


Design of Hand Orthoses for People Who Perform Sewing Tasks

Emily Leticia Estrada Madrid Degree  Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Honduras,
emilyestrada@unitec.edu

Abstract– In Honduras, a considerable percentage of the population works in different trades, one of them is sewing. Due to the repetitive motion that these people perform, they are very likely to suffer from osteoarthritis. In the study "Global Burden of Diseases (GBD)" osteoarthritis has increased its importance over the years, in 2019 about 142 million cases of people suffering from osteoarthritis were recorded. Hence the importance of creating devices that help heal or reduce the discomfort of this disease, which is why a prototype of an orthosis to reduce the discomfort caused by osteoarthritis during sewing work is proposed.

The design of the orthosis is based on the union of different characteristics that present other already elaborated ones and thus create a design which can fulfill its objective using materials that are comfortable for the person as well as accessible. The added value of this design is to allow its use during the performance of their work thanks to its simple and practical design to be used as an accessory.

The result is presented as a model in SolidWorks, performing specific simulations with which it is concluded that the device can be used in different temperatures, that the materials used comply with the necessary characteristics to adjust them to the hand and allow movement.

Keywords-osteoarthritis – orthosis – hand – SolidWorks - sewing.

I. INTRODUCCION

La órtesis es un dispositivo médico que ayuda a mejorar una función del cuerpo que no se encuentra en óptimas condiciones. Existen órtesis con diferentes materiales, características, funciones y tecnologías, es por este último factor que conforme ha avanzado el tiempo se han creado distintas órtesis que han ayudado a muchas personas a reducir los malestares y lograr un mejor resultado ante una lesión.

La tecnología seguirá evolucionando y existirán diferentes creaciones en distintas áreas que harán que problemas de salud sean más fáciles de llevar, como es el caso de la artrosis, esta es una enfermedad que avanza de manera lenta y que puede llegar a afectar a distintas articulaciones, esto sucede especialmente a personas mayores de 65 años. Asimismo, existen diferentes factores que puede ayudar al desarrollo de la artrosis. Por otra parte, la edad también puede afectar los oficios o profesiones en donde las personas incluyen a determinadas articulaciones a movimientos repetitivos como también puede influir el exceso de uso continuo de una articulación, esto inclina a que el sujeto sufra de esta enfermedad en esa área.

La investigación consiste en la creación de un prototipo de una órtesis de mano que permite reducir los malestares de artrosis en las articulaciones de las manos especialmente a los individuos que se dedican al oficio de la costura o sastrería, de esta manera los dolores se minimizan mientras realizan su labor y se reduce el daño de sus articulaciones en esa área.

B. Precedentes del Problema

En Honduras y en muchos países del mundo la artrosis es una enfermedad común, según el estudio “Global Burden of Diseases (GBD)” la artrosis ha aumentado su significado con el pasar de los años, en el 2019 se registraron alrededor de 95.4 millones de mujeres que presentan artrosis de los 142 millones de casos[1].

Una cantidad numerosa de la población hondureña trabaja en la costura y tienden a desarrollar esta enfermedad por el movimiento repetitivo en su labor, además por la cantidad de tiempo que pasan trabajando, lo que genera que desarrollen esta enfermedad produciendo dolores en el área de las manos. Se conocen diferentes casos de personas que costuran que tienen artrosis y desarrollan esta enfermedad en los dedos de sus manos produciéndoles molestias a la hora de realizar sus labores.

C. Estado del Arte

Para el desarrollo de la investigación se realizó una revisión literaria en diferentes plataformas como IEEE, Research Gate, ProQuest, SciELO, Dialnet, IOP y MDPI. Se hizo un análisis a

diferentes publicaciones encontradas en estas plataformas y aplicando criterios de inclusión/exclusión se analizaron 12 documentos científicos.

El método de búsqueda para estos documentos es que comprendieran desarrollos o análisis de dispositivos de apoyo como lo es la ortesis para las manos o miembros superiores. También se utilizó la búsqueda de métodos de rehabilitación para personas que sufren de artrosis en las manos o miembros superiores.

Se encontraron diferentes datos importantes que varían según la función de la órtesis, es por eso que en la TABLA 1 se muestra un resumen de los temas de interés para el desarrollo de la investigación.

TABLA 1
Resumen de los temas de interés para la investigación

Tema	Resumen
Materiales	Existen diferentes materiales que son utilizados para la elaboración de órtesis dentro de los utilizados se encuentra el PLA, TPU, ABS, PA11, resina, EVA, PETG, HIPS.
Función	Las órtesis tienen diferentes funciones dentro de ellas algunas se usan durante el reposo en las afecciones crónicas, órtesis que son funcionales y se utilizan en las actividades diarias. Así como también para ayudar en la rehabilitación.
Diseño	Existen órtesis dinámicas o activas que son las que interactúan y existen las estáticas o pasivas que son las que no realizan alguna operación e imposibilita el movimiento de la parte del cuerpo.

D. Objetivos

▪ Objetivo General

Diseñar una ortesis para las personas que sufren de artrosis en las manos con el fin de reducir malestares durante las labores de costura.

▪ Objetivo Específicos

1. Identificar los diferentes modelos de órtesis para la reducción molestias de artrosis.
2. Identificar los materiales necesarios e ideales para crear una órtesis.
3. Realizar el diseño teniendo en cuenta criterios de medida, movilidad y materiales.
4. Comprobar movilidad y funcionamiento por medio del software SolidWorks.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

II. METODOLOGÍA

La metodología de estudio utilizada para esta investigación es el diseño centrado en el usuario (UCD) en donde por medio de fases se van describiendo las necesidades que presentan las personas. En esta metodología el diseño involucra al usuario y se elabora por medio de técnicas de investigación, con el fin de crear productos, altamente utilizables y accesibles para esas personas, que en este caso es la órtesis.

Para el desarrollo de esta investigación se identificaron ciertos puntos, como se muestra en la Ilustración 1 en donde se empieza con la identificación de las necesidades y luego con la especificación del contexto de uso. Es importante mencionar que en estos pasos fue de mucho apoyo la realización de entrevistas a personas que padecieran de este problema. Luego, como tercer punto se identificaron los requisitos de diseño, para seguidamente generar las ideas relacionadas. Como quinto paso se desarrolló el diseño para culminar con la evaluación de diseño.

En este tipo de metodología se realizan pasos de evaluación de diseño, ya que para su elaboración se debe hacer una revisión de los requisitos y del contexto. En esta evaluación también se hace una comparativa con el paso de los requisitos de diseño.



Ilustración 1 Metodología UCD

III. MARCO TEÓRICO

A. Anatomía de la mano y biomecánica de la mano

La mano es una parte del cuerpo humano que anatómicamente es de las más completas y utilizadas en las labores realizadas durante el día. Los autores [2], mencionan que esta parte del cuerpo está formada por 27 huesos que, además de sus propios constituyentes intrínsecos, contienen una variedad de músculos extrínsecos y tendones, nervios y vasos sanguíneos.

La mano realiza una variedad de movimientos y en la mayoría de estas actividades participan los cinco dedos. En el libro los profesionales [3], mencionan a las articulaciones carpometacarpianas (CMC), articulaciones metacarpofalángicas (MCP) y las articulaciones interfalángicas (IP) que son las que participan en los movimientos de los dedos.

Según los autores [4], la mano realiza diferentes movimientos los cuales son flexión y extensión de la muñeca.

B. Artrosis

La artrosis es una enfermedad lentamente progresiva que puede afectar varias articulaciones, como, por ejemplo, la columna vertebral, las manos, o las articulaciones que soportan peso, como lo hacen las caderas y rodillas. La prevalencia aumenta con la edad y la enfermedad ocurre casi universalmente en adultos mayores de 65 años. Además de la edad, existen otros factores que influyen en el desarrollo, por ejemplo, las ocupaciones que someten a determinadas articulaciones a traumatismos repetitivos, así como el exceso de uso continuo de una articulación que da como resultado que el individuo padezca de artrosis en esa área [5].

En 1952, Kellgren describió el concepto de artrosis de la mano, pero no lo identificó como una enfermedad propiamente, sino únicamente en el contexto de patologías articulares. La artrosis pura de la mano es una enfermedad de etiología compleja, con factores de riesgo genéticos y biomecánicos. La cual es más frecuente en mujeres y personas mayores de 50 años [6].

La inactividad física debido a los síntomas de la artrosis conduce a la atrofia muscular y debilidad física, aumentando el dolor y aumentando la progresión de la enfermedad hasta la discapacidad por disfunción física [7].

III. RESULTADOS Y DESARROLLO

A. Modelos de Órtesis Existentes

Se realizó una investigación de las diferentes órtesis existentes en donde se encontró una cantidad numerosa de estos dispositivos con distintos objetivos, algunas de ellas funcionan como inmovilizador, otras contienen microprocesadores o arduinos programados para realizar movimientos, especialmente ejercicios de rehabilitación. En la tabla 2 se muestra un resumen de las diferentes órtesis encontradas.

TABLA 2
Algunas órtesis para miembros superiores

Nombre	Función
Órtesis iOPEN	Ayuda a los pacientes con accidentes cerebrovasculares en la rehabilitación de la función de la mano orientándose especialmente en el agarre y la liberación de objetos.
Órtesis dinámica para la dorsiflexión de la mano	Recrea los movimientos de los cinco dedos mediante mecanismos a través de servomotores que se activan de una manera independiente cada uno de los dedos.
Férula tipo Cock up	Esta es una órtesis da un soporte y estabilidad a la articulación para así mejorar una función o disminuir el dolor.
Mecanismo planar de doce barras para órtesis de dedo	Se utiliza en la rehabilitación de un dedo utilizando eslabones rígidos y tres correderas semicirculares. Este puede ser utilizado por la persona durante un día entero.
Órtesis activa flexora para dedo.	Esta órtesis incorpora dos muelles en espiral colocados lateralmente facilitando el movimiento correcto del dedo.

B. Materiales utilizados para la creación de órtesis

Existen diferentes materiales para la creación de órtesis y estos se identifican según la función y el diseño que tiene el dispositivo. Algunos de los materiales más utilizados según la página web [8] son el PLA y el ABS. En la TABLA 3 se muestra una comparativa de estos dos materiales junto con el TPU, debido a que este último posee propiedades elásticas.

TABLA 3
Cuadro comparativo de los materiales de impresión

	PLA	TPU	ABS
Temperatura de impresión	180 – 230 °C	210 – 230 °C	210 – 250 °C
Temperatura de la cama caliente	20 – 60 °C	30 – 60 °C	80 – 110 °C
Aroma	Sin aroma	Sin aroma	Intenso y malo
Resistencia al impacto	Limitada	Media	Alto
Durabilidad	Limitada	Muy alto	Alto
Flexibilidad	Poca	Muy alto	Limitada
Absorción de humedad	Alta	Alta	Alto
Otras ventajas	Biodegradable	Algunos son biocompatibles.	Resistencia al calor.
Otras desventajas	Requiere cuidado y mantenimiento.	La velocidad de impresión raramente supera los 30 mm/s.	Se deforma al imprimirse.

Así como también existen otros materiales que se están explorando como es el caso de hidrogeles inteligentes que

poseen una gran capacidad de absorción de agua lo que hace que tenga una variedad de propiedades fisicoquímicas, largo periodo de vida útil y una alta flexibilidad en comparación con el tejido natural y este último se debe a la cantidad elevada que posee de agua.

Este posee ventajas como ser alta biocompatibilidad, una elevada biodegradabilidad, una estructura superficial tipo porosa y cuenta con una adecuada integración en distintos espacios tisulares. Y las desventajas de este es su baja resistencia mecánica, su elevada capacidad eléctrica y térmica, su gran capacidad de adsorción y difusión de agua [9].

C. DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA ÓRTESIS

Para el desarrollo del diseño de la órtesis se tomaron en cuenta diferentes características para obtener resultados favorables. Para comenzar, se realizó una investigación sobre las diferentes órtesis existentes, luego se realizaron entrevistas a personas que se dedican a la costura, para conocer cuáles eran las principales características que debía tener la órtesis para que el uso beneficiara a la persona afectada y así mismo, ayudara a reducir las molestias que ocasiona la artrosis.

El diseño consta de diferentes cualidades que lo hacen útil para poder laborar o realizar actividades con la órtesis. Para que el dispositivo cumpliera la función de ser utilizada en todo momento se tomaron en cuenta algunos criterios como ser, que no llevara ningún elemento que pudiera rasgar o afectar la tela, que el dispositivo permitiera a la persona flexionar la mano, extender tela y realizar los movimientos que se hacen al costurar con la máquina de coser.

El diseño cuenta con 12 resortes de diferentes medidas, estos tienen dos pequeñas argollas al principio y al final, las cuales permiten quitar y poner el resorte, permitiendo al usuario quitar el resorte cuando este necesite flexionar la mano en un tiempo más prolongado.

Además, el dispositivo cuenta con anillos, estos están elaborados de TPU y cuenta con un tornillo como se ve en la Ilustración 2. Este permite el ajuste adecuado de la pieza al dedo. Son 12 anillos de diferentes diámetros, pero con un grosor de 3mm. El diámetro del tornillo es de 3mm. En la Ilustración 3 se puede observar la unión del resorte con los anillos.

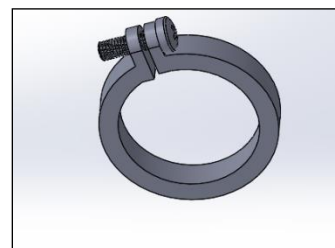


Ilustración 2 Anillo de la prótesis

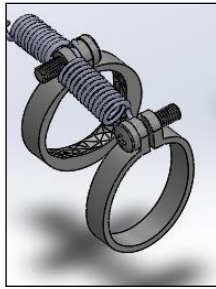


Ilustración 3 Unión de los anillos

Además, el dispositivo cuenta con una superficie de TPU en el dorso de la mano que ayudará a mantener los resortes en su lugar. Esta superficie cuenta con dos cintas que permitirán ajustar esta superficie y así evitar que esta se mueva. En la Ilustración 4 se puede observar esta parte.

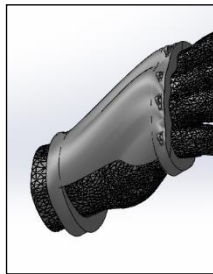


Ilustración 4 Soporte del dorso de la mano

Para ensamblar cada una de las partes se utilizó una mano escaneada en 3D que se cargó en el programa SolidWorks y se realizó el ensamblaje en ella como se puede observar en la Ilustración 5. El diseño está elaborado para que las personas puedan utilizarla durante sus labores, es de ahí su sencillez y la forma fácil de colocar y quitar la órtesis. En la parte inferior, que es la parte de la palma de la mano, el dispositivo que se observa en la Ilustración 6 no cuenta con ningún detalle que pueda afectar negativamente durante la labor de la costura.

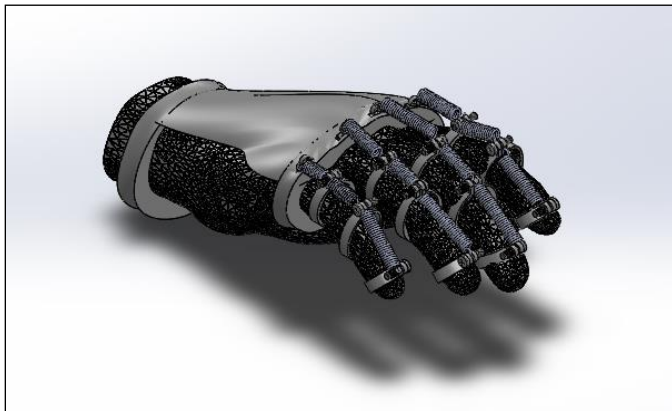


Ilustración 5 Ensamble completo parte superior

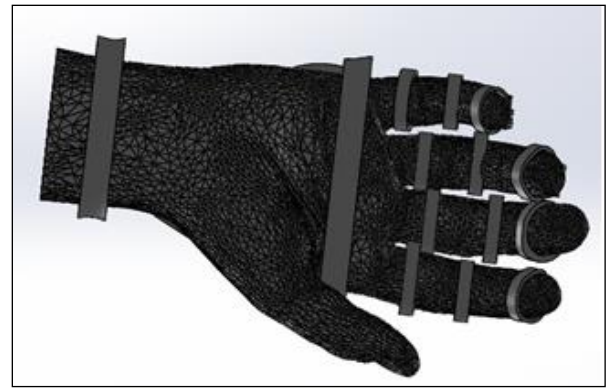


Ilustración 6 Ensamble completo parte inferior

D. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas se realizaron en SolidWorks, este es un programa que permite simular el comportamiento de las piezas con el material adecuado para poder obtener datos precisos de cómo se comportará la órtesis en la vida real. Para la obtención de esta información se añadió el material TPU al programa y se seleccionó el acero inoxidable para los resortes y los tornillos.

Se utilizaron los datos de específicamente el TPU 85A Ultrafuse de BASF debido a las características que posee; resistencia química a los aceites, grasas, oxígeno y ozono, además de tener una buena flexibilidad a bajas temperaturas, posee resistencia al deslizamiento y al desgaste. De la misma manera, tiene biocompatibilidad y resistencia al ataque microbiológico, lo que lo hace ideal para realizar impresiones 3D de objetos que van a tener contacto en la piel [10].

El poliuretano termoplástico (TPU) es un material altamente deformable, por lo que al hacer las simulaciones de las deformaciones en SolidWorks se observa que la escala es pequeña, lo que da a entender que cuando se aplica fuerza, esta se deforma, pero cuando se retira, vuelve a su forma original.

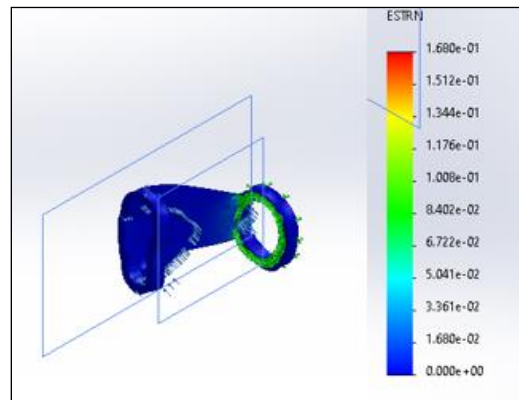


Ilustración 7 Pruebas del soporte del dorso

Al realizar las simulaciones de temperatura de los anillos y del soporte de la muñeca, ambos elaborados de TPU, se descubrió que no existe ningún problema con que este sea sometido a las temperaturas corporales, según la página [11] normalmente varía de 36.1 – 37.2 °C. Si la persona presenta una temperatura mayor, esta tiene fiebre, pero de igual manera no presenta problemas.

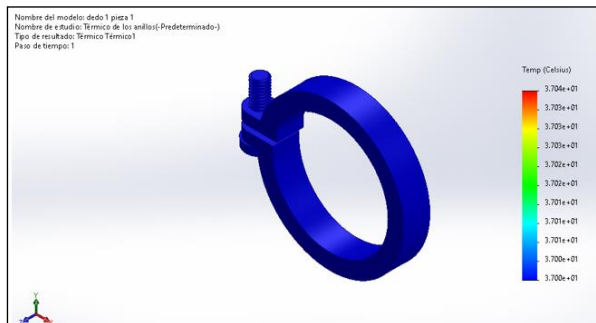


Ilustración 8 Pruebas del anillo

Los resortes presentan diferentes propiedades y es muy importante conocer cada una de ellas ya que se pueden presentar distintos escenarios, por esto se deben realizar investigaciones y simulaciones en donde se visualicen las posibles deformaciones que pueden tener los resortes. Al realizar la simulación de temperatura con la temperatura en 38.5°C no existe ningún inconveniente.

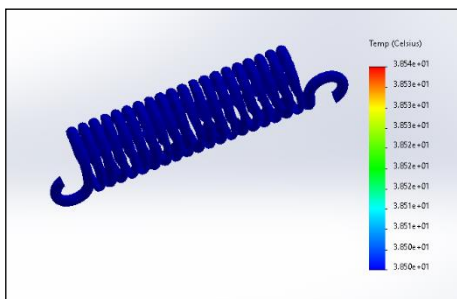


Ilustración 9 Pruebas al resorte

Se observa que según el coeficiente de elasticidad y la distancia del resorte, hay cambio en la fuerza de este. En el caso de los resortes de acero inoxidable AISI 316L el rango del módulo de elasticidad es entre 70 a 80 GigaPascuales (GPa). Para encontrar la constante de rigidez de un resorte helicoidal se utiliza la ecuación 1.

La constante de rigidez o la constante elástica (k) es aquella describe la resistencia a la deformación de un resorte, es decir, da el valor para estirar o comprimir un resorte, la cantidad de fuerza que se necesita para lograr una cierta cantidad de deformación en el resorte.

$$k = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * n} \quad (1)$$

En donde:

- k: es la constante de rigidez en Newtons por metro (N/m).
- G: módulo de elasticidad del material del resorte en Pascal (Pa).
- d: diámetro del alambre del resorte en metros (m).
- D: diámetro medio del resorte en metros (m).
- n: número de vueltas del resorte.

Cada resorte tiene un diámetro de 5mm y el alambre un diámetro de 0.8mm, y de acuerdo a su distancia son las revoluciones que este realiza, cada 2 mm da una revolución ya que el paso de la rosca es de 2mm. Se utiliza el valor promedio del módulo de elasticidad que es 75 GPa.

Las fuerzas de los dedos de la mano según la investigación realizada por los autores [12] son las mostradas en la TABLA 4 en donde realizó un promedio en Newton de las mediciones de 20 pacientes sanos.

TABLA 4
Fuerza de los dedos

Mano	Pulgar (N)	Índice (N)	Medio (N)	Anular (N)	Meñique (N)
Izquierda	32.88	29.64	29.64	29.32	25.86
Derecha	34.43	31.48	31.42	30.96	27.08

Al calcular la constante de rigidez promedio que se necesita para estirar los resortes de cada dedo como se observa en la TABLA 5, es pequeña, y utilizando la ley de Hooke se puede conocer que, en comparativa con las fuerzas de los dedos de la mano encontradas, esto se puede estirar sin problemas y volver a su normalidad.

TABLA 5
Cálculos de la constante de rigidez

Dedo	Mano derecha (N)	Número de vueltas del resorte	K (N/m6)
Índice	31.48	34	2.206x10-20
Medio	31.42	68	1.103x10-20
Anular	30.96	65	1.154x10-20
Meñique	27.08	50	1.5x10-20

Es importante considerar los parámetros del resorte para que, con la fuerza de los dedos, estos puedan flexionarse y extenderse sin ejercer demasiada fuerza y sin provocar molestias.

IV. CONCLUSIÓN

Se desarrolló el diseño de una órtesis el cual es un dispositivo que tiene como finalidad ayudar a las personas a reducir sus molestias durante las labores de costura, y es que debido a que realizan movimientos repetitivos sus articulaciones se ven afectadas. El diseño va enfocado a estas personas ya que sus miembros superiores como lo son sus manos son afectados provocándoles molestias a la hora de realizar sus actividades cotidianas. Por lo que se basa en que las personas puedan utilizarlo durante sus actividades diarias y les permita mantener sus dedos en la posición correcta reduciéndoles las molestias.

AGRADECIMIENTOS

Gracias por el apoyo y colaboración de los ingenieros de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) y a los estudiantes de ingeniería biomédica por el apoyo durante la elaboración de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Global Health Metrics, «Osteoarthritis hand and foot — Level 4 cause», 2019, [En línea]. Disponible en: https://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/osteoarthritis-hand-and-foot-level-4-cause
- [2] Dimitris Rodríguez Ramirez, Carlos Eduardo Ruiz Moreno, Miguel Ángel Nieto Bayona, Sergio Alejandro Leuro Torres, y Miguel Ángel Gómez, «La mano. Aspectos anatómicos I. Generalidades, osteología y artrología.» 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2436142203/fulltextPDF/7AD43EE3638D4A9BPQ/1?accountid=35325>
- [3] David A. Morton, K. Bo Foreman, y Kurt H. Albertine, *Anatomía Macroscópica*, 2.^a ed. McGraw Hill, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=269208884&bookid=3211&Resultclick=2#1195779099>
- [4] Karen E. Garzón C. y José L. Rubiano F., «Diseño e implementación de un prototipo de ortesis para prevención y tratamiento del Síndrome del Túnel del Carpo (STC)», *IEEE*, 2013, doi: 10.1109/CIIMA.2013.6682794.
- [5] A. Oteo Álvaro, «Mecanismo etiopatogénicos de la artrosis», *RESED*, n.º 28, 2021, doi: 10.20986/resed.2021.3851/2020.
- [6] Dr. Daniel Hinzpeter K., «Artrosis En La Mano», p. 12, 2014.
- [7] Dr. Roberto Negrín V. y Dr. Fernando Olavarría M., «Artrosis y Ejercicio Físico», 2014.
- [8] Dassault Systèmes, «What are the most common materials used for 3D printing?», 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.3ds.com/make/solutions/blog/most-common-materials-3d-printing>
- [9] A. Aparicio, J. Molino, D. Reginensi y A. Revete, «DESARROLLO DE HIDROGELES EN APLICACIONES EN BIOMEDICINA,» *Revista Académica Gente Clave*, vol. 5, n.º 1, p. 35, 4 agosto 2021.
- [10] Dativic, S.L., filament2print.com. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/flexibles-tpe-tpu/1927-tpu-85a-ultrafuse.html>
- [11] MedlinePlus, «Temperatura corporal normal», MedlinePlus. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001982.htm>
- [12] Juliana Gómez, Paola Castilblanco, Óscar F. Ávilés, Mauricio Maudeloux, Johan Klinge, y Ricardo Galán, «Dispositivo de medición de fuerza de los dedos y su rol en el seguimiento de las funciones de la mano.» 2022. [En línea]. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/cpil/v48n2/0376-7892-cpil-48-02-217.pdf>