



Title: Design and manufacture of a prototype of a splint for the upper extremity of the human body

Authors: LICONA-GONZALEZ, Marlon, IBARRA-ROBLES, Gabriel Ted, BLAS-SANCHEZ, Luis Ángel and GALINDO-MENTLE, Margarita

Editorial label ECORFAN: 607-8695
 BECORFAN Control Number: 2022-01
 BECORFAN Classification (2022): 131222-0001

Pages: 18
 RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
 143 – 50 Itzopan Street
 La Florida, Ecatepec Municipality
 Mexico State, 55120 Zipcode
 Phone: +52 1 55 6159 2296
 Skype: ecorfan-mexico.s.c.
 E-mail: contacto@ecorfan.org
 Facebook: ECORFAN-México S. C.
 Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Una férula es un equipamiento que se incorpora al cuerpo en forma externa y que proporciona contención, corrección postural o de una desviación, según corresponda. Mantiene los segmentos corporales en posición fisiológica para ejecutar actividades, es decir alineados, y a la vez permiten un control de los movimientos involuntarios del paciente. [9]

Actualmente con el desarrollo de nuevas tecnologías buscamos dar soluciones, haciendo uso de softwares de diseño, equipos de tecnología aditiva, softwares de laminación, escáneres 3D, electrónica y softwares de simulación de esfuerzos para el estudio de materiales. Este proyecto se enfoca en el diseño, elaboración de férulas y prótesis que faciliten al usuario una rehabilitación cómoda sin tener que limitar su movilidad.



Fig. 1 Férula Convencional

Método

Para la realización de este trabajo se busca realizar un óptimo diseño para posteriormente imprimirlo en 3D haciendo previamente un análisis de los materiales más adecuados y analizar y las propiedades de cada uno de ellos.

El uso de la tecnología aditiva comúnmente conocida como impresión 3D no es nueva, pero es hasta ahora en la actualidad que con el abaratamiento de esta tecnología se está buscando dar soluciones a problemas en distintas áreas que van desde la ingeniería, arquitectura, medicina etc.



Fig. 2 Férula Impresa en 3D

la impresión 3D como práctica clínica es demasiado rara para estudiarla y no existen herramientas especializadas para las prácticas de fabricación clínica [3]. Si bien es sabido que la impresión 3D lleva más de 35 años entre nosotros muchos desconocen su uso y lo interesante que esta tecnología puede ser para buscar soluciones a problemas cotidianos.



Fig. 3 Tipos de Férulas Impresa en 3D

Materiales

En el mercado existen varios tipos de materiales plásticos para emplear en el mundo de la impresión 3D, entre ellos están los siguientes:

- Pla
- Petg
- Abs
- Nylon
- Fibra de Carbono
- Tpu

Cada uno de estos materiales presentan características particulares, como son:

- Flexibilidad
- Durabilidad
- Resistencia a Químicos
- Resistencia a altas temperaturas
- Rigidez

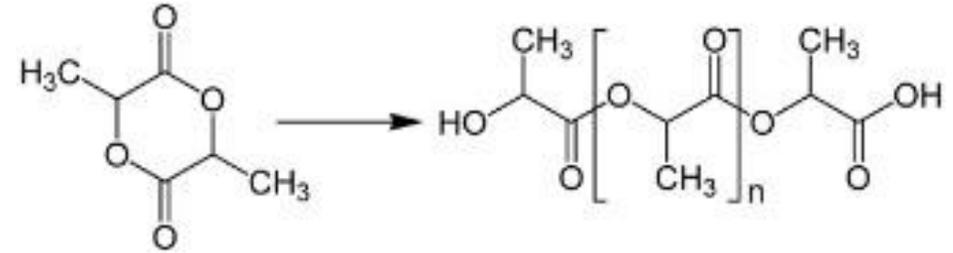


Fig. 4 Estructura PLA

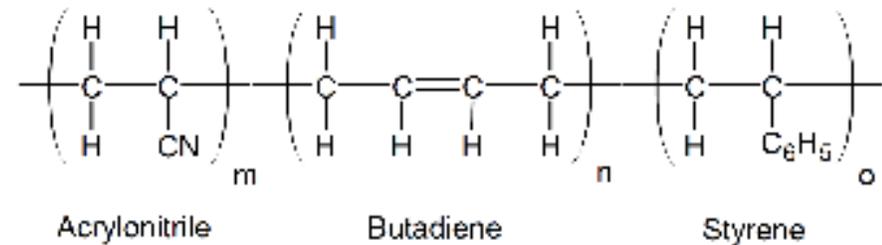
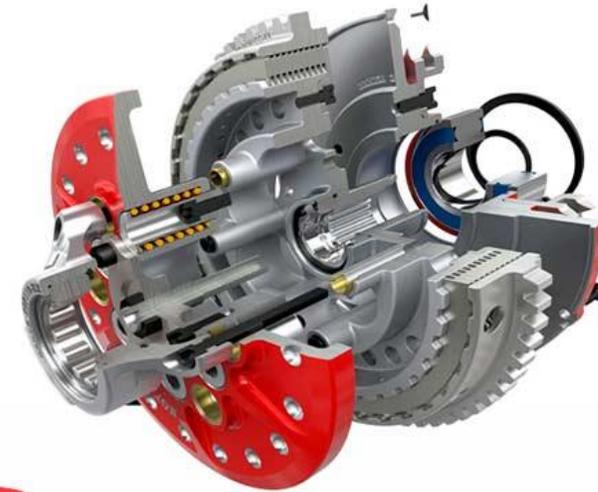


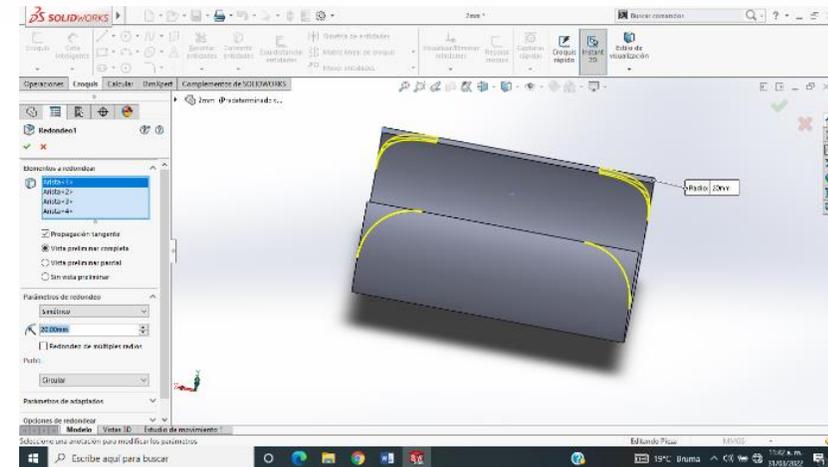
Fig. 5 Estructura ABS

Programa de diseño

Para la elaboración del prototipo de férula se empleará el software SolidWorks. Se trabajará en conjunto con un especialista fisioterapeuta para evaluar el diseño preliminar y que este no afecte la resistencia de la férula una vez impresa y que tenga la suficiente ventilación para el usuario.



 **SOLIDWORKS**



Diseño

El diseño toma en cuenta tres variables para el espesor de la férula que van de los 2mm, 3mm, 4mm, para la primera prueba de diseño e impresión se realizarán tres brazaletes los cuales tienen como finalidad analizar la resistencia del material que en este caso será ABS, el largo de los brazaletes es de 10cm con una media luna de 12.5cm.

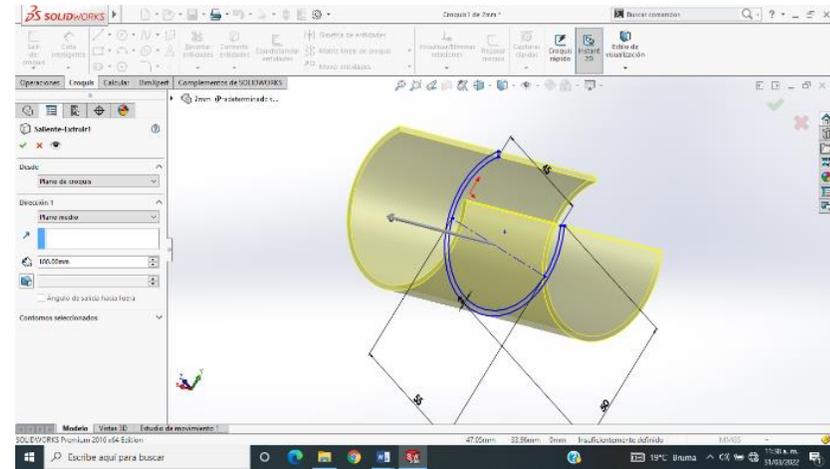


Fig. 6 Diseño de Brazaletes

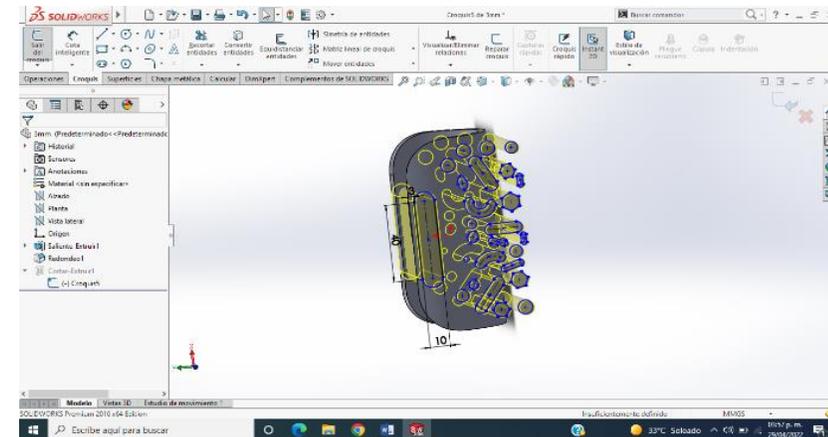


Fig. 7 Diseño de Brazaletes con Formas

Diseño

Para saber cual sería el espesor ideal se imprimieron los tres brazaletes, tomando en cuenta los siguientes parámetros para configurar en la impresora 3D:

- Altura de capa
- Porcentaje de relleno
- Temperatura
- Velocidad
- Adición

Partiendo de estos puntos mencionados anteriormente los parámetros quedan de la siguiente manera:

Parámetro	Indicador
Altura de capa	0.2mm
Porcentaje de relleno	100%
Temperatura	235°C
Velocidad	60 mm/s
Adición	Balsa

Tabla 1 Parámetros de Impresión

Programa de impresión

Concluidos los diseños y habiendo analizado los parámetros óptimos de impresión se procede a la configuración del stl, mediante el programa Simplify 3D.

Ya configurados los parámetros, se procede a correr una simulación de la impresión en el programa Simplify 3D para poder conocer los siguientes datos:

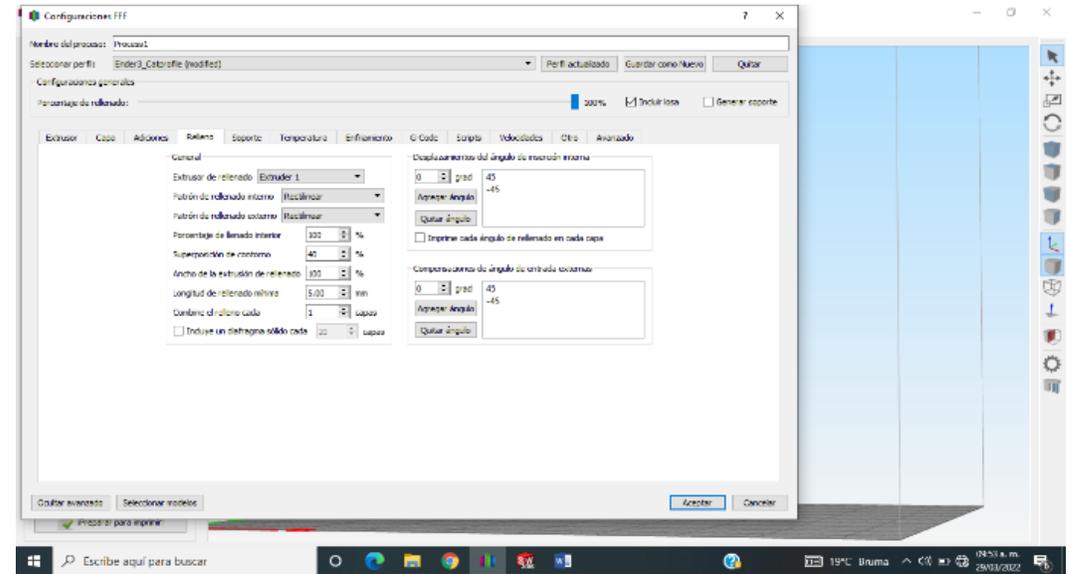


Fig. 8 Interfaz Simplify 3D

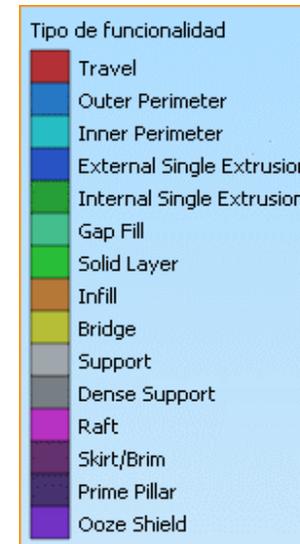


Fig. 9 Tipos de Funcionalidad

Simulación

La simulación que se corre en el laminador muestra como se laminará la pieza dependiendo de la orientación que se le haya dado, gracias a esto tendremos un aproximado del tiempo empleado para la impresión, así como la longitud del filamento necesario y su peso.

Este primer brazalete, el cual tiene un espesor de 2mm tendrá un tiempo de impresión de 2hr 22 min, este tiempo y otros datos varían dependiendo del espesor de cada uno de ellos, a continuación, se muestra una tabla con los distintos valores arrojados en la simulación.

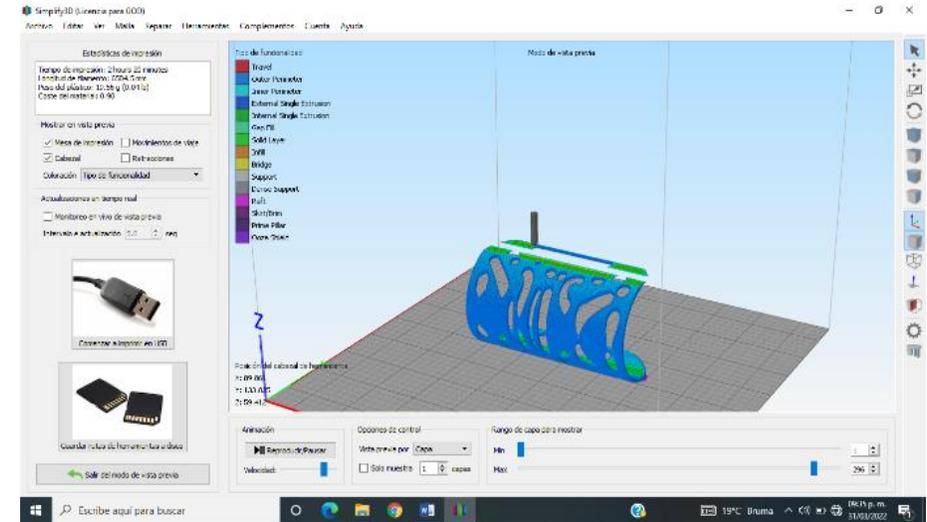


Fig. 10 Simulación y Orientación de Pieza

Espesor	Tiempo	Longitud de filamento en metros	Peso
2mm	2hr 22 min	10.2 m	12.56 gr
3mm	3hr 05 min	12.4 m	14.99 gr
4mm	3hr 58 min	14.1 m	16.42 gr

Tabla 2. Valores Obtenidos en la Simulación

Impresión de Brazaletes

Con los tres brazaletes impresos, se procede a analizar cada uno en cuanto a su resistencia y la flexibilidad necesaria para la apertura del brazaletes y que este pueda encajar correctamente en la forma del antebrazo.

El brazaletes que mejores resultados arrojo en cuanto a la flexibilidad suficiente de apertura fue el de 3mm.



Fig. 11 Impresión de Brazaletes



Fig. 12 Brazaletes Impresos de Distintos Espesores

En la siguiente tabla se presentan los problemas detectados en los otros brazaletes de acuerdo a las pruebas de flexión manual y compresión.

Ya habiendo determinado el espesor óptimo se procede al diseño completo de la férula del antebrazo, este diseño tomará en cuenta el espesor de 3mm.

Pieza	Problema
Brazaletes 2mm	Flexibilidad excesiva y fácil ruptura
Brazaletes 4mm	Falta de flexibilidad se necesita una mayor fuerza para apertura, lo que puede llegar a ocasionar en mediano plazo una deformación.

Tabla 3. Problemas por Brazaletes

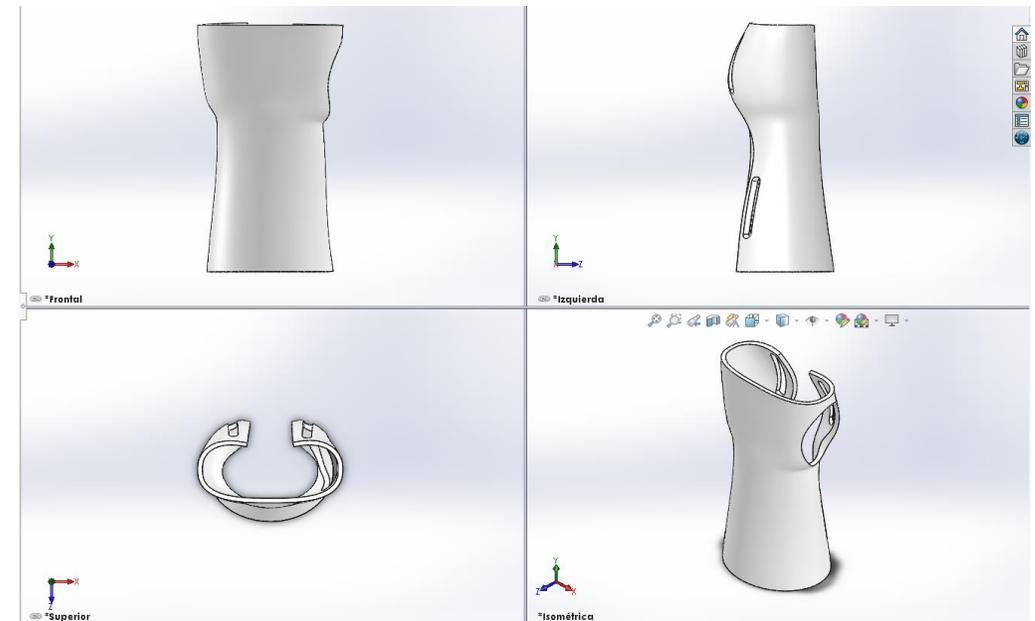


Fig. 13 Diseño Preliminar de Férula

Pruebas de Diseño

Para realizar las pruebas al diseño de la férula, se realizó el análisis de Von Mises con la finalidad de demostrar la tensión a la que va a estar sometida la férula con una carga de 6N, de esta forma se puede determinar que zona de la pieza es susceptible a sufrir una deformación permanente sin que se pueda recuperar su forma original complementando este análisis con el análisis de desplazamiento y de deformación unitaria.

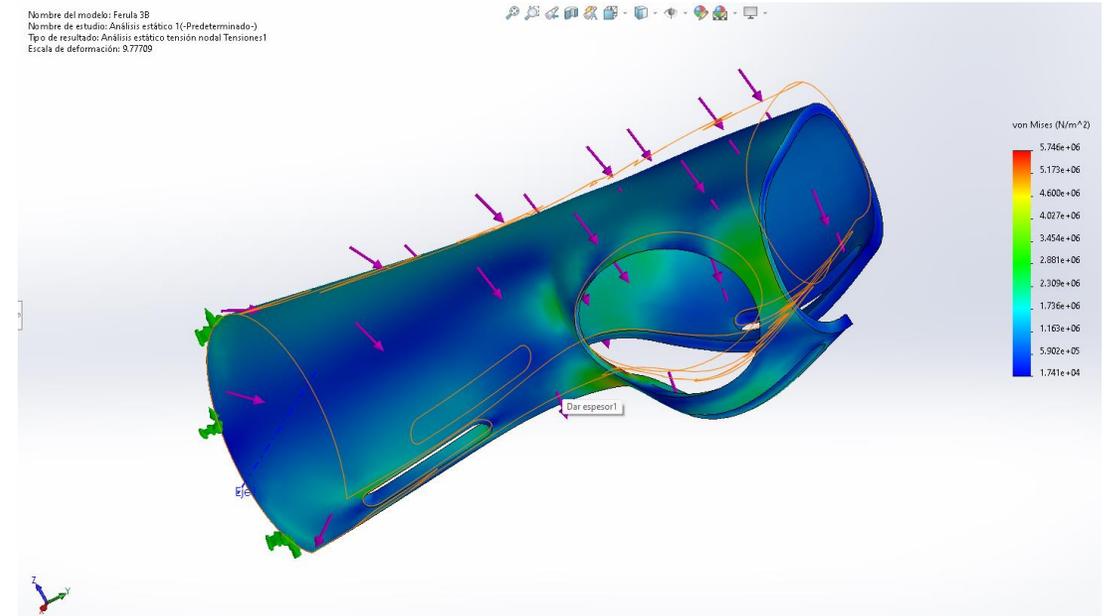


Figura 14 Análisis de Von Mises.

Pruebas de Diseño

Se realizó un análisis de desplazamiento que tiene como principal objetivo mostrar cuantos milímetros se puede desplazar la férula cuando esta es sometida a una carga de 6N, dando como resultado que el desplazamiento sería de $1.891e +00$ como se puede ver en la figura 16. Este desplazamiento se llevaría a cabo en la parte inferior de la férula que es la parte mas expuesta a esfuerzos ya que regularmente las personas descansan esa parte del cuerpo sobre algún objeto.

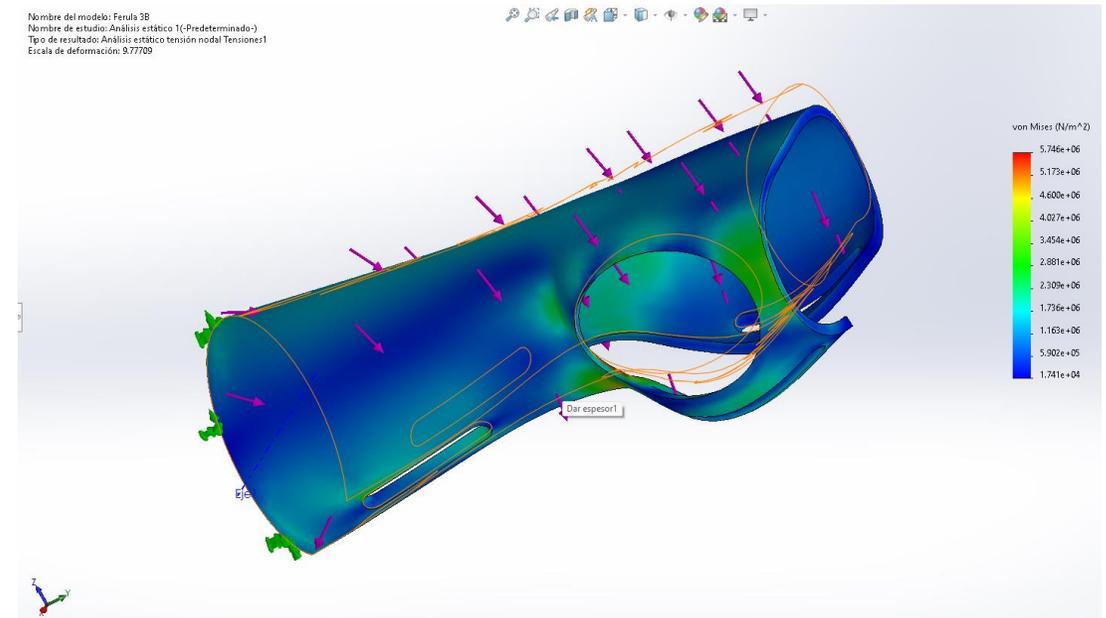


Figura 15 Análisis de Desplazamiento.

Pruebas de Diseño

Se optimizó el diseño reduciendo el porcentaje de masa un 40% (figura 16) con respecto a la masa que tiene el diseño de la figura 10, obteniendo como resultado el diseño optimizado de la figura 17.

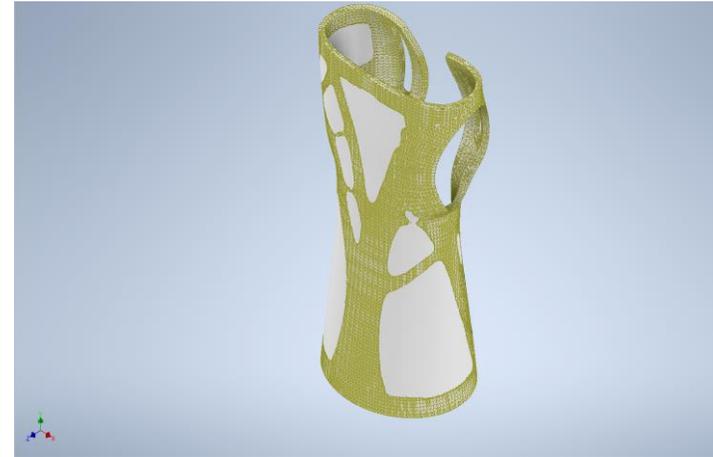


Figura 16. Diseño generativo reduciendo el 40% de la masa.



Figura 17. Resultado final de férula .

Simulación de Impresión de Férula

Concluido el diseño y habiendo simulado las diferentes pruebas se procede a la impresión de la Férula, se utilizarán los mismos parámetros empleados anteriormente ya que estos presentaron resultados óptimos. El tiempo aproximado de impresión para esta férula es de 5 horas con 23 minutos con un peso aproximado de 53.35 gr.

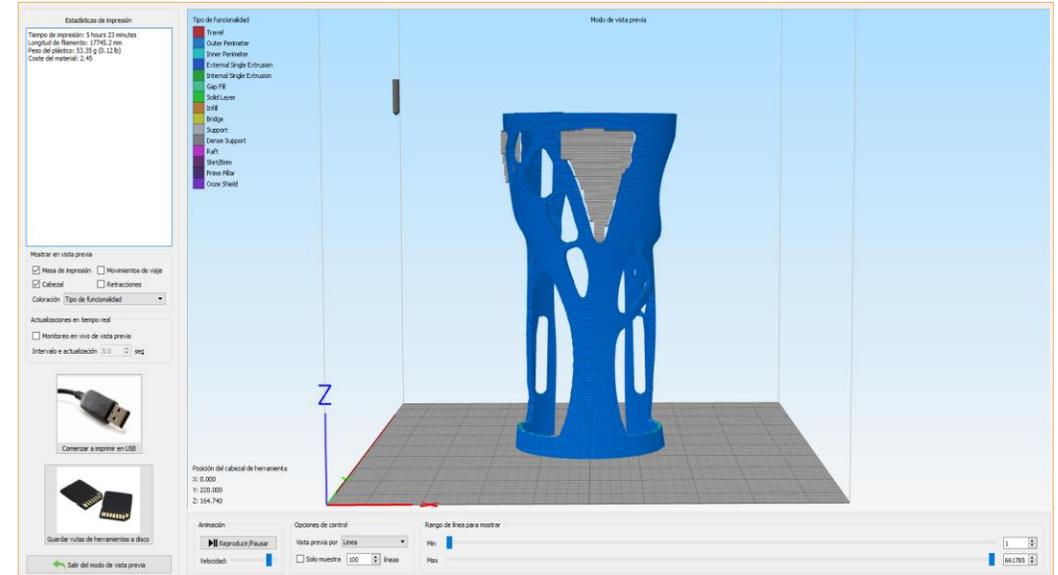


Figura 18. Simulación de impresión de Férula .

Férula Impresa

Ya configurada la impresora se procede a imprimir la pieza, el tiempo real de impresión fue de 5 horas 20 minutos.

Ya impresa la férula se procede a la colocación, posteriormente se analizará con un fisioterapeuta para evaluar la ergonomía y las posibles mejoras que pudiera tener la férula. Este trabajo es la primera parte de tres que se tienen programados, se pretende mejorar en un futuro el diseño habiendo ya obtenido resultados con un paciente, entre las futuras mejoras se encuentra la colocación de dispositivos electrónicos que puedan estimular al paciente para que este no pierda la movilidad. Todo esto será publicado en trabajos posteriores.



Figura 19. Férula Impresa.

Conclusiones

El diseñar y manufacturar una pieza que vaya a ser utilizada para la recuperación o rehabilitación de una persona es un gran reto debido a implica una selección adecuada de materiales, un diseño optimizado que nos llevará a tener una mayor comodidad. Este primer prototipo nos da una idea de lo que se puede mejorar en cuanto al diseño y a los parámetros mas adecuados, De igual manera gracias a estas pruebas se está tomando en cuenta la implementación de dispositivos electrónicos que favorezcan a la rehabilitación del usuario en un tiempo mucho menor.

Referencias

- [1] Armijos, E. V. (2022). Fabricación de una prótesis transradial para infantes impresa en 3D con filamento flexible y pla. Polo del Conocimiento, 7(4), 1222-1231. <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es> DOI: 10.23857/pc.v7i4.3884
- [2] Aquino, M., Caicedo, I., Buñay, J., & Pozo, E. (2022). Estudio de diseño óptimo de una férula de miembro inferior con patrones de distintas geometrías. Polo del Conocimiento, 7(7),311-339. <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es> DOI: 10.23857/pc.v7i7.4227
- [3] Hofmann, M., Williams, K., Kaplan, T., Valencia, S., Hann, G., Hudson, S. E., ... & Carrington, P. (2019, May). " Occupational Therapy is Making" Clinical Rapid Prototyping and Digital Fabrication. In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-13). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300544>
- [4] Ortega Lázaro, A. (2019). Desarrollo de férulas para impresión 3D: Fase de digitalización y diseño CAD. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/36788>
- [5] Paterson, A. M., Donnison, E., Bibb, R. J., & Ian Campbell, R. (2014). Computer-aided design to support fabrication of wrist splints using 3D printing: A feasibility study. Hand Therapy, 19(4), 102-113. <https://doi.org/10.1177/1758998314544802>
- [6] Patiño Gutiérrez, S. N. Diseño del modelo de un dispositivo soft-robotics para rehabilitación del movimiento de pinza trípode estático de la mano humana (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82342/1023923777.2022.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- [7] Pazmiño-Armijos, A. O., Medina-Quintero, E. H., Jácome-Tinoco, J. R., & Pazmiño- <https://www.polodelconocimiento.com/> DOI: 10.23857/pc.v7i4.3884
- [8] Ramírez González, J. C., & Guyumus Pancho, S. A. Desarrollo de un sistema integral para validación de dispositivos de apoyo durante la marcha humana. <http://hdl.handle.net/10554/62005>
- [9] Bangher, M. C., Abraham, L., Cangini, G., Vecchietti Doldán, M. J., Banda Rabah, R., Petrolini, G., ... & Garbayo del Pino, R. (2020). Órtesis y prótesis: herramientas para la rehabilitación. <https://hdl.handle.net/11185/5534>



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)