de exoesqueletos en el área médica ha servido para potenciar las capacidades humanas y apoyar los procesos de rehabilitación. Mediante la fabricación digital se desarrollan exoesqueletos con movimiento bidireccional (flexión – extensión), que permiten realizar procesos fisioterapéuticos en las terapias de rehabilitación.

La finalidad de este tipo de dispositivos es permitirle al paciente generar movimientos para mantener el arco de amplitud de movilidad. Las lesiones de nervios periféricos entran en un rango del 1.5% al 3.5% de la pérdida de la capacidad de trabajo, ocupa uno de los primeros lugares y en ocasiones conduce a una discapacidad grave de los pacientes en alrededor de un 65% de los casos. Muchos de los pacientes con lesiones en el nervio periférico no siempre reciben atención médica oportuna y adecuada, lo cual conlleva a una discapacidad persistente, entre el 28-75% de los casos, tomando como dato relevante que en su mayoría es la población joven -apta para el trabajo- la más afectada. El trauma de los nervios en las extremidades superiores se produce en el tercio inferior del antebrazo y la mano (casi el 55% de todas las lesiones del miembro superior), y aproximadamente el 20% de ellas se acompañan de lesiones en varios nervios. [3]

El uso de sistemas mecatrónicos en la rehabilitación por lesiones en articulaciones de la mano se ha implementado en pacientes con pérdida de movilidad y eventos traumáticos en el cuarto segmento del miembro superior, generando así disminución de dolor y aumentando la movilidad en las articulaciones, progresivamente [4].

En EE. UU y Canadá, la principal causa de lesiones del nervio periférico es por accidentes automovilísticos, a comparación de otros países en su mayoría latinos, ocurren por lesiones con arma blanca llegando al 61%. Un ejemplo de esto es en México [33], en donde el crimen organizado representa una de las razones del incremento de este tipo de traumas.

En un estudio realizado por estudiantes de México con base en los casos de lesiones del nervio periférico en pacientes atendidos en un hospital, en un rango de años comprendidos entre el 2008-2012, examinando alrededor de 11998 pacientes. Arroja los resultados representados en la tabla 1, donde se muestra el porcentaje de

lesiones plexo braquiales, las cuales inciden en la pérdida de movilidad de las extremidades superiores [5].

Tabla 1. Distribución de la lesión acorde a la localización y nervios lesionados. [14]

Localización	Nervio	n	Porcentaje	porcentaje total
Extremidad superior	Plexo braquial	35	24%	61%
	Ulnar	18	13%	
	Mediano	15	10%	
	Radial	14	10%	
	Digital	5	3%	
	Axilar	1	1%	
Extremidad inferior	Plantar	7	5%	15%
	Ciatico	6	4%	
	Tibial	3	2%	
	Safeno	2	1%	
	Perone	1	1%	
	Femoral	1	1%	
	Sural	1	1%	
Cara	Facial	14	10%	14%
	Trigemino	5	3%	
	Oflamico	1	1%	
Cuello	Raiz cervical	9	6%	6%
Torax	Intercostal	6	4%	4%

Respecto a los resultados presentados en la tabla 1, se determina que la mayoría de las lesiones o traumas atendidos corresponden en su mayoría al plexo braquial. Por lo cual, se determina la viabilidad de implementación de este tipo de dispositivos biomecánicos para la ayuda en la recuperación temprana de lesiones en pérdida de movilidad total en las extremidades superiores, más exactamente en las articulaciones metacarpo falángicas.

Dentro del marco expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar un exoesqueleto de la articulación metacarpofalángica para mejorar la recuperación de lesiones presentadas en los dedos de la mano?

JUSTIFICACIÓN

Las lesiones en las manos y muñecas son muy frecuentes, la recuperación de su movilidad es prioritaria para que los pacientes puedan realizar efectivamente sus actividades cotidianas. Los casos más frecuentes se dan en ámbitos laborales y deportivos en donde los entes encargados deben reconocer y solucionar las afectaciones que tienen los empleados y deportistas por las actividades realizadas.

El proyecto va destinado a recopilar información acerca de los procesos necesarios e implementados para contribuir en la rehabilitación de lesiones en las articulaciones metacarpo falángicas de la mano, incurriendo en los protocolos, tiempos, movimientos, repeticiones y sesiones, acercándose lo más posible a la terapia realizada por un fisioterapeuta, para así desarrollar un prototipo de exoesqueleto de mano que permita seguir el protocolo de recuperación de traumas dados en las articulaciones metacarpo falángicas con respecto a la pérdida parcial o total de la movilidad por lesiones nerviosas periféricas.

La necesidad de implementar las terapias pertinentes permite mejorar la movilidad de la articulación afectada de los pacientes, debido a que, al ser una lesión del nervio periférico, generalmente pierden movilidad total en su extremidad. Además de sufrir contracciones musculares y endurecimiento de tendones y ligamentos. Por esta razón, se debe proceder oportunamente y realizar terapias de manera pasiva en este tipo de lesiones en donde el paciente ha perdido la conexión nerviosa con el plexo braquial y que se requiere estimular las articulaciones metacarpo falángicas para no perder el arco de movilidad [6].

Es de importancia incluir nuevas tecnologías en los procesos de recuperación, ya que agiliza las tareas y puede generarse un mejor resultado a partir de bases de datos con respecto al avance de los pacientes. De acuerdo con lo anterior, se propone el desarrollo de un exoesqueleto de la articulación metacarpofalángica que permita incluir un protocolo de recuperación de lesiones presentadas en los dedos, relacionado con la enfermedad de tendinitis, dando la posibilidad de que el paciente pueda agilizar la rehabilitación y logre hacerla en la comodidad de su casa.

La construcción e implementación del prototipo propuesto incluirá el protocolo de Kleinert para recuperación de lesiones en la mano, específicamente para recuperar la movilidad de cuatro dedos de la mano (índice, medio, anular y menique) [7].

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de exoesqueleto para movilización pasiva de la articulación metacarpofalángica.

Objetivos Específicos

1. Diseñar el prototipo de exoesqueleto para la articulación metacarpofalángica en un software CAD.
2. Implementar el prototipo de exoesqueleto para la articulación metacarpofalángica diseñada según el protocolo de terapia de recuperación.
3. Validar el prototipo de exoesqueleto mediante el análisis fisioterapéutico.

ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

El documento está organizado y definido por etapas donde se establecen los estudios, documentación y desarrollo del prototipo para la articulación metacarpofalángica, el capítulo I establece la información y documentación requerida como base de estudio para el desarrollo del prototipo, en el capítulo II se establece el diseño y construcción del prototipo mediante impresión 3D incorporando el hardware y software requerido para la recopilación de datos mediante el sensor, El capítulo III presenta la validación médica para entablar la rehabilitación asistida con los parámetros médicos establecidos. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y GENERALIDADES

Para determinar y entender el desarrollo del prototipo es necesario tener en cuenta información basada en torno a la mecatrónica y el área de fisioterapia, brindando las bases de estudio para obtener mejores resultados en el desarrollo del prototipo de exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, abarcando la biomecánica como tema principal para la construcción del prototipo.

1.1 MECATRÓNICA

Los orígenes de la palabra mecatrónica se remontan a 1969, usada por los japoneses Ko Kikuchi y Tesuro Mori, desempeñándose en ese entonces como ingenieros de la firma Yaskawa Electric Co., dedicados a fabricar motores y accionamientos eléctricos. Al inicio fue concebida a la aplicación de la electrónica análoga en el control de sistemas mecánicos y electromecánicos, denominada, así como la mecatrónica de primera generación.

Con el desarrollo del microcontrolador se abrió un nuevo campo de desarrollo de los sistemas mecatrónicos, dando ventajas de programabilidad desde una unidad de procesamiento, técnicas de integración a gran escala y reducción de costos de fabricación.

En el desarrollo industrial se incursiona en la robótica, un claro ejemplo de la mecatrónica, en donde logró perfeccionar los procesos productivos, además de obtener una gran acogida a nivel mundial [8].

1.1.1 Robótica

La robótica se remonta al año 1920 en donde se escuchó por primera vez en la obra Rossum's Universal Robots por el escritor checo Karel Capek, la cual proviene del verbo eslavo "Robotat" cuyo significado es trabajar. El nacimiento de los robots se da gracias a la unión de tecnologías de teleoperadores y control numérico. Dando como resultado la manipulación mediante control numérico a estructuras electromecánicas que permitían realizar tareas complejas y mayor precisión.

1.1.2 Biomecánica

Uno de los avances tecnológicos más importantes es la diversificación de áreas de trabajo de la robótica, en el desarrollo del prototipo se hace uso del estudio de la biomecánica para entender el funcionamiento de las extremidades de los seres vivos; se puede definir como el conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a

partir de utilizar ciencias biomédicas, conocimientos en mecánica y distintas tecnologías, con la finalidad de estudiar el comportamiento de sistemas biológicos, en particular el humano y segundo, resolver los problemas que le provocan distintas condiciones a las que puede ser sometido [9].

1.1.3 Exoesqueletos

Un exoesqueleto es una estructura usada sobre el cuerpo humano a manera de prenda de vestir, tal como se describe en inglés “wearable robots”, que sirve como apoyo y se usa para asistir los movimientos y/o aumentar las capacidades del cuerpo humano. Pueden ser estructuras pasivas o activas, es decir, que contengan o no actuadores para el movimiento y, por lo tanto, necesiten o no un sistema de control asociado al accionamiento de dichos actuadores. La gran mayoría de exoesqueletos desarrollados en el área de medicina se adapta al cuerpo con sistemas inteligentes de procesamiento y censado para la toma de decisiones en la ejecución por medio de actuadores, con el fin de realizar una tarea previamente definida. [10].

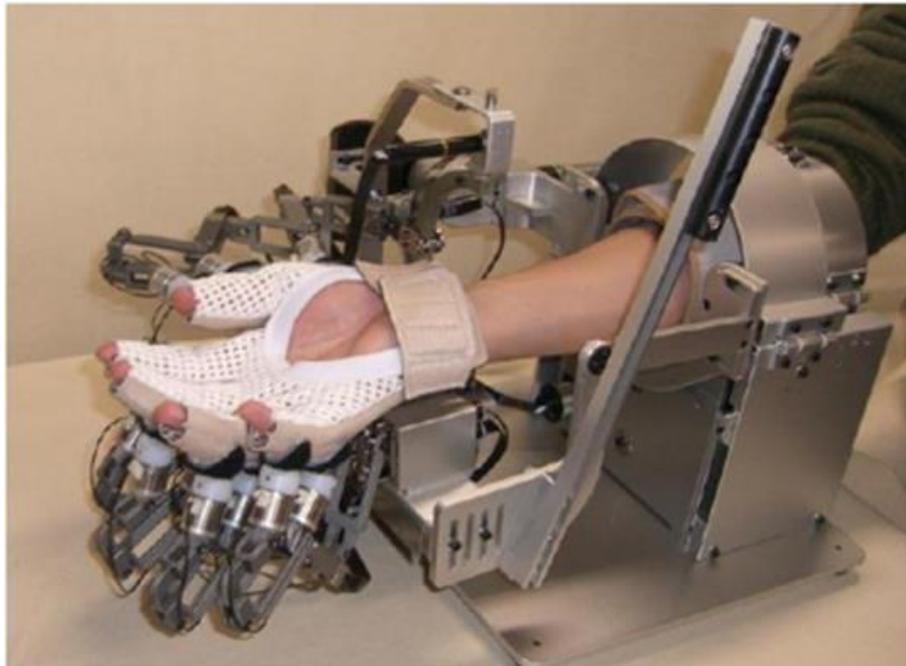


Figura 1. Rehabilitador mecatrónico de mano [11]

1.2 FISIOTERAPIA

Es un área de la salud encargada de proporcionar servicios que puedan ayudar a las personas en cualquier etapa de la vida, cuando el movimiento y la función en su cuerpo están amenazados por el envejecimiento, lesiones, enfermedades, trastornos y factores ambientales. El fisioterapeuta ayuda a las personas a recuperar en la medida de lo posible su calidad de vida, velando por el bienestar físico, psicológico, emocional y social de los pacientes. Trabaja en las esferas de la salud de promoción, prevención, tratamiento, habilitación y rehabilitación de las extremidades afectadas. Se han desarrollado numerosas técnicas específicas que desde diferentes puntos de vista integran conceptos de fisioterapia y la inclusión de nuevas tecnologías [12].

1.2.1 Rehabilitación en las articulaciones metacarpo falángicas

Las articulaciones de la mano son separadas por la primera fila de los huesos del carpo, los cinco huesos metacarpianos (cuatro dedos y un pulgar) que se componen de pequeños huesos llamados falanges. Cada dedo tiene tres falanges (proximal, media, y distal), el pulgar tiene dos (proximal y distal). Las lesiones en extremidades superiores se presentan generalmente por actividades físicas, caídas, lesiones laborales, entre otras. La rehabilitación de este tipo de lesiones se registra mediante un avance sistemático, en el cual se analiza el progreso de recuperación del paciente mediante pruebas de vascularidad e irrigación, pruebas AMA (Amplitud de la Movilidad Articular) de cada articulación, pruebas de dolor y dependiendo del diagnóstico, se establecen objetivos a corto plazo para estipular los ejercicios de rehabilitación. Con respecto al análisis del proceso de recuperación, se compone de cuatro fases o partes que conllevan a una rehabilitación funcional y multifacética, correspondiente a: Fuerza y poder, Balance y estabilidad, Agilidad y rapidez, Flexibilidad y movilidad [13].

1.2.2 Ejercicios para la rehabilitación.

La rehabilitación de las lesiones presentadas en las articulaciones de los dedos consiste en mantener en reposo el tendón afectado y ayudarlo a recuperarse ya sea por fisioterapia, fármacos o en casos extremos: cirugía. Los dispositivos electromecánicos realizan la rehabilitación de forma pasiva. Existen diferentes prácticas fisioterapéuticas para la movilización que contribuye a la rehabilitación, estas dependen del tipo de lesión y la zona afectada, los ejercicios y repeticiones dependen al igual del progreso del paciente. El protocolo para usar es el de Kleinert, el cual define ciertos objetivos al realizar la rehabilitación descrita como:

- Proteger reparación tendinosa.

- Promover el deslizamiento tendinoso.
- Controlar dolor y edema.
- Evitar adherencias y contracturas.

1.2.3 Extensión de la mano

En el área de fisioterapia los especialistas realizan ejercicios prácticos para la rehabilitación de las lesiones presentadas en las articulaciones de la mano, uno de estos es un ejercicio básico de flexión y extensión, el cual trata solamente de abrir y cerrar los dedos hasta lo que el paciente pueda aguantar, en donde la flexión realizada a las articulaciones metacarpo falángicas se realizan hasta 90 grados, y de extensión de 0 a 20 grados [14].

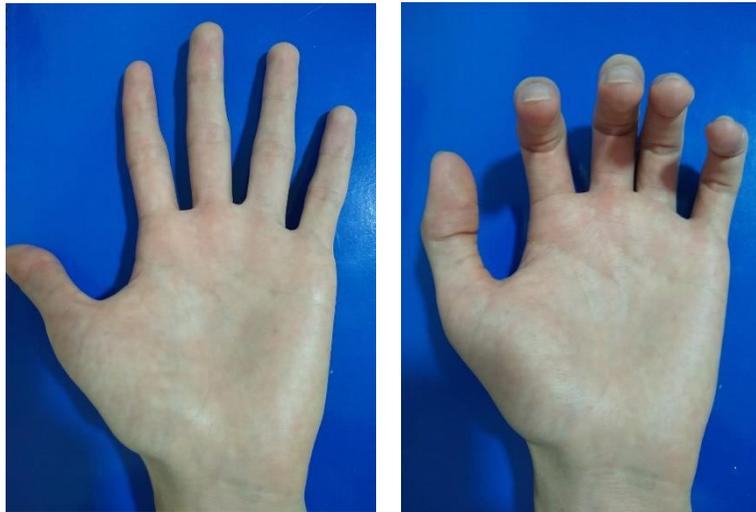


Figura 2. Extensión de la mano (Proceso de Rehabilitación).

CAPÍTULO II: MODELAMIENTO Y DISEÑO

El uso de modelamiento CAD y CAM son necesarios para la elaboración del prototipo, permitiendo dar una visión del funcionamiento mecánico mediante la realización del diseño en 3D en la plataforma SolidWorks (CAD) y el proceso de manufactura (CAM) mediante fabricación digital, haciendo uso de impresoras de extrusión de material. Con esto se establecen los parámetros de diseño y la elaboración de piezas.

2.1 DISEÑO MECÁNICO

Para el diseño mecánico se inicia con el estudio de la anatomía de la articulación metacarpofalángica y analizando las necesidades presentadas por los profesionales en el área para generar una rehabilitación adecuada. Con los conocimientos previos en fisioterapia y modelado 3D, se crea un boceto del dispositivo y se construye mediante la herramienta CAD.

2.1.1 Diseño Estructural

Para el desarrollo del prototipo se investiga inicialmente los modelos anatómicos del cuarto segmento del miembro superior, es decir, se toma como referencia la estructura ósea y muscular de la mano para establecer un diseño mecánico que se adapte a la mano del paciente y que genere los movimientos requeridos para la rehabilitación.

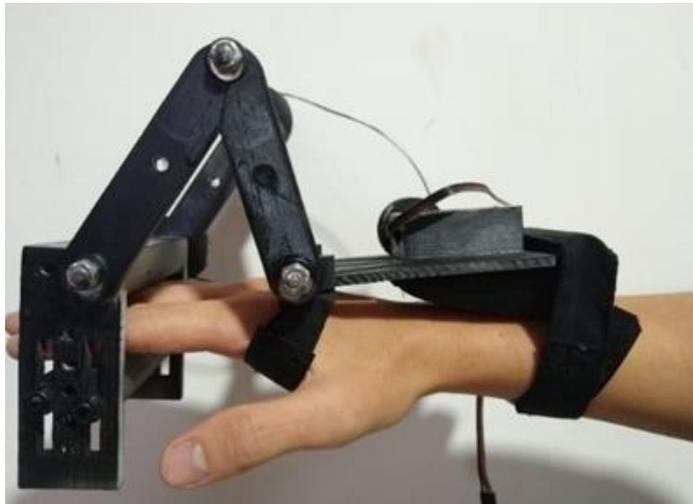


Figura 3. Modelo estructural sobre articulaciones en la mano. [15]

Para la construcción del prototipo se toma como referencia la articulación media de la falange en donde se aplica la fuerza del mecanismo en forma de palanca. Este es el punto adecuado para ejercer presión en la falange y generar los movimientos de extensión y flexión.

La mayoría de los modelos de exoesqueleto tienden a extender la estructura a lo largo de la falange así garantiza mayor estabilidad mecánica. El prototipo

desarrollado consta de piezas modulares las cuales permiten adaptarlo a diferentes tipos de manos, por lo tanto, se implementó la aplicación de fuerza en un solo punto.

Rango de movimiento de las articulaciones de los dedos [16].

	Articulación	Ángulo Flexión (°)	Ángulo Extensión (°)	Ángulo de lateralidad (°)
Dedos	DIP	60-90	<5	...
	PIP	90-135
	MCP	70-100	30-40	40-60
Pulgar	IP	75-80	5-15	...
	MCP	60-70	...	25-27
	CMC	120		45

La tabla 2 es referente al rango de movimiento de las articulaciones de los dedos, contiene diferentes siglas de articulaciones en unión al carpo de la biomecánica de la mano, lo cual en el estudio previo nos orientamos en la MPC (metacarpofalángica) para su misma rehabilitación.

También en el mismo proceso se ven involucradas la interfalángica y carpometacarpiana.

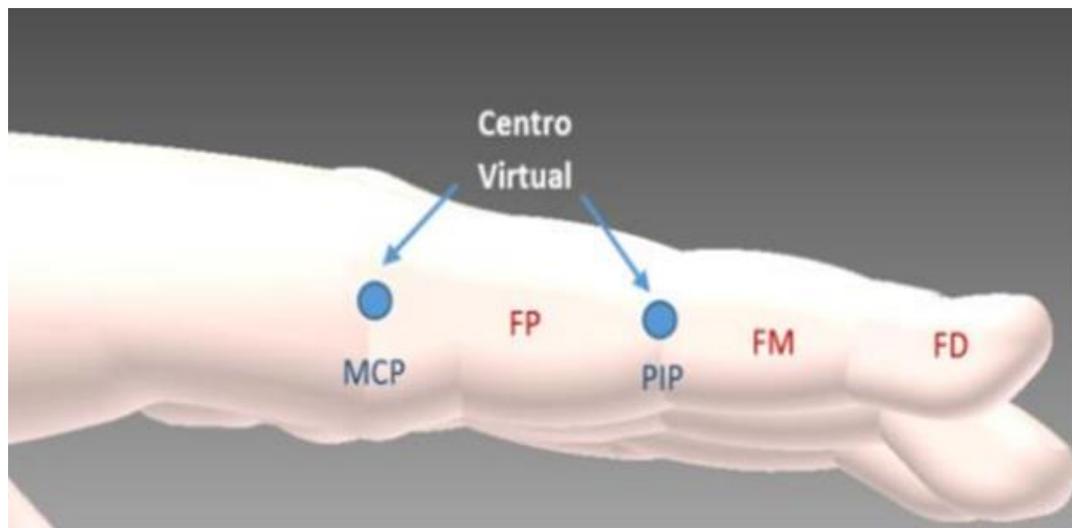


Figura 4. Ubicación de los centros virtuales [16].

En el diseño del prototipo se establecen estos dos centros virtuales de movimiento, teniendo sostenido el punto MCP y generando presión sobre el punto PIP, mediante la fuerza aplicada por los actuadores en forma de palanca.

Los dispositivos de exoesqueleto que manejan la rehabilitación en la articulación metacarpofalángica, por lo general realizan movimientos que van de 0 a 90°, tomando a 0° como la posición de las falanges en estado horizontal o estado de reposo y los 90° como el movimiento de flexión que va desde el estado de reposo hacia la palma de la mano.

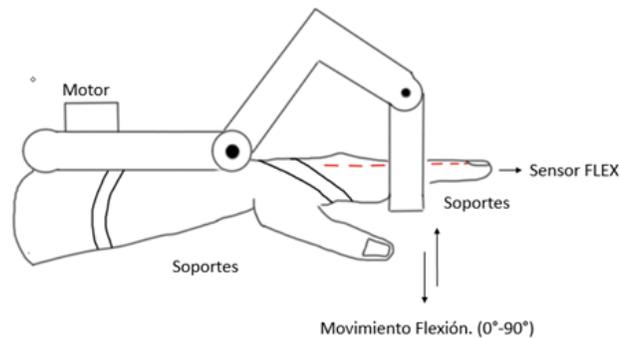


Figura 5. Ejes de movimiento de la estructura.

En el desarrollo del proyecto se probaron tres diseños diferentes tratando de cumplir con los requerimientos de funcionalidad, siendo el tercer diseño el que ofreció mejor desempeño mecánico, evidenciado en la Figura 2.4.3. El primer prototipo se realizó con el principio de impresión laser con acrílico, el segundo y tercero con impresión 3D, con la diferencia que la estructura en el diseño mostraba mayor resistencia de acople para los cuatro dedos que de forma independiente, al igual que el motor de mayor fuerza a diferencia.

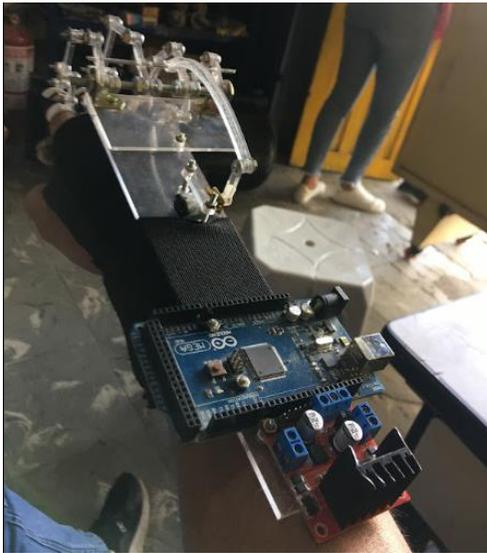


Figura 6. Prototipo de practica #1

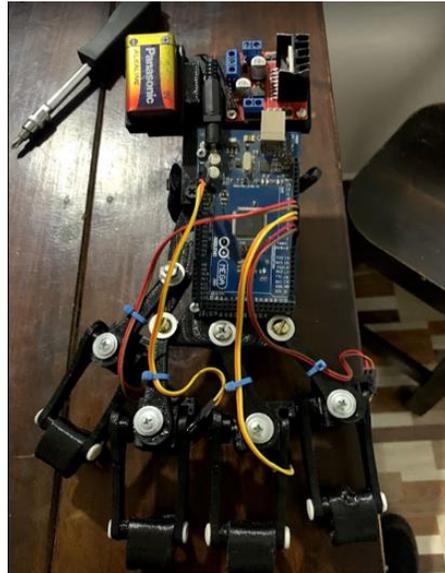


Figura 7. Prototipo de practica #2

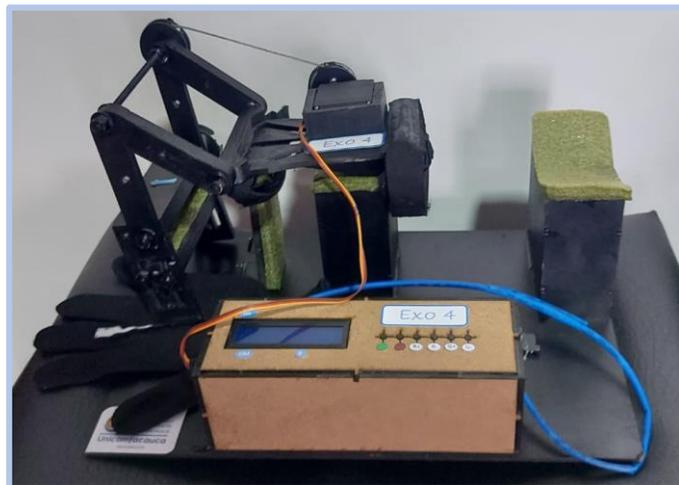


Figura 8: Prototipo Final.

En comparación con los modelos iniciales de prototipo, se logró efectuar un mejor arco de movilidad, mejor implementación en los recursos y programación, para hacer del prototipo un modelo ajustable y fácil de usar ante las lesiones presentadas

en el nervio periférico y acentuado en las articulaciones metacarpo falángicas. En tanto a costos y funcionalidad, permite generar nuevas modificaciones a futuro para modificar y mejorar la estructura hardware y software.

2.1.2 Modelado CAD

En el Software CAD se procede a generar un modelo en tres dimensiones para estudiar su comportamiento mecánico y análisis de esfuerzos en condiciones estáticas en cada una de las piezas que conforman el diseño de prototipo. Siendo este un diseño modular, solo se requieren 5 piezas diseñadas, ya que algunas de ellas son las mismas usadas para el resto de la estructura.

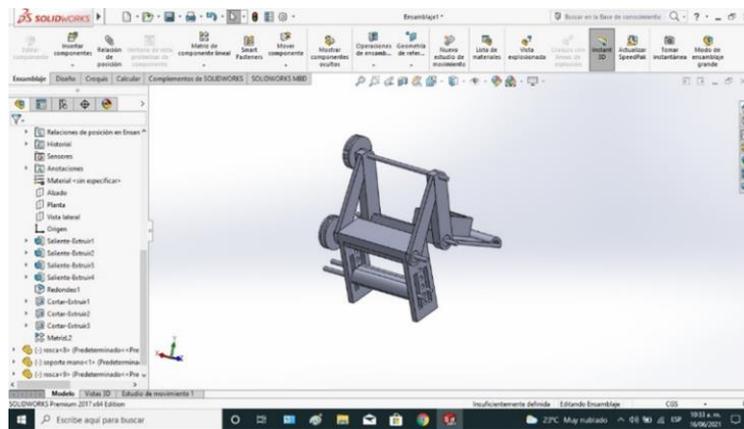


Figura 9. Modelo CAD Prototipo

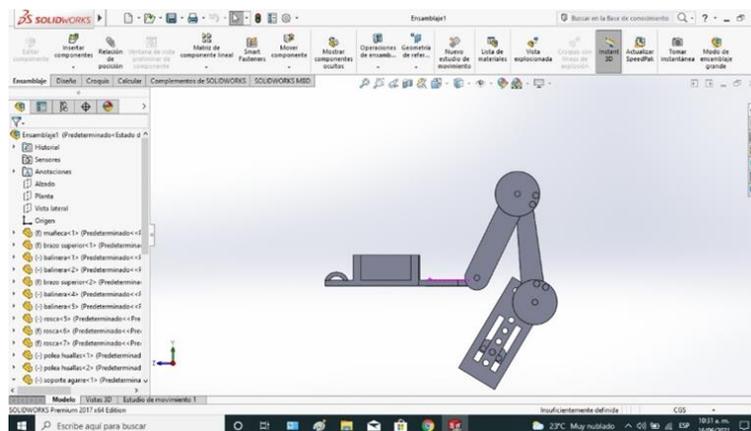


Figura 10. Modelo CAD Prototipo.



Figura 11. Verificación fisioterapia.

El prototipo consta de un soporte ajustado a la muñeca del paciente mediante correas como se observa en la figura 2.5.2 Verificación fisioterapia, en donde el servomotor ubicado en la parte trasera del exoesqueleto hace un movimiento semicurva correspondiente al arco de movilidad de las articulaciones metacarpo falángicas, basado en un sistema de arrastre por medio de poleas. El diseño es ajustable y modular, permitiendo adecuar el prototipo a la mano afectada, siguiendo los requerimientos básicos en tanto al posicionamiento y la altura en la que debe estar el paciente. Lo ideal es que el dispositivo esté puesto en una mesa plana a una altura aproximada de un metro y el paciente sentado sobre una silla ajustable en su altura, para mayor comodidad y evitar lesiones por movimientos inadecuados o mal posicionamiento.

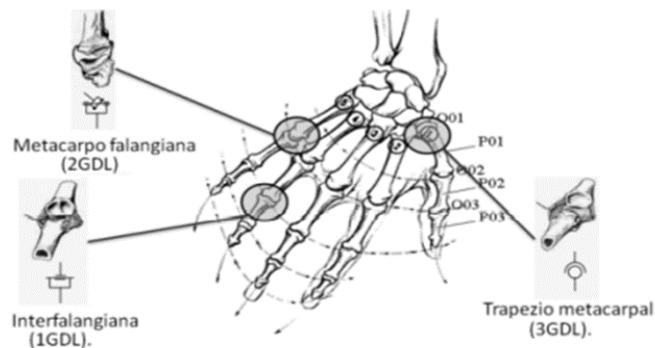


Figura 12. Fisiología de la mano humana [16]

Para la flexo-extensión de las articulaciones metacarpo falángicas desde la dos hasta la cinco, tal como se aprecia en la Figura 2.5.1, se genera un grado de flexión de 90° en estado de reposo de la mano y hasta un rango de 30° a 40° de extensión en estado de reposo. El funcionamiento del dispositivo va dirigido a realizar movimientos que comprenden desde 70° de flexión hasta 30° de extensión, Figura 2.5.1 Fisiología de la mano [16], con la finalidad de ejecutar los movimientos del arco de movilidad en las etapas tempranas de terapias de rehabilitación en pacientes con nula movilidad.

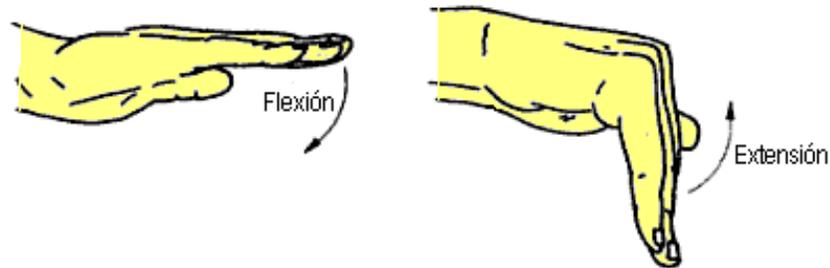


Figura 13. Movimiento alcanzado por la articulación MCP.

2.1.3 Análisis de esfuerzos en condiciones estáticas.

El análisis de esfuerzos en condiciones estáticas determina la resistencia de las estructuras, sometidas a un estado de estrés aplicando una fuerza constante en el tiempo definida en Newton. Se genera el análisis con el fin de sondear las características de diseño con respecto a la resistencia.

Los principales resultados obtenidos en este análisis son el campo de desplazamiento de la estructura por mallas, campo de deformación relativa, energía de deformación, respuesta del nodo, campo de la distribución de factor de seguridad sobre el volumen de la estructura y la estimación del error del estrés, mediante esto se puede determinar qué fallas estructurales pueda tener el diseño o simplemente darle un visto bueno al desarrollo CAD.

Se muestra el análisis de esfuerzos en condiciones estáticas de cada una de las piezas del ensamblaje, usando un dato de prueba de la fuerza aplicada, suponiendo que es la fuerza promedio que puede soportar cada una de las piezas.

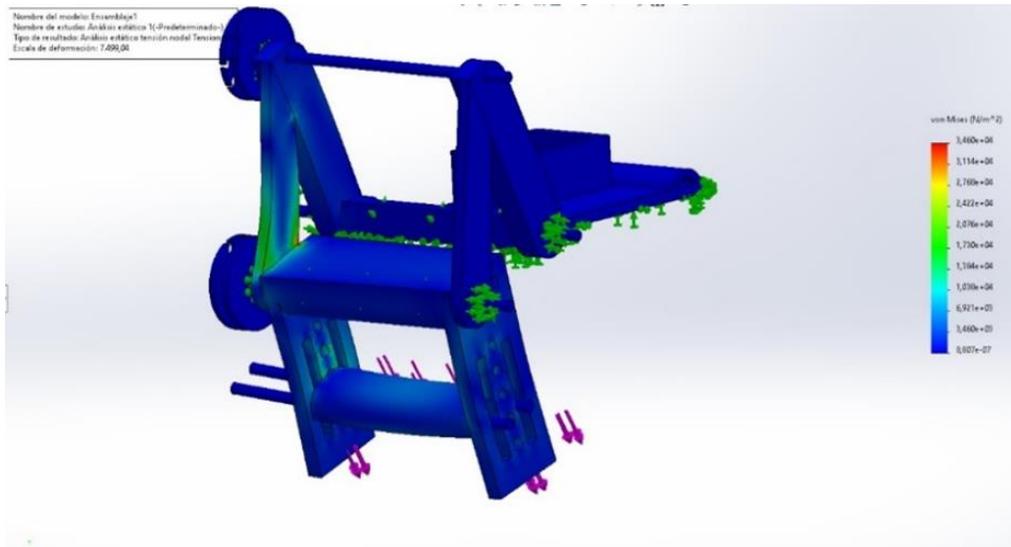


Figura 14. Pruebas de análisis estático

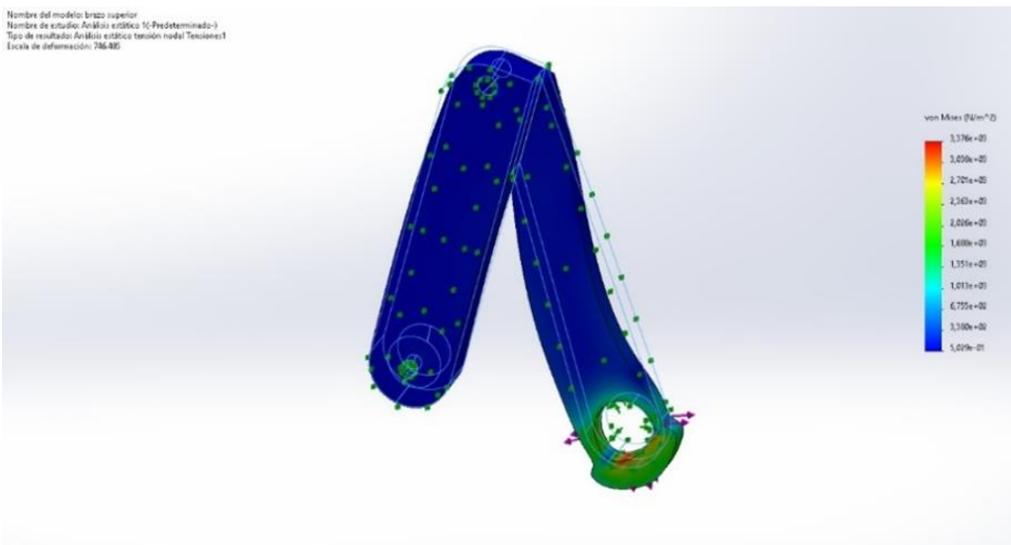


Figura 15. Pruebas de análisis estático

En las piezas de sujeción más largas mediante el rango de medición de Von Mises evaluado en (N/m²), se determina la deformación de 2.109 (N/m²), debido a que su función y fuerza soportadas no sobrepasan los 0.294 Newton, se estableció 4.20 Newtons como la fuerza ejercida sobre la estructura correspondiente al peso aproximado de una mano humana en dirección a la gravedad, la deformación

aproximada fue alrededor de 5 mm y por tanto se evalúa un buen desempeño en la funcionalidad de las piezas.

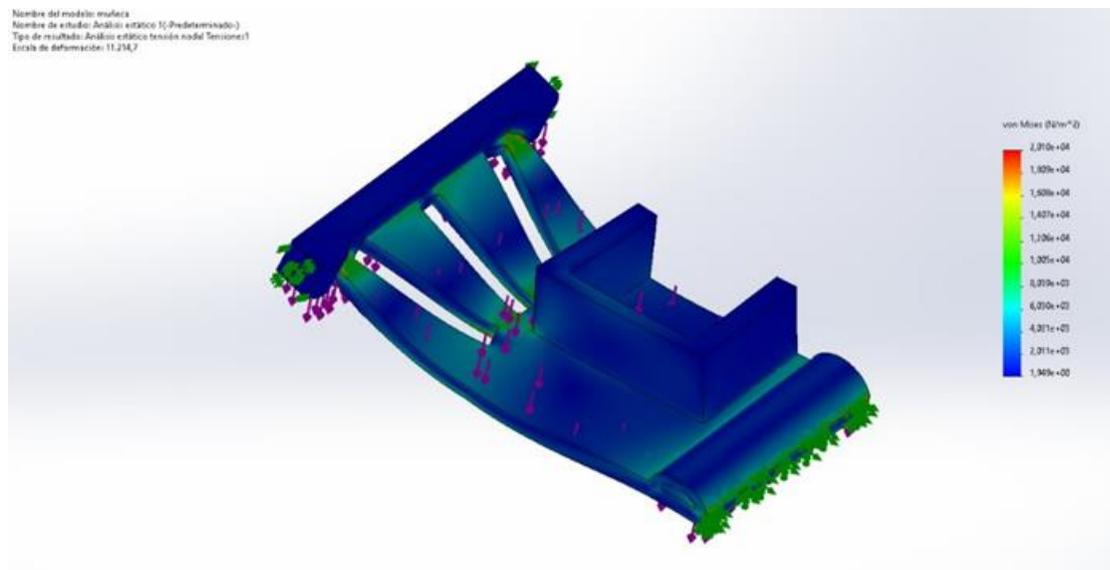


Figura 16. Cambios estructurales

En el segmento en donde el motor está haciendo presión, al igual que las piezas sujetadas a este, es donde se genera mayor cantidad de tensiones, por ende, la estructura tiende a deformarse con el tiempo, teniendo una estimación de 0.380 – 0.420 Newton de fuerza aplicada en la estructura como dato de prueba promedio.

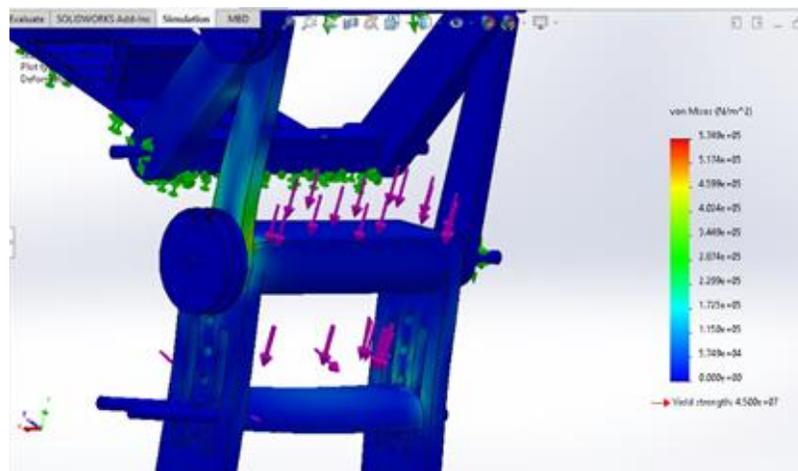


Figura 17. Análisis de esfuerzo en condiciones estáticas

En la Figura 11: análisis de esfuerzo en condiciones estáticas se evidencia la deformación en pequeñas partes de la pieza.

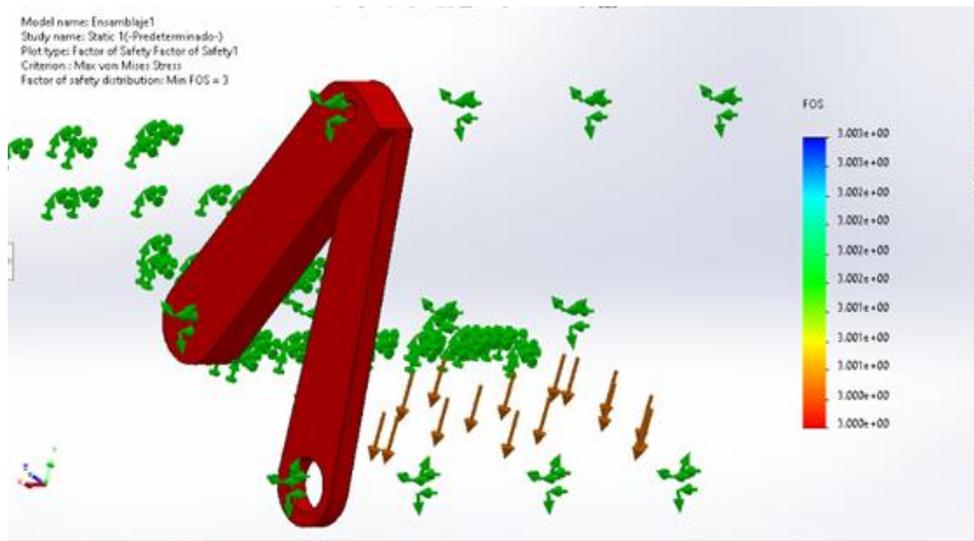


Figura 18. Prueba de factor de seguridad generada sobre la pieza.

En la Figura 12: Prueba de factor de seguridad evaluado en 3, generada sobre la pieza con índice de deformación, muestra el daño estructural debido al material implementado en el prototipo. Con respecto a las pruebas realizadas mecánicamente, es apta para soportar holgadamente los esfuerzos a los que es sometida la pieza.

2.1.4 Sistema de actuación.

En la Figura 5 Eje de movimiento del prototipo se hace la inclusión de un servomotor Mg996r de Arduino con un rotor que va desde 0° a 180° con un torque de 13 kg/cm con un control de tarjeta por medio de PWM, haciendo pruebas y control de movilidad en cada una de las extremidades del exoesqueleto, para garantizar y evitar algún tipo de sobreesfuerzo en el dispositivo o de lesión en el paciente.

El sistema va dirigido a recibir las órdenes del Arduino Mega 2560 (controlador) y generar movimientos sobre un eje de modo controlado con respecto a flexión y extensión sobre el prototipo mediante poleas y acción de arrastre.

Recopilando la información necesaria de características mecánicas y software mediante el datasheet del Servomotor Mg996r y el microcontrolador Atmega 2560.

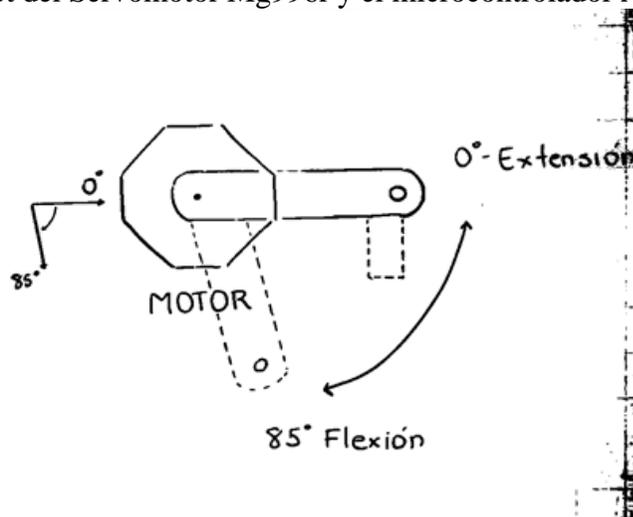


Figura 19. Eje de movimiento del prototipo

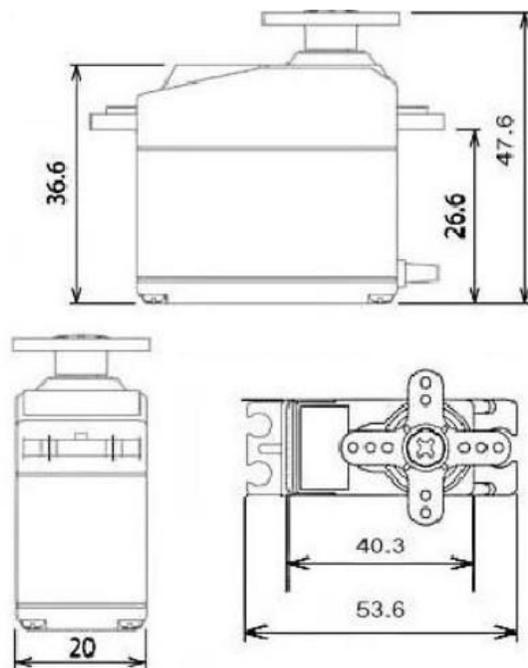


Figura 20. Especificaciones del motor implementado.

Tabla 3 DataSheet del Servomotor Mg966r.

Model: MG996R Tower Por
Weight: 55g.
Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
Stall torque: 9.4 kgf.cm (4.8V), 11kgf.cm (6V)
Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 S/60° (6V)
Operating Voltage: 4.8V A 7.2V
Running current: 2.5A (6V)
Deas band width: 5us
Stable and shok proof double ball bearing desing.
Temperature range: 0°C - 55°C

Features

- High Performance, Low Power Atmel- AVR- 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 135 Powerful Instructions - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 × 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-Chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 64K/128K/256KBytes of In-System Self-Programmable Flash
 - 4Kbytes EEPROM
 - 8Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles:10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85 °C/ 100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
 - Endurance: Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
- Atmel- QTouch- library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE std. 1149.1 compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface

Figura 21. Especificaciones técnicas microcontrolador ATmega 2560

2.1.5 Modelado CAM.

EL modelado CAM se trata del proceso de manufactura necesario para pasar de un modelo simulado a la fabricación de este. Mediante uso de maquinaria se establecen los parámetros de desarrollo, es decir, se hace uso de maquinaria CNC y procesos de manufactura para lograr construir las piezas necesarias en la construcción del prototipo.

En el prototipo se opta por implementar la tecnología de extrusión de material, más exactamente la impresión en 3D, dando mayor flexibilidad en la elaboración de las piezas y ventajas en tanto a pruebas mecánicas. Por lo general, se implementa la tecnología de impresión en 3D para la creación de prototipos, luego de evaluar la funcionalidad se lleva a cabo un proceso industrial en el cual se extraen las piezas mediante moldes.

2.1.6 Parámetros y material de impresión

Los parámetros para la creación de piezas son de vital importancia puesto que nos define la resistividad de sí misma, por ellos se debe tomar en cuenta las siguientes anotaciones y porcentajes a la hora de imprimir:

Tabla 4. Parámetros de impresión.

Relleno: arriba de 20% muy frágil la estructura mecánica y del 10% (solida)
Platón de relleno: Rejilla
Material: temperatura de impresión predeterminada es de 205
Velocidad de impresión: 50 a 60 mm/seg.
Refrigeración: 100% predeterminado por CURA.
Soporte: Extremidades Largas (CAPAS)
Adhesivo- bolsa: 0.3 mm
Material: PLA

Todos los parámetros anexos son primordiales y deben ser acordes con las anotaciones del material que se utiliza o capas de diseño al igual que la temperatura del extrusor o boquilla, en otros términos, la velocidad o calibrada de la máquina antes de su uso. Es de vital importancia tener en cuenta utilizar laca en la cama de la impresora para que el material no se adhiera y sea más factible al momento de retirarla.

2.1.7 Diseño eléctrico y control.

En la figura 2.9 Esquema eléctrico y del control está compuesto por un sistema de cables guiado desde el actuador (Servomotor) hacia la placa Arduino Mega 2560, el servomotor recibe un voltaje de 5 voltios dado por una fuente externa y conectada a la tierra en común con la placa Arduino para recibir y ejecutar los movimientos en serie digitados. El sensor FLEX va conectado y alimentado a la placa Arduino para la configuración y muestra de datos de flexión de la articulación metacarpo falángica. Consta al igual de una pantalla LCD que muestra los datos en pantalla de los grados actuales del sensor FLEX y los datos pulsados de las repeticiones y grados de movimiento del motor.

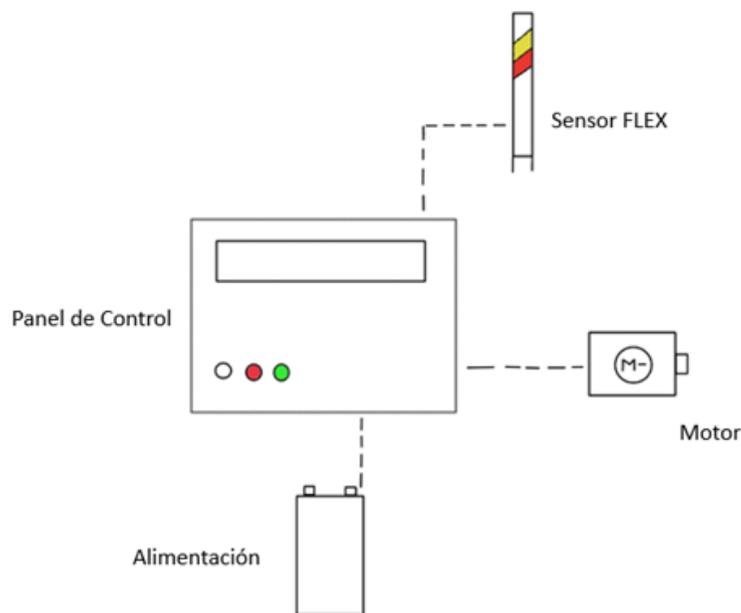


Figura 22. Esquema eléctrico.

Primero se realizaron pruebas de datos del sensor FLEX comprobando su funcionalidad y ajustando las variables (STRAIGHT_RESISTANCE – BEND_RESISTANCE) de los cuales depende obtener el rango de movimiento establecido en un ángulo entre 0 y 90 grados.



Figura 23. Esquema de control.

En el diagrama 2.10 Esquema de control la adquisición de datos se realiza mediante el sensor Flex, el cual varía su resistencia y otorga valores entre 0 y 90 grados en el movimiento establecido de flexión y extensión. Estos datos son analizados y clasificados por el sistema de control el cual genera una asignación de movimiento en grados correspondiente a un tipo de terapia de rehabilitación. Mediante el control de PWM se generan las repeticiones del proceso con la implementación de los motores, los cuales ejercen la fuerza de modo de eje, dando el cierre y apertura de la falange, con los datos obtenidos de rehabilitación se genera una base de datos que permita hacer seguimiento de los procesos de rehabilitación, para así mejorar en muchos aspectos la funcionalidad del prototipo.

2.1.8 Software.

Con el uso de lenguaje basado en C, se hace el desarrollo software para implementar el sensor y ejecutar las terapias recomendadas por medio de los actuadores en el dispositivo. La calibración del sensor es esencial para obtener el rango de medida entre 0 y 90 grados de movilidad. El código esencialmente consta de recibir los datos del sensor y mediante condicionales y ciclos se generan las terapias preestablecidas en el dispositivo.

La complejidad está en la obtención oportuna de los datos y la retroalimentación necesaria para mejorar el proceso de rehabilitación, con esto se da paso al uso de un programa de control de usuario que permita ordenar y almacenar los datos del paciente.

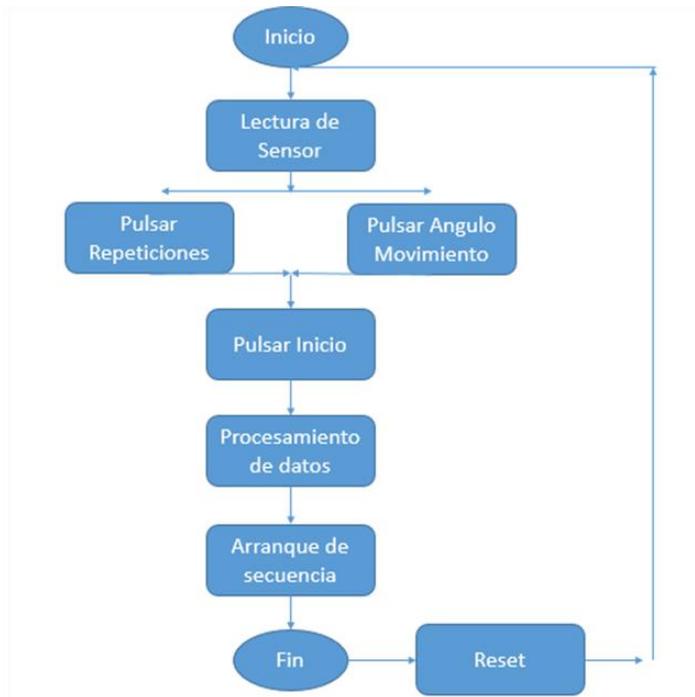


Figura 24. Esquema de código

En el Diagrama 2.11 Esquema de código se establecen 3 tipos de terapia, nivelándolas en pasiva, media e intensiva. Las cuales dependen del estado del paciente y del avance en cada una de las sesiones de terapia. Siendo la pasiva la rehabilitación con cuatro repeticiones, un rango numérico de barrido de movilidad y a una velocidad de operación: $0.17 \text{ s}/60^\circ$ (4.8 V), $0.14 \text{ s}/60^\circ$ (6 V). La media se implementa cuando el paciente tiene mejoría y puede resistir el umbral de dolor de una manera eficiente. Y la intensiva hace referencia al mejor estado del paciente y en la cual se desea terminar el tratamiento de rehabilitación.

CAPÍTULO III: VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO.

Para la validación del prototipo se utilizaron formularios y encuestas tanto a pacientes como a profesionales de la salud vinculados al programa de fisioterapia de la Fundación Universitaria María Cano de Popayán. Los formatos se encuentran en el ANEXO 1.

3.1 VALIDACIÓN CON FISIOTERAPEUTAS.

Se contó con la participación de 8 fisioterapeutas para realizar las pruebas de validación, teniendo en cuenta los siguientes factores: Facilidad de manejo del equipo, Control de velocidad de movimiento, Sistema de control de movimiento, Rango anatómico, Seguridad, Ergonomía, Funcionalidad (dos preguntas A y B), Protocolos Fisioterapéuticos, programación de Rutinas y Viabilidad clínica.

Cada uno de los factores fue evaluado en una escala de 1-10 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente y 10. Extraordinario).

Los resultados de la validación por parte de fisioterapeutas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Datos recolectados con las encuestas a fisioterapeutas.

	1. Facilidad manejo equipo	2. Control velocidad mov.	3. Sistema de control	4. Mov. Rango anatómico	5. Seguridad	6. Ergonomía	7. Funcionalidad		8. Protocolos Fisioterapéuticos	9. Programación Rutinas	10. Viabilidad clínica	TOTAL
							A	B				
Fisioterapeuta												
A	8	8	9	8	8	8	8	8	7	8	8	88
B	8	8	8	8	8	5	8	6	7	8	8	82
C	6	7	5	7	5	9	6	7	7	6	5	70
D	7	6	6	6	7	7	6	5	5	5	5	65
E	8	8	7	10	7	7	8	10	9	7	9	90
F	8	6	5	10	8	7	6	9	5	7	6	77
G	6	7	8	6	7	7	8	8	7	6	8	78
H	5	4	5	7	4	6	5	8	3	5	6	58
MEDIA	7	6,75	6,62	7,75	6,75	7	6,87	7,62	6,25	6,5	6,87	76
MEDIANA	7,5	7	6,5	7,5	7	7	7	8	7	6,5	7	78
MODA	8	8	5	8	8	7	8	8	7	8	8	83
VARIANZA	1,42	1,92	2,55	2,5	2,21	1,42	1,55	2,55	3,35	1,42	2,41	23,35
DESV. ESTANDAR	1,19	1,38	1,59	1,58	1,48	1,19	1,24	1,598	1,83	1,19	1,55	15,87
COEF. DE VARIACIÓN	0,17	0,2	0,24	0,2	0,22	0,17	0,18	0,2	0,29	0,18	0,22	2,3

Con respecto a la matriz anexa en la tabla anterior los estadísticos calculados para el bloque de datos reportados, se observa una aceptación promedio por parte de los fisioterapeutas de 76/110 equivalente al 69%, una mediana de 78/110 puntos, equivalente al 70.9%, que representa el valor de la variable de posición central en el conjunto de datos.

Particularmente se obtuvo un valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos o moda estadística de 5 para el factor del Sistema de control de movimiento, debido posiblemente a la estructura de los botones para el control del prototipo, la cual está diseñada con pulsadores de 2 mm que no siempre fueron fáciles de pulsar por parte de los fisioterapeutas en la primera interacción con el equipo. Este problema se solucionó cuando los fisioterapeutas interactuaron más veces con el prototipo y tomaron confianza en el manejo del tablero de control.

Para los otros factores estudiados se presentó una moda de 7 para ergonomía y protocolos fisioterapéuticos y moda de 8 para Facilidad manejo del equipo, Control velocidad movimiento, Rango anatómico, Seguridad, Funcionalidad, programación Rutinas y Viabilidad clínica sobre un puntaje de 10, lo que permitió obtener un nivel de confianza del 75% resultado de la suma de los valores de la moda para los 10 factores estudiados.

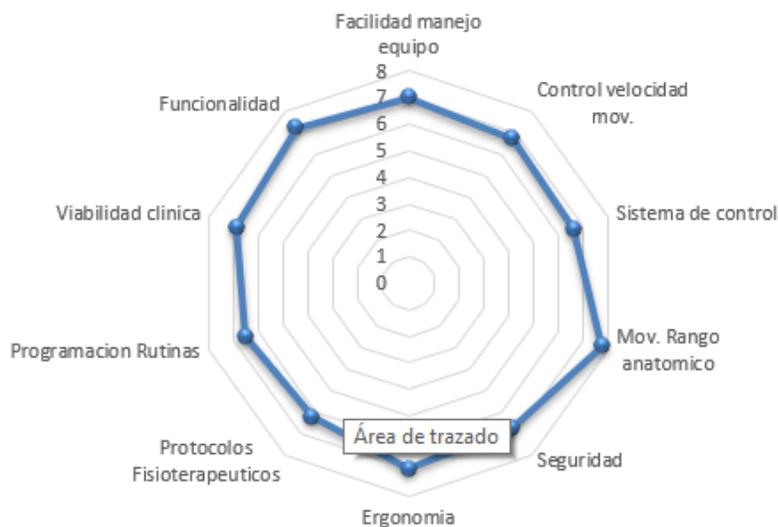
La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media, en este trabajo se usa para determinar cuáles serán los factores más susceptibles de esa dispersión y su repercusión para la calidad y desempeño del prototipo. En ese sentido, el factor que más presentó varianza fue el de los Protocolos Fisioterapéuticos con una varianza de 3.35, seguido de la Funcionalidad B (Pantalla y presentación de datos) al igual que el sistema de control con varianzas 2.55, el movimiento del rango anatómico con varianza de 2.5, la viabilidad clínica con varianza 2.41 y la seguridad con varianza 2.21.

Y los factores con menos dispersión fueron: La facilidad de manejo del equipo, ergonomía y programación de rutinas con una varianza de 1.42, seguidas de la Funcionalidad A (Elementos físicos de control) con una varianza de 1.55 y el control de velocidad del movimiento con una varianza de 1.92. El prototipo cumple con la expectativa de un producto de fácil manejo, una programación de rutinas y control de los movimientos, como base para realizar una terapia de rehabilitación en lesiones de la articulación metacarpo falángica - MCF. Se debe aclarar que la articulación es una unión que es capaz de moverse en tres planos diferentes. Por lo que realiza movimientos de flexión, extensión, abducción y aducción. Como la articulación metacarpo falángica es una articulación perteneciente a la región de la mano, estas pueden resultar afectadas por múltiples factores, incluyendo desde patologías producto de desgaste hasta lesiones traumáticas, que el prototipo puede llegar a tratar en etapas iniciales de la terapia de rehabilitación y servir de apoyo al diagnóstico y avance del paciente.

Uno de los potenciales del prototipo, en este estado de desarrollo, sería tratar la articulación metacarpo falángica generalmente afectada por causas como artritis reumatoide, fracturas, luxación, artrosis. Aunque todas afectan a la misma área, todas se manifiestan de forma diferente, siendo semejante entre ellas la aparición de dolor, incapacidad funcional, debilidad en los músculos adyacentes y en muchas ocasiones, deformidad ósea. Ahí muestra importancia la medición inicial del estado de la articulación con el sensor Flex debidamente calibrado en un rango de ángulos entre 0-90grados.

Este primer diagnóstico se hace a través de un guante que es colocado al paciente y mide la capacidad actual del paciente antes de someterlo a la terapia. Los datos que arroja el sistema están ligados a un programa ofimático como lo es Excel, y aunque facilita la lectura y respaldo de los datos, puede presentar inconvenientes para los usuarios que desconozcan las instrucciones para lograr una conexión satisfactoria del prototipo y el sistema de captura de datos desde el puerto USB de un computador.

Finalmente, se presenta la gráfica de araña (Gráfica 1) correspondiente al comportamiento global de la validación por parte de los fisioterapeutas, en cada uno de los factores estudiados.



Grafica 1. Gráfica radial del resultado de la validación del prototipo por parte de fisioterapeutas.

Con respecto a la figura 3.1, se observa con facilidad el punto máximo en este caso por el personal encunetando, el Movimiento, Rango automático y en el mínimo Protocolos fisioterapéuticos.

De igual forma se muestra el consolidado de las 10 preguntas y su correspondiente contribución a la validación del desempeño del prototipo por cada fisioterapeuta A, B, C, D, E, F, G Y H. Este esquema se presenta en la figura 3.2.

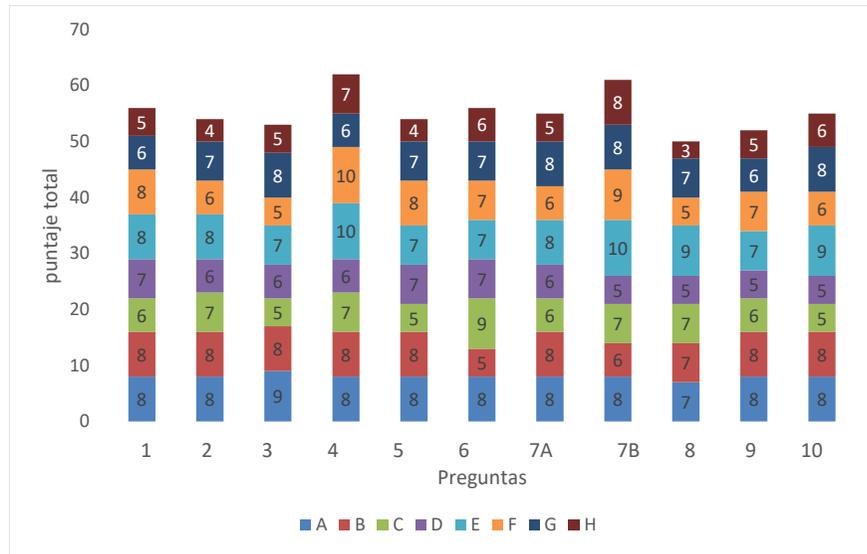


Figura 25. Gráfica de pesos para la evaluación de cada factor de desempeño en la encuesta de los fisioterapeutas.

En el diagrama 3.2, se privilegia el hecho de los especialistas con respecto a sus opiniones con los diferentes ítems a tener en cuenta, esta información es valiosa para la captación de ventajas y desventajas a la viabilidad de sí mismo.

La gráfica 3 presenta la tendencia de la percepción del prototipo por parte de los fisioterapeutas.

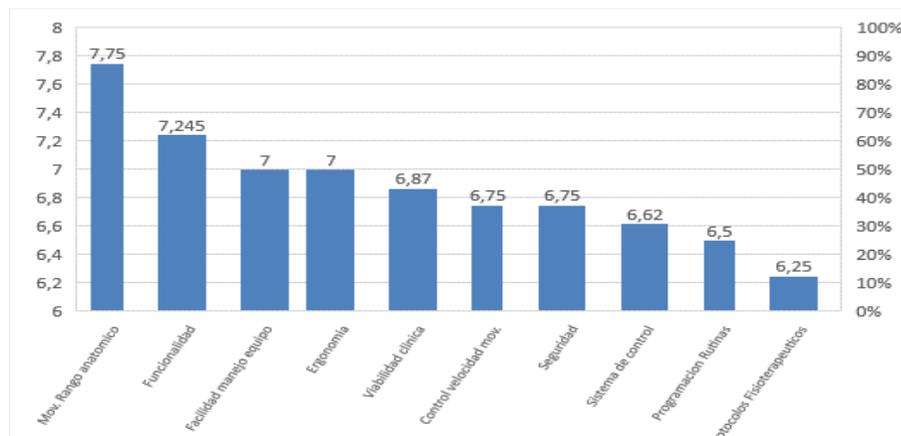


Figura 26. Tendencia de la evaluación de desempeño del prototipo por parte de los fisioterapeutas.

En el Diagrama 3.3, se privilegia el hecho que el prototipo cumple con el rango de los movimientos con un puntaje de 7.75 sobre 10, para la terapia en la articulación metacarpo falángica lo que lo hace atractivo para este trabajo, ya que actualmente esta labor se hace manual y sin la posibilidad de contar con un registro computacional de los datos de flexión y extensión en cada sesión con el paciente.

3.2 VALIDACIÓN CON PACIENTES SIN HISTORIAL CLÍNICO.

Una vez obtenidos los resultados de validación con los asesores y expertos en fisioterapia, se procedió a evaluar el prototipo con los pacientes. Para ellos participaron 10 pacientes sin historial clínico, es decir, colaboradores sanos, ya que el protocolo médico no permite experimentar con pacientes con dolencias o fracturas en las etapas tempranas y de prueba de prototipos aunado a las restricciones de la pandemia COVID-19.

Los factores para evaluar en este caso fueron: Fácil adaptación (con dos preguntas A y B), Seguridad, Confort, Higiene, Funcionalidad, Calidad y Confiabilidad. Cada uno de los factores fue evaluado en una escala de 1-10 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente y con 10. Extraordinario).

Los datos arrojados con pacientes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Datos recolectados con las encuestas a pacientes sanos

	Fácil adaptación		Seguridad	Confort	Higiene	Funcionalidad	Calidad	Confiabilidad	TOTAL
	A	B							
Paciente									
A	9	9	10	9	9	8	9	8	71
B	4	4	3	3	4	4	5	2	29
C	6	5	4	7	5	6	6	4	43
D	9	8	8	9	10	9	8	10	71
E	5	5	6	4	6	5	7	6	44
F	7	6	9	9	7	8	7	6	59
G	9	9	9	9	9	8	9	8	70
H	9	9	8	9	9	10	9	9	72
I	7	8	7	8	7	9	8	8	62
J	8	7	7	6	8	8	7	6	57
MEDIA	7,3	7	7,1	7,3	7,4	7,5	7,5	6,7	57,8
MEDIANA	7,5	7,5	7,5	8,5	7,5	8	7,5	7	61

MODA	9	9	8	9	9	8	9	8	69
VARIANZA	3,3 4	3, 56	4,98	5,12	3,82	3,61	1,83	5,78	32,0 7
DESV. ESTANDAR	1,8 2	1, 89	2,23	2,26	1,95	1,90	1,35	2,40	15,8 3
COEF. DE VARIACIÓN	0,2 51	0, 27	0,31	0,31	0,26	0,25	0,18	0,35	2,20 2

Con respecto a los datos de pacientes de la tabla 5: Datos recolectados con las encuestas a pacientes sanos y los estadísticos calculados para el bloque de datos reportados, se observa una aceptación promedio por parte de los pacientes de 57.8/80 para un porcentaje de 72% y una mediana de 61/80 puntos, correspondiente al 76.2% la cual representa el valor de la variable de posición central en el conjunto de datos.

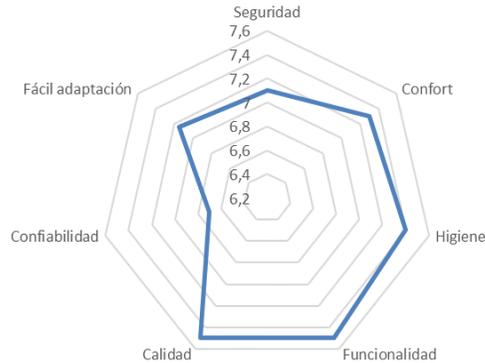
Se obtuvo un valor de moda estadística de 8 para los factores Seguridad, Funcionalidad y Confiabilidad, lo que garantizó una óptima experiencia de usuario. Para los otros factores estudiados se presentó una moda de 9 donde la Fácil adaptación, el Confort, la Higiene y la Calidad, fueron los factores destacados y garantes de una excelente aceptación por parte de los pacientes con un porcentaje de 85.7% (60 puntos /70 máximo)

Para esta prueba, la varianza más alta se reflejó en la confiabilidad, con una varianza del 5.78, seguido del confort con una varianza del 5.12 y la seguridad con una varianza de 4.98. Estos factores se vieron afectados muy posiblemente debido al uso del guante de diagnóstico, ya que el paciente se somete a tener puesto un guante en todo el proceso de evaluación.

Los factores que presentaron una varianza media fueron: Fácil adaptación con 3.4 en promedio, Higiene con 3.82 y Funcionalidad con 3.61, esto se puede atribuir a que algunos pacientes al probar el equipo varias veces mejoraron su percepción y nivel de confianza en su último uso, pero otros pacientes a pesar de probar el quipo la misma cantidad, reflejaron una misma percepción.

Por otro lado, el factor de calidad con una varianza de solo 1.83, reflejó un prototipo robusto y al servicio de la terapia que debía hacer el paciente.

Finalmente, se presenta la gráfica 3.4, correspondiente al comportamiento global de la validación por parte de los fisioterapeutas, en cada uno de los factores estudiados.



Gráfica 2. Gráfica radial del resultado de la validación del prototipo por parte de los pacientes.

En este gráfico se muestra claramente que el dispositivo de diagnóstico o guante no permite que el usuario se sienta con confianza en el uso del dispositivo y es un aspecto para mejorar en una versión posterior.

Por otro lado, en la figura 3.5 se presenta el diagrama de barras de las validaciones realizadas por los pacientes, con su respectivo valor medio.

Se puede observar una misma percepción tanto para funcionalidad como para calidad, es decir, que el paciente observó que el dispositivo tiene un desempeño de 7.5 en la escala de 0-10, para realizar la terapia de rehabilitación de la articulación metacarpo falángica en los rangos establecidos para tal fin (0-90 grados). A pesar de las molestias percibidas al usar un guante y el valor de 6.7 para la confiabilidad, se percibe que la higiene y el confort tuvieron un desempeño de 7.4 y 7.3 puntos en promedio por los usuarios del prototipo. Particularmente se realizaron las pruebas en el marco del protocolo de bioseguridad de covid-19, usando alcohol en las manos y las superficies de contacto del equipo.

Finalmente, la fácil adaptación y la seguridad con 7.1 puntos fueron los factores que permitieron cerrar con el estudio para la validación del dispositivo, cumpliendo con la expectativa de la terapia de rehabilitación en un rango del 60% al 75%, aproximadamente.

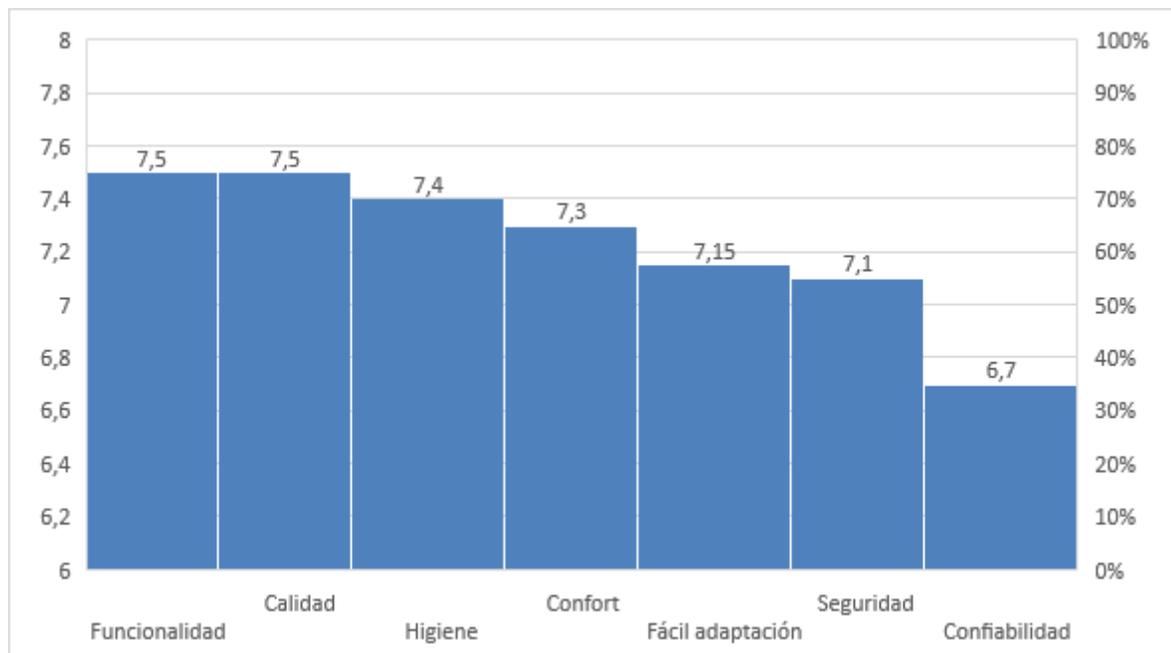


Figura 27. Tendencia de la evaluación de desempeño del prototipo por parte de los pacientes.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un prototipo de exoesqueleto para la articulación metacarpo falángica con un rango de flexión - extensión de 0-90 grados. Mediante estudios de simulación en SolidWorks con respecto al factor de seguridad se evidencia una pieza crítica de 3, lo que la hace apta para el sometimiento a los esfuerzos correspondientes. En las piezas de sujeción más largas no se evidencia un fallo estructural considerable (0.420 N), debido a que su función y fuerza soportadas no sobrepasó los 0.294 N en la simulación realizada en SolidWorks.

Se obtuvo un prototipo de exoesqueleto cuyas partes fueron impresas en 3D integradas al esquema de rehabilitación en donde se establecieron 3 tipos de terapia: pasiva, media e intensiva, las cuales dependen del estado de movilidad de la articulación metacarpo falángica afectada por lesiones del nervio periférico. Debido a que va destinado a pacientes con nula movilidad se debe proceder con movimientos cortos, pero con suficientes repeticiones. La rehabilitación pasiva se implementó con pocas repeticiones (1-3), un grado corto de movilidad (1-10 grados) y a una velocidad de movimiento lenta (1-2 RPM). La media se aplica cuando un

paciente tiene mejoría y puede resistir el umbral de dolor de una manera eficiente, ampliando las repeticiones de 5-10, los grados de 10-30 y la velocidad de 5-10 RPM. Y la intensiva hace referencia al mejor estado del paciente y en la cual se desea terminar el tratamiento de rehabilitación, con un rango de 50-80 grados, velocidad de 10-20 RPM y de 10 repeticiones en adelante.

Para la validación con fisioterapeutas se obtuvo una aceptación del prototipo en su movimiento en el rango anatómico (0 - 90 grados) de 7.5 puntos sobre 10, lo que garantizó el cumplimiento de los requisitos críticos en este tipo de terapia en la articulación metacarpo falángica, mientras que en la valoración de los pacientes se obtuvo que, tanto la funcionalidad como la calidad de los movimientos para terapia en la articulación metacarpo falángica, fueron los que explicaron de mejor forma el desempeño del prototipo desarrollado con un puntaje de 7.5 sobre 10.

RECOMENDACIONES

Con respecto al diseño del prototipo, hubo 3 variantes con las cuales se probó su funcionalidad teniendo éxito con la tercera. Se hace énfasis en la buena investigación y en la colaboración y asesoría de especialistas fisioterapéuticos para adaptar mecánicamente a las necesidades de los pacientes con el cuadro clínico de pérdida de movimiento total. Con la finalidad de realizar las simulaciones pertinentes en el de diseño y prototipado.

En los procesos de fabricación se establecen medidas y estándares en la impresión y construcción de la base y del exoesqueleto. Tomando en cuenta el uso de materiales de prototipado en impresión 3D y manejando practicas recomendadas para la elaboración de las piezas.

Para el desarrollo software y de control se requieren a futuro mejoras en la programación, en la recopilación de datos y en la adaptación del sistema a plataformas como Android e IOS, para facilitar el uso del exoesqueleto por los usuarios. También, mejoras en la obtención de datos del paciente y procesos de terapia realizados por este mismo.

En tanto a los requerimientos suministrados por parte de la unidad de fisioterapia que contribuyó al trabajo, se recomienda un sistema más cómodo, de igual forma, mejorar la calidad de material del dispositivo en tanto a la higiene y tamaño. También, se tiene en cuenta la población a la cual va dirigido y los procesos de modernización en tanto a las terapias de movilización pasiva de las lesiones presentadas en las articulaciones metacarpo falángicas.

Finalmente, se recomienda que, para próximas integraciones entre Unicomfacauca y la Fundación Universitaria María Cano (FUMC), se puedan dejar los prototipos

en funcionamiento en los laboratorios de la FUMC para continuar con las validaciones y posterior retroalimentación con el objetivo de generar nuevos proyectos de grado en los que se pueda continuar trabajando en temas tan interesantes y progresar hacia un grado de madurez tecnológico TRL 7-8.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] G. Zabala, Robots, 2da. Edici. Santa Fe de Bogota: Grupo Editorial Siglo XXI, 2012. Libro de Gonzalo Zabala, Barcelona 4 febrero 2018.
- [2] A. Delgado, Inteligencia artificial y minirobots, 2da. Edici. Santa Fe de Bogota: Ecoe Ediciones, 1998.
- [3] I. Asimov, I, Robot, Penguin Ra. Bogotá: Grupo Sudamericana, 2014.
- [4] “CLASIFICACION DE LOS ROBOTS,” Tecnología e Informática. [Online]. Available: <https://informaticoscarvajal.wordpress.com/actividades-grado-11/periodo-2-11/robotica/clasificacion-de-los-robots/>, 17 agosto 2019.
- [5] Mekkam Packing Solutions, “Robot Cartesiano,” 2015. [Online]. Available: <http://www.mekkam.com/robotica-industrial/robot-cartesiano/>.
- [6] M Comín, Biomecánica, IV, “Conceptos básicos de mecánica en biomecánica”, 1996. [Online]. Available: <http://upcommons.upc.edu>
- [7] Manuel A. Chavez, “Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación”. 2010. [Online]. Available:
- [8] C. H. Guzmán, “Entendiendo la mecatrónica en la rehabilitación”, [Online]. Available: <https://docplayer.es/67609421-Entendiendo-la-mecatronica-en-la-rehabilitacion.html>, Cali 9 septiembre 2020.
- [9] Gonzalo F. Mesa, “Fisioterapia”, Asociación de Fisioterapeutas del Uruguay, [Online]. Available: <http://www.afu.org.uy>, Uruguay julio de 2016.
- [10] Paul Comfort, (2010, December, 22) «Sports Rehabilitation and Injury Prevention», 1st Edition, Fisico y Digital, Vol. 1, Disponible: http://lib.hcmup.edu.vn:8080/eFileMgr/efile_folder/efile_local_folder/2013/11/2013-11-21/tvefile.2013-11-21.1603683316.pdf
- [11] Gonzalo F. Mesa, “Fisioterapia”, Asociación de Fisioterapeutas del Uruguay, [Online]. Available: <http://www.afu.org.uy>, Uruguay julio de 2016.
- [12] S.C. Enríquez, “Sistema robótico de tipo exoesqueleto para la rehabilitación de la mano”, Neuroingeniería Biomédica, [Online]. Available:

- http://www.ja2014.upv.es/wp-content/uploads/papers/paper_44.pdf, Madrid 24 de julio de 2019.
- [13] Lesión de los nervios periféricos: síntomas, tratamiento. [Online] Artículo: Lesiones e intoxicaciones, I Live Ok. Alexey Portnov. Octubre de 2021.
- [14] Estudio de la lesión nerviosa periférica en pacientes atendidos por traumatismos. Marina Lizeth Castillo, Fernando Maximiliano Martínez. Departamento de Anatomía Humana, [Online]. Grupo de Investigación en Anatomía, Monterrey, Gaceta Médica de México. 2014.
- [15] Medición del movimiento de todos los segmentos de la mano mediante videogrametría. J.L. Sancho Bru, M. Vergara. Dpto. de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I de Castellón de la Plana, España 24 noviembre 2018.
- [16] ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DISEÑO DE UN MECANISMO DE CUATRO BARRAS PARA Flores, Oscar Fernando Avilés Sánchez, Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Bogotá, junio de 2010. ISSN 0124-8170
- [17] J.M. Dubouset. The digital joints. En: Tubiana R., ed. 'The hand'. Volumen 1. Philadelphia: Saunders Company, 1981; 191-201.
- [18] P.W. Brand, A.M. Hollister. Clinical Mechanics of the Hand. Second Edition. St. Louis: Mosby - Year Book, Inc., 1992.
- [19] J.W. Lee, K. Rim. Measurement of finger joint angles and maximum finger forces during cylinder grip activity. J. Biomed. Eng. 1991; 13:152-162.
- [20] G.S. Rash, P.P. Belliappa, M.P. Wachowiak, N.N. Somia, A. Gupta. A demonstration of the validity of a 3-D video motion analysis method for measuring finger flexion and extension. Journal of Biomechanics 1999; 32:1337-1341.
- [21] M.H. Yun, A. Freivalds. Analysis of tool grip tasks using a 3D glove. (In: Kumar S. ed. 'Advances in Occupational Ergonomics and Safety 2'.) Amsterdam: IOS Press, 1998; 401-404.
- [22] H. Hsiao, W.M. Keyserling. A three-dimensional ultrasonic system for posture measurement. Ergonomics 1990; 33(9):1089-1114.

- [23] C.F. Small, D.R. Pichora, J.T. Bryant, P.M. Griffiths. Precision and accuracy of bone landmarks in characterizing hand and wrist position. *J Biomed Eng.* 1993 Sep; 15(5):371-378.
- [24] A. Erol, G. Bebis, M. Nicolescu, R.D. Boyle, X. Twombly. A review on vision based full DOF hand motion estimation, *IEEE CS Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 10.1109/CVPR.2005.395 (2005).
- [25] H.Y. Chiu, S.C. Lin, F.C. Su, S.T. Wang, H.Y. Hsu. The use of the motion analysis system for evaluation of loss of movement in the finger, *J Hand Surg*, 25 (2000), 195- 199.
- [26] L.C. Kuo, F.C. Su, H.Y. Chiu, C.Y. Yu. Feasability of using a video-based motion analysis system for measuring thumb kinematics, *J Biomech*, 35 (2002), 1499-1506.
- [27] D. Brero, M. Prado. Desarrollo de un modelo biomecánico multicuerpo de la mano y aplicación a la caracterización de su movimiento con técnicas de estéreo videogrametría, *CIBIM 10*, (2011), 2515-2526.
- [28] I. Carpinella, P. Mazzoleni, M. Rabuffetti, R. Thorsen, M. Ferrarin. Experimental protocol for the kinematic analysis of the hand: definition and repeatability, *Gait Posture*, 23 (2006), 445-454.
- [29] P. Cerveri, E. De Momi, N. Lopomo, G. Baud-Bovy, R.M. Barros, G. Ferrigno. Finger kinematic modeling and real time hand motion estimation, *Ann Biomed Eng*, 31 (2007), 1989-2002.
- [30] M. Vergara, J.L. Sancho-Bru, A. Pérez-González. Description and validation of a noninvasive technique to measure the posture of all hand segments, *J Biomech Eng*, 125 (2003), 917-922.
- [31] W.P. Smutz, A. Kongsayreepong, R.E. Hughes, G. Niebur, W.P. Cooney, K.N. An. Mechanical advantage of the thumb muscles. *Journal of Biomechanics* 1998; 31:565- 570.
- [32] C.F. Small, J.T. Bryant, D.R. Pichora. Rationalization of kinematic descriptors for threedimensional hand and finger motion. *J Biomed Eng.* 1992 Mar; 14(2):133-141.
- [33] Presenta Instituto Tecnológico de Orizaba exoesqueleto de mano para

rehabilitación motriz <http://dgest.gob.mx/ciencia-y-tecnologia/presenta-instituto-tecnologico-de-orizaba-exoesqueleto-de-mano-para-rehabilitacion-motriz-dp1> 26 de noviembre del 2012.

- [34] DataSheet del microcontrolador atMega 2560.
<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/107092/ATMEL/ATMEGA2560.html> © 2014 Atmel Corporation. / Rev.: Atmel-2549Q-AVR-ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V-Datasheet_02/2014.

Anexo 1. ANEXO 1.

ENCUESTAS

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos:	<i>Robert Edison Piedrahíta P.</i>		
Edad:	<i>45</i>	Sexo:	<i>Masculino</i>
Profesión:	<i>Empleado</i>		
Dominancia:	<i>Derecho</i>		

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación:										
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su textura física? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad:										
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Confort:										
<ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Higiene:										
<ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad:										
<ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Calidad:										
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario

ENCUESTA FISOTERAPEUTA

Nombre y apellidos: Jhon alexander Hernandez Pinzon

Edad: 48 Sexo: Masculino Profesión: Entrenador Dominancia:

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

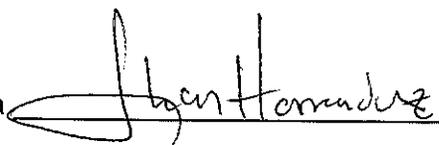
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 							X			
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 						X				
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 						X				
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión – Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión – Extensión)? 						X				

FISIOTERAPEUTA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<p>Ergonomía:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? <p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? <p>Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? <p>Programación de rutinas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? <p>Viabilidad clínica del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 							X				
								X			
							X				
						X					
						X					
						X					
Comentarios											

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Juan Alexander Hernandez con documento de identificación tipo CC y N° 79895393 expedido en Bogota de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 
C.C. o TI 79.895.393
Correo Jhunnale79328@Hotmail.com
Celular 312 3224839
Fecha 20-NOV-21

ENCUESTA FISIOTERAPEUTA

Nombre y apellidos:	<div style="font-size: 1.2em; font-family: cursive;"> Maria Alejandra Benavidez </div>										
Edad:	29	Sexo:	femenino	Profesión:	<div style="font-size: 1.2em; font-family: cursive;"> fisioterapeuta </div>					Dominancia:	

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 								X		
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 								X		
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 							X			
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión – Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión – Extensión)? 										X
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el diseño, materiales y operación del equipo respecto a los niveles de seguridad que logra percibir durante su etapa de funcionamiento? 							X			

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Mara Alejandra Benavidez con documento de identificación tipo cc y N° 1 002820257 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Mara Alejandra Benavidez

C.C. o TI 1002820257

Correo fisioeps2@hotmail.com

Celular 3023034799

Fecha 18 - Noviembre - 2021.

ENCUESTA FISOTERAPEUTA

Nombre y apellidos: Edinson Steven Rodriguez

Edad: 32 Sexo: Masculino Profesión: Doc Fisioterapia Dominancia: _____

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 								X		
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 						X				
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 					X					
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión – Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión – Extensión)? 										X
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el diseño, materiales y operación del equipo respecto a los niveles de seguridad que logra percibir durante su etapa de funcionamiento? 								X		

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? 							X			
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? 						X				
Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? 					X					
Programación de rutinas: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? 								X		
Viabilidad clínica del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 						X				
Comentarios	El proyecto es efectivo con respecto al funcionamiento visto en el video enviado.									

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Edinson Ramirez con documento de identificación tipo CC y N° 3427165 expedido en Cali de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 

C.C. o TI 3427165

Correo edinsonramirez@gmail.com

Celular 3128153118

Fecha 19 - noviembre - 2021

ENCUESTA FISOTERAPEUTA

Nombre y apellidos: Leandro Fabio Pillime

Edad: 28 Sexo: Masculino Profesión: Entrenador Dominancia: _____

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

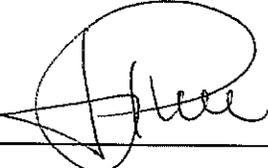
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión – Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión – Extensión)? 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FISIOTERAPEUTA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<p>Ergonomía:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? <p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? <p>Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? <p>Programación de rutinas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? <p>Viabilidad clínica del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%	
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	X	100%	100%	100%
Comentarios											

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Leonardo Fabio Pillime con documento de identificación tipo CC y N° 1144063845 expedido en Calí de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma  _____
C.C. o TI 1144063845
Correo Leonardofp93@gmail.com
Celular 3123932218
Fecha 20-nov-21

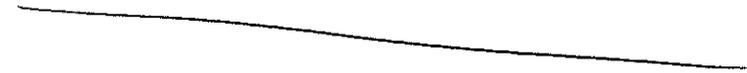
ENCUESTA FISOTERAPEUTA

Nombre y apellidos:	Merlys Yuleth Carrillo Elgado.									
Edad:	26	Sexo:	mujer	Profesión:	Auxiliar. Enf.	Dominancia:				

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

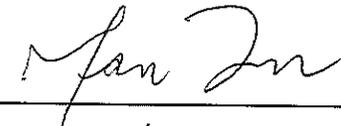
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 					X					
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 				X						
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 					X					
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión – Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión – Extensión)? 							X			
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el diseño, materiales y operación del equipo respecto a los niveles de seguridad que logra percibir durante su etapa de funcionamiento? 				X						

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? 						X				
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? 					X					
Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? 				X				X		
Programación de rutinas: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? 					X					
Viabilidad clínica del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 						X				
Comentarios										
										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Merlys Yulreth Carrillo Elguedo con documento de identificación tipo CC y N° 114 340 1203 expedido en Cartagena de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 
C.C. o TI 114 340 1203
Correo _____
Celular 300 359 7012
Fecha 19 - Noviembre - 2021.

ENCUESTA FISIOTERAPEUTA

Nombre y apellidos:	Angeles María Muñoz Molano									
Edad:	38	Sexo:	Femenino	Profesión:	Fisioterapeuta	Dominancia:	Derecha			

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

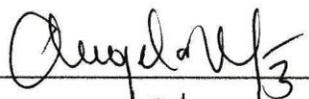
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo X	Excelente	Extraordinario
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo X	Excelente	Extraordinario
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo X	Excelente	Extraordinario
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión - Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión - Extensión)? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo X	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el diseño, materiales y operación del equipo respecto a los niveles de seguridad que logra percibir durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo X	Excelente	Extraordinario

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Programación de rutinas: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Viabilidad clínica del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Comentarios										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Angela Muñoz con documento de identificación tipo CC y N° 34318972 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 
C.C. o TI 34318972
Correo angelin1934@hotmail.com
Celular 3007924903
Fecha 17 Nov 2021

ENCUESTA FISIOTERAPEUTA

Nombre y apellidos: Angela Giovana Caicedo Poñoz

Edad: 42. Sexo: Femenino Profesión: Fisioterapeuta Dominancia: Izquierda

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

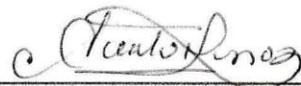
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente X	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión – Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión – Extensión)? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente X	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el diseño, materiales y operación del equipo respecto a los niveles de seguridad que logra percibir durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? 	Muy Malo	Maló	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	X Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? 	Muy Malo	Maló	Regular	Aceptable	Bueno	X Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? 	Muy Malo	Maló	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	X Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Programación de rutinas: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? 	Muy Malo	Maló	Regular	Aceptable	Bueno	X Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Viabilidad clínica del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 	Muy Malo	Maló	Regular	Aceptable	X Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Comentarios Fecilito al rotoductante por la iniciativa y compromiso en el desarrollo del prototipo. Se sugiere un acompañamiento en el diseño por parte de un fisioterapeuta que verifique los requerimientos de la artrocinemática de la mano para garantizar adecuados puntos de control y promover la función prensil desde parámetros biomecánicos.										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Angela Giovana Parcedo Muñoz con documento de identificación tipo C.C. y N° 25.283.881 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 

C.C. o TI 25.283.881

Correo angifta@hotmail.com - angelagiovanaparcadedomunoz@unimed.edu.co

Celular 3135628947

Fecha Noviembre 18 de 2021

Nombre sugiendo según los usos del equipo en los procesos de rehabilitación de la función prensil:
«Movilizador pasivo continuo de la articulación metacarpo-falángica del 2 al 5 dedo»

ENCUESTA FISOTERAPEUTA

Nombre y apellidos:

Mariana Erazo Palma

Edad:

24

Sexo:

F

Profesión:

Fisioterapeuta

Dominancia:

Diestra.

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde

(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

FISIOTERAPEUTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Facilidad de uso en el manejo del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la facilidad de uso (operatividad) con la que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	X	Excelente	Extraordinario
Control de Velocidad de los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted los niveles de velocidad programables con los que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	X	Excelente	Extraordinario
Sistema de control por tarjeta programable: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de manejo remoto por medio de la tarjeta programable (Arduino) con el que cuenta el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	X	Extraordinario
Movimientos dentro del rango anatómico de los dedos (Flexión - Extensión): <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el rango de movimientos con el cual cuenta el equipo para rutinas de (Flexión - Extensión)? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	X	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el diseño, materiales y operación del equipo respecto a los niveles de seguridad que logra percibir durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	X	Excelente	Extraordinario

FISIOTERAPEUTA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> ¿califique el equipo respecto a su ergonomía? 	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Ótimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el uso y funcionamiento del equipo respecto a los elementos físicos de control? ¿Como califica usted la programación con respecto a la pantalla de datos de usuario y control del equipo? 	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Ótimo	Excelente	Extraordinario
	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Ótimo	Excelente	Extraordinario
Cumplimiento de protocolos fisioterapéuticos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el equipo con respecto al cumplimiento de los protocolos fisioterapéuticos? 	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Ótimo	Excelente	Extraordinario
Programación de rutinas: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la programación de rutinas por medio de las escalas programables con respecto a los grados y repeticiones en los procesos de fisioterapia? 	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Ótimo	Excelente	Extraordinario
Viabilidad clínica del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted la viabilidad clínica del equipo? 	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Ótimo	Excelente	Extraordinario
Comentarios Identificar tipo de población a escoger para el uso del prototipo. Pacientes traumáticos, neurológicos y/o ortopedia. Organizar criterios de inclusión y exclusión, Recomendaciones al uso del prototipo y verificar confort del paciente con el fin de evitar zonas de presión en prominencias óseas o ulcras.										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Mariela Geraso Palma con documento de identificación tipo CC y N° 1061796568 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 

C.C. o TI 1061 796568

Correo marielaerasopalma@gmail.com

Celular 3213556994

Fecha 19/Nov/2021

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos:

Alicia Agreda Otero

Edad: 20

Sexo: Femenino

Profesión: Estudiante

Dominancia: Diestra

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación:										
• ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física?								X		
• ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo?							X			
Seguridad:										
• ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo?							X			
Confort:										
• ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento?						X				
Higiene:										
• ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo?								X		
Funcionalidad:										
• ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada?								X		
Calidad:										
• ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo?							X			

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 						X				
Comentarios										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Alicia Agredo Otero con documento de identificación N° 100.295.3385 expedido en Piedrasma de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Alicia Agredo Otero
 C.C. o TI 100.295.3385
 Correo aliciagredootero@gmail.com
 Celular 3172884266
 Fecha 19 de noviembre del 2021

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos: Sergio Wis Agredo Otero
 Edad: 30 Sexo: M Profesión: Docente Dominancia: Destro

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy malo	Malo	Regular	Aceptable	Buena	Muy buena	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
	Comentarios									

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Sergio Luis Agredo Otero con documento de identificación N° 1061535652 expedido en Rendamó de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 

C.C. o TI 1061535652

Correo seragredo@unicauca.edu.co

Celular 315-439-7467

Fecha 19 - Noviembre - 2021

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos: Oscar David Sanjuan Martinez

Edad: 25 Sexo: M Profesión: Enfermero Dominancia: Diestra

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	X	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Mal	Regular	Aceptable	Buena	<input checked="" type="checkbox"/> Buena	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
	Comentarios									

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Dscaor David Sanjuan Martinez con documento de identificación N° 1061744226 expedido en popayan de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma 
 C.C. o TI 1061744226
 Correo _____
 Celular 3103385654
 Fecha 14 Noviembre 2021

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos: Coben Santiago Ortiz Becerra

Edad: 16 Sexo: M Profesión: Estudiante Dominancia: D

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente <input checked="" type="checkbox"/>	Extraordinario
	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente <input checked="" type="checkbox"/>	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente <input checked="" type="checkbox"/>	Extraordinario
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente <input checked="" type="checkbox"/>	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente <input checked="" type="checkbox"/>	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo <input checked="" type="checkbox"/>	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente <input checked="" type="checkbox"/>	Extraordinario

<p>Confiabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	<input checked="" type="checkbox"/>	Excelente	Extraordinario
<p>Comentarios</p>										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Coben Santiago Ortiz con documento de identificación N° 1061696872 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Coben S

C.C. o TI 1061696872

Correo cobenortiz2005@gmail.com

Celular 321 2297299

Fecha 19-11-21

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos: Diego Campo Ceballos

Edad: 36 Sexo: M Profesión: Ingeniero Dominancia: Derecha

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
(1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo, 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su textura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente X	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente X	Extraordinario
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente X	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente X	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo X	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente X	Óptimo	Excelente	Extraordinario

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Mallo	Regular	Aceptable	Bueno	X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
	Comentarios - Mejorar posicionamiento de Mano en los apoyos. - La terapia debe ser lo más rápida posible									

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Diego Andrés Campo Ceballos con documento de identificación N° 10.305.704 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Diego Campo
 C.C. o TI 10305704
 Correo dcampo@unicomfacauca.edu.co
 Celular 3127814090
 Fecha 17 NOV / 2021.

ENCUESTA PACIENTES

 Nombre y apellidos: Pablo César Cuadros Villa.

 Edad: 27 Sexo: Masculino Profesión: Docente Dominancia: Diestro

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su textura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario

<p>Confiabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Bastante	Excelente	Extraordinario
<p>Comentarios Sugiero revisar el diseño de tal manera que no se vean los cables.</p>										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Pablo César Cuadros Villa con documento de identificación N° 1.061.772.939 expedido en Popayán de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Pablo César Cuadros Villa

C.C. o TI 1.061.772.939

Correo pablo_please@hotmail.com

Celular 301 6319515

Fecha 19 de noviembre * 2021.

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos: Juan Camilo Gonzalez Lasprilla

Edad: 23 Sexo: M Profesión: Estudiante Dominancia: Diestro

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	X Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	X Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	X Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	X Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	X Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	X Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Mal <input checked="" type="checkbox"/>	Regular	Aceptable	Buena	Muy buena	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
	Comentarios									

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Juan Camilo Gonzalez Losprilla con documento de identificación N° 1061813692 expedido en Popayan de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Juan Camilo Gonzalez Losprilla

C.C. o TI 1061813692

Correo juanca3663@gmail.com

Celular 3127857735

Fecha 19/11/21

ENCUESTA PACIENTES

 Nombre y apellidos: Daniel Piarpusan Campos

 Edad: 20 Sexo: M Profesión: Agente callejero Dominancia: Destro

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física? ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable X	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente X	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno X	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Muy bueno X	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 	Muy Malo	Malo	Regular	Aceptable X	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente	Óptimo	Excelente	Extraordinario
Comentarios SIN COMENTARIOS.										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Daniel Fdo. Piarpusan Campos con documento de identificación N° 1005.755.445 expedido en Papaya de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior, una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Daniel Piarpusan

C.C. o TI 1005 755 445

Correo piarpusandaniel@gmail.com

Celular 315 314 6455

Fecha Noviembre 19 / 2021.

ENCUESTA PACIENTES

Nombre y apellidos:

Mercedes Otero Fajardo

 Edad: 56

 Sexo: Femenino

 Profesión: Modista

 Dominancia: diestra

Marque con una (X) la puntuación que considere más acorde
 (1 Muy Malo, 2. Malo, 3 Regular, 4. Aceptable, 5. Bueno, 6 Muy bueno 7. Sobresaliente 8. Óptimo,
 9. Excelente 10. Extraordinario)

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fácil adaptación: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted al equipo según su adaptación a su contextura física? 							X			
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo califica usted el sistema de adaptación del equipo para la comodidad en su brazo? 								X		
Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo percibe el nivel de seguridad al usar el equipo? 							X			
Confort: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la comodidad del equipo durante su etapa de funcionamiento? 								X		
Higiene: <ul style="list-style-type: none"> ¿Desde su perspectiva como califica usted la higiene del equipo? 							X			
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique los movimientos del equipo acorde a la rutina programada? 									X	
Calidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la percepción en el diseño, funcionalidad y materiales del equipo? 								X		

Confiabilidad: <ul style="list-style-type: none"> ¿Califique la confianza generada por el equipo durante la etapa de funcionamiento? 								X		
Comentarios										

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Mercedes Otero Fajardo con documento de identificación N° 48570370 expedido en Pmó de forma voluntaria y bajo mi propia responsabilidad, participaré en la prueba de funcionamiento del prototipo exoesqueleto del cuarto segmento del miembro superior una encuesta de percepción del prototipo realizado por los estudiantes Victor Realpe Lopez y Juan Carlos Piedrahita del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca.

Firma Mercedes Otero
 C.C. o TI 48570370 pmó
 Correo merotefa50@gmail.com
 Celular 3156130309
 Fecha noviembre 19 | 2021