

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALIKINÍ

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE FÉRULAS CON HERRAMIENTAS
DE LA INDUSTRIA 4.0”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EGRESADO:
DAFNE ALESÍ OCHOA AGUILAR**

**DIRECTOR Y CO-DIRECTOR:
DRA. WENDY ARGENTINA DE JESÚS CETINA LÓPEZ
MPEDR. ELSY VERÓNICA MARTÍN CALDERÓN**

Calkiní, Campeche, México 2025

HOJA DE GUARDA

CONTRA PORTADA



Educación
Secretaría de Educación Pública



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **16/03/2025**
P/03/25/607
INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. DAFNE ALESI OCHOA AGUILAR 7117
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
PRESENTE

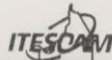
Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director DRA. WENDY ARGENTINA DE JESÚS CETINA LÓPEZ, y el co-director MPEDR. ELSY VERÓNICA MARTIN CALDERÓN, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **"DISEÑO Y FABRICACIÓN DE FÉRULAS CON ERRAMIENTAS DE LA INDUSTRIA 4.0"**.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ

"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"

CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primera instancia a mi familia por todo el apoyo que me brindaron en todo este largo camino de 5 años; a mis papas por todos sus mensajes y llamas de aliento, que a pesar de estar lejos de ellos nunca me dejaron sola, por todos sus consejos, su cariño, por siempre tener fe en mí y creer en mí; a mi hermano por su amor incondicional que siempre me ha brindado ya que él es la razón por la que siempre doy lo mejor de mí; y a mi abuelo por todos esos consejos y anécdotas que siempre me contaba las cuales me dieron más ganas de seguir adelante y nunca rendirme.

También me gustaría agradecer a mis amigos que nunca me dejaron sola, nunca me soltaron la mano y siempre me cuidaron mucho durante mi vida foránea, a ellos les doy las gracias por siempre brindarme esa amistad incondicional y por todos los buenos recuerdos que tendré siempre en mi corazón.

Por ultimo y no menos importante, quisiera agradecer a la Ingeniera Elsy Verónica Martin Calderón y a la Dra. Wendy Argentina de Jesús Cetina López por brindarme su apoyo y guía en todo mi proceso académico, por brindarme esa confianza en los diferentes proyectos que hemos trabajado de la mano y por siempre creer en mi en momentos en los que ni yo creía en mí.

DEDICATORIA

Dedico este logro académico a mi familia por ser siempre ser mi inspiración y motivación para salir adelante ante cualquier adversidad y siempre buscar la superación. También le dedico esta tesis a mi ángel que me cuida desde el cielo (mi abuela).

ÍNDICE

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	7
1.1. RESUMEN	7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. General.....	8
1.4.2. Específicos.....	8
1.5. JUSTIFICACIÓN	8
1.6. ALCANCES	14
1.7. LIMITACIONES	14
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. MARCO CONCEPTUAL	15
2.1.1. Tenosinovitis estenosante o dedo en Gatillo.....	15
2.1.2. Impresión 3D en el Sector Salud.	18
2.1.3. Materiales Biocompatibles para Impresión 3D.....	21
2.2. MARCO REFERENCIAL	25
2.2.1. Síndrome del dedo en gatillo y el tratamiento con férulas.	25
2.2.2. Implementación de férulas con tecnologías de la industria 4.0.....	25
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	27
3.1. DIAGRAMA DE GANTT	27
3.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES	27
CAPITULO 4.	29
4.1. CONCLUSIONES	29
4.2. RESULTADOS	30
4.3. RECOMENDACIONES	30
4.4. EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA.....	31
4.5. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. RESUMEN

El proyecto titulado "Diseño y fabricación de férulas con herramientas de la Industria 4.0" tiene como objetivo utilizar tecnologías como el diseño asistido por computadora (SolidWorks) y la impresión 3D para la creación de férulas personalizadas, enfocadas en el tratamiento del dedo en gatillo. Este padecimiento común en personas mayores de 40 años debido a la repetición de movimientos manuales se beneficia de férulas que estabilizan el tendón afectado, sin embargo, las férulas tradicionales suelen estar hechas de materiales como el termoplástico, que no siempre son accesibles y pueden provocar reacciones alérgicas.

El proceso incluye la recolección de datos físicos del paciente para realizar el proceso de modelado en SolidWorks logrando el diseño de las férulas para posteriormente realizar la fabricación mediante impresión 3D, demostrando un ajuste personalizado y un alto grado de confort para los usuarios, mejorando la inmovilización necesaria sin comprometer la flexibilidad en áreas clave. Se realizan pruebas físicas con prototipos para verificar el ajuste y la comodidad, recolectando feedback del usuario para realizar ajustes finales.

Comparadas con las férulas convencionales, las soluciones desarrolladas en este proyecto destacan por su versatilidad y personalización. Esto representa un avance importante en la calidad de vida de los usuarios, especialmente para personas afectadas por el síndrome del dedo en gatillo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las férulas convencionales suelen estar fabricadas en materiales como el termoplástico, que no siempre es fácil de conseguir y requiere de adaptación para cada paciente, lo cual utilizar tecnologías de diseño asistido (SolidWorks) pretende ser una mejor opción de proceso.

Las férulas disponibles en el mercado generalmente no se adaptan perfectamente a la anatomía de cada paciente, lo que disminuye la comodidad y efectividad del tratamiento, integrar análisis ergonómicos y datos antropométricos en el diseño de férulas, realizando pruebas físicas con prototipos impresos en 3D para ajustar cada diseño a las necesidades específicas del paciente busca ser la mejor opción de proceso.

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

A partir del desarrollo del proyecto "Diseño y fabricación de férulas con herramientas de la Industria 4.0", se pueden plantear diversas preguntas de investigación que aborden aspectos clave como: ¿qué tipo de materiales biocompatibles son más adecuados para la impresión de férulas ergonómicas?, ¿cómo la impresión 3D puede mejorar la personalización y funcionalidad de las férulas en comparación con los métodos tradicionales, ¿qué impacto tiene el uso de férulas impresas en 3D en el tratamiento y la recuperación del paciente?. Estas preguntas se verán abordadas en el contenido de este trabajo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Utilizar el software de diseño asistido por computadora y la impresión 3D para el diseño y fabricación de férulas auxiliares en el tratamiento del dedo en gatillo.

1.4.2. Específicos

- Establecer los requisitos del paciente.
- Especificar el diseño.
- Realizar modelos computacionales (Solidworks).
- Proveer prototipos funcionales.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El proyecto "Diseño y fabricación de férulas con herramientas de la Industria 4.0" se fundamenta en la necesidad de mejorar la accesibilidad y personalización de férulas utilizadas en el tratamiento del síndrome del dedo en gatillo; el desarrollo de

actividades repetitivas puede tener un impacto en la salud de los trabajadores, esto puede percibirse con mayor frecuencia cuando se trata del desarrollo de actividades manuales como es el caso de las actividades realizadas por las artesanas. La fatiga, el desgaste, las operaciones repetitivas son condicionantes que apoyan la “Tenosinovitis Estenosante” (TE) de los tendones flexores de la mano, también conocida como “dedo en gatillo”, “dedo en resorte” o “tendovaginitis estenosante”, caracterizada por el atrapamiento de los tendones flexores de los dedos de la mano en su vaina fibrosa; teniendo como resultado en estos pacientes, la sensación de un chasquido o resalte al flexar y extender el dedo, el cual puede ser doloroso pudiendo llegar en etapas avanzadas de la enfermedad al bloqueo del movimiento digital, lo cual afectará en diferentes grados la funcionalidad de la mano (AMIGO, 2020).

De acuerdo con el Traumatólogo y Profesor Ortopedia y Traumatología en la Universidad Católica del Maule, Felipe Pizarro Amigo (AMIGO, 2020), en México, se reporta una prevalencia del 1 al 2,2% en personas sanas mayores de 30 años. Es una patología que afecta más frecuentemente a mujeres que a hombres, habitualmente durante la 5ta o 6ta década de la vida.

Uno de los tratamientos con mejores resultados es la ocupación de férulas elaboradas con termoplástico, sin embargo, este material no se consigue con facilidad y puede generar reacciones alérgicas en algunas personas; por otra parte, las férulas tienen que ser personalizadas considerando las características antropométricas del paciente.

En este sentido, la Industria 4.0 ofrece múltiples alternativas para la simplificación de los procesos y la sustitución de materiales, lo cual representa una oportunidad de innovar e impactar en la calidad de vida de las mujeres que trabajan de forma artesanal.

Una de las estrategias que aporta estos elementos tecnológicos, es el diseño asistido por computadora que ofrece diversas opciones para diversificar los métodos de creación y fabricación de los productos y procesos, la versatilidad del diseño asistido por computadora, permite la incorporación de técnicas que apoyan la

redefinición de las capacidades de producción; como la impresión 3D, a veces denominada fabricación aditiva, es una técnica de producción que crea un objeto físico tridimensional a partir de un archivo de diseño digital. El término abarca varios procesos diferentes, todos ellos con uno o más materiales -normalmente plástico, metal, cera o compuesto- que se depositan capa a capa para construir una estructura (Systemes, 2023). Lo anterior implica la ocupación de herramientas que pertenecen a la 4ta. Revolución industrial o industria 4.0.

Dentro del sector de salud algunos ejemplos en donde podemos encontrar la impresión en 3D en:

- Modelos quirúrgicos adaptados a cada paciente.
- Instrumentos quirúrgicos adaptados a cada paciente.
- Nuevos productos sanitarios.
- Prótesis personalizadas avanzadas y asequibles.
- Órtesis personalizadas.
- Bioimpresión, ingeniería de tejidos, órganos impresos en 3D, etc.

Este estudio es fundamental porque aborda una problemática relevante tanto para los pacientes como para el sector industrial involucrado en la producción de férulas. Las férulas convencionales suelen estar hechas de termoplástico, un material que no siempre es fácil de conseguir y que puede provocar reacciones alérgicas en algunos pacientes. Además, estas férulas deben personalizarse para cada paciente, lo que eleva el costo y tiempo de producción. Mediante el uso de tecnologías avanzadas como el diseño asistido por computadora (SolidWorks) y la impresión 3D, este proyecto propone un enfoque más eficiente, rápido y accesible para la producción de férulas personalizadas, lo que implica una mejora significativa en términos de tiempo de fabricación y costos de producción.

De acuerdo con la corporación Dassault Systèmes (Systemes, 2023) La fabricación de productos únicos por encargo no es un concepto nuevo, pero suele tener un coste prohibitivo y un largo plazo de entrega (el periodo entre el pedido y la entrega), sin embargo, con la impresión 3D, el coste de producción de un objeto es el mismo que el de la fabricación de miles de ellos, independientemente de lo exclusivo o

complejo que sea el artículo. Además, la producción puede llevarse a cabo más cerca de donde está la demanda, en lugar de en una fábrica en otro continente. Esto reduce enormemente los plazos de entrega y permite un proceso de fabricación más ágil e iterativo.

La impresión médica en 3D también comprime los plazos de investigación y desarrollo al reducir el tiempo entre las mejoras del diseño, lo que permite realizar más pruebas en el mismo período de tiempo o en uno más corto y poner de manifiesto posibles problemas en una fase más temprana del proceso.

Además, este estudio cobra especial importancia dentro del contexto de la Industria 4.0, que promueve la digitalización y automatización de procesos industriales. Implementar tecnologías de impresión 3D no solo acelera la fabricación de productos personalizados, sino que también ofrece la flexibilidad de realizar ajustes en el diseño de forma rápida y eficiente. Esto representa una ventaja significativa frente a los métodos tradicionales, donde los cambios implican largas demoras y mayores costos.

El principal aporte de este proyecto es la posibilidad de fabricar férulas personalizadas utilizando tecnologías innovadoras de diseño y manufactura, lo que permitirá una mayor accesibilidad a férulas de calidad para pacientes con dedo en gatillo. Al reducir los costos de producción y permitir una personalización más rápida y precisa, este proyecto contribuye no solo a la mejora en la calidad de vida de los pacientes, sino también a la optimización de los recursos en el proceso de producción.

El Dr. Filiberto Hervert Cavazos. Especialista en Cardiología y Cardiodiagnóstico (Cavazos, 2023), nos menciona que el impacto positivo de la tecnología en la salud es inmenso e innegable. La tecnología nos ayuda a resolver problemas relacionados con los métodos de diagnóstico, la atención a los pacientes, los tratamientos clínicos y el acceso a la información, entre otros. La innovación tecnológica ha ayudado mucho al campo de la salud, permitiendo que la calidad de vida de los pacientes mejore y que el trabajo del personal médico sea más seguro y eficaz.

Además, el proyecto aporta al área de la salud al introducir un producto que, al ser diseñado de manera más ergonómica y adaptada a las necesidades individuales, podría ofrecer una mejoría en los tiempos de recuperación y en la efectividad del tratamiento. También es relevante para el ámbito de la manufactura, ya que propone un modelo de producción más eficiente, alineado con los principios de la Industria 4.0.

Los principales beneficiarios de este proyecto son las personas que padecen el síndrome del dedo en gatillo, en particular aquellas que trabajan en oficios que implican movimientos manuales repetitivos, como las mujeres artesanas. Estas trabajadoras se ven especialmente afectadas por esta afección debido a la naturaleza de sus labores, y a menudo no tienen acceso a tratamientos adecuados debido a los altos costos o la falta de personalización de las férulas disponibles. Este proyecto, al introducir férulas más accesibles y personalizadas, les permitirá acceder a tratamientos que mejoren su calidad de vida.

Además, las empresas dedicadas a la fabricación de productos médicos también se verán beneficiadas, ya que el uso de tecnologías de impresión 3D reduce los tiempos de producción y permite responder de manera más eficiente a las necesidades de los pacientes. Esto podría abrir nuevas oportunidades en el mercado, al ofrecer productos innovadores y competitivos.

La Industria 4.0 ha tenido un impacto significativo en la salud y la manufactura, ya que ha permitido mejorar la atención médica y la eficiencia de las empresas:

En la salud: la Industria 4.0 ha permitido mejorar la atención médica a través de la aplicación de tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y el análisis de datos.

En la manufactura: la Industria 4.0 ha permitido mejorar la eficiencia de las empresas de fabricación a través de la automatización, la mejora del control de calidad y el mantenimiento predictivo. Esto ha contribuido a aumentar la productividad, la rentabilidad y la flexibilidad de las empresas.

Los resultados de este proyecto podrían tener implicaciones significativas en varios ámbitos. En primer lugar, si se logra demostrar la viabilidad de la fabricación de

férulas personalizadas mediante impresión 3D, esto podría sentar un precedente para la producción de otros dispositivos médicos utilizando la misma tecnología. La digitalización del proceso de diseño y producción permitiría también un mejor control de calidad y una mayor eficiencia en el uso de los recursos, reduciendo el desperdicio de materiales y optimizando la cadena de suministro.

Por otro lado, los resultados también podrían tener implicaciones en la forma en que se aborda el tratamiento de otras afecciones que requieren inmovilización, lo que podría derivar en nuevas líneas de investigación sobre la personalización de dispositivos médicos mediante tecnologías de la Industria 4.0.

Por ejemplo, de acuerdo con el Dr. García Renedo (Renedo, 2024) Las férulas y dispositivos de inmovilización son fundamentales en el tratamiento del pulgar en resorte, ya que permiten mantener la articulación en una posición adecuada para reducir la inflamación y aliviar el dolor. Estos dispositivos ayudan a limitar los movimientos que pueden desencadenar los bloqueos repentinos característicos de esta condición.

Desde el punto de vista clínico, el uso de férulas personalizadas y ergonómicas ayudará a mejorar los resultados del tratamiento para el síndrome del dedo en gatillo, ofreciendo mayor comodidad y mejor adaptación al paciente, lo que puede traducirse en una recuperación más rápida. Asimismo, el problema de la disponibilidad y los costos elevados de las férulas tradicionales se verá mitigado mediante el uso de impresión 3D, que permite la producción a menor costo y en tiempos más reducidos.

Desde el punto de vista industrial, el proyecto ofrece una solución eficiente para la producción de dispositivos médicos personalizados, un campo que tradicionalmente ha enfrentado retos en cuanto a la escalabilidad y los altos costos de personalización.

El desarrollo de este proyecto puede generar nuevas ideas y recomendaciones para la aplicación de la impresión 3D en la creación de otros dispositivos médicos. Por ejemplo, podría explorarse la fabricación de férulas para otras partes del cuerpo, o incluso la creación de prótesis personalizadas mediante la misma tecnología.

Además, los resultados obtenidos en cuanto a la ergonomía y la personalización del diseño podrían inspirar estudios adicionales sobre la optimización de otros productos médicos.

Definitivamente, el enfoque propuesto por este proyecto tiene el potencial de mejorar significativamente la manera en que se diseñan y fabrican férulas para el tratamiento del dedo en gatillo. La capacidad de personalización que ofrece la impresión 3D supera ampliamente las limitaciones de los métodos tradicionales, permitiendo que cada férula se ajuste de manera precisa a las necesidades anatómicas y funcionales del paciente. Esto no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también incrementa el confort del usuario, lo que es esencial para la adherencia al tratamiento.

1.6. ALCANCES

Utilizar el software SolidWorks y la tecnología de impresión 3D para diseñar y fabricar férulas que se adapten a las dimensiones y necesidades específicas de cada paciente, logrando implementar tecnologías de la Industria 4.0, mejorando la comodidad y efectividad del tratamiento, comparación con métodos convencionales.

1.7. LIMITACIONES

La disponibilidad de materiales compatibles con la impresión 3D que sean seguros para uso médico podría ser limitada. Es posible que algunos materiales ideales para férulas no estén disponibles para la tecnología de impresión utilizada en este proyecto.

La producción de férulas mediante SolidWorks e impresión 3D requiere de software y equipos especializados, así como del conocimiento técnico adecuado, lo cual podría limitar la accesibilidad del proceso para entornos sin estos recursos.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Tenosinovitis estenosante o dedo en Gatillo

El síndrome del dedo en gatillo es una condición que requiere intervenciones personalizadas y adaptativas para lograr una recuperación eficiente. La tecnología en rehabilitación, como las férulas personalizadas, juega un papel fundamental al ofrecer una solución efectiva y asequible. Comprender los requerimientos terapéuticos de esta afección es importante para el diseño de férulas que faciliten la recuperación del paciente, promoviendo la inmovilización y el confort adecuados.

La tenosinovitis estenosante de los flexores, también llamada dedo en gatillo, es una patología usualmente idiopática en la que se produce una metaplasia fibrocartilaginosa a nivel de la vaina del tendón flexor de la mano, lo que genera un pinzamiento o atrapamiento de este en su transcurrir por la polea a nivel de la cabeza del metacarpiano (Bermúdez, González, Sierra, & Ricardo, 2024).

La American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) (Leversedge & Rohde, 2019), nos describe la anatomía de esta condición donde los tendones flexores son estructuras similares a un cordón que unen los músculos del antebrazo con los huesos de los dedos. Cuando los músculos se contraen, los tendones flexores permiten que se flexionen los dedos.

Cada uno de los tendones flexores pasa a través de un túnel en la palma y en los dedos, lo que le permite deslizarse sin problemas a medida que se flexiona y estira el dedo. Este túnel se llama “vaina del tendón” (Figura 1).

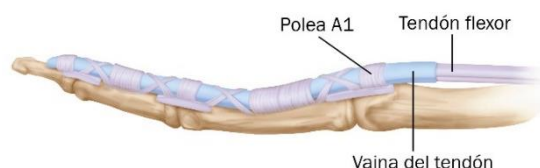


Figura 1.” Anatomía de los tendones”
(Leversedge & Rohde, 2019)

A lo largo de la vaina del tendón, bandas de tejido llamadas “poleas” sostienen los tendones flexores cerca de los huesos de los dedos. Los tendones pasan a través de las poleas a medida que se mueve el dedo. La polea en la base del dedo se

llama “polea A1.” En la mayoría de los casos, esta es la polea afectada en el dedo en gatillo.

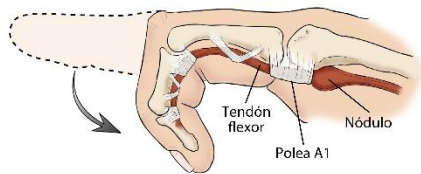


Figura 2. "Anatomía del dedo gatillo"
(Leversedge & Rohde, 2019)

En un paciente que tiene dedo en gatillo, la polea A1 se inflama o engrosa, lo que dificulta que el tendón flexor se deslice a través de ella cuando se flexiona el dedo. Con el transcurso del tiempo, el tendón flexor también se puede inflamar y puede formarse un pequeño nódulo en la superficie. Cuando

se flexiona el dedo y el nódulo pasa a través de la polea, hay una sensación de que el dedo se atasca o hace un chasquido. A menudo, esto es doloroso (figura 2).

En un caso grave de dedo en gatillo, el dedo se traba y atora en la posición flexionada. A veces, el paciente debe usar la otra mano para estirar el dedo.

Por lo general, las personas de 45 años o más y aquellas que tienen diabetes o artritis reumatoide pueden tener más posibilidades de padecer el dedo en gatillo. Es poco frecuente en niños. Generalmente, la vaina del tendón se irrita debido al exceso de trabajo o a una lesión, por lo que las personas que realizan movimientos repetitivos oprimen mucho o levantan cargas pesadas en su trabajo pueden ser propensas a padecer esta afección. Puede suceder en cualquier momento y es más común de lo que las personas piensan.

Su aparición es más frecuente en:

- Personas con determinadas enfermedades, como artritis reumatoide, diabetes o síndrome del túnel del carpo, o en personas en diálisis.
- Personas que utilizan de forma repetida los músculos de la muñeca o de la palma de la mano (por ejemplo, atornillar o desatornillar con frecuencia, mantener algo agarrado con fuerza durante mucho tiempo).
- Tras la utilización de herramientas que comprimen y golpean los músculos o tendones de la palma de la mano.

- Puede verse con más frecuencia en trabajadores de la construcción, trabajadores industriales, granjeros y músicos.

Es rara la resolución espontánea del dedo en resorte a largo plazo. Si no se trata, esta alteración permanecerá como una molestia dolorosa; no obstante, si el dedo llega a atraparse, el paciente puede sufrir una rigidez articular permanente. El objetivo del tratamiento en el dedo en resorte es eliminar que se trabe y así permitir un movimiento completo del dedo o pulgar sin molestias. Se debe reducir la inflamación alrededor del tendón flexor y la vaina del tendón para permitir un suave deslizamiento.

Tanto como la AAOS (Leversedge & Rohde, 2019), como la Organización MAYO CLINIC (Clinic, 2023), nos mencionan que la ferulización o uso de férula, puede ser útil usar una férula durante la noche para mantener el dedo o el pulgar afectado en una posición recta mientras duerme, logrando que el tendón descanse.

El Dr. Allan Chaves Moreno, nos menciona en su revista “Tenosinovitis Estenosante del tendón flexor (dedo en resorte)” (Moreno, 2008), que en fases iniciales se puede realizar un tratamiento mediante inmovilización con férula que puede resultar beneficioso en un 50-70% de los casos y el uso de antiinflamatorios orales.

Los tratamientos conservadores son la primera opción para los casos leves y se centran en: Reposo, Antiinflamatorios, Terapia física, Frío local, Férulas de bloqueo articular.

Tradicionalmente, el tratamiento del dedo en gatillo incluye métodos de rehabilitación física, el uso de férulas para inmovilización, terapias antiinflamatorias y, en casos más avanzados, procedimientos quirúrgicos. Sin embargo, el acceso a dispositivos personalizados como férulas en México es limitado debido a sus costos y a la dependencia de materiales importados. La introducción de tecnologías avanzadas, como la impresión 3D, permite el desarrollo de férulas ergonómicas y personalizadas que se adaptan a las necesidades específicas de cada paciente.

El uso de tecnología de diseño asistido por computadora (CAD) en la fabricación de férulas permite optimizar el proceso de rehabilitación mediante la creación de

dispositivos que responden a las especificaciones antropométricas del paciente. La personalización de férulas mediante herramientas digitales, como SolidWorks, y tecnologías de la Industria 4.0 es una innovación en el contexto mexicano que contribuye a la accesibilidad de estos dispositivos.

2.1.2. Impresión 3D en el Sector Salud.

En el mundo actual, las llamadas “tecnologías de fabricación por adición” o impresión 3D también llamado prototipado rápido, han trascendido las fronteras de casi todos los campos de la ciencia, y su incursión en la medicina es cada vez mayor.

La impresión 3D (término introducido a la terminología MeSH en 2015) se define como “un conjunto de procesos usados para realizar un objeto físico tridimensional, también conocido como «prototipado rápido»”. Esto se realiza mediante la aplicación capa por capa de un material sólido a temperatura ambiente, con un punto de fusión conocido controlado por un sistema computarizado para crear dicho objeto (Juárez, y otros, 2018).

Esta técnica fue desarrollada originalmente para imprimir capas secuenciales finas de material; la estereolitografía (SLA) es la primera tecnología de impresión 3D comercializada, creada por Chuck Hull, cofundador y director de Tecnología de 3D Systems, en 1980. Utiliza un láser ultravioleta para curar con precisión secciones transversales de fotopolímeros, convirtiéndolos de líquidos en sólidos. Las piezas se imprimen directamente desde los datos de CAD, capa por capa, para elaborar prototipos, patrones de microfusión, herramientas y piezas de uso final. (Systems, 2024).

Una vez que el proceso de impresión por SLA está completo, se limpian las piezas de SLA en una solución solvente para eliminar la resina sin curar que queda en la superficie de la pieza. Las piezas ya limpias se curan en un horno UV.

La elaboración de objetos mediante impresión 3D se realiza a partir de un archivo cuya base estructural es un modelo tridimensional virtual viable, en el caso de su aplicación en medicina, son requeridos los estudios de imagen de un paciente para

crear un molde a la medida. Un modelo no es sino la representación digital de lo que se planea imprimir mediante algún programa computarizado para modelarlo.

Casos de éxito de férulas hechas por impresión 3D son el de Cortex Exoskeleton, el cual es un proyecto que usa una impresora 3D para crear una pieza de inmovilización con la medida perfecta de cada paciente ante una fractura. El ingeniero Juan Monzón ha creado los dispositivos wearables, para crear un sistema de rehabilitación ósea y muscular. Un sistema para crear férulas que inmovilizan la fractura e incorporan electroestimulación. El Hospital de Maz de Zaragoza ha innovado aplicando dicha técnica. Además, la elaboración de férulas a medida como sustitutivo de la escayola tradicional de yeso está en elaboración en empresas como Younext (Toledo, 2020).

La manufactura aditiva engloba una serie de tecnologías, dentro de las que destacan el modelado por depósito en fundido (FDM), estereolitografía (SLA), sinterizado láser, inyección directa de tinta (DIW), entre otros. Desde su concepción, la manufactura aditiva se ha convertido en una de las tecnologías más revolucionaras para la fabricación de objetos y dispositivos funcionales. Estos procesos permiten producir partes con arquitecturas diseñadas a la medida y, además, no requiere el uso de accesorios, herramientas de corte, refrigerantes y otros recursos auxiliares. Otra de las ventajas de la manufactura aditiva es su versatilidad, ya que permite la fabricación de objetos en una amplia variedad de materiales, desde azúcar hasta cerámica, e incluso la combinación de diferentes materiales en un solo objeto

La Dra. Rosa Martha Jiménez Barrera y el Dr. José de Jesús Kú Herrera, investigadores por México del CONAHCYT-CIQA (Barrera & Herrera, 2024), nos mencionan que las aplicaciones de la impresión 3D y 4D son tan amplias como la imaginación misma, y tienen impacto en el sector salud mediante la creación de prótesis y órtesis personalizadas, donde las tecnologías 3D y 4D se pueden utilizar para crear prótesis y órtesis personalizadas que se ajusten perfectamente a las necesidades de cada paciente, mejorando su calidad de vida o en lo modelos anatómicos para la formación médica, en donde los modelos 3D de órganos y

tejidos humanos pueden ser utilizados para la formación médica, permitiendo a los estudiantes y profesionales practicar técnicas quirúrgicas sin necesidad de utilizar cadáveres.

Esto también desde un lado ambiental tiene una gran importancia debido a que pueden ayudar a reducir el desperdicio de materiales, ya que solo se utiliza el material necesario para crear un objeto, se están desarrollando materiales sostenibles para la impresión 3D, lo que podría reducir el impacto ambiental de la fabricación, así como la impresión 3D puede permitir la fabricación de productos con mayor vida útil, reduciendo la necesidad de producir y desechar productos con frecuencia.

La impresión 3D ha revolucionado el sector salud al permitir la fabricación de dispositivos médicos personalizados a partir de modelos digitales. Para el tratamiento de condiciones como el síndrome del dedo en gatillo, la impresión 3D ofrece una solución adaptativa, ya que cada férula puede diseñarse y ajustarse específicamente a las dimensiones anatómicas del paciente. Además, al reducir la dependencia de materiales tradicionales, la impresión 3D también mejora la accesibilidad y la adaptabilidad del tratamiento.

El dedo en gatillo es una afección caracterizada por la inflamación de los tendones de los dedos, lo que dificulta su movimiento y genera dolor. Las férulas impresas en 3D ofrecen una solución innovadora, ya que se pueden diseñar con precisión a partir de imágenes digitales del paciente, como resonancias magnéticas o tomografías computarizadas. Estas imágenes se procesan en software CAD para crear modelos que luego son fabricados capa por capa mediante impresión 3D.

En la mayoría de los casos de impresión 3D se utilizan materiales termoplásticos, que como su nombre lo indica, adquieren la forma semilíquida a temperaturas mayores a los 120 °C, convirtiéndolo en un material fácilmente aplicable mediante la boquilla extrusora que va depositando finas capas sobre una plataforma hasta la construcción del modelo, que se endurece a medida que la temperatura del material disminuye. Esta técnica permite utilizar materiales termoplásticos como el PLA (ácido poliláctico), ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), HDPE (polietileno de alta

densidad), metales sintéticos, e inclusive materiales comestibles o fármacos (Juárez, y otros, 2018).

La impresión médica en 3D aumenta la velocidad y la asequibilidad de los ensayos clínicos de medicamentos, ya que los lotes de prueba pueden fabricarse en pequeñas cantidades en lugar de producirse en masa. Con el tiempo, podríamos ver impresoras 3D instaladas en farmacias, hospitales y clínicas, especialmente en zonas remotas, produciendo medicamentos personalizados cuando se necesiten.

La impresión 3D tiene un enorme potencial para mejorar nuestras vidas, pero es importante ser conscientes de los desafíos y riesgos que conlleva. La colaboración entre gobiernos, empresas, academia y sociedad civil es fundamental para abordar estos desafíos y asegurar que la tecnología se desarrolle y se utilice de manera responsable y sostenible.

2.1.3. Materiales Biocompatibles para Impresión 3D

La selección de materiales biocompatibles para la impresión 3D es crucial en la fabricación de dispositivos médicos que estarán en contacto prolongado con la piel. La investigación y el desarrollo en materiales específicos para impresión 3D, como polímeros y termoplásticos hipoalergénicos, son esenciales para este proyecto, ya que garantizan la seguridad y confort del usuario. La elección adecuada del material hace que los equipos a utilizar logren cumplir con los criterios esenciales como; la *biocompatibilidad*, la cual se describe como la habilidad de un material para ser aceptado por el cuerpo del paciente y que, además, no irrite a los tejidos circundantes, no provoque una respuesta inflamatoria, no produzca reacciones alérgicas y que no tenga efectos carcinogénicos, o sea, que no produzca cáncer (Duffo, 2011); *flexibilidad y rigidez* necesarias para encontrar un equilibrio que permita inmovilizar el dedo afectado mientras se mantiene cierto grado de confort; *durabilidad*, lo que los materiales deben resistir el uso diario, incluyendo exposición a humedad y temperaturas corporales y la *procesabilidad en impresión 3d* lo que consiste en ser fáciles de manipular mediante tecnologías como el modelado por deposición fundida (FDM) o la estereolitografía (SLA).

El uso de materiales biocompatibles en férulas impresas en 3D mejora significativamente la experiencia del usuario:

- Personalización: Cada férula puede ser diseñada específicamente para la anatomía del paciente, maximizando el ajuste y la funcionalidad.
- Reducción de Costos: En comparación con los métodos tradicionales, los materiales como PLA y ABS son más económicos, lo que aumenta la accesibilidad para sectores de bajos recursos.

Los diferentes procesos de impresión dependen del estado del material de partida, por lo tanto, la composición, características y naturaleza de estos será distinta dependiendo de la tecnología a usar. De acuerdo con Javier Benito Blanco (Blanco, 2020) y con la organización de formlabs (Formlabs, 2024), los métodos de impresión son:

Método deposición fundida: más conocido por sus siglas en inglés como FDM, o FFF (Fused Filament Fabrication, Fabricación por Filamento Fundido) por temas de propiedad intelectual, es el más popular y común dentro de la Impresión 3D. Su principio de funcionamiento se basa en las propiedades de los termoplásticos. Esto es, la capacidad de un material de que, al ser calentado este se funde, volviéndose flexible y deformable, y al volver a temperatura ambiente se endurece, recuperando parte de las propiedades de partida (Blanco, 2020). Construyen piezas al derretir y extrudir un filamento termoplástico que un extrusor deposita capa por capa en el área de impresión.

Materiales usados

- PLA: Denominado ácido poliláctico, es un polímero biodegradable bajo ciertas circunstancias ambientales, que se obtiene por fermentación de fuentes naturales como el maíz o la caña de azúcar. Tenaz y duradero, resistente a impactos y al calor, aplicación mayormente en prototipos funcionales.
- PET-G: Se trata de un material con buena resistencia a los productos químicos y a rotura, que resiste de forma adecuada los impactos y al fuego. es un material que apenas absorbe humedad, cosa que lo hace propenso a su uso en objetos destinados a contener líquidos o alimentos, siendo biocompatible. Además, al

contrario que otros materiales, no desprende olores al usarse, con lo que no es necesario una ventilación.

- TPU: Material que, a temperatura ambiente, es flexible y deformable, puesto que las zonas apolares deslizan entre ellas, pero que, al dejar de estar sometido a un esfuerzo, regresa a su posición inicial gracias a las zonas cristalinas. Al ser un material elástico y que resiste abrasión y el ataque de ciertos disolventes, es ampliamente usado en impresión 3D, especialmente en piezas que requieran de estas propiedades. Aplicación en prototipos flexibles.
- ABS: es un polímero formado por tres componentes, acrilonitrilo, butadieno y estireno. Cada uno de estos aporta al material sus beneficios en diferentes propiedades, de forma que el acrilonitrilo le da resistencia a la degradación y al calor, el butadieno aporta dureza y el estireno le da rigidez. Aplicación en prototipos funcionales

Método estereolitografía (SLA): usan un láser para curar resinas líquidas termoendurecibles y convertirlas en plástico endurecido en un proceso conocido como fotopolimerización (Formlabs, 2024), se basa en usar resinas acrílicas que, cuando reciben un tipo de luz, endurecen. Estas resinas son una amalgama de componentes, cada uno destinado a cumplir una función a la hora de ser empleado (Blanco, 2020).

Materiales usados

- Resina estándar: Alta resolución y acabado de la superficie liso y mate. Aplicación en modelos conceptuales y prototipos estéticos.
- Resinas flexible y elastic: Flexibilidad de la goma, TPU o silicona, puede aguantar esfuerzos de flexión y compresión, resiste sin desgarros durante varios ciclos. Aplicación en productos de consumo, componentes y productos sanitarios y modelos anatómicos.
- Silicone 40A Resin: El primer material de impresión 3D accesible 100 % de silicona, ofrece las excelentes propiedades de la silicona fundida. Aplicación en prototipos funcionales, unidades de validación y lotes pequeños de piezas de silicona, así como productos sanitarios personalizados.

- TPU 90A Powder: Un elastómero con un alto alargamiento de rotura y una gran resistencia al desgarrar para prototipos y piezas de uso final flexibles y seguros para la piel. Aplicación en dispositivos ponibles y elementos de tacto blando, suelas, férulas, aparatos ortopédicos y prótesis.

Método de sinterizado selectivo por láser (SLS): usan un láser de alta potencia para fundir pequeñas partículas de polvo de termoplástico (Formlabs, 2024), en teoría, cualquier material que pueda ser fundido y solidificado es candidato a ser usado en uno de estos procesos, pero generalmente se usan, polímeros, metales, materiales cerámicos y los composites formados a partir de estos (Blanco, 2020).

Materiales usados

- Nylon 12: Fuerte, rígido, resistente y duradero, resistente a impactos y puede aguantar un desgaste repetido; resistente a la radiación UV, a la luz, el calor, la humedad, los disolventes, la temperatura y el agua. Aplicación en prototipado funcional, piezas de uso final y productos sanitarios.
- Nylon 11: Propiedades similares al Nylon 12 Powder, pero con una mayor flexibilidad, alargamiento de rotura y resistencia a impactos, aunque su rigidez es menor. Aplicación en prototipado funcional, piezas de uso final y productos sanitarios.
- Materiales compuestos de nylon: Los materiales de nylon reforzados con vidrio, aluminio o fibra de carbono para añadir resistencia y rigidez. Aplicación en prototipado funcional, piezas de uso final estructurales.
- Polipropileno: Dúctil y duradero, resistente a productos químicos, estanco y soldable. Aplicación en prototipado funcional, piezas de uso final y productos sanitarios
- TPU: Flexible, elástico y con tacto similar al de la goma, resistente a la deformación, alta estabilidad UV, buena absorción de impacto. Aplicación en prototipado funcional, piezas de uso final flexibles y con tacto similar a la goma, productos sanitarios.

A pesar de los avances, todavía existen desafíos relacionados con la resistencia de ciertos materiales biocompatibles bajo condiciones de estrés mecánico prolongado.

Se están investigando nuevas mezclas y tecnologías de impresión para superar estas limitaciones. Además, la integración de materiales inteligentes que respondan a estímulos externos, como la temperatura o la presión, podría revolucionar el diseño de férulas para el tratamiento del dedo en gatillo en los próximos años.

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. Síndrome del dedo en gatillo y el tratamiento con férulas.

El proyecto titulado "Diseño y fabricación de férulas con herramientas de la Industria 4.0" surge de la necesidad de innovar en el tratamiento de afecciones comunes como el síndrome del dedo en gatillo, especialmente en poblaciones vulnerables como las artesanas que realizan actividades repetitivas con sus manos. Esta condición, también conocida como tenosinovitis estenosante, se caracteriza por el engrosamiento de los tendones en los dedos, lo que genera dolor, rigidez y una movilidad limitada. El padecimiento afecta en particular a mujeres mayores de 40 años, lo cual hace urgente contar con dispositivos que puedan aliviar los síntomas de forma efectiva y a bajo costo.

Actualmente, las férulas utilizadas en el tratamiento del dedo en gatillo suelen fabricarse de manera tradicional con materiales como el termoplástico. Si bien este tipo de férulas brinda soporte y estabilidad a la articulación afectada, también presentan diversos inconvenientes. El termoplástico, aunque efectivo, no es fácilmente accesible y, en algunos casos, puede provocar reacciones alérgicas. Además, el diseño estandarizado de muchas férulas limita su efectividad, ya que no siempre se ajustan a las características anatómicas y ergonómicas de cada paciente. Por esta razón, surge la necesidad de un enfoque que permita no solo la personalización de las férulas, sino también una reducción en el tiempo y los costos de producción.

2.2.2. Implementación de férulas con tecnologías de la industria 4.0

La Industria 4.0 ha introducido herramientas y tecnologías que revolucionan los procesos de diseño y manufactura, destacándose la impresión 3D como una técnica de fabricación por adición que permite la creación de productos a medida. En el

contexto del sector salud, la impresión 3D ha demostrado ser una alternativa viable para la producción de dispositivos médicos personalizados, ya que facilita la adaptación de los productos a las necesidades específicas de cada paciente. La posibilidad de fabricar férulas ergonómicas mediante esta tecnología representa una oportunidad de innovación que puede mejorar la calidad de vida de los pacientes al tiempo que reduce los costos de producción y acelera el proceso de fabricación.

Este proyecto tiene como objetivo emplear diseño asistido por computadora (CAD) mediante el software SolidWorks y tecnología de impresión 3D para el desarrollo de férulas ergonómicas personalizadas. El proceso inicia con la recolección de datos antropométricos de los pacientes, los cuales se integran en el diseño computacional, permitiendo así ajustar cada férula a las características individuales de cada usuario. Una vez diseñado el modelo en CAD, se realizan pruebas de ajuste y funcionalidad mediante prototipos impresos en 3D. Este enfoque no solo garantiza un producto de alta precisión ergonómica, sino que también permite iteraciones rápidas y ajustes en el diseño en función del feedback recibido de los usuarios en pruebas físicas.

Los beneficios de este proyecto se extienden tanto al ámbito clínico como al industrial. En el campo de la salud, la personalización de férulas podría mejorar significativamente la efectividad del tratamiento para pacientes con dedo en gatillo, especialmente entre aquellas personas que realizan tareas manuales intensivas. Desde el punto de vista industrial, la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en la producción de dispositivos médicos no solo representa una reducción de costos y tiempos de fabricación, sino también una oportunidad para expandir la accesibilidad a tratamientos personalizados de bajo costo.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1. DIAGRAMA DE GANTT

Actividad/Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.1 Recolección de datos del paciente															
1.2 Análisis de datos y establecimiento de requisitos															
2.1 Definir características del diseño															
2.2 Bocetos iniciales y conceptos de diseño															
3.1 Diseño conceptual en Solidworks															
3.2 Diseño detallado en Solidworks															
3.3 Evaluación del diseño															
4.1 Impresión 3D de prototipos iniciales															
4.2 Pruebas físicas y ajustes con el paciente															
4.3 Recolección de feedback y ajustes finales															

3.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES

1. Establecer los requisitos del paciente:

1.1. Recolección de datos del paciente (mediciones y requisitos):

- Medir las dimensiones del dedo afectado, incluyendo longitud, diámetro en diferentes puntos (base, medio y punta del dedo) y grosor del tejido.
- Considerar la movilidad y cualquier deformidad específica que pueda afectar el diseño.

1.2. Análisis de datos y establecimiento de requisitos de diseño:

- Evaluar el nivel de comodidad necesario para el paciente, incluyendo el ajuste y la ergonomía.
- Determinar los requisitos de funcionalidad, como la rigidez necesaria para la inmovilización adecuada y la flexibilidad en áreas no críticas.

2. Especificar el diseño:

2.1. Características del diseño (formas y espesores):

- Definir las formas básicas de la férula, adaptándose a la anatomía del dedo.
- Determinar los espesores del material en diferentes áreas, asegurando un balance entre rigidez y confort.
- Considerar la ventilación y la transpirabilidad del diseño para evitar la acumulación de humedad.
- Incorporar características adicionales como cierres ajustables o elementos que permitan ajustes personalizados.

2.2. Crear bocetos iniciales y representaciones 3D básicas del diseño de la férula.

3. Modelos computacionales (Solidworks):

3.1. Diseño conceptual:

- Realizar iteraciones rápidas para explorar diferentes formas y configuraciones.

3.2. Diseño detallado:

- Desarrollar el modelo 3D completo con todos los detalles necesarios, incluyendo espesores, contornos y características específicas.
- Añadir elementos de soporte y fijación, asegurando que el diseño sea práctico y efectivo.

3.3. Evaluar el diseño:

- Evaluar la ergonomía y el ajuste mediante simulaciones virtuales, considerando los movimientos y posibles puntos de presión.

4. Prototipo

4.1. Verificación del diseño:

- Imprimir prototipos iniciales en 3D para pruebas físicas y ajustes.

4.2. Pruebas físicas y ajustes con el paciente

- Realizar pruebas con el paciente para asegurar un ajuste adecuado y comodidad.

4.3. Recoger feedback del paciente y hacer ajustes necesarios en el diseño.

- Validar la funcionalidad de la férula en condiciones reales de uso y realizar cualquier ajuste final.

CAPITULO 4.

4.1. CONCLUSIONES

El proyecto de diseño y fabricación de férulas mediante herramientas de la Industria 4.0 concluye que la implementación de tecnologías como el diseño asistido por computadora (SolidWorks) y la impresión 3D ofrece una solución innovadora, accesible y personalizada para el tratamiento del síndrome del dedo en gatillo. Estas tecnologías permiten una personalización extrema, ajustando las férulas a las necesidades específicas de cada paciente, lo que mejora significativamente su comodidad, funcionalidad y adherencia al tratamiento. Además, los materiales biocompatibles utilizados en la impresión 3D aseguran la seguridad del usuario y minimizan riesgos como reacciones alérgicas, que son comunes en materiales tradicionales como el termoplástico.

El impacto del proyecto se refleja en su contribución a la calidad de vida de los pacientes, en particular de las mujeres artesanas afectadas por esta condición. Al

ofrecer dispositivos ergonómicos y económicamente accesibles, el proyecto facilita un acceso equitativo a soluciones médicas innovadoras, reduciendo las barreras logísticas asociadas con los tratamientos convencionales

4.2. RESULTADOS

De acuerdo con las actividades mencionadas con anterioridad, de manera específica podemos mencionar que las actividades 2,3 y 4 presentan resultados y planos de prototipo que se presentaran a continuación:

2. Especificar el diseño:

En esta actividad entran la definición de las formas básicas de la férula, los espesores del material en diferentes áreas, se considerando la ventilación y la transpirabilidad del diseño para evitar la acumulación de humedad, logrando crear bocetos iniciales y representaciones 3D básicas del diseño de la férula.

3. Modelos computacionales (Solidworks):

En esta actividad entra la realización de iteraciones rápidas para explorar diferentes formas y configuraciones, el desarrollo del modelo 3D completo con todos los detalles necesarios, incluyendo espesores, contornos y características específicas, así como la evaluación de la ergonomía considerando los movimientos y posibles puntos de presión.

4. Prototipo

En esta actividad entra la parte de impresión de los prototipos iniciales en 3D para pruebas físicas y ajustes y la recolección de feedback del paciente y hacer ajustes necesarios en el diseño.

4.3. RECOMENDACIONES

Una de las principales recomendaciones es realizar estudios clínicos a mayor escala que permitan evaluar a largo plazo la eficacia y la durabilidad de las férulas fabricadas con impresión 3D. También es crucial explorar nuevos materiales avanzados, como polímeros inteligentes, que respondan a estímulos físicos o biológicos, lo que podría potenciar la funcionalidad de las férulas. Asimismo, se

sugiere fomentar la capacitación en herramientas de diseño y fabricación digital para personal médico y técnico, asegurando la correcta adopción de estas tecnologías en entornos clínicos.

Este proyecto no solo aborda una necesidad médica específica, sino que también crea un modelo replicable de innovación tecnológica aplicada al bienestar social.

4.4. EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA

Durante este proyecto con respeto a la experiencia profesional adquirida, este me permitido adquirir una combinación de habilidades técnicas, de gestión y de innovación que son fundamentales en el ámbito de la manufactura. Desde una perspectiva técnica y tecnológica, se adquirió dominio y experiencia en el diseño asistido por computadora (CAD) utilizando SolidWorks logrando explorar y conocer sobre técnicas de diseño, trucos, comandos, parámetros y detalles (ergonómicos y de diseño) que uno debe de tener en cuenta para poder realizar cualquier dibujo a computadora; en el ámbito de la innovación y desarrollo de productos, se adquirió experiencia en el prototipado y validación de diseño, mediante la fabricación de modelos físicos y la realización de pruebas físicas con usuarios ya que una vez plasmado en computadora, no siempre al primer intento sale el producto ya que se debe de realizar una evaluación de funcionalidad para poder determinar si el producto es apto o no para el usuario.

4.5. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Entre las competencias que logre desarrollar, la primer y más importante sería el Diseño Asistido por Computadora (CAD), pues se adquirió experiencia en el uso de SolidWorks para modelar férulas personalizadas, optimizando el diseño mediante herramientas de simulación y análisis de elementos finitos; también a partir del análisis de Productividad y Mejora Continua, se identificaron estrategias para reducir tiempos de producción en la parte de el diseño personalizado mediante el uso de formulas estratégicamente utilizadas para agilizar el diseño de las férulas una vez obtenido los datos de la persona.

En el proyecto consideró también aspectos relacionados con garantizar que las férulas cumplieran con criterios de calidad y seguridad, teniendo en cuenta la Gestión de la Calidad, donde se evaluaron parámetros como la resistencia, ergonomía y comodidad del diseño.

En general, con el desarrollo de este proyecto me he permitido integrar múltiples competencias fundamentales, abarcando áreas como manufactura, gestión de calidad, logística y administración de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

AMIGO, F. P. (Marzo de 2020). *Revista médica del maule (sociedad médica del centro)*. Recuperado el 24 de Octubre de 2024, de Tenosinovitis estenosante de tendones flexores de la mano: https://www.revmedmaule.cl/wp-content/uploads/2020/12/Vol34_N2_CAPITULO9.pdf

Barrera, D. R., & Herrera, D. J. (25 de Abril de 2024). *ciqa.mx*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de Impacto Social de las Tecnologías de Impresión 3D y 4D: <https://www.ciqa.mx/ImpSocTec.aspx>

Bermúdez, M. B., González, L. A., Sierra, F. J., & Ricardo, M. C. (07 de Junio de 2024). *Thieme-connect*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2024, de Preferencias para el tratamiento del dedo en gatillo del adulto: Censo a los cirujanos de mano colombianos agremiados: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0044-1787130.pdf?articleLanguage=es>

Blanco, J. B. (Julio de 2020). *uvadoc.uva.es*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de Diseño y fabricación mediante impresión 3D de una prótesis de dedo con sensor de fuerza incorporado: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42379/TFG-I-1623.pdf;jsessionid=A07C0892ED0DC00C7482A75C137F1C7A?sequence=1>

Cavazos, D. F. (14 de Febrero de 2023). *TecSalud*. Recuperado el 24 de Octubre de 2024, de Tecnología en la salud: su influencia e impacto: <https://blog.tecsalud.mx/tecnologia-en-la-salud-su-influencia-e-impacto>

Clinic, M. (21 de Marzo de 2023). *Mayo Clinic*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2024, de Dedo en Gatillo: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/trigger-finger/diagnosis-treatment/drc-20365148>

Duffo, G. (2011). *inet.edu.ar*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de DVD 3 - Biomateriales: <https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/biometales.pdf>

Formlabs. (2024). *formlabs.com*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades:

https://formlabs.com/latam/blog/materiales-impresion-3d/?srsltid=AfmBOoq9LhC2j0BbzCkhjMEoS_juy78fF3xD_0wBqRzCS2E1wHy9JbU7

Juárez, Á. A., Meza, A. O., Solís, C. L., Soria, V. H., Bermúdez, P. S., Ahedo, C. S., . . . León, J. C.-P. (Noviembre-Diciembre de 2018). *scielo.org.mx*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina.: <https://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v61n6/2448-4865-facmed-61-06-43.pdf>

Leversedge, D. F., & Rohde, R. S. (Agosto de 2019). *orthoinfo.aaos.org*. Recuperado el 2024 de Noviembre de 2024, de Dedo en gatillo (Trigger Finger): <https://orthoinfo.aaos.org/es/diseases--conditions/dedo-en-gatillo-trigger-finger/#:~:text=Puede%20ser%20C3%BAtil%20usar%20una,movimiento%20en%20el%20dedo%20afectado.>

Moreno, D. A. (Marzo de 2008). *Scielo*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2024, de TENOSINOVITIS ESTENOSANTE DEL TENDÓN FLEXOR (DEDO EN RESORTE): <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v25n1/art7.pdf?>

Renedo, G. (13 de Abril de 2024). *Clínica Médica García Renedo*. Recuperado el 24 de Octubre de 2024, de MedRegen: Actualidad en Dolor Articular, Traumatología y Medicina Regenerativa: <https://traumatologiagarciarenedo.com/pulgar-en-resorte-sintomas-causas-y-tratamiento/>

Systemes, D. (20 de Febrero de 2023). *3DEXPERIENCE Make*. Recuperado el 24 de Octubre de 2024, de Impresión médica en 3D: <https://www.3ds.com/es/make/solutions/industries/medical-3d-printing>

Systems, 3. (2024). *es.3dsystems.com*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de estereolitografía: <https://es.3dsystems.com/stereolithography>

Toledo, J. R. (03 de Abril de 2020). *diposit.ub.edu*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de Impresión 3D en el campo de la medicina: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/157638/1/676796.pdf>