

COLEGIO SANTO TOMÁS DE AQUINO

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

EXOESQUELETO DE APOYO TERAPÉUTICO

Modalidad: Proyecto de Investigación (Tesis) en Formato Convencional

Autor

JAIRO NICOLAS GIRALDO PEDROZA

Director

JOSE IGNACIO MARQUEZ

**BOGOTA, COLOMBIA
FEBRERO 2018-NOVIEMBRE 2019**

Agradecimientos

A mi madre, Martha Pedroza, por motivarme y darme coraje para realizar este proyecto.

A mi padre, Jhon Jairo Giraldo, por heredarme su conocimiento y su sed de aprendizaje.

A mi hermano, Sebastián Giraldo, por brindarme su apoyo e ideas tanto en el proyecto, como en mi vida.

A mi hermana, Alexandra Giraldo, por poner a mi disposición todos sus conocimientos en biotecnología.

A José Ignacio Márquez, mi maestro y amigo, por guiarme en el trabajo y procurar siempre el máximo aprendizaje posible.

A mis amigos, por ayudarme y brindarme su apoyo en lo poco que pudieran.

Y a usted, el que está leyendo esto, por darle valor a mi trabajo e interesarse en él.

Resumen

El proyecto consiste en hallar la forma de realizar un exoesqueleto que ayude a realizar un movimiento articular sin esfuerzo. Va enfocado principalmente a aquellas personas que no tienen la posibilidad de ir con frecuencia a un centro de salud y/o viven solas.

El proyecto busca sentar las bases para un posible proyecto a realizarse a nivel de cuerpo completo y a más largo plazo.

Como método de recolección de información, se usa la revisión documental.

Los principales resultados fueron una gran reducción de costos, capacidad de movimiento y leves incomodidades en el uso de este prototipo.

Términos clave: Exoesqueleto; Artritis Reumatoide; Reducción de Costos; Movimiento Articular.

Índice

Capítulo 1: Planteamiento del problema	4
1.1 Pregunta Problema:	4
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo general:.....	5
1.1.2 Objetivos específicos:.....	5
1.1.3 Justificación	5
Capítulo 2: Marco Teórico.....	7
2.1 Artritis reumatoide: ¿Qué es y cómo se desarrolla?.....	7
2.2 Exoesqueletos: ¿Qué son y qué podemos sacar de ellos para la problemática presentada? ..	8
2.3 Estructura locomotora de la mano	10
Capítulo 3: Enfoque y Diseño Metodológico.....	14
3.1 Técnicas de Recolección de Datos.....	14
3.2 Fases del Trabajo de Campo.....	14
3.3 Categorización y Clasificación	15
Capítulo 4: Diseño del Exoesqueleto.....	16
3.1 Diseño ergonómico	16
Capítulo 5: Resultados.....	18
Conclusiones	20
Bibliografía	21
Referencias.....	22
Referencias de las Imágenes	23

Capítulo 1: Planteamiento del problema

La artritis reumatoide (En adelante, AR), enfermedad del tipo articular, no tiene cura actualmente. Es una enfermedad degenerativa, porque cuando los músculos dejan de ser activados como una respuesta del paciente al dolor, éstos se pueden atrofiar debido a la calcificación de las articulaciones.

Existen exoesqueletos mecánicos de muchos tipos, formas, diseños y materiales muy distintos, pero aquellos que manejan el cuerpo de forma que logre ser usado por personas con problemas en las articulaciones, como lo es la AR, son muy costosos. Por ejemplo, el Quantic Nanotech, que ronda los 380 euros.

Por los precios de muy difícil acceso de los exoesqueletos, se vuelve prácticamente imposible que las personas de escasos recursos logren acceder a estos dispositivos.

1.1 Pregunta Problema:

¿Cómo crear un exoesqueleto de apoyo que ayude a pacientes con dificultad en el movimiento articular y que a la vez sea accesible para personas de escasos recursos?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general:

Construir el primer prototipo de exoesqueleto terapéutico a nivel de la mano de costos reducidos del colegio Santo Tomás.

1.1.2 Objetivos específicos:

1. Analizar la estructura locomotora de la mano.
2. Diseñar y construir un prototipo de exoesqueleto a nivel de la mano.
3. Analizar los efectos del prototipo y qué factores serían esenciales para la construcción del siguiente prototipo.

1.1.3 Justificación

A lo largo de los años, la cantidad de hogares unipersonales ha ido aumentando progresivamente. Además, se ha ido presentando una migración del campo a la ciudad de forma creciente. Esto genera que las zonas de difícil acceso queden con menos habitantes, y a su vez, aumente la cantidad de hogares unipersonales. En busca de oportunidades y educación, los que más migran del campo a la ciudad son los jóvenes. Esto genera que el campo se conforme en gran parte de personas de la tercera edad. Por otro lado, es importante mencionar que, así como las zonas rurales van quedando cada vez más con hogares unipersonales de la tercera edad, a su vez la AR afecta en mayor parte a los adultos mayores de 70 años. Por tanto, se puede deducir que las tasas de AR en el campo tienden a subir.

En los países latinoamericanos se presentan altos índices de corrupción, generando una degradación en el desarrollo económico. Las zonas rurales son, por lo general, las más afectadas por este problema. Dos de las principales consecuencias de la problemática presentada anteriormente, son el transporte (vías, servicios de transporte público) y la salud. Estas dos consecuencias juntas, generan a su vez que a los habitantes de las zonas rurales les sea complicado movilizarse con frecuencia a los centros de salud.

La AR, así como tantas otras enfermedades de tipo articular, produce un intenso dolor al mover las articulaciones. Esto genera que el paciente en cuestión deje de mover la articulación, lo que genera el verdadero problema en sí. Cuando una articulación deja de moverse, ésta se empieza a calcificar, lo cual a largo plazo genera la fundición entre los dos huesos. Cabe recalcar además que, a los pacientes de AR, el dolor en la articulación se les genera mientras se hace esfuerzo para mover la articulación. De ahí la importancia de las terapias de movimiento articular con frecuencia.

Teniendo en cuenta la presencia de AR en las zonas rurales, el difícil acceso a los servicios de salud, y la importancia del acceso frecuente a las terapias físicas de los pacientes de esta enfermedad

Capítulo 2: Marco Teórico

Existen exoesqueletos mecánicos de formas, tamaños, colores e incluso propósitos muy variados. Desde exoesqueletos que ayuden a parapléjicos a caminar, hasta exoesqueletos militares que mejoren las capacidades físicas del soldado. Recientemente, los exoesqueletos mecánicos han estado tomando cada vez más fuerza. Se considera (de parte del investigador) que uno de los posibles usos es en las enfermedades degenerativas de tipo articular, más específicamente, en pacientes con AR.

2.1 Artritis reumatoide: ¿Qué es y cómo se desarrolla?

2.1.1 ¿Qué es la artritis reumatoide?

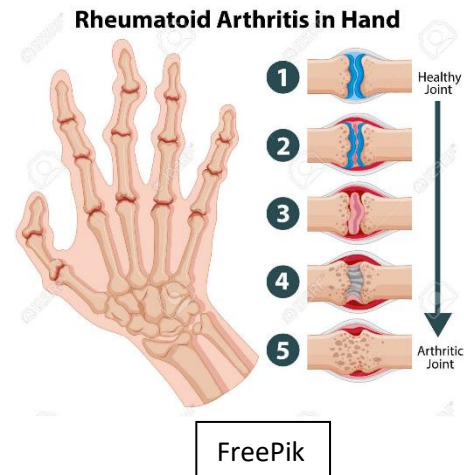
La AR es una enfermedad de tipo articular que se genera mayoritariamente en las mujeres, según cifras del DANE. Estadísticamente, entre cada 1000 habitantes colombianos, 9 tienen la enfermedad (Tabla 2.1.1.1. (Díaz, 2015)) Esta enfermedad consiste básicamente en que el sistema inmunológico del cuerpo ataca los propios tejidos de la persona, causando inflamación en las articulaciones atacadas. La enfermedad se clasifica como una enfermedad de naturaleza autoinmune (MedlinePlus, 19/09/2019), razón por la cual es sumamente difícil de tratar.

Tabla 2 – Prevalencia y razón de AR, estandarizada por edad y sexo

Grupos de edad (años)	Prevalencia AR/100 habitantes		
	Mujeres	Hombres	Total
De 15-29	0,182	0,041	0,112
De 30-44	0,835	0,234	0,547
De 45-59	2,388	0,55	1,507
De 60-69	3,994	1,014	2,581
De 70-79	4,881	1,56	3,361
≥80	7,284	2,26	5,142
Total	1,422	0,356	0,905

2.1.2 ¿Cuáles son las dificultades de tener esta enfermedad?

Cuando algún músculo del cuerpo se deja de activar, este se atrofia, y esto pasa frecuentemente con los pacientes de la AR, sobre todo aquellos que viven completamente solos, de forma que no tienen la ayuda necesaria en el momento de realizar los ejercicios en casa.



Los músculos inactivos se llegan a atrofiar puesto que el cuerpo está en constante reparación y cuando detecta que algún músculo se encuentra inactivo, por respuesta natural el cuerpo busca ahorrar energía, de forma tal que el músculo deja de repararse, el paciente pierde masa muscular, y el músculo se acorta, provocando deformaciones en la zona afectada.

Por otro lado, como se demuestra en la figura (Diagram showing rheumatoid arthritis in hand, figura 2.1.2.1., (freepik)) si no se llega a tratar correctamente la AR, la articulación puede llegar al punto en el que ambos huesos se unen y no hay marcha atrás.

2.2 Exoesqueletos: ¿Qué son y qué podemos sacar de ellos para la problemática presentada?

2.2.1 ¿Qué se puede definir como un “exoesqueleto” en el ámbito de la biomecánica?

El origen etimológico de la palabra “exoesqueleto” viene del griego *éxō* (exterior) y *skeletos* (esqueleto). La palabra originalmente se refiere al “Tejido orgánico duro y rígido

que recubre exteriormente el cuerpo de los Artrópodos y otros Invertebrados” (*Ecured*; 7/11/2018).

En el ámbito de la biomecánica, se refiere a una estructura robótica que recubre a la persona, ya sea para aumentar su fuerza, para protegerlo, o para fines terapéuticos, o, en palabras del grupo Iturri: “Un exoesqueleto es un dispositivo portátil que lleva/porta una persona y que genera una energía extra para realizar tareas físicas” (*Blanco, F.*; noviembre 2017).

El ingeniero Freddy Luna lo define como “Es una máquina móvil que consiste primariamente en un armazón externo (comparable al exoesqueleto de un insecto) que lleva puesto una persona y cuenta con un sistema de potencia de motores o hidráulicos que proporciona al menos, parte de la energía para el movimiento”. (*Luna, F.*)

2.2.2 Tipos de exoesqueletos

Los exoesqueletos se pueden clasificar en tres grandes partes: Exoesqueletos terapéuticos, exoesqueletos industriales y exoesqueletos militares.

En Colombia actualmente hay una empresa que fabrica exoesqueletos terapéuticos llamada *Exotechno*, creada por el ingeniero Freddy Luna.

Los exoesqueletos terapéuticos además pueden clasificarse como:

2.2.2.1 Asistentes de levantamiento:

Son aquellos exoesqueletos que permiten simplemente al paciente levantarse.

2.2.2.2 Asistente de levantamiento auto asistido:

Cuenta con un sistema de movimiento mediante ruedas que permite al usuario desplazarse como si estuviese en una silla de ruedas, pero estando de pie.

2.2.2.3 Asistente de levantamiento asistido:

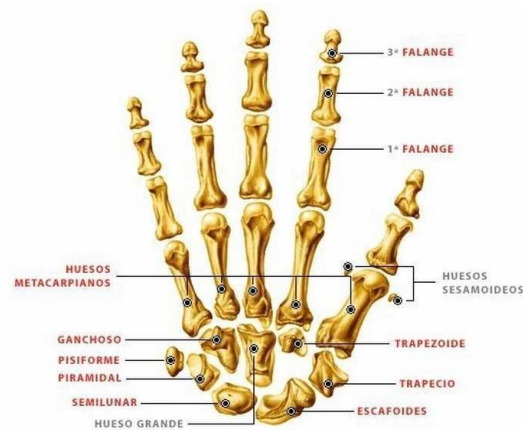
Este exoesqueleto contiene un sistema que replica la marcha humana para generar en el paciente la posibilidad de caminar estando inhabilitado (paraplégicos)

2.3 Estructura locomotora de la mano

2.3.1 Sistema óseo.

El sistema óseo de la mano se puede dividir en tres partes. La muñeca, la palma y los dedos. (Ver imagen 2.3.1.1).

La muñeca está compuesta por pequeños huesos llamados Trapecio, Trapezoide, Escafoides, Hueso Grande, Semilunar, Piramidal, Pisiforme y Ganchoso. Estos huesos son los que proporcionan la función de proteger los nervios que generan los impulsos de movimiento en la mano, además de dar la opción del movimiento de la mano en todas direcciones.



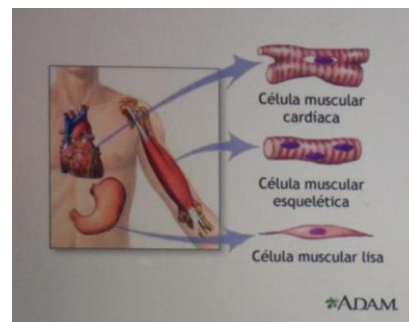
Clinica Martín Gómez

La palma de la mano está compuesta por cinco huesos llamados los huesos metacarpianos, que conectan a la muñeca con los dedos. Cada uno de estos huesos va desde los huesos de la muñeca hasta el dedo correspondiente. El punto en que estos huesos se unen a los primeros huesos de los dedos, son los nudillos.

Los huesos de los dedos son las falanges. Cada falange es una sección del dedo y los puntos entre ellos son las articulaciones de los dedos. Los dedos Índice, Del Corazón, Anular y Meñique, cuentan cada uno con tres falanges. En el caso del Pulgar, éste sólo cuenta con dos de estos huesos. Además, en el extremo del hueso metacarpiano del dedo pulgar, donde se conecta con la 1ª falange, se encuentran los huesos sesamoideos, uno a cada lado.

2.3.2 Los músculos óseos

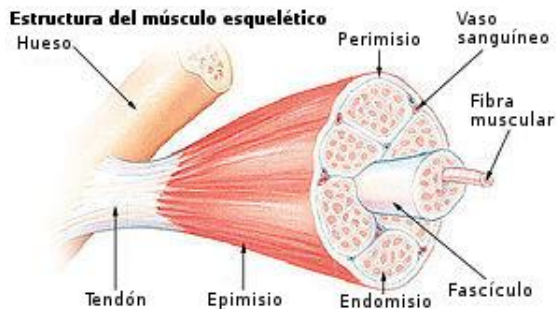
Los músculos tienen diferentes clases, entre las cuales se encuentran los músculos cardíacos, los músculos lisos y los músculos óseos. (Ver figura 2.3.2.1)



Los músculos cardíacos, como su nombre lo indica, son aquellos que conforman el corazón. Son los encargados de bombear sangre entre el corazón y el resto del cuerpo.

Los músculos lisos, son aquellos que conforman todos los órganos, como los pulmones, hígado, páncreas, estómago, entre otros.

Por último, los músculos óseos o esqueléticos, también denominados los músculos locomotores, son aquellos que generan el movimiento del cuerpo. Se les denomina músculos óseos o esqueléticos, debido a que van unidos SIEMPRE a un hueso para moverlo. Estos músculos constan de ciertas partes en específico (Ver imagen 2.3.2.2).



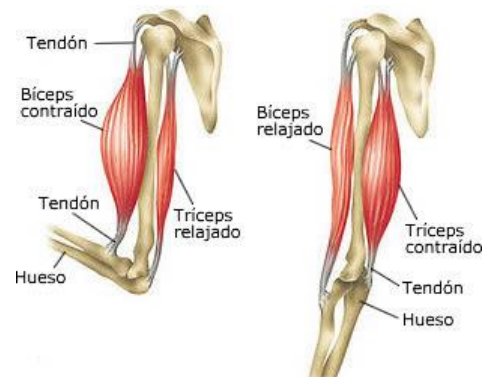
Wikimedia

Luego, está la capa externa del músculo, denominada el Epimisio. Dentro del músculo, están los Fascículos, conformados por tres partes. Su capa externa se denomina el Perimysio. Su espacio interior se denomina Endomisio. Y la parte encargada en sí de la locomoción, llamada Fibra Muscular. Entre los Fascículos se encuentran además los vasos sanguíneos, para proporcionar energía al músculo.

Primero, se encuentra el tendón. Es la parte más rígida y tensionada del músculo, ya que es la unión del músculo y el hueso en sí.

2.3.3 Funcionamiento de los músculos óseos

El músculo óseo genera su movimiento a través de la contracción y la relajación. De esta manera, cada hueso tiene un músculo para flexionar y uno para estirar. Tomemos como ejemplo, los músculos del bíceps y el tríceps, que generan el movimiento del brazo a nivel del codo (Ver imagen 2.3.3.1). Cuando el bíceps se contrae, el brazo se flexiona, pero para ello el tríceps debe estar relajado. Del mismo modo, cuando el bíceps se relaja y el tríceps se contrae, el brazo se estira. Estas contracciones se generan a nivel de la



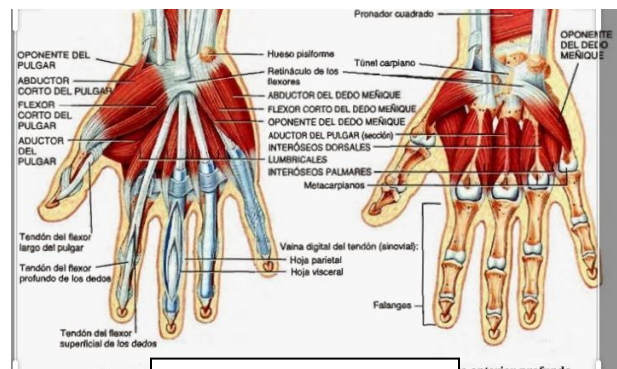
i-Natación. A. Hernández

fibra muscular, agrupadas en fascículos, como se mencionó en el numeral anterior. De esta forma se presenta el movimiento en todas y cada una de las articulaciones del cuerpo.

2.3.4 Músculos de la mano

Si bien los músculos generan el movimiento en todas las articulaciones, el caso de la mano es realmente complejo. Esto debido a que tiene una gran cantidad de movimientos aun siendo una parte relativamente pequeña del cuerpo. Es esto por lo que en los dedos no llegan los músculos de la mano en sí, sino

los tendones de estos músculos (Ver imagen 2.3.4.1). Así, los músculos de la mano que generan el movimiento lo generan a distancia, usando los tendones.



Ciencia Explicada

Aun así, en la palma de la mano hay gran cantidad de músculos. Es gracias a esto que la mano tiene disponibilidad de realizar tantos movimientos. Como Kapandji dice es su obra, “La mano es una herramienta maravillosa, capaz de ejecutar innumerables acciones...” (Kapandji, A. 2006. P. 198). De esta forma, se puede ver cómo una parte del cuerpo tan pequeña como lo es la mano tiene la capacidad de realizar tantas cosas gracias a la gran cantidad de músculos que contiene.

Capítulo 3: Enfoque y Diseño Metodológico

3.1 Técnicas de Recolección de Datos

Para la construcción del prototipo, el método a ser usado para la realización del proyecto es la *Revisión Documental* de textos científicos, revisando investigaciones previas al proyecto. La línea de investigación del proyecto es la de “San Alberto Magno: Tecnología, Innovación y Sostenibilidad”. Esto debido a que no se tiene acceso a una población acorde a lo que se busca. Además, tampoco se tiene acceso a una entrevista con los teóricos y expertos en el tema, pero sí a sus investigaciones relacionadas con el proyecto (Ej.: AR, Anatomía de la Mano, Exoesqueletos, Etc.).

Además, una vez realizado el primer prototipo, se procederá a realizar un análisis de éste para poder cumplir el objetivo final del proyecto. Se evaluarán distintos aspectos del prototipo, tales como comodidad, rentabilidad, y productividad. De esta forma, se sentarán las bases para un proyecto a más largo plazo (Si se realiza completo, aproximadamente 10 años).

3.2 Fases del Trabajo de Campo

El proyecto constará de tres fases, las cuales son:

Recolección de información.

Ésta primera fase consistirá en buscar las investigaciones relacionadas al proyecto, desde tres enfoques distintos. Estos enfoques son: Anatomía, Artritis Reumatoide e Ingeniería Biomédica.

Construcción primer prototipo.

En esta fase se utilizará la investigación realizada en la primera fase para diseñar y construir el primer prototipo a nivel de la mano.

Análisis final.

En esta última fase del proyecto se realizará una evaluación del prototipo y se establecerá de qué forma se podría realizar un exoesqueleto de muy alta calidad.

3.3 Categorización y Clasificación

Este proyecto está enfocado al aumento de la calidad de vida de las personas con AR que, además, no cuentan con alguien que les ayude a realizar las terapias necesarias para superar la enfermedad. Por otra parte, está orientado a solucionar la pregunta de ¿Cómo crear un exoesqueleto de apoyo que ayude a pacientes con dificultad en el movimiento articular y que a la vez sea accesible para personas de escasos recursos?

Es un proyecto que, si bien se busca que genere un impacto social muy positivo principalmente en las zonas rurales y más remotas del país, se realizará desde las ciencias exactas, específicamente desde la bioingeniería.

Capítulo 4: Diseño del Exoesqueleto

3.1 Diseño ergonómico

4.1.1 Pautas a seguir en el diseño.

El exoesqueleto de apoyo terapéutico debe ser fácil de utilizar, así como de colocar. Esto debido a que se planea usar de forma que el paciente pueda usarlo por sí mismo.

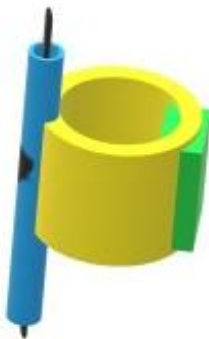
El exoesqueleto debe ser, además, fácil de construir. Esto con motivo de reducir costos de producción.

Para reducir más aún los costos de producción, se deben usar materiales resistentes, pero económicos.

Con estas pautas, se pasa al siguiente diseño:

4.1.2 Diseño

4.1.2.1 Articulación

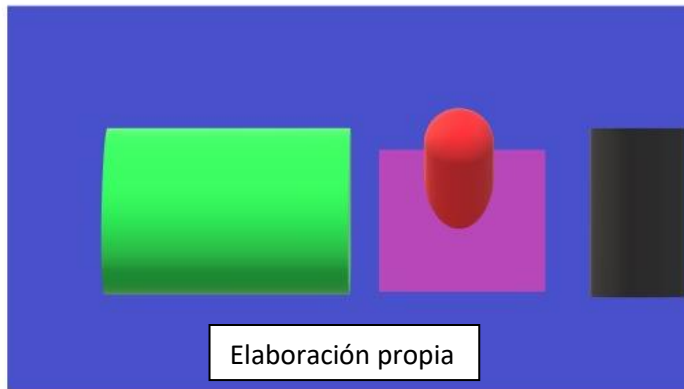


Elaboración propia

De acuerdo con el diseño presentado en la figura 4.2.1, el trozo amarillo, sería de tela, cerrándose alrededor de la articulación de la mano por un trozo de velcro (color verde).

Continuando con la idea, el trozo azul sería un cilindro de polímero recortado por la zona pintada de negro. Dentro de este cilindro de polímero, iría un hilo (color negro) de nylon, reconocido por su alta resistencia y facilidad de uso.

4.1.2.2 Muñeca



De acuerdo con el diseño de la figura 4.2.2, guiado a la parte de la muñeca, consta de 4 partes:

La parte de color azul es

una base de tela cerrada en el dorso de la mano con velcro.

La figura de color verde sería un motorreductor cuya función sería de tirar del nylon en la figura 4.2.1 para de esta manera flexionar las articulaciones de la mano.

La parte morada y rojo, vendría siendo un interruptor para controlar el motorreductor.

La parte negra vendría siendo una batería para darle energía a todo el sistema.

4.1.2.3 Puntas de los dedos



Elaboración propia

(Ver figura 4.2.3) La parte de color amarillo representa nuevamente un trozo de tela. La parte de color azul representa, así mismo, el cilindro polimérico. La

parte de color negro representa de la misma manera el hilo de nylon.

Capítulo 5: Resultados

De acuerdo con lo propuesto en los objetivos del “Capítulo 1: Planteamiento del Problema” y siguiendo básicamente el método científico o experimentación, se llevó a cabo la construcción del primer prototipo del exoesqueleto terapéutico, llamado “Exo-Therapy Hand 1” (Exo-Therapy, debido a la función del exoesqueleto) abreviado de acá en adelante como “EH1”.

Este prototipo pretendía mostrar al investigador qué parámetros bases deben tener los siguientes prototipos del exoesqueleto y, eventualmente, la versión final. Así mismo, se confía en que la mejor forma de evaluar el prototipo era haciendo uso de él. De esta manera, el objeto de estudio fue el propio investigador y posteriormente la madre del investigador, la cual padece de AR.

Los resultados o anotaciones sobre el prototipo EH1, en las cuales cabe aclarar que hubo un consenso entre los dos objetos de estudio, fueron los siguientes:

Negativos:

- Las piezas de tela ubicadas en las falanges de los dedos son relativamente incómodas, y generan fricción, provocando mayores incomodidades.
- Así mismo, se presentan dos dificultades para flexionar:
 - La capacidad de flexión del polímero cilíndrico es reducida ya que incomoda a la falange al momento de producir la flexión.
 - Una vez flexionada la mano se presenta dificultad para estirla, ya que el exoesqueleto debe primero cambiar la polaridad del movimiento para poder desenrollar el hilo de nylon.

- En la pieza ubicada en la muñeca no hay espacio suficiente para acomodar el circuito completo. Entiéndase el circuito completo como el motorreductor, el interruptor, el cableado y la batería.
- El circuito de movilidad queda expuesto y sin protección en las juntas del cableado y demás piezas.
- Por último, pero no menos importante, el movimiento de la mano se da únicamente en una dirección (flexión). Es importante tener en cuenta que, para poder realizar una terapia acertada al paciente, no se debe únicamente flexionar la mano, sino además estirla.

Positivos:

- Se consiguió generar el movimiento de flexión de la mano.
- Se generó la posibilidad de agarrar objetos gracias al exoesqueleto, cosa que no se había planteado para el proyecto, pero abre mayores posibilidades para éste.
- Se provocó una reducción en los costos desde los 380 euros de la pieza de Quantic Nanotech (más de un millón de pesos) a 50 mil pesos, cumpliendo cabalmente las expectativas planteadas a nivel económico al reducir los costos aproximadamente 20 veces. Se estima que, para la versión final, se genere un costo de no más de 120 mil pesos colombianos.

Además, se reitera que estos son los resultados del EH1. Posteriormente y a través de un periodo mayor de tiempo se planea construir los demás prototipos que sean necesarios para conseguir el exoesqueleto final y, posteriormente, construir un exoesqueleto en otras partes del cuerpo, principalmente las extremidades. Para esto, se requeriría un plazo mucho mayor de tiempo que los dos años que fueron utilizados para el prototipo actual. Para contar con la finalización del EH final, se estima que se requerirían aproximadamente de dos o tres años más. Para contar con las extremidades, unos cinco años cada una.

Conclusiones

En este capítulo se expondrán las soluciones a los hallazgos del capítulo anterior, así como los parámetros a seguir para realizar el siguiente prototipo (EH2). De esta manera, se dará solución al objetivo general, “Sentar las bases para un exoesqueleto terapéutico a nivel de la mano”. De esta manera, y teniendo en cuenta que el proyecto va guiado al siguiente prototipo, se da solución a los problemas del capítulo anterior de la siguiente manera:

- Se probará a cambiar el material de tela común a tela “elastano”. Esto con el fin de aumentar la resistencia de las piezas, reducir la fricción y aumentar la comodidad del paciente.
- Se realizará el mismo sistema motor ubicado en la parte interna de la muñeca, pero del lado opuesto. Es decir, en el dorso de ésta. Esto para que el movimiento del exoesqueleto no se reduzca a flexionar la mano.
- De esta misma manera, el interruptor conectado a un sistema irá conectado igualmente a la polaridad opuesta del sistema opuesto. Esto para que mientras un sistema se contrae, el otro sistema suelte la mano.
- En cuanto a las cuestiones de espacio en la muñeca, en ésta sólo irán el motorreductor y el interruptor. La batería de cada sistema irá de forma externa. Así se presentaría una dificultad más en cuanto a la facilidad de uso al momento de conectar el sistema a la pieza externa. Por esto, se establecerá un código guía de colores para hacer la conexión más fácil.
- Para evitar la exposición de las piezas metálicas y evitar accidentes por este motivo, se procederá a usar fundas térmicas.

Bibliografía

- Blanco, F. Exoesqueletos, (11/2017), Asociación Española de Ergonomía,
Recuperado de:
<http://congreso.ergonomos.es/Docs/presentaciones/dia10/PDF%20Ergonomia%20Disruptiva/Felipe.pdf>
- Castillo, A. Estructura y funcionamiento de los músculos. (29/05/2013.)
Recuperado de:
<https://cienciasnaturalesonline.com/estructura-y-funcionamiento-de-los-musculos/>
- Diagrama músculo esquelético, (06/08/2019),
Recuperado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Músculo_esquelético#/media/Archivo:Illu_muscle_structure_-_es.jpg
- Exoesqueleto, (7/11/2018), Ecured,
Recuperado de:
<https://www.ecured.cu/Exoesqueleto>
- Gerardo, U. Tipos de músculos del cuerpo humano, (04/03/2019),
Recuperado de:
<https://www.deustosalud.com/blog/rehabilitacion-quiromasaje/tipos-musculos-cuerpo-humano>
- Gómez, M. Lesiones de mano, descripción de la mano. (2017).
Recuperado de:
<https://clinicamartingomez.es/lesiones-de-mano/>
- Gordon, A. Tipos de tejido muscular. (01/10/2019),
Recuperado de:
https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/19841.htm
- Kapandji, A. Fisiología Articular, Tomo 1. (2006).
- La epidemia de personas viviendo y muriendo solas, (27/01/2018),
Recuperado de:
<https://www.elespectador.com/opinion/editorial/la-epidemia-de-personas-/viviendo-y-muriendo-solas-articulo-735707>
- Luna, F. Exotechno,
Recuperado de:
https://www.exotechno.com/docs/Presentacion_Exotechno.pdf

Músculos de la mano, (17/06/2015),

Recuperado de:

<http://agostina-musculos.blogspot.com/2015/06/musculos-de-la-mano.html?m=1>

Prevalencia de artritis reumatoide en Colombia, (17/12/2015), ResearchGate,

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/300381295_Prevalencia_de_artritis_reumatoide_en_Colombia_una_aproximacion_basada_en_la_carga_de_la_enfermedad_durante_el_ano_2005

Rheumatoid Arthritis in Hand,

Recuperado de:

https://es.123rf.com/photo_70683728_diagrama-que-muestra-la-artritis-reumatoide-en-la-ilustraci%C3%B3n-de-la-mano.html

Tratamiento de artritis reumatoide es muy costoso y no lo cubre seguridad social, (14/10/2017),

Recuperado de:

<https://www.cdn.com.do/2017/10/14/tratamiento-artritis-reumatoide-costoso-no-lo-cubre-seguridad-social/>

Referencias

Anónimo, (7/11/2018), Exoesqueleto, Ecured,

Recuperado de:

<https://www.ecured.cu/Exoesqueleto>

Diaz, J. (8/06/2015). Revista Colombia de Reumatología.

Obtenido de Revista Colombia de Reumatología:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-81232016000100003#t2

freepik. (s.f.). freepik.

Obtenido de freepik:

https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-rheumathoid-arthritis-hand_1046928.htm

Kapandji, A. Fisiología Articular, Tomo 1. (2006). P. 198

Referencias de las Imágenes

Músculos de la mano, 17/06/2015,

Recuperado de:

<http://agostina-musculos.blogspot.com/2015/06/musculos-de-la-mano.html?m=1>

Estructura y funcionamiento de los músculos. Castillo, A. 29/05/2013.

Recuperado de:

<https://cienciasnaturalesonline.com/estructura-y-funcionamiento-de-los-musculos/>

Diagrama músculo esquelético, 06/08/2019,

Recuperado de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Músculo_esquelético#/media/Archivo:Illu_muscle_structure_-_es.jpg

Lesiones de mano, descripción de la mano. Gómez, M. 2017.

Recuperado de:

<https://clinicamartingomez.es/lesiones-de-mano/>

Tipos de tejido muscular. Gordon, A. 01/10/2019,

Recuperado de:

https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/19841.htm