



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD **AUTÓNOMA DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA
COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“Fabricación de ortesis por impresión 3D para mejorar la motricidad fina en niños durante la primera infancia”

TESIS

PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIATURA EN:
INGENIERO MECÁNICO Y ELÉCTRICO

PRESENTA:

CITLALLI TORRES FLORES

DIRECTOR DE LA TESIS:
Dr. FILIBERTO CANDIA GARCÍA

CO DIRECTOR DE LA TESIS:
Dr. ROBERTO CARLOS AMBROSIO LÁZARO

Puebla, Pue.

Noviembre 2024

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Presente.

El que suscribe: Dr. Filiberto Candia García, director del tema de tesis:

“FABRICACIÓN DE ORTESIS POR IMPRESIÓN 3D PARA MEJORAR LA MOTRICIDAD FINA EN NIÑOS DURANTE LA PRIMERA INFANCIA”

Presentada por la C. Citlalli Torres Flores -201832965-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/1976/2024 con fecha de emisión 08 de noviembre de 2024, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
“Pensar bien, para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a de 12 de noviembre de 2024



Dr. Filiberto Candia García
Director de Tema

D'FCG/BARV
C.c.p. Archivo

Agradecimientos

Quisiera comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis Dr. Filiberto Candia por guiarme en este proyecto, brindándome su apoyo, tiempo, experiencia y conocimientos en la elaboración de este trabajo de investigación.

A mi familia, especialmente mis padres, les agradezco su apoyo constante, su fe en mí y su amor incondicional, lo que permitió llegar hasta el final de mi carrera profesional.

A la universidad, le agradezco por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. Y finalmente, agradezco a todas las personas y compañeros que participaron en esta investigación sobre la recopilación de datos y en ser parte del proceso de desarrollo de la ortesis. A todos, muchísimas gracias por su apoyo y paciencia durante todo este camino.

Índice

Resumen	6
Capítulo I.- Protocolo de Investigación	7
Contextualización	7
Consideraciones generales	8
Planteamiento del problema.....	11
Justificación	11
Objetivos	11
Hipótesis	12
Variables	12
Capítulo II.- Marco de Referencia.....	13
Revisión de la literatura	13
Capítulo III.- Marco Metodológico	19
Diseño del experimento	23
Capitulo IV.- Diseño de la ortesis	51
Primer momento de diseño	51
Segundo momento de diseño	59
Tercer momento del diseño.....	62
Cuarto momento de diseño	65
Capitulo V.- Diseño del dispositivo háptico.....	101
Desarrollo de la aplicación	101
Discusión	104
Resultados	115
Trabajo futuro	147
Conclusiones.....	148
Bibliografía.....	149

Resumen

Introducción. El presente trabajo es una síntesis del proceso de diseño, fabricación, pruebas y validación de un prototipo funcional de ortesis de mano para mejorar la motricidad fina en niños que se encuentran en la primera infancia. **Problemática.** Diversas publicaciones refieren un limitado desarrollo en la motricidad fina de los niños para realizar actividades formales de escritura, entre los factores que afectan a los niños se encuentran; el bajo dominio de la dinámica corporal, la limitada exploración y ajuste del espacio de trabajo, limitado control postural, escaso dominio de la atención, entre otros. La propuesta de este trabajo busca minimizar el efecto negativo de los factores que limitan el desarrollo de la motricidad fina, con el apoyo de un dispositivo de ortesis rígida para mano impresa en 3D. **Objetivo.** Este trabajo muestra como fabricar un prototipo de ortesis funcional de apoyo al desarrollo de la motricidad fina para niños en su primera infancia, que mejora y facilita las tareas y ejercicios de garabateo, trazo y dibujo que anteceden a la escritura formal. **Metodología.** El desarrollo de la fabricación del prototipo utiliza la metodología de diseño en dos dimensiones mediante la tecnología CAD/CAM/CAE y la tecnología de modelado por deposición fundida (impresión 3D). Con apoyo del método científico inductivo, se diseñó un experimento que consiste en observar la ejecución de tareas de garabateo, trazo y dibujo de un niño en la primera infancia con y sin ortesis de apoyo, para mediante listas de cotejo recoger los datos que se comparan mediante criterios de estimación de mejora para determinar el grado de dominio motriz adquirido con apoyo de la ortesis. **Desarrollo.** La fabricación de la ortesis se llevó a cabo inicialmente con una investigación documental que refiere las técnicas para reproducir virtualmente una ortesis de mano, seleccionada la estrategia de diseño, se configuró un modelo CAD parametrizado, de manera paralela se realizó la selección de materiales, posteriormente se ejecutó la impresión 3D en dos dimensiones y mediante termoformado básico se configuró una prótesis tridimensional, se finalizó con la observación de las pruebas de funcionalidad y confort, que verificaron la mejora de las actividades de garabateo, trazo y dibujo, previas a la escritura formal. **Resultados.** En la comparativa del uso por un niño de la ortesis de mano impresa en 3D para realizar actividades de garabateo, trazo y dibujo ha sido evaluado como favorable de acuerdo con los criterios de la lista de cotejo diseñada para observar la mejora de la precisión y rapidez de los ejercicios durante la reproducción gráfica. **Conclusiones.** Se concluye que al diseñar prototipos de ortesis de mano como apoyo de las actividades de garabateo, trazo y dibujo se fomenta la mejora de la motricidad fina en los niños durante la primera infancia, que se observa en la mejora de la precisión y rapidez de ejercitaciones gráficas y disminución en el empleo de sujeciones de pinza inadecuadas.

Capítulo I.- Protocolo de Investigación

Contextualización

Se ha considerado contextualizar el desarrollo de la motricidad fina durante la primera infancia debido a que en esta etapa es el momento en el cual la estimulación temprana constituye un factor determinante del desarrollo académico de los individuos. Se considera así por una serie de factores que se implican como: el acelerado crecimiento, el desarrollo de los sistemas sensoriales del sistema osteomioarticular (la flexibilidad de los músculos y tendones, la calcificación de los huesos, presentándose en la mano diferentes etapas de maduración), entre otros factores de origen psicológico y cognitivo. El presente trabajo considera al igual que otros autores que la finalidad de la motricidad fina es adquirir destrezas y habilidades en los movimientos de las manos y dedos. Que permiten un alto dominio de la pinza de sujeción, así como de una mejor coordinación óculo manual (Almeida, 2015, p.48), mencionado en (Cabrera, El desarrollo de la motricidad fina en los niños y niñas del grado preescolar., 2019, 26 de marzo). En cuanto a la primera infancia Alvarado (2020) también menciona que se considera que en esta edad los ambientes estimulantes propician aprendizajes significativos desarrollando acciones cognitivas, sensoriales y afectivas que influyen en la parte intelectual, las relaciones sociales y el desarrollo biopsicosocial.

Al hablar de motricidad fina es necesario abordar el correcto desarrollo y fortalecimiento de la pinza de agarre del lápiz, debido a que se considera el referente indispensable en la ejecución de los movimientos relacionados con las manos y dedos. Relacionando en todo momento el dominio y selección entre los grandes y pequeños movimientos de la mano y muñeca, así como de una mejor coordinación óculo manual (Alsina, 2010), mencionado en (Alvarado, 2020).

Para establecer los criterios de observación de mejora se identificó que entre las tareas o actividades que favorecen el dominio y apropiación de la motricidad fina se incluyen: la preescritura, las seriaciones, los laberintos, las cenefas, el calcar, colorear, la pintura, la escritura, entre otras. Además, de la organización perceptiva del espacio temporal, el conocimiento y dinámica del esquema corporal, la exploración y ajuste en el espacio, el desarrollo de la orientación en el tiempo, el control postural, el dominio de la atención y el

desarrollo sensorial, que integran las percepciones plurisensoriales y las relaciones viso acústicas.

La mejora de la motricidad fina que configura las listas de cotejo para la recogida de datos, se observa cuando se utilizan de manera consiente los músculos finos del cuerpo, los dedos y las manos, en conjunto con la percepción visual y auditiva que fortalecen una regulación tónico postural general, que permite el dominio de la organización espaciotemporal y con ello codificar y decodificar los garabatos, trazos y los dibujos (Ramírez, Gutiérrez, León, & Vargas, 2017, 01 de marzo).

Consideraciones generales

Para determinar de manera pertinente el tema de investigación y mantener un eje guía al transitar entre los ámbitos de la salud y la tecnología se analizó la temática de desarrollo tecnológico desde dos perspectivas a través de las preguntas generales de investigación que formalizo el título del trabajo de tesis como:

Fabricación de ortesis por impresión 3D + para mejorar la motricidad fina + en niños +
durante la primera infancia

El siguiente apartado expone las preguntas generales de investigación desde la perspectiva del área de la salud teniendo como eje la motricidad fina:

- ¿Qué? - ¿Qué es la motricidad fina?

Es el pertinente manejo y uso fisiológico de los músculos, de la respuesta nerviosa, y la relación entre los sentidos.

- ¿Cuándo? - ¿Cuándo se mejora la motricidad fina?

Al estimular las condiciones fisiológicas de un individuo en su primera infancia.

- ¿Cómo? - ¿Cómo se desarrolla la motricidad fina?

Mediante la repetición de ejercicios y procedimientos de la motricidad del cuerpo humano.

- ¿Quién? - ¿Quién diseña estrategias o técnicas para desarrollar motricidad fina?

Los terapeutas que estudian los problemas de desarrollo movilidad funcional de los individuos durante la primera infancia.

- ¿Dónde? – ¿Dónde se ejecutan o aplican las técnicas de mejora de la motricidad fina?

Dónde sea necesario motivar el desarrollo motriz de los niños, como lo son: Las clínicas infantiles, las ludotecas, los centros infantiles y las casas habitación.

- ¿Por qué? - ¿Por qué mejor la motricidad fina?

Para sistematizar el proceso de la escritura manual en los niños.

- ¿Cuál? - ¿Cuál dispositivo permite mejorar la motricidad fina?

Las prótesis de mano removibles impresas en 3D.

- ¿Cuánto/a/os/as? - ¿Cuántas estrategias permiten mejorar la motricidad fina?

La integración de las habituales de terapia para desarrollar motricidad fina, en conjunto con una ortesis removible, potencializan los resultados de la terapia física acelerando el dominio sobre el cuerpo de los individuos.

La perspectiva del área del desarrollo tecnológico se abordó a través de las siguientes preguntas generales de investigación teniendo como eje la tecnología CAD/CAM/CAE:

TEMA PRINCIPAL PROTESIS

- ¿Qué? - ¿Qué es una prótesis de mano impresa en 3D?

Dispositivo rígido que mantiene en una posición fija la configuración de la mano y dedos para realizar ejercicios de escritura.

- ¿Cuándo? - ¿Cuándo se fabrica una prótesis de mano impresa en 3D?

Al observar bajo desarrollo de la motricidad fina en los niños durante la primera infancia.

Al estimular las condiciones fisiológicas de un individuo en su primera infancia.

- ¿Cómo? - ¿Cómo se fabrica una prótesis impresa en 3D?

Mediante la tecnología CAD/CAM/CAE que permite; conceptualizar de manera gráfica un modelo de prótesis plana, simular los procesos de manufactura aditiva e identificar las zonas de mayor esfuerzo y por consiguiente de agotamiento.

- ¿Quién? - ¿Quién diseña las prótesis de mano mediante tecnología CAD/CAM/CAE?

Los ingenieros mecánicos con experiencia en el diseño e innovación de nuevos productos.

- ¿Dónde? – ¿Dónde se imprimen las prótesis de mano mediante tecnología aditiva?

En departamentos de innovación y diseño de nuevos productos, laboratorios de impresión 3D, tanto de las IES o de la iniciativa privada.

- ¿Por qué? - ¿Por qué fabricar prótesis de mano removible para mejorar la motricidad fina?

Debido a que las técnicas de terapia física son manuales y mecánicas con alto grado de repetición, siendo un proceso de gran agotamiento, tanto para el terapeuta como para el paciente.

- ¿Cuál? - ¿Cuál material es el adecuado o de mayor pertinencia para imprimir la prótesis plana en 3D y mediante termoformado espacial adaptarlo de manera individualizada a la mano del sujeto?

El PLA es el material seleccionado debido a que cambia de forma (plana a espacial) con la temperatura sin deformar la parametrización base o inicial.

- ¿Cuánto/a/os/as? - ¿Cuántas técnicas se pueden sistematizar con el empleo de la prótesis de mano impresa en 3D?

La terapia física que tiene como base las técnicas grafo-plásticas.

A través del análisis de ambas perspectivas se determinó que el desarrollo tecnológico es el eje principal que guía este trabajo de beneficio social y apoyo al sector educativo a través de la solución de problemáticas del área de la salud.

Planteamiento del problema

El desarrollo de la motricidad fina en la primera infancia constituye un reto para los padres y los educadores, debido a la basta variedad de factores adversos que convergen en contra del dominio de la habilidad y la pericia que los niños requieren desarrollar para adquirir la competencia de la escritura formal, sobre todo cuando la presencialidad se ve restringida por eventos imprevistos como la pandemia COVID 19, generando una mayor demanda de profesionistas de la terapia física que prestan sus servicios de manera particular e individual.

Justificación

Desarrollar y fabricar una ortesis de apoyo para el desarrollo en la motricidad fina de niños en la primera infancia, se justifica porque contribuir con elementos, dispositivos o técnicas que favorezcan la estimulación ojo-mano. Siendo relevante que se desarrolle en la mano la flexibilidad de los músculos, tendones y la calcificación de los huesos. A los físicos se suma la necesidad para establecer conexiones nerviosas temporales (sinaptogénesis) y el proceso de mielogénesis, procesos que constituyen la base fisiológica de las formaciones cognitivas que permiten organizar condiciones y características personales para el aprendizaje (Almeida, 2015, p.48), comentado en (Cabrera, El desarrollo de la motricidad fina en los niños y niñas del grado preescolar., 2019, 26 de marzo).

Objetivos

Objetivo general

Fabricar un prototipo de ortesis funcional de apoyo al desarrollo de la motricidad fina para niños en su primera infancia, que mejore y facilite las actividades y ejercicios de garabateo, trazo y dibujo que promueven el dominio de la escritura formal.

Objetivos específicos del proyecto

- Esquematizar el CAD parametrizado de la ortesis de mano, para el diseño sistematizado de la misma en diferentes tallas.
- Definir las técnicas de fabricación de ortesis de mano por impresión 3D, para la creación de un dispositivo funcional que mejora las actividades de la escritura.

- Sintetizar las actividades de garabateo, trazo y dibujo de mayor incidencia en la mejora de la de motricidad fina en los niños durante su primera infancia.

Hipótesis

Si, se fabrica mediante impresión 3D una ortesis de mano personalizada como apoyo a los procesos de garabateo, trazo o dibujo, que promueven la motricidad fina para la escritura en niños que se encuentran en la primera infancia. Entonces se promueve una mejora significativa en cuanto a la precisión y rapidez de los ejercicios de las técnicas grafo-plásticas que ayudan a preparar los músculos finos de los dedos y manos, junto con la percepción mano-ojo.

Variables

La variable dependiente

- Técnicas grafo-plásticas (garabateo, trazo y dibujo) para el desarrollo de la motricidad fina.

La variable independiente

- Ortesis de mano personalizada mediante un CAD parametrizado e impreso en 3D.

UNIDAD DE ANÁLISIS	Ortesis de mano personalizada mediante un CAD parametrizado y la impresión 3D.	Técnicas de garabateo, trazo y dibujo para el desarrollo de la motricidad fina
TIPO DE VARIABLE	ORDINAL	ORDINAL
ELEMENTOS LÓGICOS	Cuanto mejor es el diseño...	Tanto mayor es la...
VARIABLES	Independiente Personalizado de las ortesis de mano	Dependiente Eficiencia de los ejercicios grafo-plásticos para el desarrollo de la motricidad fina

Tabla 1. Cuadro sintético de la relación entre variables.

Capítulo II.- Marco de Referencia

Revisión de la literatura

Durante la revisión bibliográfica se inició el proceso mediante la consulta de fuentes formales como: el Diccionario de la Real Academia española que proporciono la definición general y específica de los términos a utilizar entre los que se encuentran prótesis, ortesis, y férula.

Identificando que el desarrollo tecnológico propuesto se define como una ortesis debido a que es un dispositivo que sirve para mejorar la función disminuida de un individuo (Real Academia Española, 2021). Posteriormente se consultó un diccionario específico del área de la salud editado por la Universidad de Navarra y en él se definen los términos de prótesis y férula resaltando que la férula se emplea para inmovilizar una parte del cuerpo fracturado, luxado o paralítico y que conviene mantener en reposo, en buena posición o en descarga, como es el caso de enfermedades articulares inflamatorias, parálisis, luxación o fracturas (Clínica Universidad de Navarra, 2021).

Asimismo, en el Diccionario de la Real Academia de Medicina de España (2021) se menciona que la prótesis es una pieza o aparato artificial implantado en un organismo para sustituir un segmento anatómico, de un órgano o una parte de un órgano en los individuos.

Al analizar las definiciones de los términos ortesis, prótesis y férula, definidas formalmente en las anteriores fuentes mencionadas se precisa que el desarrollo tecnológico a diseñar es una ortesis como medio de apoyo para mejorar la motricidad fina en niños durante la etapa de su primera infancia.

Uno de los antecedentes en cuanto a la metodología del diseño plano (dos dimensiones) de una ortesis se encuentra en (Rodríguez A. E., y otros, 2021), que entre otros aportes propone el uso de una materia prima polimérica reciclada (PET reciclado), que es utilizada para la elaboración de nuevos productos mediante la tecnología de fabricación aditiva por deposición fundida (FDM por sus siglas en inglés). En el presente trabajo se ha identificado que el material polimérico comercial conocido como ácido poliláctico o poliacido láctico (PLA, por sus siglas en inglés) que por sus características físicas (tabla 2.1) puede ser utilizado para el trabajo de impresión 3D y posteriormente ser sometida para su configuración final por un proceso de termoformado. Por lo anterior el diseño ha priorizado en los trabajos

a desarrollar un procedimiento de dibujo en dos dimensiones basado en la tecnología CAD que no utiliza el escaneo 3D, que es de uso común para determinar las dimensiones tridimensionales de un prototipo de ortesis, prótesis o férula. En el trabajo de Rodríguez (2021) se presenta el diseño en el plano de una férula, la cual, es simple, tanto en su CAD como en su impresión en 3D (debido a que ocupa el plano XY) y por medio de un proceso de termoformado permite el ajuste preciso a la mano de la persona. Este procedimiento ha sido la base del CAD parametrizado que se propone como una alternativa para diseñar ortesis individuales personalizadas, producto que se ha considerado de uso limitado o exclusivo a personas con altos recursos económicos.

En cuanto a las características del material a utilizar se justifica la selección del PLA sobre otros materiales de mayor durabilidad, resistencia, dureza, elasticidad y rigidez, como la fibra de carbono. Debido a que en (Rengifo, 2019) y (Moncada, 2019), se describen procesos de alto costo y manejo complejo para su impresión empleando equipos de alto costo como el PRO2 RAISE 3D o ULTIMAKER, que superan tecnológicamente en gran medida a las versiones económicas de impresoras, como: Anet A8, Creality 3D, Prusa, entre otras. Equipos que se utilizan en mayor medida por la amplia población de académicos de las instituciones de educación superior tanto públicas como privadas.

Con respecto al uso de material PLA en Moncada (2019), al igual que en (Pabón & Ramón, 2020, 3 agosto) y en (García-León & Argotta-Hernandez, 2020), se presentan diversas coincidencias en las propiedades mecánicas de los materiales como el PLA, ABS y PET. Información que ha permitido cotejar la información proporcionada por diversos fabricantes, encontrando pequeñas variaciones en los datos de su Módulo de tracción (MPa), su Límite elástico a la tracción (MPa) y su Elongación máxima a la tracción (%). Caracterización que permite utilizar los datos proporcionados por el fabricante sin variaciones significativas en las dimensiones, forma y acabado del modelo de ortesis propuesto.

Propiedad	PET	PLA
Módulo de tracción (MPa)	2213 ± 82	3309
Límite elástico a la tracción (MPa)	50 ± 3	55-72
Elongación máxima a la tracción (%)	5 ± 1	3-6

Tabla 2.1. Comparativa material PET y material PLA.

Por otro lado, la investigación sobre el tema “motricidad fina” fue realizada mediante la consulta de documentos de investigación y artículos que presentan resultados verificables a través de la ejecución de pruebas mediante actividades, tareas y ejercicios. En los documentos de investigación de (Alvarado, 2020), (Poma, 2018) y (Ramírez, Gutiérrez, León, & Vargas, 2017, 01 de marzo), se mencionan de manera relevante el empleo de las técnicas grafo-plásticas como elementos de influencia para el desarrollo de la motricidad fina. Que permitieron identificar los factores que dan origen a los problemas que detonan un bajo desarrollo en la motricidad fina durante la etapa de la primera infancia. Asimismo, se abordan desde diversas perspectivas el uso de las técnicas grafo plásticas, que son consideradas una solución confiable, debido a que fortalecen y mejora la psicomotricidad del niño durante la primera infancia.

En el estudio con niños de preescolar (Cabrera, El desarrollo de la motricidad fina en los niños y niñas del grado preescolar., 2019, 26 de marzo), se identificaron 3 dimensiones delimitadoras que el autor propone para realizar el desarrollo de la investigación, es decir, se determinaron las pruebas (tareas, actividades y ejercicios) que permiten conocer el grado de cumplimiento del nuevo producto con respecto al objetivo. Algunos ejemplos de estas dimensiones son: la utilización correcta de instrumentos, calidad en el trazo y la solución de las tareas. Asimismo, en los documentos de investigación, se identificó y correlaciono el uso o empleo de estas dimensiones en la determinación de los criterios de la evaluación por observación.

Para la selección de las técnicas, instrumentos y herramientas de recogida de datos y su análisis. En el trabajo de (Corredor, 2021), se resalta el uso del garabateo entre las técnicas grafo-plásticas, coincidiendo con la opinión del autor, respecto a que las estrategias y técnicas grafo-plásticas al igual que el garabateo, el trazo y el dibujo son elementos relevantes para diseñar los criterios de observación de las listas de cotejo que evalúan el desempeño del

nuevo producto. Asimismo, (Esteban, s.f.), prioriza la definición de uso de los diferentes tipos de pinza, trabajo que ha permitido seleccionar el agarre de Prensión Tridigital Agarre Trípode del Lápiz) como el tipo de pinza a utilizar teniendo en cuenta la edad del niño (4 a 6 años) que se encuentra dentro del rango de la primera infancia. Siendo coherente con el objetivo general del proyecto que implica la fabricación de una ortesis como apoyo para mejorar la motricidad fina, meta que incluye aspectos físicos como la sujeción o agarre del lápiz.

En cuanto a la factibilidad del uso de ortesis como dispositivos de apoyo para mejorar la pinza de sujeción (Vásquez, Orozco, Arango, & Reyes, 2021) y (Vargas, Yunga, & Cajamarca, 2015), han desarrollado propuestas de prótesis u ortesis automatizadas que ayudan a mover la mano completamente, estos trabajos presentan alternativas viables para sustentar trabajos futuros en beneficio de mejorar el diseño y funcionalidad de la ortesis empleando tecnología mecatrónica, que formaliza el estudio de la biomecánica de la mano y la enfatiza la dinámica para el fortalecimiento de los dedos.

Otra perspectiva de mejora y trabajo futuro en esta propuesta tecnológica se apoya en los resultados presentados por (Casallas & Gómez, 2019), quien considera y expone una variedad de tareas a realizar por los infantes que demandan dispositivos alternos a la ortesis de trazado y dibujo, ya sea para; cortar, pegar, rasgar, doblar, entre otras. Expectativa que genera una amplia diversidad de aplicaciones del diseño mecánico de las prótesis, férulas u ortesis, para complementar las terapias de rehabilitación dentro del área de la salud. Del mismo modo (Ocello, 2015) y (Cali, 2019), se presentan modelos, casos de estudio y perspectivas futuras sobre el uso de las prótesis y ortesis impresas mediante la tecnología 3D, como una alternativa a futuro que contribuye al desarrollo de herramientas para el tratamiento integral de las personas con discapacidad y facilitan el logro de su funcionalidad y desempeño ocupacional. Al mismo tiempo que expresan en sus resultados que la rehabilitación integral es un proceso educativo, formativo y social que deben atenderse por equipos multidisciplinarios que interactúan en el diseño y fabricación de nuevos productos que mejoran la calidad de vida social y ocupacional.

Para el desarrollo de la ortesis por impresión en 3D, se ha determinado el uso de un software CAD para su diseño y producción, teniendo en cuenta algunos antecedentes que proponen un amplio panorama de opciones de fabricación de la misma y su repercusión en el entorno médico, como **Fuente especificada no válida.**, que analiza si la opción de la impresión 3D en el área médica es adecuada para optimizar la fabricación de ortesis y férulas de extremidades específicas en el paciente.

Fuente especificada no válida. propone a través de la ingeniería inversa, la realización de una ortesis de mano personalizada, este caso es similar a **Fuente especificada no válida.**, que también describe un sistema de personalización, con la diferencia de que, su objeto de estudio son las férulas impresas en 3D y utiliza la herramienta de modelado programable junto con un software CAD, para obtener una impresión eficiente y libres de defectos en el modelo anatómico.

Por otro lado, **Fuente especificada no válida.**, plantea una nueva solución en la impresión 3D personalizada, el cual, es la producción de formas planas que por medio del termoformado de adaptan a la mano del paciente. Otra opción, la ofrece **Fuente especificada no válida.**, en que implementan y revisan las fases de producción de una ortesis de mano dentro del proceso RE/RP tipo industrial, usando una nueva óptica escáner 3D y soluciones de alineación de escaneo deformable.

Sin embargo, **Fuente especificada no válida.** examina los desafíos de estas tecnologías en el entorno clínico y presenta una solución que apoye la viabilidad de la impresión 3D de una férula personalizada en los pacientes.

(Escobar & Vivas, 2018, agosto) ofrece un enfoque favorable a estas tecnologías, añadiendo un nuevo termino a la investigación denominado sistemas hápticos, en el que demuestra su gran potencial e impacto en los años venideros, centrándose en los dispositivos hápticos de tipo cinestésico, los cuales proporciona sensaciones a los brazos, dedos y manos por medio de exoesqueletos o interactuadores puntuales. Estos últimos, establecen una comunicación entre el usuario y el entorno virtual, por medio de un dispositivo intermedio en donde se involucra la mano y los dedos, lo que propicia una sensación real ya que dichos músculos están involucrados. Los sistemas hápticos son beneficioso dentro del área del aprendizaje, ya

que el estudiante experimenta por medio de simulaciones estados realistas. (Pérez & Santís, 2016, julio-diciembre.) apoya esta postura mencionando que los sistemas actúan sobre los aspectos activos del tacto, en el que ocurre un intercambio de fuerzas entre el usuario y el ambiente virtual, el cual se aprovecha en procesos de rehabilitación.

En (Culque, Llerena, & Viscaino, 2022, Abril.) destaca la importancia de las TICS (herramientas digitales) en la enseñanza, ya que, dentro de esta las interfaces hápticas conforman un área de investigación notable, facilitando la interacción entre hombre-maquina.

Este tipo de interacción es natural debido al contexto que nos rodea, como lo explica (Hernando, 2019), que desde la década de los 60 los medios electrónicos se definirían por el sentido del tacto, por lo que las manos se convirtieron en un elemento clave dentro de la comunicación. Sin embargo, estos medios también deben relacionar otros sentidos, tal como lo menciona (Vásquez D. , 2018) en el que se estudia el efecto de estrategias didácticas para mejorar la motricidad de los infantes evaluando por medio de 3 dimensiones: sostener, manipular y la coordinación ojo-mano.

Otros estudios como (Delgado, Samada, & Zambrano, 2022, Julio-Septiembre) y (Sevilla, 2017) consideran que el fortalecimiento de la pinza tipo trípode en la escritura involucra los sentidos del tacto y la vista, lo que puede ayudar al infante a mantener una escritura correcta y una presión adecuada, al igual que una posición correcta de los dedos, la muñeca y antebrazo.

Capítulo III.- Marco Metodológico

Título: Dispositivo para el desarrollo de la motricidad fina en la primera infancia

1. Inicio
 - Definición de términos y uso (fractura, esguinces, corregir postura) de:
 - Ortesis
 - Prótesis
 - Férula
 - Propiedades mecánicas de los materiales de impresión 3D
 - PLA
 - ABS
 - PET
2. Identificar la problemática: baja capacidad de motricidad fina en la primera infancia para la escritura.
 - Se definen las estrategias para el desarrollo de la motricidad fina que se pueden implementar con una prótesis o férula. Para ello se investigan mínimo 3 artículos científicos sobre: Las estrategias de atención para el desarrollo de la motricidad fina en la primera infancia.
3. Intención: Aportar un desarrollo tecnológico (prototipo funcional CAD/CAM/CAE) a la educación de la técnica de la escritura.
 - Identificar los desarrollos actuales (prototipos y productos) en páginas web y de fabricantes sobre el desarrollo de la motricidad fina.
 - Diseño de instrumento de medición (adaptación por impresión 3D de un vernier)
4. Revisión de la bibliografía (estado del arte).
 - Búsqueda de artículos sobre el desarrollo de los procesos de fabricación para los dispositivos para la mejora de la motricidad fina.
5. Seleccionar la alternativa con mayor apego al método científico.
 - Criterios: Motivacional para el niño, facilidad de uso, comodidad durante al usarlo, diseño simple, fabricado mediante impresión 3D, material de bajo costo, rápido proceso de fabricación.
6. Listamos las actividades a realizar (Toma de medidas del paciente, Adaptación de diseño de ortesis, Fabricación FFF, Termoformado).
 - Determinar las medidas y tolerancias de diseño
 - Dibujar en CAD el modelo del dispositivo.
 - Generar el archivo STL.
 - Simular la impresión 3D.
 - Autorizar la impresión 3D.
 - Inspeccionar el diseño del producto.
7. Preparar los insumos y los medios tecnológicos.
 - Seleccionar

- Cuantificar
 - Cotizar
 - Elaborar presupuesto
8. Determinar la capacitación requerida.
 - Manejo del software NX Siemens
 - Manejo y uso de impresoras 3D
 - Dispositivos y técnicas de medición y manejo de equipo y maquinaria de banco.
 9. Desarrollo del producto.
 - Vigilar la impresión 3D
 - Ajustar los parámetros de impresión
 - Determinar la calidad de la impresión
 10. Verificar el diseño (funcionalidad, realizar ajustes de fijación y operatividad).
 - Con apoyo del sujeto de prueba (persona que proporcione las medidas):
 - Poner el dispositivo en el brazo y mano indicados.
 - Preguntar sobre la comodidad al usar el dispositivo.
 - Registrar las respuestas del sujeto prueba.
 - Realizar los ajustes requeridos en el diseño inicial.
 11. Toma de decisiones:
(Realizar solo ajustes) **Pasa al paso 12**

(Realizar los ajustes no es suficiente, es necesario cambiar por completo el diseño de la adaptación de diseño de ortesis) **No pasa: regresa a paso 6**
 12. Realizar pruebas comparativas en individuos de estudio (rapidez de escritura, control de forma, confort, satisfacción del niño).
 - Se determina un individuo de prueba.
 - Solicitar y registrar una prueba de escritura sin dispositivo.
 - Solicitar y registrar una prueba de escritura con dispositivo.
 - Comparar ambas pruebas mediante una lista de cotejo.
 - Observar de manera continua y permanente la actitud del sujeto de prueba (de ser posible tomar fotos y video).
 13. Toma de decisiones:
Pasa al paso 14

No pasa: regresa a paso 4
 14. Se realiza un análisis comparativo de la efectividad del producto.
 - Se deberán observar mejoras en la escritura con apoyo del dispositivo en cuanto a: rapidez de escritura, control de forma, confort, satisfacción del niño.
 15. Toma de decisiones

Favorable, pasa al paso 16

No favorable: regresa a paso 10

16. Se realiza solicitud de derechos de diseño industrial.
 - Participando en el programa de apoyo de registro de solicitudes de patente y propiedad industrial de la BUAP.
17. Presentación en foro tecnológico (artículo y conferencia).
 - Determinar la convocatoria vigente para presentar el desarrollo del dispositivo.
18. Se difunde para búsqueda de patrocinadores.
 - Participar en foros emprendedores de la BUAP.

19. Elaboración de un dispositivo háptico:

Intención: Aportar un desarrollo tecnológico (dispositivo háptico) integrando la ortesis en la rehabilitación de la motricidad fina.

- Identificar los desarrollos en el área de los dispositivos hápticos en artículos de investigación o páginas web.
 - Diseño de un sistema de evaluación por medio de parámetros los cuales muestran un determinado resultado.
20. Revisión de bibliografía (estado del arte):
 - Búsqueda de artículos sobre los avances y dispositivos hápticos en el área de la salud y educación para la mejora de la motricidad fina.
 - Búsqueda de software cuyas herramientas permitan la programación de una app.
 21. Seleccionar la alternativa con mayor apego al método científico bajo los siguientes criterios:
 - Interfaz con un diseño simple, comodidad durante su uso, fabricación en 2D parametrizado mediante impresión 3D, proceso rápido de fabricación, capacitación a un asistente, garabateo mediante un reconocimiento táctil, bajo costo, fácil de usar.
 22. Lista de actividades a realizar:
 - Determinar las medidas principales y tolerancias de diseño.
 - Dibujar en CAD el modelo 2D y parametrizarlo, teniendo en cuenta futuras modificaciones debido al uso de un dispositivo táctil.
 - Programación de la app, con los criterios y parámetros a considerar.
 - Generar el archivo STL y simular la impresión 3D.
 - Autorizar la impresión 3D.
 - Inspeccionar el diseño del producto.
 - Investigar aplicaciones de dibujo para realizar el garabateo por medio del dispositivo táctil.
 23. Preparar insumos y medios tecnológicos:
 - Seleccionar
 - Cuantificar

- Cotizar
 - Elaborar presupuesto
24. Determinar la capacidad requerida:
- Manejo del software NX Siemens.
 - Manejo y uso de impresoras 3D.
 - Dispositivos y técnicas de medición
 - Manejo de equipo y maquinaria de banco.
 - Manejo y uso de laptop/computadora.
 - Manejo y uso de dispositivos de reconocimiento táctil (Tablet).
25. Desarrollo del producto:
- Vigilar la impresión 3D.
 - Ajustar parámetros de impresión.
 - Determinar la calidad de la impresión.
 - Programación de la App.
 - Conexión entre el dispositivo táctil y la computadora.
 - Selección de la aplicación de dibujo para realizar el garabateo por medio del dispositivo táctil.
26. Verificar el diseño (Dispositivo háptico funcional, así como los ajustes de fijación y operatividad en la ortesis)
- Con apoyo del sujeto de prueba:
 - Conectar el dispositivo táctil a la computadora y abrir la aplicación.
 - Colocar el ejercicio sobre el dispositivo táctil.
 - Poner el dispositivo en el brazo y mano indicados.
 - Preguntar sobre la comodidad y presión al usar el dispositivo.
 - Registrar las respuestas de los sujetos de prueba.
 - Realizar los ajustes requeridos en el diseño inicial.
27. Toma de decisiones:
 (Realizar solo ajustes) **Pasa al paso 28**
 (Realizar los ajustes no es suficiente, es necesario cambiar por completo el diseño y constitución del dispositivo háptico) **No pasa: regresa a paso 22**
28. Realizar las pruebas comparativas en otros individuos de estudio:
- Se determina un individuo de prueba.
 - Solicitar y registrar una prueba de escritura con dispositivo háptico.
 - La app compara ambas pruebas mediante un parámetro.
 - Observar de manera continua y permanente la actitud del sujeto de prueba al momento de realizarlo y preguntas su opinión (control de forma, comodidad satisfacción del individuo, correcto funcionamiento de la aplicación, entre otros).
29. Toma de decisiones:
Pasa al paso 30

No pasa: regresa a paso 20

30. Se realiza un análisis comparativo de la efectividad del dispositivo.
- La aplicación determinara si hubo mejoras en la escritura con el apoyo de la ortesis, al mismo tiempo que se observa el control de los movimientos al escribir, la comodidad, la precisión al realizar el garabateo y satisfacción/motivación del individuo.
31. Toma de decisiones

Favorable, pasa al paso 32

No favorable: regresa a paso 26

32. Se realiza solicitud de derechos de diseño industrial.
- Participando en el programa de apoyo de registro de solicitudes de patente y propiedad industrial de la BUAP.
33. Presentación en foro tecnológico (artículo y conferencia).
- Determinar la convocatoria vigente para presentar el desarrollo del dispositivo.
 - Solicitar apoyo a CONCYTEP.
34. Se difunde para búsqueda de patrocinadores.
- Participar en foros emprendedores de la BUAP.

Diseño del experimento

En el proyecto de investigación el diseño del experimento se realizará de la siguiente manera:

Con dos niños en edad de la primera infancia A y B.

- Al niño A; se le indicara realizar actividades de desarrollo de la motricidad fina, mediante técnicas tradicionales (manuales).
- Al niño B; se le indicara realizar actividades de desarrollo de la motricidad fina, mediante el uso de una prótesis de mano removible que sistematiza el esfuerzo manual.

¿Cómo validar la eficacia mediante el uso de la prótesis de mano impresa en 3D?

En el proyecto de investigación la validación se realiza mediante la observación y emisión de juicio de valor de los ejercicios realizados (evaluación por lista de cotejo), para verificar si la mejora de la motricidad fina es auténtica o espuria.

Síntesis consensuada del diseño de la investigación del proyecto

Asesor: Hola investigadores, ante la problemática que representan un porcentaje de la población de niños en el nivel educativo de preescolar, en cuanto al desarrollo de la motricidad fina en la primera infancia. Se requiere realizar el diseño de una investigación basada en el método científico inductivo que proporcione hallazgos y evidencias sobre la eficacia de los ejercicios diseñados por los terapeutas especializados al utilizar como apoyo un dispositivo impreso en 3D llamado prótesis de mano removible.

Investigador: Hola asesor, al estudiar de cerca y con detalle la problemática se identifica de manera documental que la mejora requiere de alta motivación del sujeto que realiza los ejercicios grafo-plásticos y sobre todo se hace necesario un recurso que proporcione soporte y evite la fatiga tanto el paciente como en el terapeuta. Asimismo, que para incrementar la motivación se debe crear un contexto de aprendizaje lúdico.

Asesor: Comprendo que el reto es amplio y en ciertos momentos la verificación de los resultados puede ser difusa, por ello el diseño de la investigación debe considerar el factor cualitativo evaluado mediante observación, ratificando el requerimiento de una lista de cotejo. Asimismo, debe de seleccionarse una batería de ejercicios grafo-plásticos como:

Investigador: Coincido en los elementos que se han mencionado como componentes metodológicos, sin embargo, es requerido que se defina el método científico inductivo y sus elementos para formalizar la instrumentación de cada una de las etapas. la difusión y aplicación del método científico inductivo ha sido relevante para autores como; Francis Bacon (1561-1626), David Hume (1711-1776), John Herschel (1792-1871) y John Stuart Mill (1806-1873), entre otros.

Asesor: Es correcta su precisión, por ello es relevante mencionar que el método científico inductivo es aquel que: obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares, para

el proyecto se busca como finalidad generalizar los beneficios del uso de una prótesis removible como apoyo para desarrollar la motricidad fina. Son cuatro pasos esenciales los que se deben distinguir: la observación de los hechos (uso de la prótesis removible por un niño en su primera infancia, para realizar ejercicios grafo-plásticos) para su registro; la clasificación de los hechos (cuantitativos realización de un mayor número de ejercicios y cualitativos motivación y satisfacción) y el estudio de estos hechos (relación de mejora en aspectos como: cuanto mayor...tanto mejor...); la derivación inductiva (precisión y rapidez) que parte de los hechos (mejora de la motricidad fina) y permite llegar a una generalización (una prótesis de mano removible impresa en 3D mejora la motricidad fina en la primera infancia de los niños); y la contrastación (usar dispositivos impresos en 3D que sistematizan las terapias grafo-plásticas de la motricidad fina, proporcionan mayor eficacia que los mismos ejercicios realizados de manera independiente o con apoyo de un terapeuta).

Asesor: El primer paso del método científico inductivo es observar, para identificar el problema y poder proponer soluciones.

Problema: Existe escasa o nula vinculación entre las áreas de ingeniería y de la salud, para apoyar el desarrollo de la motricidad fina en niños en su primera infancia. Siendo limitadas las opciones de tratamiento, ejercicios o técnicas que mejoran el desempeño de los ejercicios grafo-plásticos que desarrollan la motricidad fina. Para resolver este problema primero se debe entender lo que ya se sabe.

Las cosas que ya se saben: el bajo desarrollo de la motricidad fina se debe a las limitantes fisiológicas (neurológicas o musculoesqueléticas) y actitudinales (apática y cansancio) de los niños en la primera infancia.

En ambos casos se atienden las limitaciones por medio de técnicas y ejercicios grafo-plásticos, donde la presencia del terapeuta especialista es imprescindible, presentando un alto grado de cansancio, tanto para paciente como para terapeuta, aspecto que limita los resultados positivos y la eficacia de los ejercicios.

Al identificar el problema, se justifica una propuesta de solución mediante la sistematización de las técnicas grafo-plásticas a través de dispositivos tecnológicos, los cuales tienden a mejorar los aspectos actitudinales, mediante la constante repetición con precisión de las

ejercitaciones. Ante ello la prótesis de mano removible, impresa en tecnología 3D se establece como una opción viable debido a que mediante un diseño que llame la atención del paciente, debido a que el dispositivo es reconocido como un elemento que incrementa sus capacidades bajo el argumento de superhéroe, debido a que disminuye los efectos del agotamiento e incrementa la repetibilidad con alta precisión. Aspectos que se transforman en descriptores de satisfacción.

Esta deducción se puede ahora plantear en una hipótesis de investigación, al considerar que la hipótesis es una explicación de a verificación que se observa mediada por un planteamiento inicial, los tres supuestos de los cuales se formula una hipótesis formal se pueden expresar como:

- Hi: La motricidad fina en niños durante la primera infancia, mejora al utilizar dispositivos impresos en 3D, como una prótesis para mano removible.
- Ho: el uso de dispositivos impresos en 3D como las prótesis de mano removibles, limitan el desarrollo de motricidad fina en niños durante la primera infancia.
- Ha: El mejoramiento de la motricidad fina en niños durante su primera infancia se mejora por los factores motivacionales y las técnicas tradicionalistas y la atención individualizada de los terapeutas especialistas del área.

Estas suposiciones deben ser factibles de experimentación para su verificación, entre los elementos de estudio se deben considerar las posturas cuantitativas y cualitativas, de manera que se prioricen las técnicas e instrumentos de recopilación y análisis de datos. La lista de cotejo y la estadística descriptiva se estiman como elementos de alta mayor pertinencia.

Ahora es momento de configurar un experimento que pueda verificar los supuestos planteados.

Se tienen dos sujetos de prueba, identificados como A y B, tienen la misma edad y han sido evaluados por especialistas del área de la salud como sujetos con características fisiológicas de alta similitud.

- Sujeto A; se le asigna una batería de ejercicios grafo-plásticos, y se le solicita su reproducción y ejercitación sin apoyo de un dispositivo de prótesis impresa en 3D.

- Sujeto B; se le asigna la misma batería de ejercicios grafo-plásticos que se le asignó al sujeto A, y se le solicita su reproducción y ejercitación con apoyo de un dispositivo de prótesis impresa en 3D.

Al finalizar la actividad experimental, se realizan anotaciones cuantitativas de tiempo y precisión que se evalúan mediante un checklist. Las características cualitativas se recogen y definen mediante una lista de cotejo, buscando la determinación de hallazgos como:

- A. El sujeto A trabaja de manera guiada y el tiempo de finalización y la precisión de los trazos, son dependientes del apoyo recibido por el terapeuta. Muestra rápida apatía (falta de motivación) por agotamiento. Su evidencia demuestra bajo grado de dominio motriz y musculoesquelético.**
- B. El sujeto A trabaja de manera independiente y el tiempo de finalización y la precisión de los trazos, son independientes del apoyo recibido por el terapeuta. Muestra rápida alta motivación y se muestra sin agotamiento. Sus evidencias demuestran alto grado de dominio motriz y musculoesquelético.**

Al analizar los datos recogidos del experimento y las observaciones, se puede concluir que el sujeto “A” tiene un menor aprovechamiento académico cuando se le proporcionaban nuevos ejercicios grafo-plásticos que mejoran la motricidad fina de los niños en su primera infancia, favoreciendo su capacidad para las actividades de la escritura. De manera contrastante el sujeto “B” tiene un mayor aprovechamiento académico cuando se le proporcionaban nuevos ejercicios grafo-plásticos que mejoran la motricidad fina de los niños en su primera infancia, favoreciendo su capacidad para las actividades de la escritura.

Por lo cual se concluye que:

El dominio de las habilidades de la motricidad fina impulsa a los niños en la primera infancia a demostrar un alto grado de confianza y seguridad individual para realizar actividades y ejercicios previos a la escritura formal. El logro de su capacidad será un permanente incentivo motivacional para relacionar las funciones psicomotoras con una mayor influencia en desarrollo de los niveles cognitivos superiores: conocimiento textual, procedimental y reflexivo, elementos que lo posicionan en el umbral de la metacognición.

Continuando con la descripción de la conclusión el experimento esta apoya el supuesto donde es factible que la motricidad fina en niños durante la primera infancia mejore al utilizar dispositivos impresos en 3D, como una prótesis para mano removible. Siendo posible generalizar los resultados y promover el uso de la prótesis de mano impresa en 3D como un recurso adicional de las técnicas diseñadas por los especialistas que atienden las limitantes fisiológicas o neurológicas de la motricidad.

Al generalizar la verificación de la hipótesis y confirmado de manera experimental la hipótesis: una prótesis impresa en 3D de mano personalizada promueve una mejora significativa en cuanto a la precisión y rapidez de los ejercicios de las técnicas grafo-plásticas que ayudan al desarrollo psicomotor en la primera infancia de los niños. Que se verifica a través de la siguiente relación sintetizada de las variables.

UNIDAD DE ANÁLISIS	Prótesis de mano personalizada mediante el CAD parametrizado y la impresión 3D.	Diversidad de técnicas para el desarrollo de la motricidad fina
TIPO DE VARIABLE	ORDINAL	ORDINAL
ELEMENTOS LÓGICOS	Cuanto mejor es el diseño...	Tanto mayor es la...
VARIABLES	Independiente Personalizado de las prótesis de mano	Dependiente Eficiencia de los ejercicios grafo-plásticos para el desarrollo de la motricidad fina

Tabla 1. Cuadro sintético de la relación entre variables.

La variable dependiente

- Técnicas grafo-plásticas para el desarrollo de la motricidad fina.

La variable independiente

- Prótesis de mano personalizada mediante el CAD parametrizado y la impresión 3D.

Ámbito

Se considera que es tecnológico-social debido a que se utiliza la impresión MDF en 3D y la fabricación del producto apoya a la solución de una problemática educativa que es el desarrollo de la motricidad fina en niños en etapa de la primera infancia.

Dimensión

- ✚ Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza
- ✚ Dimensión 2: Trazos (Calidad en el trazo.)
- ✚ Dimensión 3: La solución de las tareas

Técnicas de investigación

Hermenéutica y la observación directa

Instrumentos para la recogida de datos

Listas de cotejo

Tareas para la recogida de datos:

Tarea para realizar: Sujeción de lápiz.

Instrucciones de llenado de la lista de cotejo, como observador participante se deberá recoger la información sobre la sujeción de la pinza declarado como presente (SI) o ausente (NO). Asimismo, para expresar un dominio intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones, que debe expresarse en términos de mayor o menor dominio del ítem en observación. Como indicador de referencia utilice la descripción de *citar autor* sobre el soporte y la posición de la pinza.

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Incrementa la presión pertinente para sostener el lápiz			
2	Disminuye el movimiento de la muñeca			
3	Incrementa la destreza con los dedos			

4	Incrementa una postura de precisión que utiliza los dedos			
5	Disminuye la flexión del brazo			
6	Disminuye al uso de la pinza D'Nealian			
7	Disminuye un agarre de pinza débil o ineficaz			
8	Disminuye el agarre de la pinza con prensión pentadigital			
9	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Digital Pronada			
10	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Palmar Supinada			

Herramienta tarea 1 criterios gráficos de sujeción:

Pinza tridigital

Entre los 5 y los 6 años, e incluso algo más tarde en ocasiones, esta presa debería estar totalmente asentada. Inicialmente los dedos presentan cierta tensión a la hora de sostener el lapicero, por lo que aún predominan **movimientos de muñeca**; a medida que los músculos de los dedos adquieren destreza, estos adquirirán mayor protagonismo único a la hora de pintar y dibujar (INEAVA, s.f.).

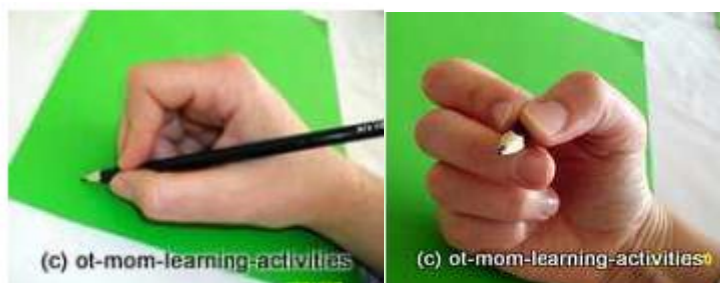


Figura 1. Correcta posición de la pinza.

Pinza alternativa para sujetar el lápiz

Los niños con bajo tono muscular y/o hiperlaxitud de las articulaciones de los dedos pueden recurrir al uso de la pinza D’Nealian, en la que, como se muestra en la imagen, el lapicero se coge entre el índice y el corazón para proporcionar mayor estabilidad (INEAVA, s.f.).



Figura 2. Pinza D’Nealian.



Figura 3. Ejemplos de pinzas para la escritura débiles o ineficaces.

Tarea para realizar: Dibujo de trazos

Instrucciones de llenado de la lista de cotejo, como observador participante se deberá recoger la información sobre el garabateo controlado declarado como presente (SI) o ausente (NO). Asimismo, para expresar un dominio intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones, que debe expresarse en términos de mayor o menor dominio del ítem en observación. Como indicador de referencia utilice la descripción de *citar autor* sobre la calidad de los trazos.

Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Alcanza el clímax de su garabateo, sus trazos tienen formas reconocibles y prioriza las formas de curvas suaves.			

2	Se aprecian pequeños matices con los que comprende aspectos de precisión de los ángulos rectos.			
3	Reproduce el trazo con firmeza y precisión.			
4	Sus dibujos son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo.			
5	Es constante y comprometido carece de distracciones.			

Herramienta tarea 3 trazos de preescolar (INEAVA, s.f.):

TRAZO PREESCOLAR

The worksheet is titled "TRAZO PREESCOLAR" in a purple banner. It contains six rows of tracing exercises, each with a dashed line pattern and a corresponding vehicle icon to its right:

- Row 1: A series of slanted rectangular dashed lines. Icon: Yellow excavator.
- Row 2: A series of triangular dashed lines. Icon: Yellow crane.
- Row 3: A series of rounded rectangular dashed lines. Icon: Orange bulldozer.
- Row 4: A series of square dashed lines. Icon: Yellow forklift.
- Row 5: A series of spiral dashed lines. Icon: Red motorcycle.
- Row 6: A series of wavy dashed lines. Icon: Blue and red bicycle.

In the bottom left corner, there is a small circular logo featuring a child and a pencil.

Tarea para realizar: Solución de laberintos.

Instrucciones de llenado de la lista de cotejo, como observador participante se deberá recoger la información sobre la solución del laberinto declarado como presente (SI) o ausente (NO). Asimismo, para expresar un dominio intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones, que debe expresarse en términos de mayor o menor dominio del ítem en observación. Como indicador de referencia utilice la descripción de *citar autor* sobre la solución del laberinto.

Dimensión 3: La solución de las tareas				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Levanta la mano del papel y disminuye el dominio de la motricidad continua por largo tiempo.			
2	Ejerce mucha presión sobre la pinza al agarrar el lápiz y cansa su mano.			
3	Carece de precisión para no tocar las paredes del laberinto.			
4	Cambia de mano para terminar la tarea del laberinto.			

Herramienta tarea 4 ejercicio laberinto (INEAVA, s.f.) :

Laberinto

Este tipo de ejercicios desarrolla las habilidades motoras finas y los procesos cognitivos, porque conectan ejercicios manuales con procesos del pensamiento y resolución de problemas.

Materiales

- Hoja de trabajo N° 14.
- Lápiz de cualquier color.
- Colores.

Instrucciones

1. Ubícate en un lugar apropiado para apoyar las hojas de trabajo.
2. Observa la imagen y piensa en un camino apropiado para resolver el laberinto antes de iniciar.
3. Sin levantar la mano de la hoja resuelve el laberinto.
4. Evita tocar los bordes del laberinto.
5. Colorea las demás figuras

Ejercicios de motricidad fina

N° 14 Nombre: _____

Fuente: <https://www.frescos.com>

Concentrado de vaciado de datos sujeto 1:

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		

Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
Dimensión 3: La solución de las tareas					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1			1		
2			2		
3			3		
4			5		

Instrumento de interpretación de los datos obtenidos:

		No muestra mejora	Si muestra mejora
	En la dimensión 1, se considera que existe mejora si:		
1	En el ítem 1, el participante pasa de no tener presente la presión suficiente en la pinza para sostener el lápiz (se le cae continuamente) a mostrar la adecuada presión de la pinza en la sujeción del lápiz (se le cae eventualmente).		
2	En el ítem 2 muestra que sin el apoyo de la ortesis no tiene control del movimiento del muñeco y con apoyo de la		

	prótesis domina de manera consiente los movimientos involuntarios de la muñeca.		
3	En el ítem 3 se observa un poca o nula coordinación ojo-mano sin el apoyo de la prótesis y con apoyo de prótesis el participante expresa mayor confianza al seguimiento de los trazos (hace lo que piensa).		
4	En el ítem 4 el participante manifiesta bajo precisión con los dedos al seguir trazo debido a que levanta su muñeca de la superficie de apoyo. Con apoyo de la ortesis muestra mejora en la presión de los trazos con los dedos debido a que mantiene su muñeca en paralelo con la superficie.		
5	En el ítem 5 con apoyo de la ortesis el participante mantiene separado el brazo de la superficie de apoyo, mostrando un ángulo de inclinación cuando realiza los trazos. Un bajo dominio se muestra cuanto el participante mantiene el brazo paralelo a la superficie de apoyo.		
6	En el ítem 6 el participante hace uso de la pinza D'Nealian de manera frecuente al dibujar de manera continua trazos largos. Muestra mejora al recurrir esporádicamente o nunca a la pinza de D'Nealian cuando se cansa.		
7	En el ítem 7 como una característica observable de mejora disminuye la frecuencia de un agarre de pinza débil o ineficaz y muestra una mayor firmeza en la sujeción del lápiz por más tiempo en los trazos continuos.		

8	En el ítem 8 el participante tiene preferencia por realizar trazos de poca precisión angular, prefiriendo los trazos de curvas suaves y prolongadas. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión pentadigital es un indicador observable de mejora.		
9	En el ítem 9 el participante tiene preferencia por realizar trazos de formas predefinidas, prefiriendo los trazos desordenados, intuitivos y alejados de la interpretación. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión Digital Pronada es un indicador observable de mejora.		
10	En el ítem 10 cuando el participante tiene preferencia por realizar trazos con el uso de la pinza con prensión Palmar Supinada al realizar los ejercicios propuestos, su uso se ve limitado por la configuración de la ortesis al limitar el empleo de la pinza palmar supinada es un indicador de ausencia y mejora simultánea.		
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora cuando la precisión de su garabateo, no se aleja una distancia mayor a dos milímetros de su dibujo guía aun en los trazos con ángulos rectos.		
2	En el ítem 2, la mejora con el uso de la ortesis se verifica cuando los ángulos rectos mantienen una alta relación de 90 grados, sin deformación a un ángulo agudo, obtuso, cóncavo o convexo.		
3	En el ítem 3 el participante reproduce el trazo con firmeza y precisión, la hoja de papel no se encuentra marcada en la		

	parte inferior y los detalles menores a 5 milímetros y mayores a dos milímetros de cada trazo se representan de manera fiel a la forma del modelo.		
4	En el ítem 4 los dibujos del participante son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo. Sus representaciones gráficas se asocian a una significación del pensamiento verbalizando ejemplos de las formas que reproduce (ej. Cuadrado como la pared, redondo como la pelota, entre otros).		
5	En el ítem 5, el participante centra su atención en el apoyo de postura que le proporciona la ortesis, disminuyendo la distracción por cansancio. Enfoca su atención a la mejora de sus trazos mediante el ensayo de la ubicación de la ortesis en diversas posiciones.		
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora de la motricidad fina del participante, cuando no levanta la mano del papel y mantiene el dibujo de trazos largos de manera ininterrumpida.		
2	En el ítem 2, el participante mejora su sensibilidad de agarre con el apoyo de la ortesis y disminuye la acción de ejercer mucha presión sobre la pinza al agarrar el lápiz y cansar su mano.		
3	En el ítem 3, sin apoyo de la ortesis el participante toca de manera continua las paredes del laberinto. Con apoyo de la ortesis incrementa su precisión al tocar de manera ocasional las paredes del laberinto.		
4	En el ítem 4, el participante cambia de mano para terminar la tarea del laberinto, debido a que la hoja se encuentra fija y acomoda la dirección del trazo mediante un cambio de		

	postura (izquierda-derecha, arriba-abajo). Con apoyo de la ortesis el acomodo lo realiza con la misma mano.		
	TOTAL, OBSERVACIONES		
	PORCENTAJE (TOTAL OBSERVACIONES /19) *100		

Consideraciones generales: Si el porcentaje de NO MEJORA es mayor al porcentaje de MEJORA, se considera que la incorporación de la ortesis no apoya en el de la motricidad fina. Por el contrario, si el porcentaje de MEJORA del uso de la ortesis es mayor al porcentaje de NO MEJORA, se verifica el cumplimiento de la hipótesis y se logran los objetivos planteados del desarrollo tecnológico.

Dispositivo Háptico

En esta fase del prototipo se implementó una app junto con un dispositivo de reconocimiento táctil a la ortesis (dispositivo háptico), el cual se evaluará por medio de las listas de cotejo (observación directa) y el resultado obtenido por la aplicación (aproximación de los trazos realizados por el infante con la imagen modelo).

Para analizar esta parte del dispositivo se realizaron ejercicios que pueden replicarse al ser trazados sobre la pantalla táctil de la Tablet. La pinza tipo trípode seguirá siendo la misma (las únicas adecuaciones que se hicieron fue por el diámetro y botones que tiene la pluma).

Se evaluará la calidad del trazo y el movimiento que ejerce el sujeto de prueba al realizar los ejercicios, sin embargo, en esta ocasión la segunda dimensión correspondiente a “Calidad del trazo” se apoyará en la app, que analiza la aproximación del trazo del individuo al ejercicio modelo y a partir de ello obtendrá recomendaciones sobre las sesiones que requiere. Mientras que en la primera dimensión “Soporte y posición de la pinza” y la segunda, titulada “La solución de las tareas”, no sufren ningún cambio a excepción del uso de la pluma, en vez del lápiz.

Las tareas que recogerán datos serán las siguientes:

Tarea para realizar: Sujeción de la pluma.

En esta lista de cotejo, el observador participante deberá recoger la información sobre la sujeción de la pinza declarado como presente (SI) o ausente (NO). En caso de que exista un avance intermedio se ocupara la columna de observaciones, para expresar si el dominio es mayor o menor en su respectivo ítem de observación. Para más referencias sobre el soporte y la posición de la pinza, se debe consultar: **herramienta de la tarea 1 criterios gráficos de sujeción.**

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Incrementa la presión pertinente para sostener la pluma.			
2	Disminuye el movimiento de la muñeca.			
3	Incrementa la destreza con los dedos			
4	Incrementa una postura de precisión que utiliza los dedos			
5	Disminuye la flexión del brazo			
6	Disminuye al uso de la pinza D'Nealian			
7	Disminuye un agarre de pinza débil o ineficaz			
8	Disminuye el agarre de la pinza con prensión pentadigital			
9	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Digital Pronada			
10	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Palmar Supinada			

Tarea para realizar: Dibujo de trazos

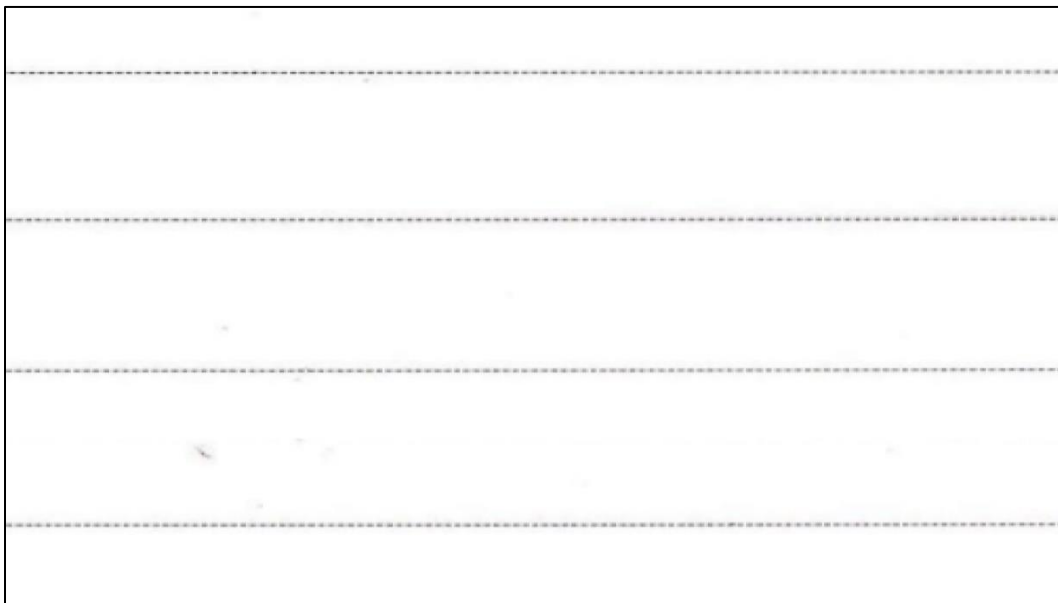
Nuevamente, el observador participante deberá recoger la información sobre el garabateo controlado declarado como presente (SI) o ausente (NO), y para expresar un dominio

intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones. A excepción del último número, en donde se anotarán los resultados arrojados por la aplicación

Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)				
No.	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Alcanza el clímax de su garabateo, sus trazos tienen formas reconocibles y prioriza las formas de curvas suaves.			
2	Se aprecian pequeños matices con los que comprende aspectos de precisión de los ángulos rectos.			
3	Reproduce el trazo con firmeza y precisión.			
4	Sus dibujos son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo.			
5	Es constante y comprometido carece de distracciones.			
	Aproximación y recomendación arrojada por la aplicación.			

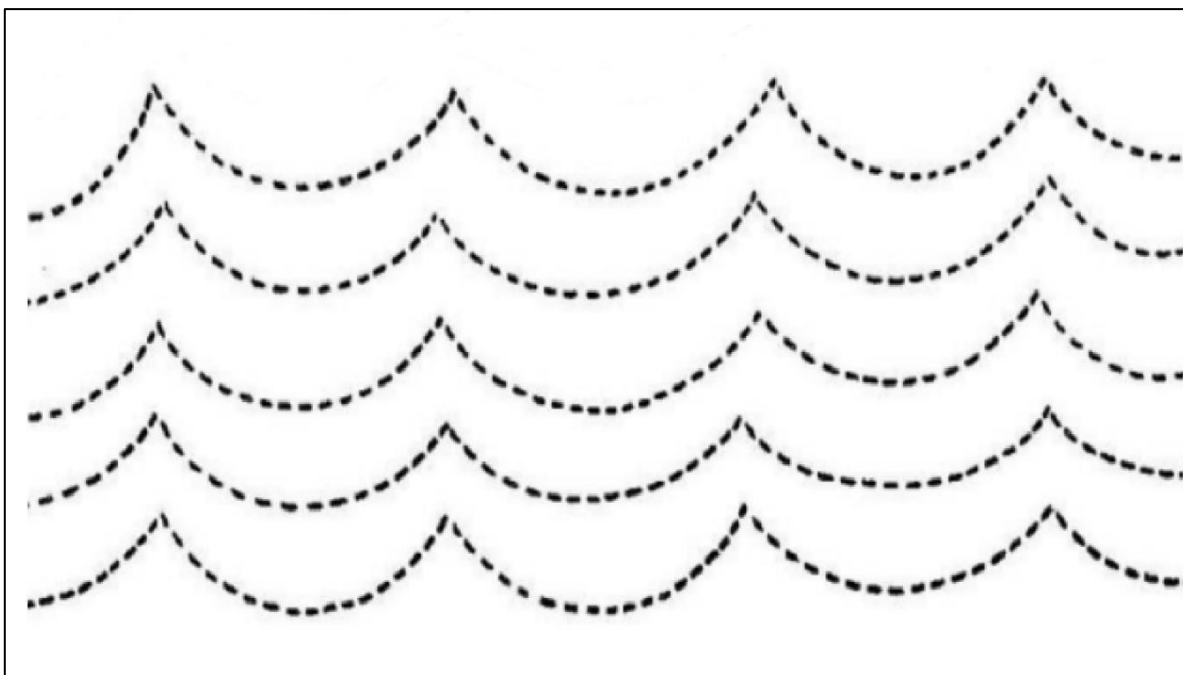
Herramienta 4: Trazos rectos, curvos y figuras geométricas repetitivas.

Los ejercicios se dividen por tipos, empezando por el nivel de los trazos rectos, en el que se califica la precisión y equilibrio que tiene el infante (o sujeto de prueba) para seguir las líneas rectas.

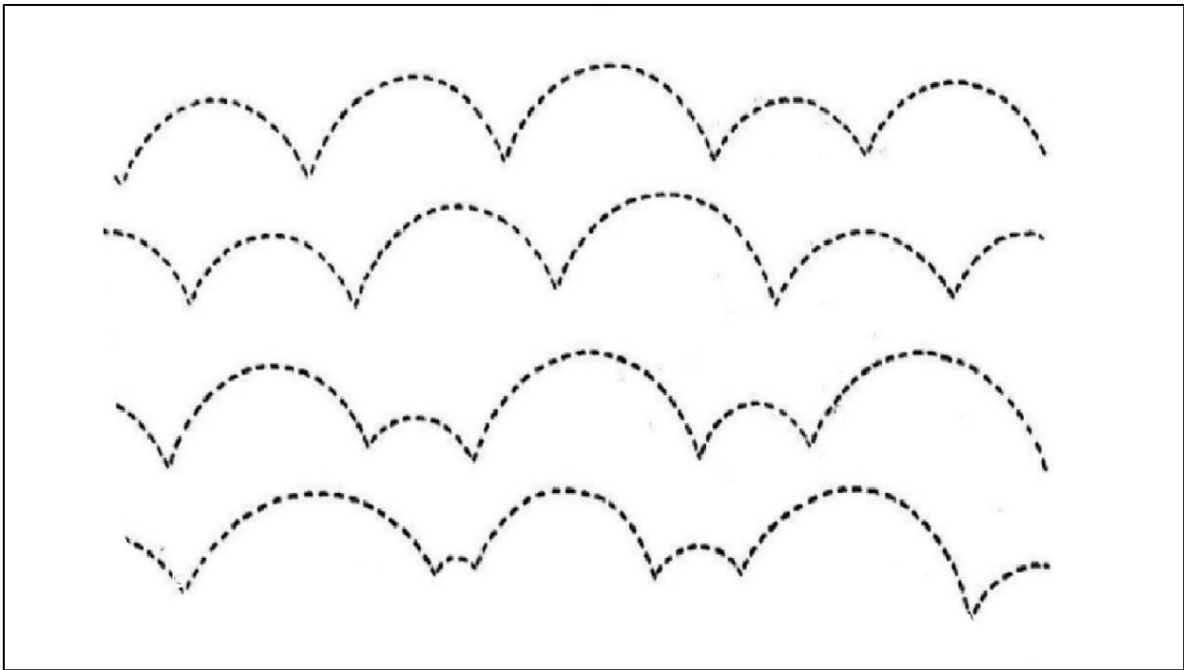


Herramienta 4: Trazo recto 1.

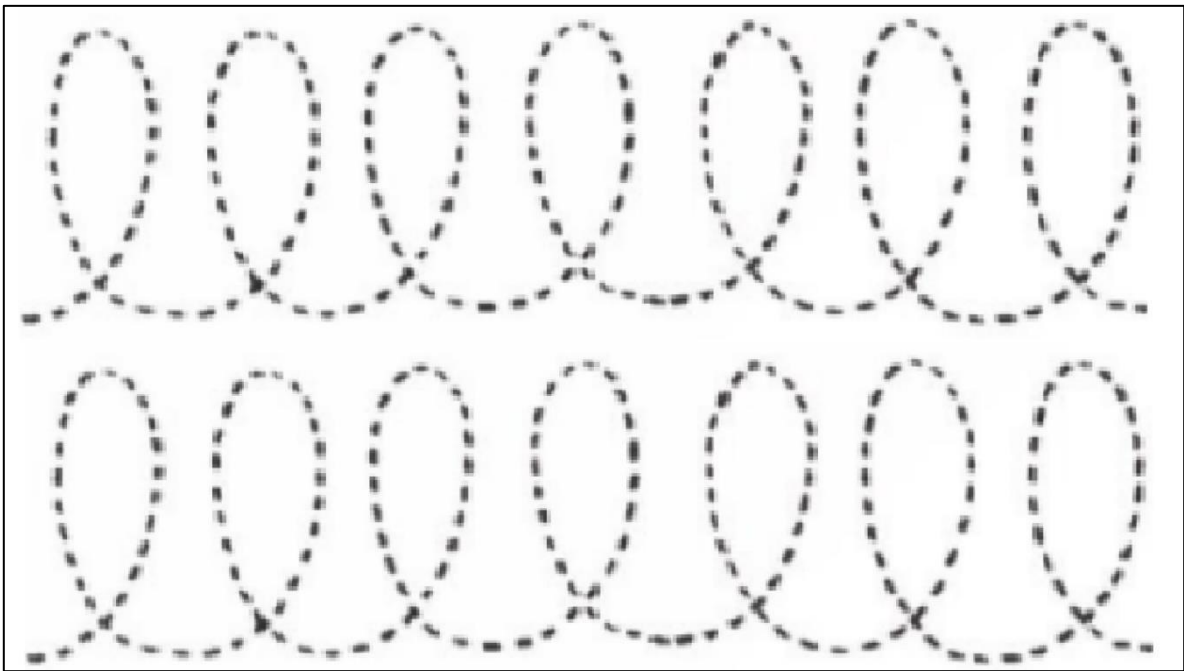
El siguiente son los trazos curvos, los cuales calificaran el control de la forma, la rapidez y agilidad del individuo al mover la pluma mientras realizan los ejercicios sin despegar la misma.



Herramienta 4: Trazo curvo 1.

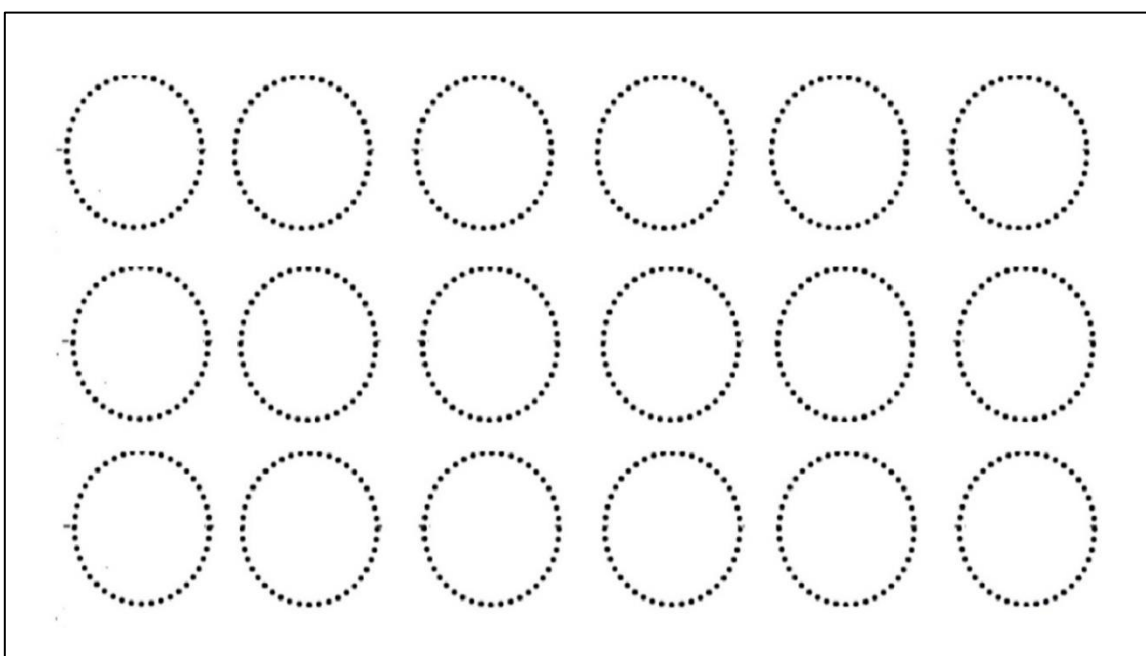


Herramienta 4: Trazo curvo 2.



Herramienta 4: Trazo curvo 3.

El ultimo trazo son las figuras geométricas sencillas (círculos), en este caso el ejercicio pone a prueba la concentración y determinación del individuo. Por otro lado, se califica el dominio que tiene el sujeto el realizar las actividades, control y precisión de la forma, agilidad en el manejo de la pluma (no la despega hasta terminar la figura) y la fluidez para hacer los movimientos que involucran la mano y la muñeca.



Herramienta 4: Figura geométrica 1 (círculo).

La repetición de los ejercicios es necesario para que el sujeto pueda familiarizarse con los trazos y tener una mejora al realizar cada uno de ellos.

Tarea para realizar: Solución de tareas.

En esta lista de cotejo, el observador participante deberá recoger la información sobre las tareas realizadas (ejercicios de la herramienta 4) declarando como presente (SI) o ausente (NO). Para expresar un dominio intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones, en el que se aclara en términos de mayor o menor dominio del ítem.

Dimensión 3: La solución de las tareas				
No.	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones

1	Levanta la mano de la tablet y disminuye el dominio de la motricidad continua por largo tiempo.			
2	Ejerce mucha presión sobre la pinza al agarrar la pluma y cansa su mano.			
3	Carece de precisión para no tocar entre los ejercicios (seguirlos y no desviarse).			
4	Cambia de mano para terminar la actividad.			

Concentrado de vaciado de datos sujeto 1.

Al terminar con las otras listas de cotejo, todos los datos se concentrarán en esta tabla:

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		

Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
Dimensión 3: La solución de las tareas					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1			1		
2			2		
3			3		
4			5		

Para la **interpretación de los datos obtenidos** se utilizará este instrumento.

	En la dimensión 1, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, el participante pasa de no tener presente la presión suficiente en la pinza para sostener la pluma se detiene continuamente) a mostrar la adecuada presión de la pinza en la sujeción del lápiz (se le cae eventualmente).		
2	En el ítem 2 muestra que sin el apoyo de la ortesis no tiene control del movimiento del muñeco y con apoyo de la		

	prótesis domina de manera consiente los movimientos involuntarios de la muñeca.		
3	En el ítem 3 se observa un poca o nula coordinación ojo-mano sin el apoyo de la prótesis y con apoyo de prótesis el participante expresa mayor confianza al seguimiento de los trazos (hace lo que piensa).		
4	En el ítem 4 el participante manifiesta bajo precisión con los dedos al seguir trazo debido a que levanta su muñeca de la superficie de apoyo. Con apoyo de la ortesis muestra mejora en la presión de los trazos con los dedos debido a que mantiene su muñeca en paralelo con la superficie.		
5	En el ítem 5 con apoyo de la ortesis el participante mantiene separado el brazo de la superficie de apoyo, mostrando un ángulo de inclinación cuando realiza los trazos. Un bajo dominio se muestra cuanto el participante mantiene el brazo paralelo a la superficie de apoyo.		
6	En el ítem 6 el participante hace uso de la pinza D'Nealian de manera frecuente al dibujar de manera continua trazos largos. Muestra mejora al recurrir esporádicamente o nunca a la pinza de D'Nealian cuando se cansa.		
7	En el ítem 7 como una característica observable de mejora disminuye la frecuencia de un agarre de pinza débil o ineficaz y muestra una mayor firmeza en la sujeción de la pluma por más tiempo en los trazos continuos.		
8	En el ítem 8 el participante tiene preferencia por realizar trazos de poca precisión angular, prefiriendo los trazos de curvas suaves y prolongadas. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión pentadigital es un indicador observable de mejora.		

9	En el ítem 9 el participante tiene preferencia por realizar trazos de formas predefinidas, prefiriendo los trazos desordenados, intuitivos y alejados de la interpretación. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión Digital Pronada es un indicador observable de mejora.		
10	En el ítem 10 cuando el participante tiene preferencia por realizar trazos con el uso de la pinza con prensión Palmar Supinada al realizar los ejercicios propuestos, su uso se ve limitado por la configuración de la ortesis al limitar el empleo de la pinza palmar supinada es un indicador de ausencia y mejora simultánea.		
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora cuando la precisión de su garabateo, no se aleja una distancia mayor a dos milímetros de su dibujo guía en los trazos rectos, curvos o figuras geométricas.		
2	En el ítem 2, la mejora con el uso de la ortesis se verifica cuando las mantienen los trazos rectos en línea recta sin deformación, al igual que los trazos curvos y la figura geométrica: círculo.		
3	En el ítem 3 el participante reproduce el trazo con firmeza y precisión, la hoja de papel no se encuentra marcada en la parte inferior y los detalles menores a 5 milímetros y mayores a dos milímetros de cada trazo se representan de manera fiel a la forma del modelo.		
4	En el ítem 4 los dibujos del participante son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo. Sus representaciones gráficas se asocian a una significación del pensamiento verbalizando ejemplos de las		

	formas que reproduce (ej. redondo como la pelota, líneas curvas como el contorno de las nubes, entre otros).		
5	En el ítem 5, el participante centra su atención en el apoyo de postura que le proporciona la ortesis, disminuyendo la distracción por cansancio. Enfoca su atención a la mejora de sus trazos mediante el ensayo de la ubicación de la ortesis en diversas posiciones y la repetición de los mismos.		
6	En el ítem 6, el participante realizó un trazo que muestra una aproximación cercana a la imagen modelo adjunta en la aplicación, lo que demuestra un control del uso del soporte y correcta ejecución del movimiento.		
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora de la motricidad fina del participante, cuando no levanta la mano del papel y mantiene el dibujo de trazos largos de manera ininterrumpida (trazos rectos y curvos).		
2	En el ítem 2, el participante mejora su sensibilidad de agarre con el apoyo de la ortesis y disminuye la acción de ejercer mucha presión sobre la pinza al agarrar de la pluma y cansar su mano.		
3	En el ítem 3, sin apoyo de la ortesis el participante no realiza el ejercicio correctamente al juntar los trazos y no respetar los espacios existentes entre los círculos. Con apoyo de la ortesis incrementa su precisión al seguir la forma correctamente de los trazos y la figura.		
4	En el ítem 4, el participante cambia de mano para terminar la tarea de la figura geométrica (círculo), debido a que la hoja se encuentra fija y acomoda la dirección del trazo mediante		

	un cambio de postura (izquierda-derecha, arriba-abajo). Con apoyo de la ortesis el acomodo lo realiza con la misma mano.		
	TOTAL, OBSERVACIONES		
	PORCENTAJE (TOTAL OBSERVACIONES /19)*100		

Consideraciones generales

Si el porcentaje de NO MEJORA es mayor al porcentaje de MEJORA, se considera que el dispositivo háptico no apoya ni brinda un avance tecnológico para la mejora de la motricidad fina. Por el contrario, si el porcentaje de MEJORA con el uso de la ortesis implementando una app es mayor al porcentaje de NO MEJORA, se verifica el cumplimiento de la hipótesis y se logran los objetivos planteados del desarrollo tecnológico.

Capítulo IV.- Diseño de la ortesis

Primer momento de diseño

Con referencia en el modelo presentado por Popescu (2019) y utilizado en Rodríguez (2021) de cinco medidas en dos dimensiones, se ha propuesto un modelo de diseño propio que retoma esta técnica de diseño en 2 dimensiones (2D), como se puede ver en las figuras 4.1 y 4.2.

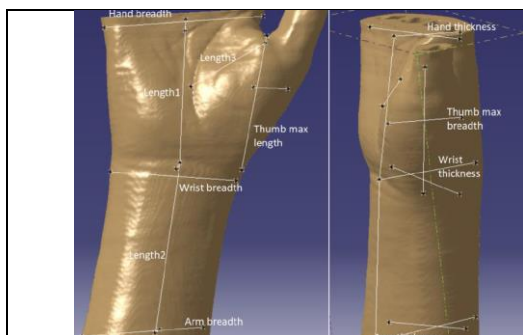


Figura 4.1. Modelo de CAD plano propuesto por Popescu (2019).

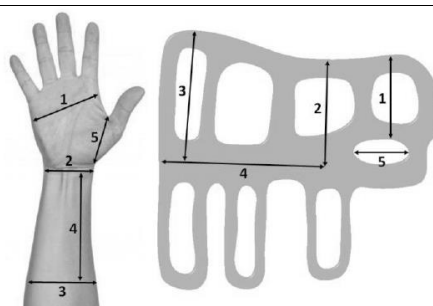


Figura 4.2. Modelo de CAD plano propuesto por (Rodríguez A. E., y otros, 2021).

Las mediciones que se realizaron de manera directa con el sujeto de prueba mediante un calibrador vernier, se asignaron en la tabla 4.1, que representa las medidas sobre las cuales se basa la parametrización en el planteamiento del Dibujo Asistido por Computadora (CAD).

Descripción	No. Medida	Variable	Factor de Ajuste	Medida (mm)
Largo palma	1	M1	Sin Factor	80
Ancho muñeca	2	M2	Sin Factor	35
Ancho antebrazo	3	M2	Sin Factor	65
Largo muñeca-antebrazo	3	M1	Sin Factor	85
Largo pulgar-muñeca	6	M4	Sin Factor	35

Tabla 4.1. Medidas principales de la parametrización.

Una vez asignadas las dimensiones principales se utilizó el comando expresión de NX Siemens (figura 4.3) en el cual se asignaron tanto los valores base como los valores parametrizados por factores unitarios.

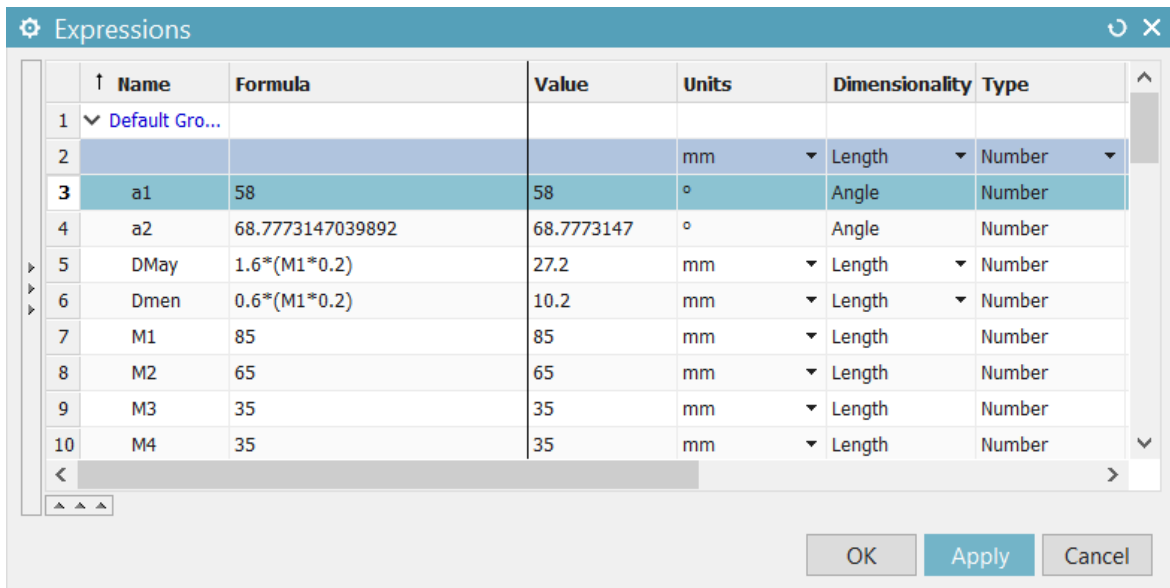


Figura 4.3. Comando Expressions NX Siemens.

El primer esquema o dibujo del modelo CAD parametrizado se muestra en la figura 4.4 que es el Sketch, que donde se visualizan los trazos realizados mediante el comando line, y elipse. Para completar el perímetro se ha utilizado el comando splineline con curva cerrada que une por una línea polinómica continua de grado tres, los puntos extremos de cada línea de trazo. Al formar el cuerpo solido se utiliza el comando extrude con un espesor de dos milímetros (2 mm) de espesor (figura 4.5). Los bocetos iniciales se trabajaron con datos proporcionados por los investigadores.

Se propusieron varios diseños de ventilación que facilitan el proceso para dar la forma final. Estos espacios de ventilación también mejoran la flexibilidad de forma y ajuste para el paciente. Se han preferido los diseños tipo elipse, sobre las formas: rectangulares, triangulares o de círculo debido al requerimiento de flexibilidad en la zona intermedia de la medida más larga de la ortesis y rigidez en las zonas de inicio y termino de las medidas más cortas de la ortesis.

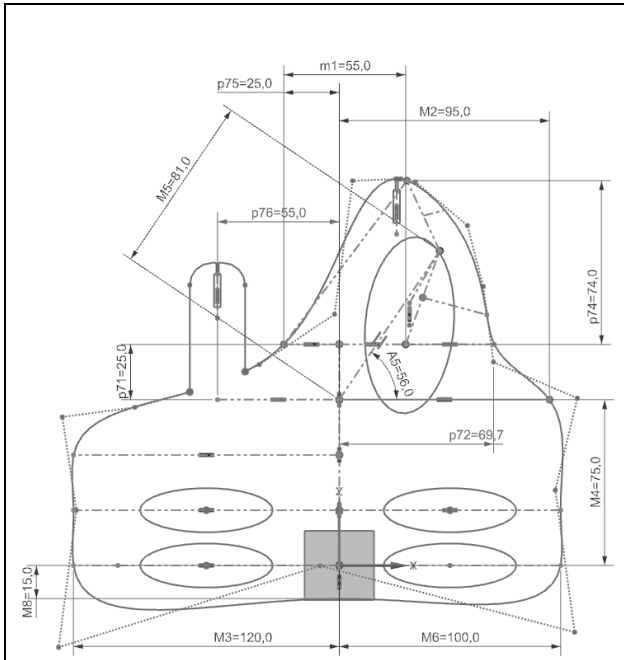


Figura 4.4. Sketch parametrizado del CAD inicial.

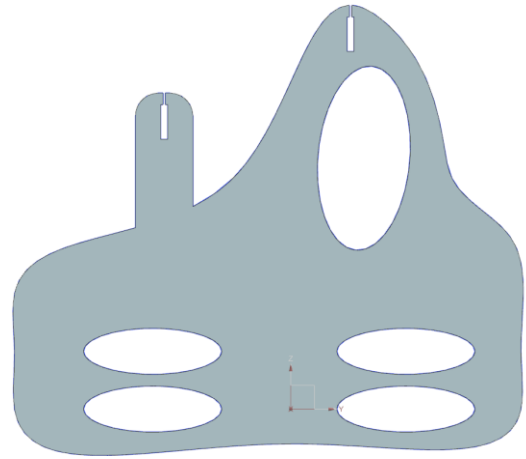


Figura 4.5. Extrusión del modelo sólido del Sketch parametrizado del CAD inicial.

Para el diseño y la impresión en 3D final se emplearon las medidas de un niño de 5 años que cursa el tercer año de preescolar y que aún no desarrolla tareas de escritura formal, el modelo impreso se muestra en las figuras 4.6 y 4.7, tanto para un modelo sólido, como para un modelo perforado.

Las imágenes de las figuras 4.8, 4.9, ilustran el proceso de impresión que se llevó a cabo en una impresora de marca comercial CREATOR PRO (las especificaciones se pueden revisar en el anexo 1). Asimismo, las especificaciones del material PLA comercial se muestran en el apartado de anexos.



Figura 4.6. Modelo sólido impreso en 3D.



Figura 4.7. Modelo perforado impreso en 3D.



Figura 4.8. Primer momento del modelo perforado durante la impresión en 3D.

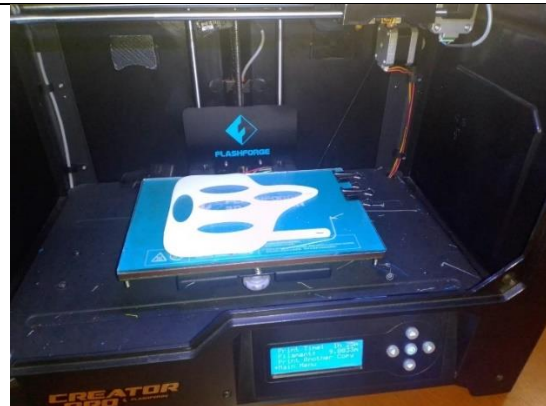


Figura 4.9. Segundo momento del modelo perforado durante la impresión en 3D.

El proceso seleccionado de transformación de forma pasar del diseño plano en 2D a una forma espacial en 3D, ha sido el termoformado por la técnica de inmersión del material en agua caliente. Se recomienda calentar el agua antes de sumergir el material a 80°C - 90°C para el moldeado manual. Al sumergir el material se ha requerido un contenedor lo suficientemente grande para contener toda la pieza, otra alternativa si la pieza no se puede sumergir, es verter el agua caliente sobre el material. Durante este proceso se debe asegurar que se haya calentado el agua a la temperatura adecuada antes de iniciar el proceso, se deben utilizar guantes impermeables y resistentes para manipular el material caliente. Al respecto

de esta técnica Popescu (2019) comenta que el terminado y ajuste final del termoformado se puede realizar a temperatura de 40°C, con seguridad para el paciente o usuario final.

El primer producto y resultado final se muestra en las figuras 4.10 y 4.11, en este momento la prótesis es en extremo rígida y no aporta mejora a la motricidad fina, así como también ha sido incómoda para el usuario final.



Al ser aún no óptimo el diseño, se realizan mejoras en el CAD. Manipulando el comando spline y obteniendo nuevas relaciones de parametrización (figura 4.12) que permitieron mediante extrusión (figura 4.13) modelar un nuevo modelo sólido de 1 milímetro de espesor (1 mm), que mejora la adaptación a la transición de brazo a la muñeca y al pulgar (figuras 4.12 y 4.13).

Este nuevo diseño mejoró la transición entre el brazo y la muñeca (figura 14) mostrando una mayor adaptación a las formas en comparación con el modelo inicial (figura 15). Esta nueva dirección de diseño permitió complementar la ortesis con dos dispositivos: un sujetador rígido para lápiz y dedos, así como, la integración de un mecanismo de ajuste para el sujetador de acuerdo, que permite regular la fuerza de uso en la pinza por los dedos (figuras 4.16 y 4.17); a mayor fuerza mayor distancia de la corredera a menor fuerza en los dedos menor distancia de la corredera para favorecer la forma de sujeción de la pinza.

En la nueva parametrización las formas que no son rectas representan un gran reto para su reproducción debido a que no son producto de formas geométricas básicas, son dependientes del uso de polinomios de grado mayor a tres y que tienen que estar en armonía con figuras geométricas complejas como las elipses y mantener su relación de aspecto en alto grado de exactitud. Requiriendo gran cantidad de cotas como se aprecia en la figura 4.12.

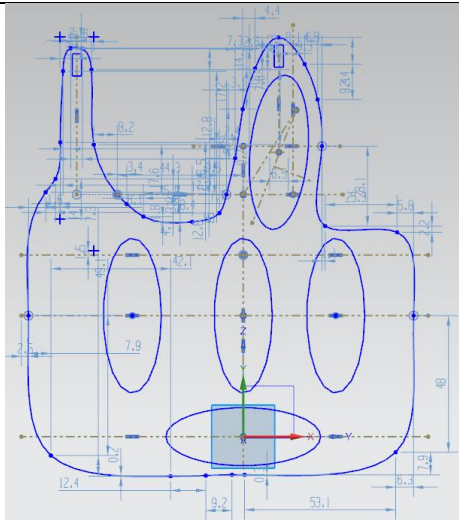


Figura 4.12. Nuevo Sketch con actualización de puntos de parametrización para manipular el spline.

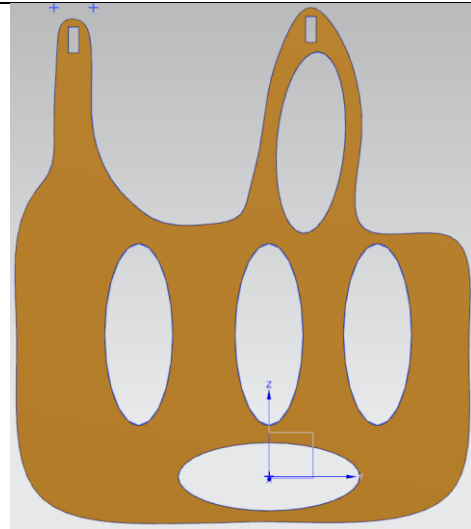


Figura 4.13. Nueva extrusión del modelo CAD con actualización de puntos de parametrización.

Tanto la figura 14 como la figura 15, muestran la evolución y experiencia adquirida sobre el empleo de la metodología de diseño en dos dimensiones y la mejor forma de adaptar los dimensiones para generar formas tridimensionales, como ancestralmente lo ha hecho el origami.



Figura 14. Vista superior del segundo modelo de ortesis.

Figura 15. Comparativa de diseño entre las ortesis impresas en 3D.

Se puede observar en las figuras 4.16 y 4.17 los elementos que complementan la ortesis y que en conjunto promueven la motricidad fina a favor del agarre o sujeción de la pinza. Para el dispositivo del sujetador de lápiz se ha considerado que su función sea minimizar la debilidad musculo-esquelética de los infantes, debido a que proporciona un soporte para mantener la postura de sujeción de los dedos pulgar e índice. Siendo la función de la corredera proporcionar la rigidez con la cual tanto el dedo pulgar como índice pueden sujetar el lápiz, sin depender de la fuerza de agarre de cada sujeto.



Figura 4.16.

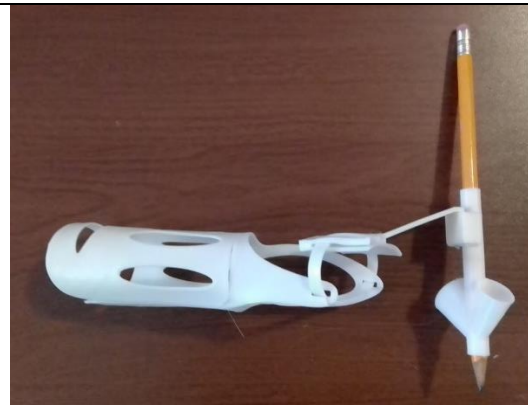


Figura 4.17.

Las figuras 4.18 a 4.23, muestran la evidencia del uso por parte del sujeto de prueba. En esta imagen es fácil observar que la forma aún no se acomoda a su mano. Asimismo, el participante expresó dolor e incomodidad para trabajar con la prótesis.

De las experiencias adquiridas de esta técnica, se observó que el diseño en dos dimensiones se debe realizar en modo espejo debido a que al realizar la transición de la forma en 2D a una forma en 3D. Este aspecto fue muy evidente al trabajar con el infante con el cual se realizaron las pruebas de validación. La figura 4.18 ilustra la incomodidad que ocasiona la ortesis en el individuo al ser utilizada. Al cambiar de plano y reajustar la ortesis esta se acomodó mejor a la forma 3D (figura 4.19, 4.20 y 4.21), sin embargo, su funcionalidad para mejorar la motricidad fina se encontró limitada. Resaltando la impresión de sorpresa y motivación en el infante para su uso y empleo.



Figura 4.18. Uso de la ortesis para validación de su función.



Figura 4.19. Vista superior del uso de la ortesis.



Figura 4.20. Vista inferior del uso de la ortesis.



Figura 4.21. Vista lateral del uso de la ortesis, con apoyo del sujetador de lápiz y corredera de distancia.



Figura 4.22. Vista superior del uso de la ortesis, con sujetador de lápiz.



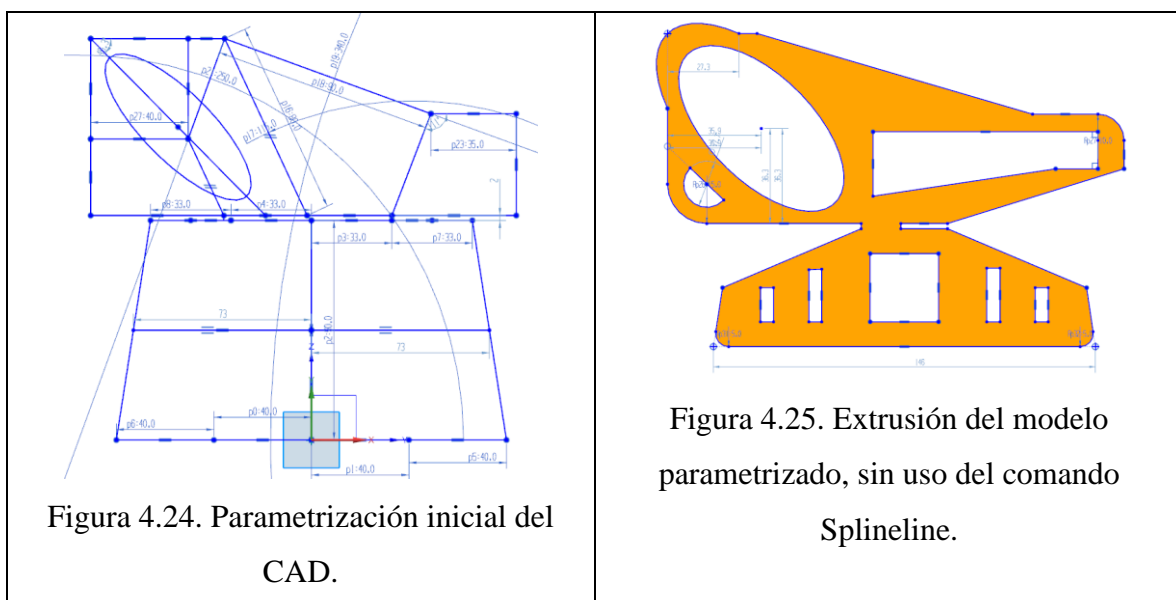
Figura 4.23. Vista inferior del uso de la ortesis, con apoyo del sujetador de lápiz.

Los resultados obtenidos de la ejecución del experimento sobre las técnicas e instrumentos que validan la mejora de la motricidad fina, en esta etapa se encuentra en proceso debido a que el sujeto de prueba presento en gran medida insatisfacción e incomodidad con el uso la ortesis. Tomando la decisión de realizar un nuevo modelo que corrija la falta de flexibilidad y la limitación de adaptarse a la forma natural de la transición entre el brazo y la palma de la mano. Asimismo, se consideró que la adaptación del diseño es más eficiente al involucrar al diseñador usando las medidas propias en el modelo inicial de la geometría, al mismo tiempo que también se le solicito ser sujeto de prueba durante el termoformado.

Segundo momento de diseño

El segundo modelo ha sido elaborado con las medidas de la mano y brazo de uno de los autores, para ajustar el tamaño de impresión mediante equipos comerciales (cama de 20*30 cm y altura de 20 cm), se modificaron las posiciones de las medidas de la mano.

El inicio de diseño ocupo un modelo geométrico de formas geométricas simples de ángulos rectos (figura 4.24), a las cuales se adaptó dimensionalmente una elipse como figura compleja. Se omitió el uso del comando Spline para evitar el uso y ajuste de polinomios con las formas complejas. Posteriormente se realizó la extrusión del sketch (figura 4.25) y se formó el sólido con una altura de un milímetro (1 mm).



Como parte de las mejoras de la primera ortesis, se realizaron ajustes al apoyo de sujeción de lápiz y dispositivo de corredera, como se puede apreciar en las imágenes de la figura 4.26, como reporte preliminar, se menciona la mejora del aspecto visual, la mejor adaptación a las formas tridimensionales de la mano y el brazo, así como, una mayor eficiencia de adaptación de los dispositivos complementarios.



Figura 4.26. Transición de la evolución de la ortesis en el segundo momento de diseño.

Durante la validación de apoyo a la escritura formal, se verifico que el apoyo de sujeción de lápiz proporciona una mayor firmeza de agarre, llegando suponer que la prótesis podría ser utilizada como apoyo para actividades de escritura de las personas de la tercera edad o con problemas leves de motricidad fina por lesiones físicas o neuronales.

Si bien al inicio de su uso resulta incomoda el empleo de la ortesis por proporcionar una restricción a la motricidad aprendida y condicionada por años, el incremento de precisión y fuerza de agarre es significativo para mantener la ortesis de manera continua.



Figura 4.27. Prueba de evaluación del ajuste de la ortosis con el sujeto de prueba, donde la imagen verifica un mejor ajuste proporcional a las curvas del brazo y la mano.

Las pruebas de validación del segundo momento de diseño han sido favorables en cuanto a comodidad y ajuste de forma. Por lo que su consideración como dispositivo de mejora de la motricidad fina se considera viable, tanto para la primera infancia, la tercera edad o lesiones leves físicas o neurológicas.



Figura 4.28. Vista superior, inferior y lateral de la ortosis donde se aprecia la mejor adaptación a las formas en tres dimensiones.

Tercer momento del diseño

Durante este momento, nuevamente se utilizó el segundo diseño añadiendo dos cambios significativos; el primero de ellos fue en las medidas principales, obtenidas de manera directa mediante un calibrador vernier a un sujeto de prueba distinto al utilizado en los anteriores momentos. Y el último fue la parametrización completa del modelo, es decir, al cambiar el valor de las medidas principales el diseño puede derivar automáticamente en otra variante con respecto al tamaño de la mano sin afectar su forma original.

Por medio de un software CAD/CAM/CAE (NX Siemens) se diseña el modelo mostrado en la figura 4.25 con las nuevas medidas asignadas en la tabla 4.2, las cuales representan la base de la parametrización.

Descripción	No. Medida	Variable	Factor de Ajuste	Medida (mm)
Largo palma	1	M1	Sin Factor	91
Ancho muñeca	2	M2	Sin Factor	161
Ancho antebrazo	3	M3	Sin Factor	125
Largo muñeca-antebrazo	4	M4	Sin Factor	50
Largo pulgar-muñeca	5	M5	Sin Factor	65

Tabla 4.2. Medidas principales

Primero, se comenzó a realizar el contorno del modelo a base de líneas rectas que al unir las se convirtieron en una figura con ángulos rectos (figura 4.29). Cada una de las líneas se parametrizo utilizando operaciones aritméticas, cuyo valor depende de las medidas principales (figura 4.30), después se adaptaron los ángulos rectos a curvas (figura 4.31) para ser parametrizados y obtener el diseño final (figura 4.32). Luego se realizó la extrusión del sketch formando un sólido con una altura de un milímetro (1 mm).

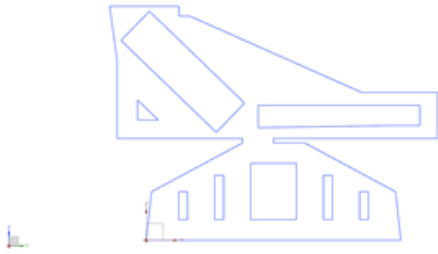


Figura 4.29. Modelo conformado solo por líneas rectas.

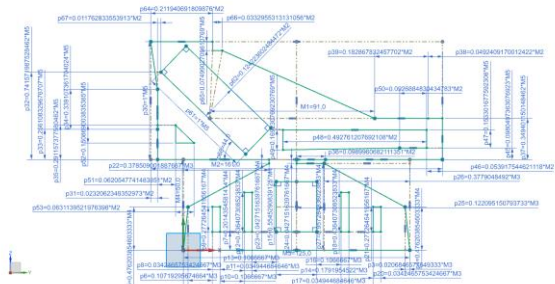


Figura 4.30. Parametrización de las líneas rectas con respecto a las medidas M1, M2, M3, M4 y M5.

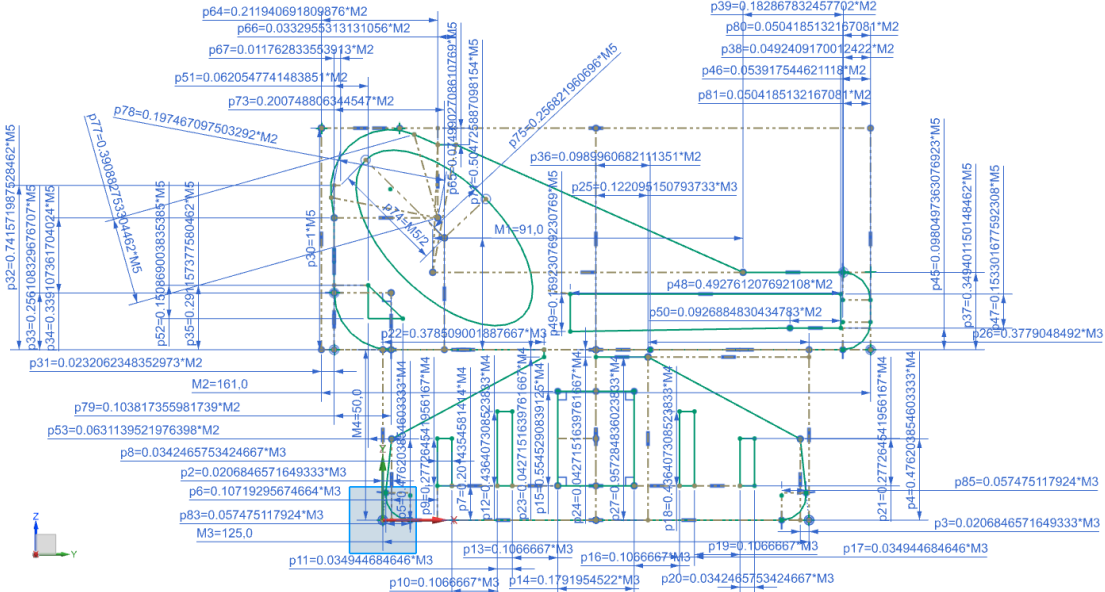


Figura 4.31. Parametrización de las líneas curvas con respecto a M1, M2, M3, M4 y M5.

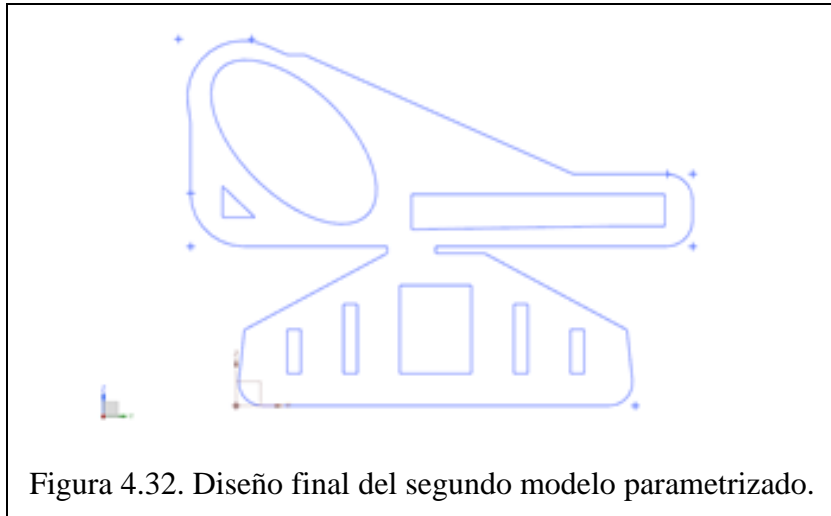


Figura 4.32. Diseño final del segundo modelo parametrizado.

La impresión del modelo sólido se llevó a cabo en la impresora RAISE 3D N2 PLUS (las especificaciones de este dispositivo se pueden revisar en el anexo 4) con el material PLA comercial, proporcionando: una mejor definición al imprimir el modelo, flexibilidad del mismo (antes era muy rígido), facilidad al desprender el modelo de la cama (base) de la impresora y reduciendo el tiempo de impresión (en comparación al anterior dispositivo utilizado). En cuanto al proceso de termoformado, el modelo sólido se sumergió en un recipiente con agua a 80° C y cuando comenzó a presentar maleabilidad se ajustó a la mano del sujeto de prueba (figura 4.33) hasta que tomara la forma de la misma (figura 4.34 y 4.35).



Figura 4.33. Ajuste de la ortesis en el mano del sujeto de prueba.

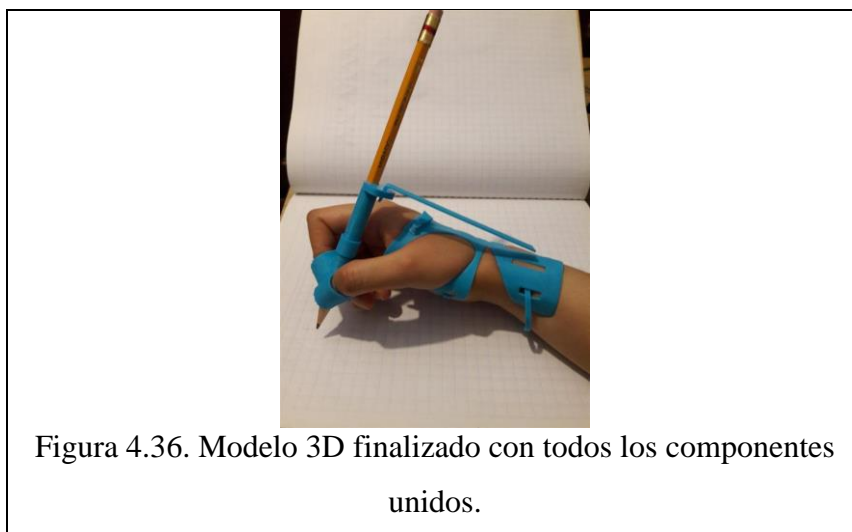


Figura 4.34. Vista inferior de la ortesis.



Figura 4.35. Vista superior de la ortesis.

Posteriormente, se integra el soporte junto con la escuadra (pieza que une el soporte con la ortesis) y los elementos faltantes para un mejor ajuste (figura 4.36). Finalmente, se realizó las pruebas correspondientes de validación comparando las actividades del sujeto de prueba con un antes y un después. En estas, se aprecia una mejora en el control de la escritura debido a que tiene mayor fuerza de agarre y precisión.



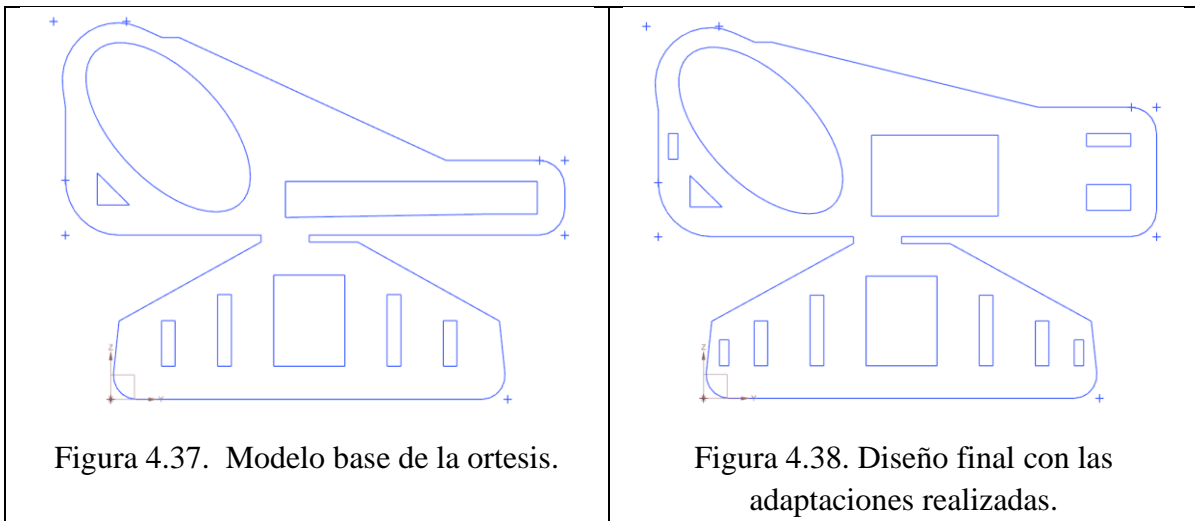
Cuarto momento de diseño

Nuevamente hubo un cambio sobre el diseño obtenido en el tercer momento, debido a que la ortesis se complementó con un dispositivo de reconocimiento táctil (Tablet GAOMON S620) y una app que cuantifica el progreso del infante mediante la aproximación entre la actividad realizada y el ejercicio modelo, para dar una recomendación acerca de las sesiones requeridas. Estos 3 elementos conforman un dispositivo háptico que ayuda al infante (mientras hace uso de la ortesis) en la mejora de su motricidad fina con sesiones de ejercicios de distintos niveles de dificultad, acompañado de un asistente capacitado (de preferencia) que lo apoye durante la misma, además, de informar a su tutor sobre su progreso de forma asíncrona por medio de un correo electrónico.

Un aspecto a considerar para el diseño fueron los componentes de la tableta GAOMON, ya que, se debe evitar que ocurra un contacto directo entre la piel y el área de trabajo por los

niveles de sensibilidad, por otro lado, la pluma presenta dimensiones diferentes a las de un lápiz estándar, por lo que el soporte también se modificó.

El modelo anterior (figura 4.37) se utilizó como base para realizar las nuevas modificaciones, procurando cubrir la piel de la mano del sujeto que puede estar en contacto con la Tablet, asimismo, se agregan 5 rectángulos más para sujetar los lazos que brindan un mejor ajuste de la ortesis a la mano (figura 4.38).



Al mismo tiempo, se realizó la parametrización del modelo con las nuevas incorporaciones (figura 4.39). Las operaciones colocadas en cada una de las cotas fueron obtenidas mediante Excel, estas también se encuentran dentro del archivo modelo en el apartado de “Herramientas” titulado “Expresiones”.

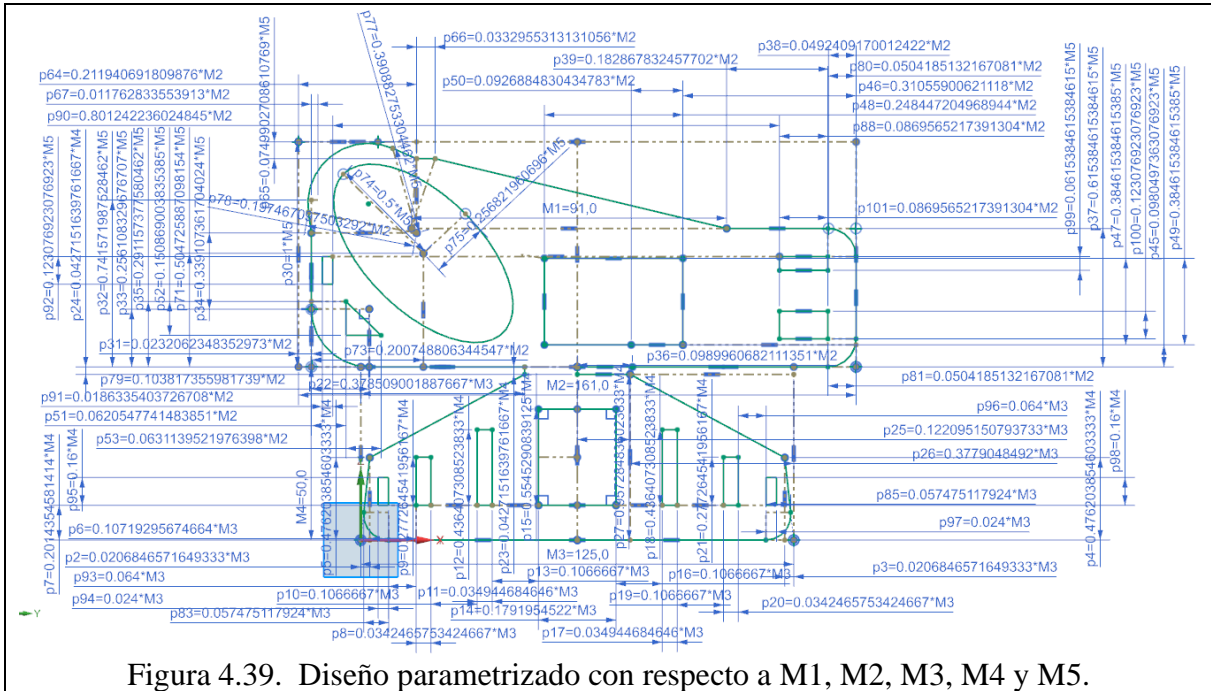


Figura 4.39. Diseño parametrizado con respecto a M1, M2, M3, M4 y M5.

Para encontrar las operaciones que permitirán la parametrización es necesario obtener el factor de ajuste de cada una de las líneas, este factor es proporción (o porcentaje) que representa esa línea con respecto a una medida principal, la cual, terminará multiplicándose con la misma. Así, al momento de cambiar las medidas todo el modelo se adapta a un nuevo tamaño.

En la figura 4.40 se ejemplifica como se obtiene el factor de ajuste, en el que la variable p2 (2.585582146) se multiplica por 100 y el resultado se divide entre 125 (medida principal M3 de la que depende), posteriormente la cantidad obtenida se divide entre 100. En **Operación** se escribe la fórmula (utilizando el número dividido entre 100) y en la sección de **Cantidad (mm)** se comprueba que dicha operación sea la correcta.

CANTIDAD (mm)	FACTOR	ENTRE 100	OPERACIÓN	CANTIDAD (mm)
2.585582146	$=(100*2.585582146)/125$	0.020684657	$0.02068465717*M3$	2.585582146

Figura 4.40. Proceso para obtener el factor de ajuste de la variable p2 (línea recta).

Para recopilar todas las variables parametrizadas se elaboró una tabla (figura 4.41, 4.42 y 4.43). En el que, además de la columna de **Factor de ajuste** cuenta con otras más, como la **Descripción** (el sketch en donde se encuentra la medida), **Variable** (cota en donde está la

operación), **Operación** (el factor de ajuste por la medida principal de la que depende, debido a que su línea se encuentra cerca de esa medida y al cambiar su tamaño esta se ve afectada) y **Medida** (resultado de la operación y medida real de la línea).

TABLA 1: MODELO MANO				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Medida principal	M1	Sin factor	91	91
Medida principal	M2	Sin factor	161	161
Medida principal	M3	Sin factor	125	125
Medida principal	M4	Sin factor	50	50
Medida principal	M5	Sin factor	65	65
Sketch 1	p2	0.0206846571649333	0.0206846571649333*M3	2.585582146
Sketch 1	p3	0.0206846571649333	0.0206846571649333*M3	2.585582146
Sketch 1	p4	0.476203854603333	0.476203854603333*M4	23.81019273
Sketch 1	p5	0.476203854603333	0.476203854603333*M4	23.81019273
Sketch 1	p6	0.10719295674664	0.10719295674664*M3	13.39911959
Sketch 1	p7	0.2014354581414	0.2014354581414*M4	10.07177291
Sketch 1	p8	0.0342465753424667	0.0342465753424667*M3	4.280821918
Sketch 1	p9	0.277264541956167	0.277264541956167*M4	13.8632271
Sketch 1	p10	0.1066667	0.1066667*M3	13.3333375
Sketch 1	p11	0.0349446846464	0.0349446846464*M3	4.368085581
Sketch 1	p12	0.436407308523833	0.436407308523833*M4	21.82036543
Sketch 1	p13	0.1066667	0.1066667*M3	13.3333375
Sketch 1	p14	0.1791954522	0.1791954522*M3	22.39943153
Sketch 1	p15	0.5545290839125	0.5545290839125*M4	27.7264542
Sketch 1	p16	0.1066667	0.1066667*M3	13.3333375
Sketch 1	p17	0.0349446846464	0.0349446846464*M3	4.368085581
Sketch 1	p18	0.436407308523833	0.436407308523833*M4	21.82036543
Sketch 1	p19	0.1066667	0.1066667*M3	13.3333375
Sketch 1	p20	0.0342465753424667	0.0342465753424667*M3	4.280821918
Sketch 1	p21	0.277264541956167	0.277264541956167*M4	13.8632271
Sketch 1	p22	0.378509001887667	0.378509001887667*M3	47.31362524
Sketch 1	p23	0.0427151639761667	0.0427151639761667*M4	2.135758199
Sketch 1	p24	0.0427151639761667	0.0427151639761667*M4	2.135758199
Sketch 1	p25	0.122095150793733	0.122095150793733*M3	15.26189385
Sketch 1	p26	0.3779048492	0.3779048492*M3	47.23810615
Sketch 1	p27	0.957284836023833	0.957284836023833*M4	47.8642418
Sketch 1	p30	1	1*M5	65
Sketch 1	p31	0.0232062348352973	0.0232062348352973*M2	3.736203808
Sketch 1	p32	0.74157198752846	0.74157198752846*M5	48.20217919
Sketch 1	p33	0.256108329676707	0.256108329676707*M5	16.64704143
Sketch 1	p34	0.339107361704024	0.339107361704024*M5	22.04197851
Sketch 1	p35	0.291157377580462	0.291157377580462*M5	18.92522954
Sketch 1	p36	0.0989960682111351	0.0989960682111351*M2	15.93836698

Figura 4.41. Tabla de parametrización **Modelo mano** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño (Parte 1).

TABLA 1: MODELO MANO				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Sketch 1	p37	0.615384615384615	0.615384615384615*M5	40
Sketch 1	p38	0.0492409170012422	0.0492409170012422*M2	7.927787637
Sketch 1	p39	0.182867832457702	0.182867832457702*M2	29.44172103
Sketch 1	p45	0.0980497363076923	0.0980497363076923*M5	6.37323286
Sketch 1	p46	0.31055900621118	0.31055900621118*M2	50
Sketch 1	p47	0.384615384615385	0.384615384615385*M5	25
Sketch 1	p48	0.248447204968944	0.248447204968944*M2	40
Sketch 1	p49	0.384615384615385	0.384615384615385*M5	25
Sketch 1	p50	0.0926884830434783	0.0926884830434783*M2	14.92284577
Sketch 1	p51	0.0620547741483851	0.0620547741483851*M2	9.990818638
Sketch 1	p52	0.150869003835385	0.150869003835385*M5	9.806485249
Sketch 1	p53	0.0631139521976398	0.0631139521976398*M2	10.1613463
Sketch 1	p64	0.211940691809876	0.211940691809876*M2	34.12245138
Sketch 1	p65	0.0749902708610769	0.0749902708610769*M5	4.874367606
Sketch 1	p66	0.0332955313131056	0.0332955313131056*M2	5.360580541
Sketch 1	p67	0.011762833553913	0.011762833553913*M2	1.893816202
Sketch 1	p71	0.504725887098154	0.504725887098154*M5	32.80718266
Sketch 1	p73	0.200748806344547	0.200748806344547*M2	32.32055782
Sketch 1	p74	0.5	0.5*M5	32.5
Sketch 1	p75	0.256821960696	0.256821960696*M5	16.69342745
Sketch 1	p77	0.390882753304462	0.390882753304462*M5	25.40737896
Sketch 1	p78	0.197467097503292	0.197467097503292*M2	31.7922027
Sketch 1	p79	0.103817355981739	0.103817355981739*M2	16.71459431
Sketch 1	p80	0.0504185132167081	0.0504185132167081*M2	8.117380628
Sketch 1	p81	0.0504185132167081	0.0504185132167081*M2	8.117380628
Sketch 1	p83	0.057475117924	0.057475117924*M3	7.184389741
Sketch 1	p85	0.057475117924	0.057475117924*M3	7.184389741
Sketch 1	p88	0.0869565217391304	0.0869565217391304*M2	14
Sketch 1	p90	0.801242236024845	0.801242236024845*M2	129
Sketch 1	p91	0.0186335403726708	0.0186335403726708*M2	3
Sketch 1	p92	0.123076923076923	0.123076923076923*M5	8
Sketch 1	p93	0.064	0.064*M3	8
Sketch 1	p94	0.024	0.024*M3	3
Sketch 1	p95	0.16	0.16*M4	8
Sketch 1	p96	0.064	0.064*M3	8
Sketch 1	p97	0.024	0.024*M3	3
Sketch 1	p98	0.16	0.16*M4	8
Sketch 1	p99	0.0615384615384615	0.0615384615384615*M5	4

Figura 4.42. Tabla de parametrización **Modelo mano** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño (Parte 2).

TABLA 1: MODELO MANO				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Sketch 1	p100	0.123076923076923	0.123076923076923*M5	8
Sketch 1	p101	0.0869565217391304	0.0869565217391304*M2	14

Figura 4.43. Tabla de parametrización **Modelo mano** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño (Parte 3).

A continuación, se muestra la asignación de los valores base y la parametrización de cada cota en la sección de herramientas en el apartado de expresiones (esto es en NX siemens).

	↑ Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status	Comment	Cl ^
1	↓ Default Gro...									
2				mm	Length	Number				
3	M1	91	91	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
4	M2	161	161	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
5	M3	125	125	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
6	M4	50	50	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
7	M5	65	65	mm	Length	Number				
8	p2	0.0206846571649333*M3	2.585582146	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
9	p3	0.0206846571649333*M3	2.585582146	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
10	p4	0.476203854603333*M4	23.81019273	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
11	p5	0.476203854603333*M4	23.81019273	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
12	p6	0.10719295674664*M3	13.39911959	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
13	p7	0.2014354581414*M4	10.07177291	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
14	p8	0.0342465753424667*M3	4.280821918	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
15	p9	0.277264541956167*M4	13.8632271	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
16	p10	0.1066667*M3	13.3333375	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
17	p11	0.034944684646*M3	4.368085581	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
18	p12	0.436407308523833*M4	21.82036543	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
19	p13	0.1066667*M3	13.3333375	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
20	p14	0.1791954522*M3	22.39943153	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
21	p15	0.5545290839125*M4	27.7264542	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
22	p16	0.1066667*M3	13.3333375	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
23	p17	0.034944684646*M3	4.368085581	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
24	p18	0.436407308523833*M4	21.82036543	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
25	p19	0.1066667*M3	13.3333375	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
26	p20	0.0342465753424667*M3	4.280821918	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
27	p21	0.277264541956167*M4	13.8632271	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
28	p22	0.378509001887667*M3	47.31362524	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
29	p23	0.0427151639761667*M4	2.135758199	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
30	p24	0.0427151639761667*M4	2.135758199	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
31	p25	0.122095150793733*M3	15.26189385	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
32	p26	0.3779048492*M3	47.23810615	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
33	p27	0.957284836023833*M4	47.8642418	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
34	p30	1*M5	65	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
35	p31	0.0232062348352973*M2	3.736203808	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			

Figura 4.44. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del modelo de la mano (Parte 1).

	† Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status	Comment	Che ^
35	p31	0.0232062348352973*M2	3.736203808	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
36	p32	0.741571987528462*M5	48.20217919	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
37	p33	0.256108329676707*M5	16.64704143	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
38	p34	0.339107361704024*M5	22.04197851	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
39	p35	0.291157377580462*M5	18.92522954	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
40	p36	0.0989960682111351*M2	15.93836698	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
41	p37	0.615384615384615*M5	40	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
42	p38	0.0492409170012422*M2	7.927787637	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
43	p39	0.182867832457702*M2	29.44172103	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
44	p45	0.0980497363076923*M5	6.37323286	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
45	p46	0.31055900621118*M2	50	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
46	p47	0.384615384615385*M5	25	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
47	p48	0.248447204968944*M2	40	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
48	p49	0.384615384615385*M5	25	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
49	p50	0.0926884830434783*M2	14.92284577	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
50	p51	0.0620547741483851*M2	9.990818638	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
51	p52	0.150869003835385*M5	9.806485249	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
52	p53	0.0631139521976398*M2	10.1613463	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
53	p64	0.211940691809876*M2	34.12245138	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
54	p65	0.0749902708610769*M5	4.874367606	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
55	p66	0.0332955313131056*M2	5.360580541	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
56	p67	0.011762833553913*M2	1.893816202	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
57	p69	11.9755129745639	11.97551297		Unitless	Number				
58	p70	45.9773298681002	45.97732987		Unitless	Number				
59	p71	0.504725887098154*M5	32.80718266	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
60	p73	0.200748806344547*M2	32.32055782	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
61	p74	0.5*M5	32.5	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
62	p75	0.256821960696*M5	16.69342745	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
63	p77	0.390882753304462*M5	25.40737896	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
64	p78	0.197467097503292*M2	31.7922027	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
65	p79	0.103817355981739*M2	16.71459431	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
66	p80	0.0504185132167081*M2	8.117380628	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
67	p81	0.0504185132167081*M2	8.117380628	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
68	p83	0.057475117924*M3	7.184389741	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
69	p85	0.057475117924*M3	7.184389741	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			

Figura 4.45. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del modelo de la mano (Parte 2).

	Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status	Comment	Cl
69	p85	0.057475117924*M3	7.184389741	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
70	p86	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(2) Sta...			
71	p87	1	1	mm	Length	Number	(Extrude(2) End...			
72	p88	0.0869565217391304*M2	14	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
73	p90	0.801242236024845*M2	129	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
74	p91	0.0186335403726708*M2	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
75	p92	0.123076923076923*M5	8	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
76	p93	0.064*M3	8	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
77	p94	0.024*M3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
78	p95	0.16*M4	8	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
79	p96	0.064*M3	8	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
80	p97	0.024*M3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
81	p98	0.16*M4	8	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
82	p99	0.0615384615384615*M5	4	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
83	p100	0.123076923076923*M5	8	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			
84	p101	0.0869565217391304*M2	14	mm	Length	Number	(SKETCH_000:...			

Figura 4.46. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del modelo de la mano (Parte 3).

Finalmente se realizó la extrusión formando un sólido con una altura de un milímetro (1mm) (figura 4.47). Por otro lado, la impresión aumento unos minutos, pasando de 40 a 45 minutos aproximadamente, y se utilizó el material PLA comercial de diferente color (un azul más oscuro) (figura 4.48).

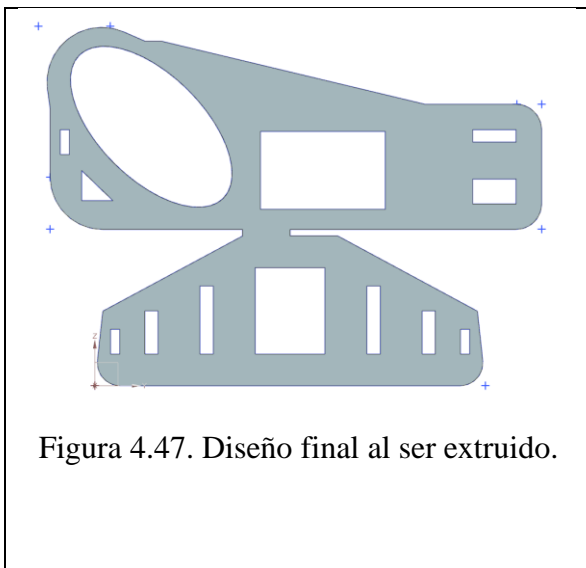


Figura 4.47. Diseño final al ser extruido.

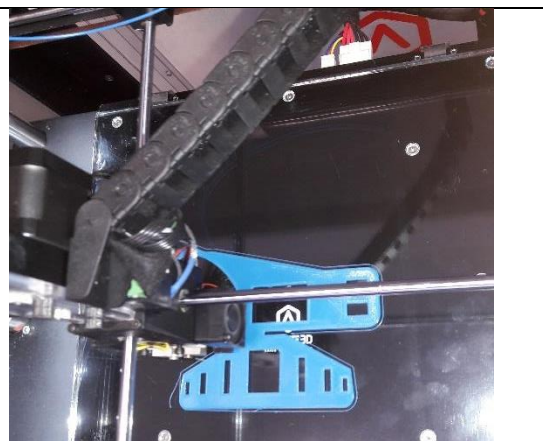


Figura 4.48. Impresión 3D de la ortesis en la impresora RAISER.

La figura 4.49 muestra el modelo impreso con las nuevas modificaciones y unido con otro

componente denominado escuadra, el cual permite la unión entre el soporte y el modelo de mano.



Figura 4.49. Ortesis impresa en 3D utilizando PLA como material de impresión.

Este último, es el componente que aporta la fuerza necesaria para los músculos de la mano al momento de realizar los trazos, pero no es la única pieza. A continuación, se nombrará a cada uno de los elementos que conforman la ortesis, al mismo tiempo que se explica el diseño y la parametrización de cada uno de ellos.

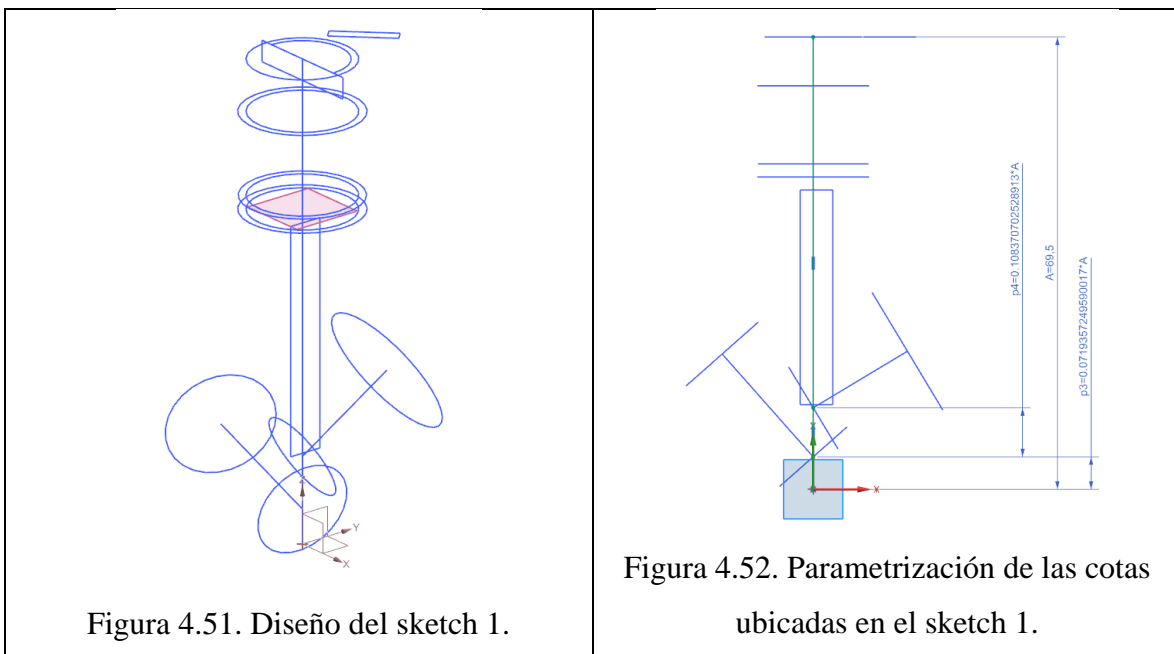
Soporte

Para la pieza del soporte se consideraron nuevas medidas, debido a que, desde el primer hasta el tercer momento se utilizó un lápiz estándar para escribir con la pinza de agarre (así se llama la posición que toman los dedos y la mano al sujetar el soporte), sin embargo, en este cuarto momento se sustituyó el lápiz por la pluma de la tableta GAOMON (figura 4.50). Por lo que se hicieron las modificaciones necesarias tomando en cuenta las diferentes características que presenta, como el diámetro o el botón que tiene en el extremo inferior cerca de la punta.



El diseño final fue realizado en NX Siemens, en el que se utilizó varios sketches (12 planos aproximadamente) para obtener la forma y dimensiones correspondientes. También fue parametrizado siguiendo el mismo método mostrado con anterioridad y se ingresaron los valores base y de parametrización en el apartado de expresiones.

Diseño y parametrización de cada una de las líneas y figuras que componen el soporte:



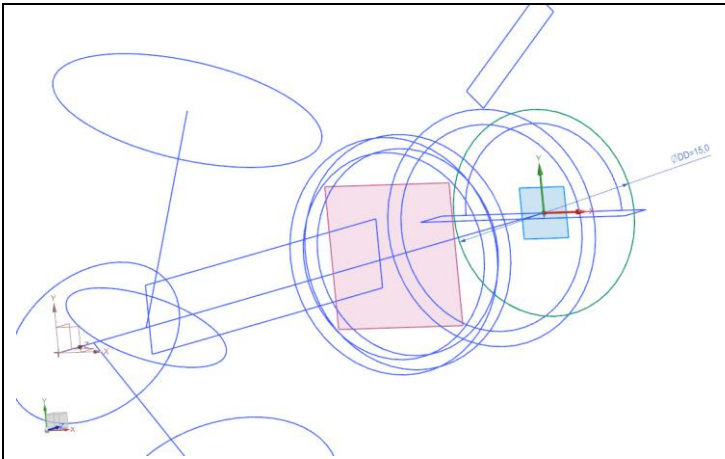


Figura 4.53. Diseño del sketch 3.

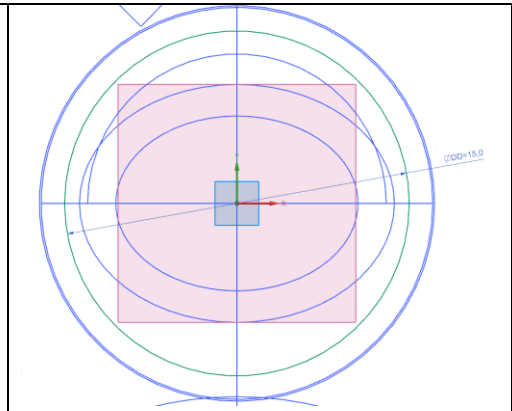


Figura 4.54. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 3.

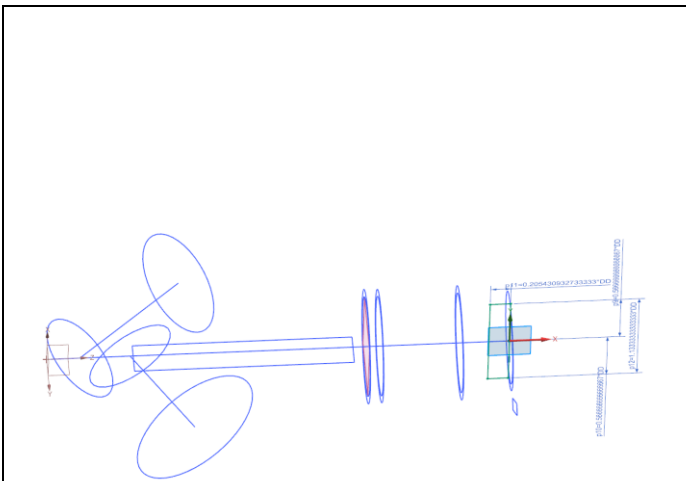


Figura 4.55. Diseño del sketch 17.

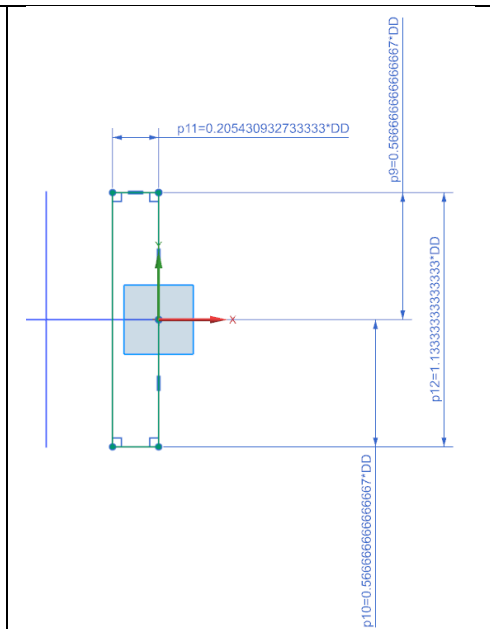


Figura 4.56. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 17.

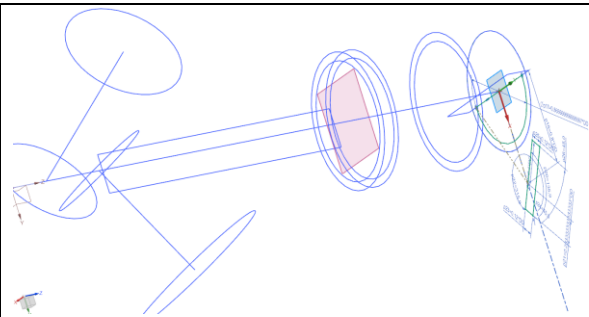


Figura 4.57. Diseño del sketch 19.

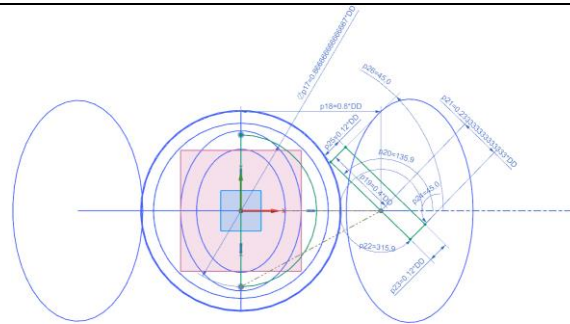


Figura 4.58. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 19.

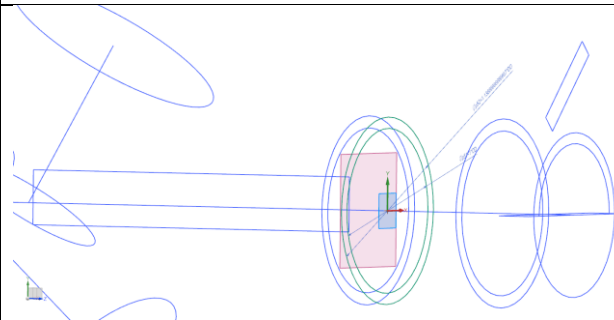


Figura 4.59. Diseño del sketch 32.

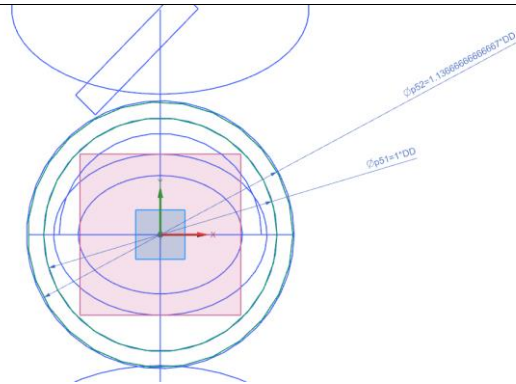


Figura 4.60. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 32.

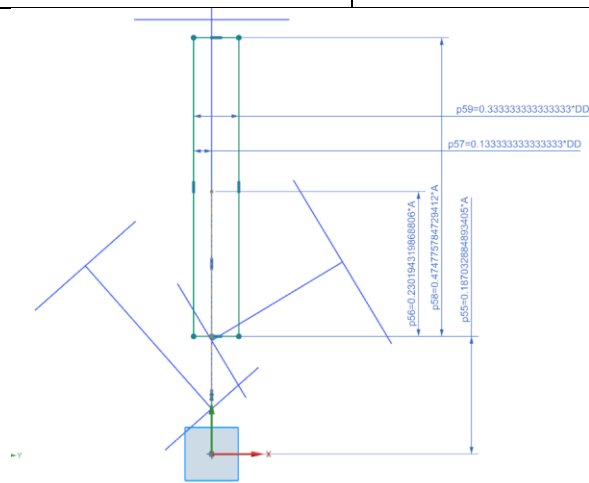


Figura 4.61. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 36.

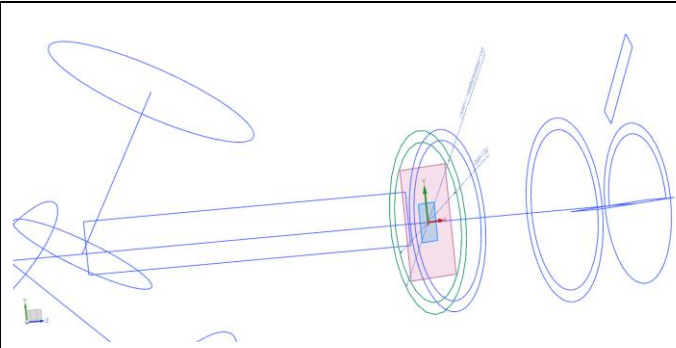


Figura 4.62. Diseño del sketch 39.

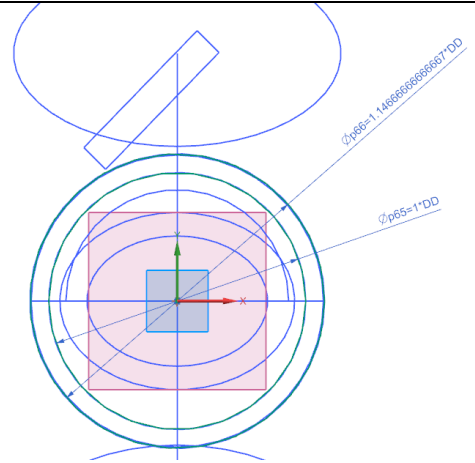


Figura 4.63. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 39.

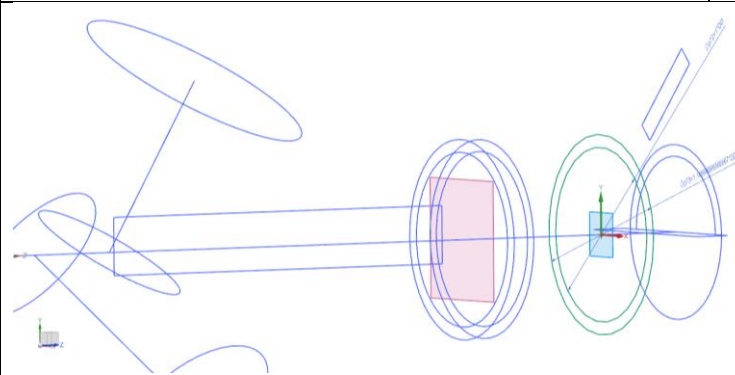


Figura 4.64. Diseño del sketch 42.

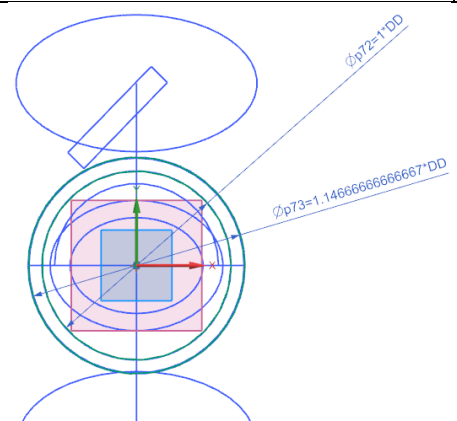


Figura 4.65. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 42.

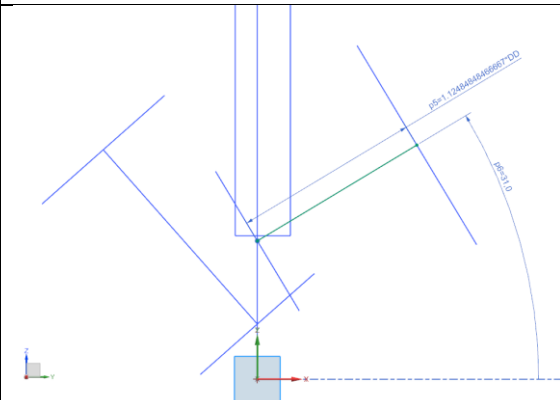


Figura 4.66. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 5.

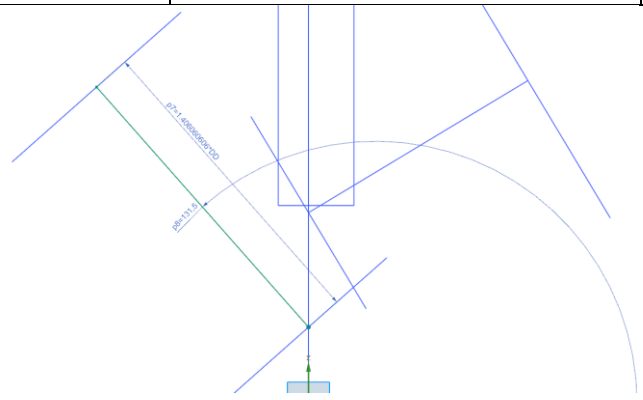
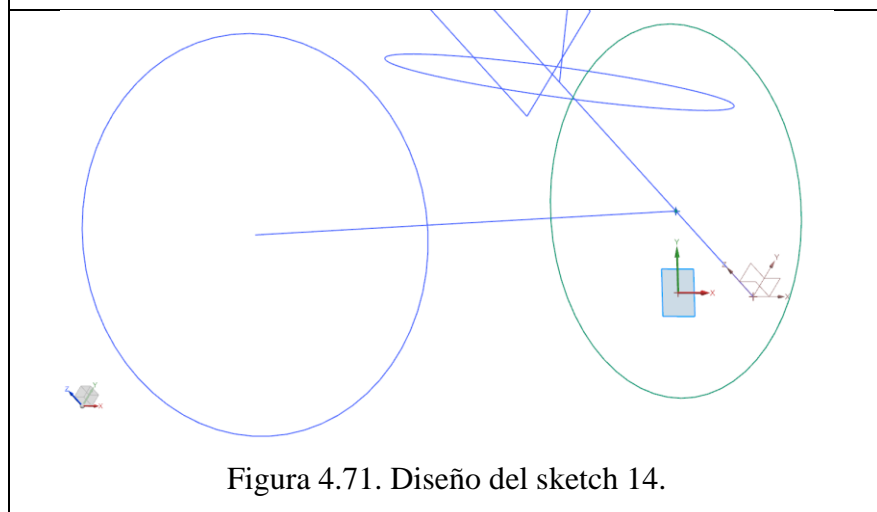
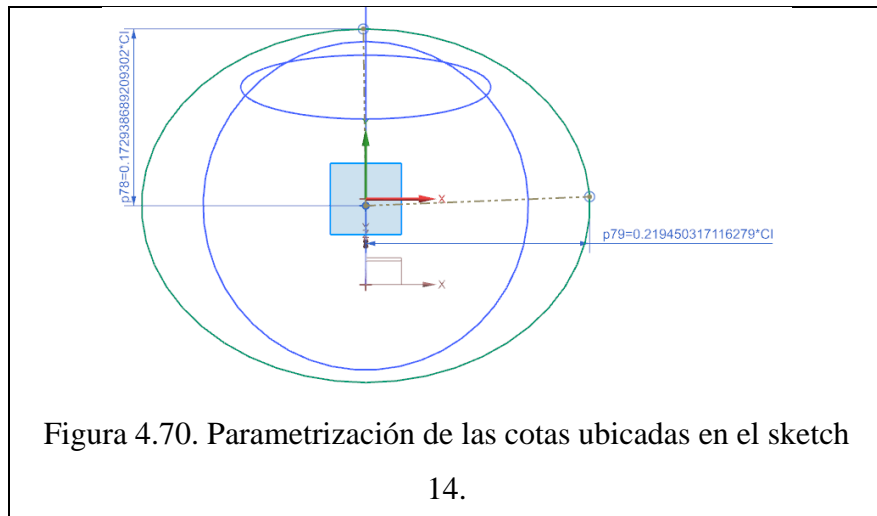
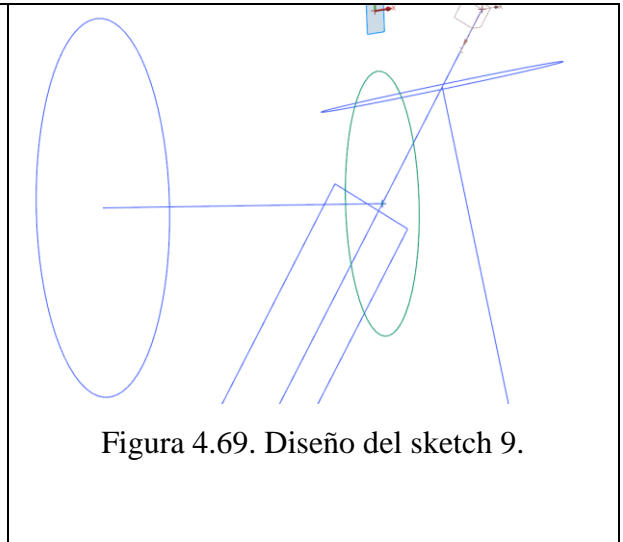
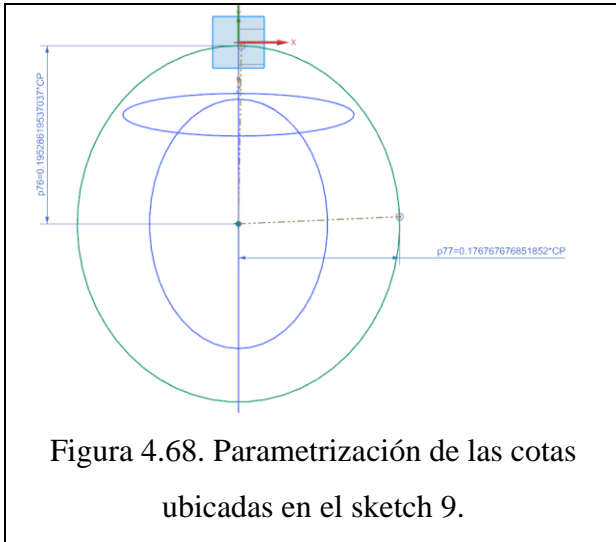


Figura 4.67. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 6.



La siguiente tabla (figura 4.72) es un vaciado de todas las operaciones utilizadas para las cotas del soporte. En esta, se incluyen nuevas medidas como la altura del soporte (valor constante), el diámetro del dedo índice y del pulgar (ambos tienen un tamaño estándar para que los dedos puedan acomodarse) y, por último, el diámetro de la pluma. Lo que significa, que en esta ocasión el factor de ajuste depende de estas nuevas medidas y no de las 5 principales.

TABLA 2: SOPORTE				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Altura del soporte	A	Sin factor	69.50649351	69.50649351
Circulo del dedo índice	CI	Sin factor	43	43
Circulo del dedo pulgar	CP	Sin factor	54	54
Sketch 3 (Diámetro de la pluma)	DD	Sin factor	15	15
Sketch 1	p3	0.0719357249590017	0.0719357249590017*A	5
Sketch 1	p4	0.108370702528913	0.108370702528913*A	7.532467532
Sketch 5	p5	1.124848484666667	1.12484848466667*DD	16.87272727
Sketch 6	p7	1.406060606	1.406060606*DD	21.09090909
Sketch 17	p9	0.566666666666667	0.56666666666667*DD	8.5
Sketch 17	p10	0.566666666666667	0.56666666666667*DD	8.5
Sketch 17	p11	0.205430932733333	0.205430932733333*DD	3.081463991
Sketch 17	p12	1.13333333333333	1.13333333333333*DD	17
Sketch 19	p17	0.866666666666667	0.86666666666667*DD	13
Sketch 19	p18	0.8	0.8*DD	12
Sketch 19	p19	0.4	0.4*DD	6
Sketch 19	p21	0.233333333333333	0.233333333333333*DD	3.5
Sketch 19	p23	0.12	0.12*DD	1.8
Sketch 19	p25	0.12	0.12*DD	1.8
Sketch 32	p51	1	1*DD	15
Sketch 32	p52	1.136666666666667	1.13666666666667*DD	17.05
Sketch 36	p55	0.187032884893405	0.187032884893405*A	13
Sketch 36	p56	0.230194319868806	0.230194319868806*A	16
Sketch 36	p57	0.133333333333333	0.133333333333333*DD	2
Sketch 36	p58	0.474775784729412	0.474775784729412*A	33
Sketch 36	p59	0.333333333333333	0.333333333333333*DD	5
Sketch 39	p65	1	1*DD	15
Sketch 39	p66	1.146666666666667	1.14666666666667*DD	17.2
Sketch 42	p72	1	1*DD	15
Sketch 42	p73	1.146666666666667	1.14666666666667*DD	17.2
Sketch 9	p76	0.19528619537037	0.19528619537037*CP	10.54545455
Sketch 9	p77	0.176767676851852	0.176767676851852*CP	9.54545455
Sketch 14	p78	0.172938689209302	0.172938689209302*CI	7.436363636
Sketch 14	p79	0.219450317116279	0.219450317116279*CI	9.436363636

Figura 4.72. Tabla de parametrización del **Soporte** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño.

Las figuras 4.73 y 4.74 se encuentran en el apartado de “Expresiones” (NX Siemens), en el que se asignan los valores de cada una de las cotas dentro del diseño del soporte. Algunos valores utilizados fuera del sketch (como los de la herramienta “extruir”) no fueron

parametrizados, ya que, estos valores son constantes y al cambiar la medida principal el modelo se adapta automáticamente sin deformarlo.

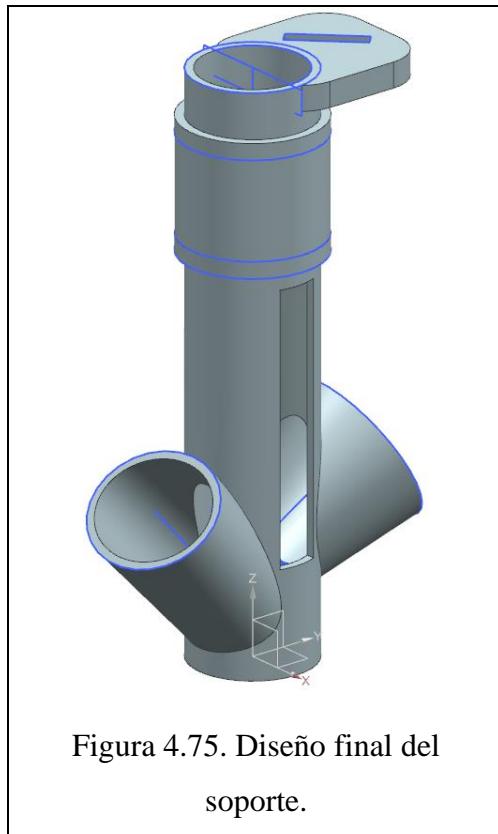
	↑ Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	S ^
1	▼ Default Gro...							
2				mm	Length	Number		
3	A	69.50649351	69.50649351	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	
4	CI	43	43	mm	Length	Number		
5	CP	54	54	mm	Length	Number		
6	DD	15	15	mm	Length	Number	(SKETCH_001...	
7	p3	0.0719357249590017*A	5	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	
8	p4	0.108370702528913*A	7.532467532	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	
9	p5	1.12484848466667*DD	16.87272727	mm	Length	Number	(SKETCH_002...	
10	p6	31	31	°	Angle	Number	(SKETCH_002...	
11	p7	1.406060606*DD	21.09090909	mm	Length	Number	(SKETCH_003...	
12	p8	131.5	131.5	°	Angle	Number	(SKETCH_003...	
13	p9	0.566666666666667*DD	8.5	mm	Length	Number	(SKETCH_008...	
14	p10	0.566666666666667*DD	8.5	mm	Length	Number	(SKETCH_008...	
15	p11	0.205430932733333*DD	3.081463991	mm	Length	Number	(SKETCH_008...	
16	p12	1.13333333333333*DD	17	mm	Length	Number	(SKETCH_008...	
17	p13	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(18) ...	
18	p14	18	18	mm	Length	Number	(Extrude(18) ...	
19	p17	0.866666666666667*DD	13	mm	Length	Number	(SKETCH_009...	
20	p18	0.8*DD	12	mm	Length	Number	(SKETCH_009...	
21	p19	0.4*DD	6	mm	Length	Number	(SKETCH_009...	
22	p20	135.9	135.9	°	Angle	Number	(SKETCH_009...	
23	p21	0.233333333333333*DD	3.5	mm	Length	Number	(SKETCH_009...	
24	p22	315.9	315.9	°	Angle	Number	(SKETCH_009...	
25	p23	0.12*DD	1.8	mm	Length	Number	(SKETCH_009...	
26	p24	45	45	°	Angle	Number	(SKETCH_009...	
27	p25	0.12*DD	1.8	mm	Length	Number	(SKETCH_009...	
28	p26	45	45	°	Angle	Number	(SKETCH_009...	
29	p27	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(20) ...	
30	p28	16	16	mm	Length	Number	(Extrude(20) ...	
31	p36	5	5	mm	Length	Number	(Edge Blend(2...	
32	p38	1	1	mm	Length	Number	(Shell(23) Thi...	
33	p39	1	1	mm	Length	Number	(Shell(25) Thi...	
34	p40	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(26) ...	
35	p41	90	90	mm	Length	Number	(Extrude(26) ...	

Figura 4.73. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del soporte (Parte 1).

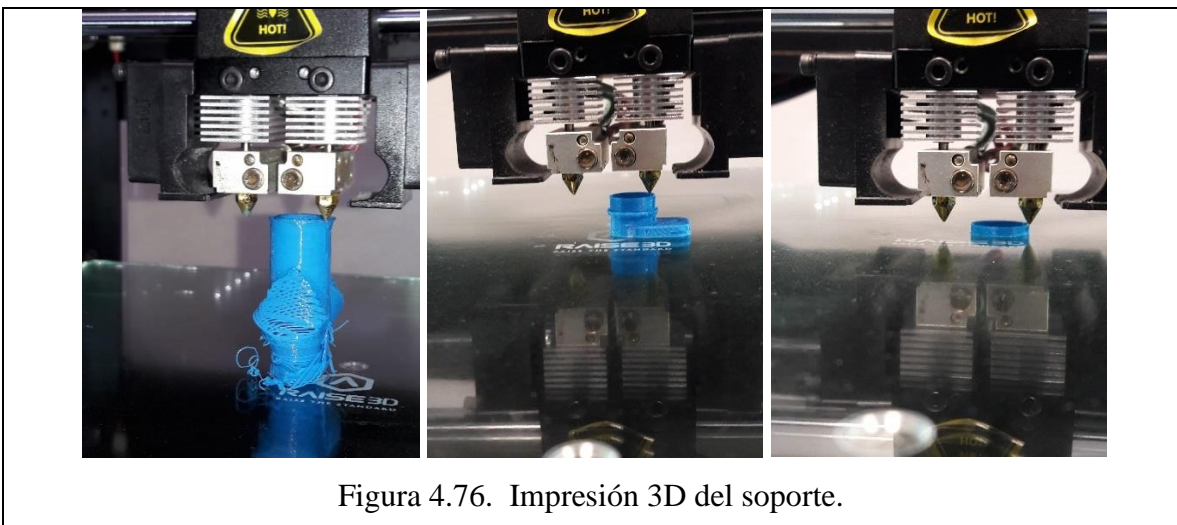
	↑ Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	S ^
29	p27	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(20) ...	
30	p28	16	16	mm	Length	Number	(Extrude(20) ...	
31	p36	5	5	mm	Length	Number	(Edge Blend(2...	
32	p38	1	1	mm	Length	Number	(Shell(23) Thi...	
33	p39	1	1	mm	Length	Number	(Shell(25) Thi...	
34	p40	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(26) ...	
35	p41	90	90	mm	Length	Number	(Extrude(26) ...	
36	p44	-0.1	-0.1	mm	Length	Number	(Datum Plane...	
37	p47	55	55	mm	Length	Number	(Datum Plane...	
38	p50	50	50	mm	Length	Number	(Datum Plane...	
39	p51	1*DD	15	mm	Length	Number	(SKETCH_010...	
40	p52	1.13666666666667*DD	17.05	mm	Length	Number	(SKETCH_010...	
41	p53	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(33) ...	
42	p54	12	12	mm	Length	Number	(Extrude(33) ...	
43	p55	0.187032884893405*A	13	mm	Length	Number	(SKETCH_011...	
44	p56	0.230194319868806*A	16	mm	Length	Number	(SKETCH_011...	
45	p57	0.133333333333333*DD	2	mm	Length	Number	(SKETCH_011...	
46	p58	0.474775784729412*A	33	mm	Length	Number	(SKETCH_011...	
47	p59	0.333333333333333*DD	5	mm	Length	Number	(SKETCH_011...	
48	p60	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(37) ...	
49	p61	10	10	mm	Length	Number	(Extrude(37) ...	
50	p64	48	48	mm	Length	Number	(Datum Plane...	
51	p65	1*DD	15	mm	Length	Number	(SKETCH_012...	
52	p66	1.14666666666667*DD	17.2	mm	Length	Number	(SKETCH_012...	
53	p67	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(40) ...	
54	p68	2	2	mm	Length	Number	(Extrude(40) ...	
55	p71	62	62	mm	Length	Number	(Datum Plane...	
56	p72	1*DD	15	mm	Length	Number	(SKETCH_013...	
57	p73	1.14666666666667*DD	17.2	mm	Length	Number	(SKETCH_013...	
58	p74	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(43) ...	
59	p75	2	2	mm	Length	Number	(Extrude(43) ...	
60	p76	0.19528619537037*CP	10.54545455	mm	Length	Number	(SKETCH_004...	
61	p77	0.176767676851852*CP	9.54545455	mm	Length	Number	(SKETCH_004...	
62	p78	0.172938689209302*CI	7.436363636	mm	Length	Number	(SKETCH_006...	
63	p79	0.219450317116279*CI	9.436363636	mm	Length	Number	(SKETCH_006...	

Figura 4.74. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del soporte (Parte 2).

Para terminar, se realizó la extrusión formando un sólido con un grosor de un milímetro y un milímetro y medio (1mm y 1.5 mm) (figura 4.75). Al imprimirse, el soporte se dividió en 3 partes, dado que son 2 piezas (la parte superior, donde se coloca la cinta y la parte inferior, donde el sujeto de prueba pondrá los dedos) unidas por un cilindro que hace el ajuste de ambas piezas.



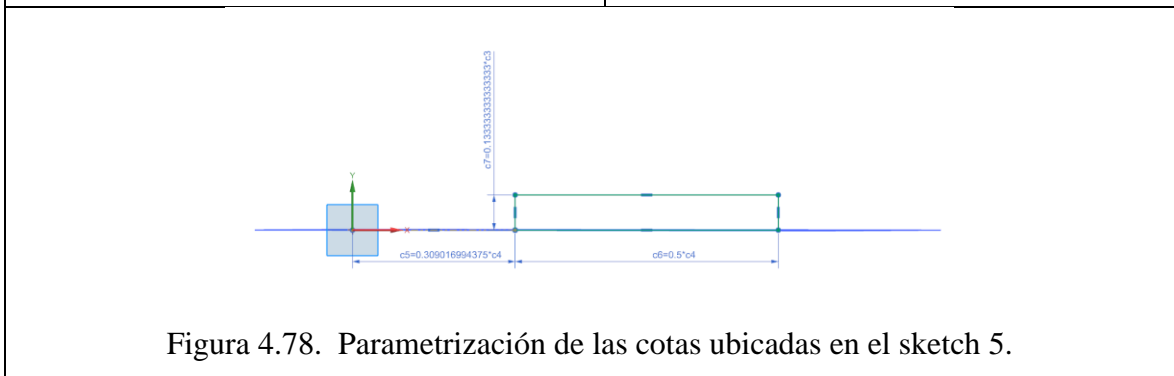
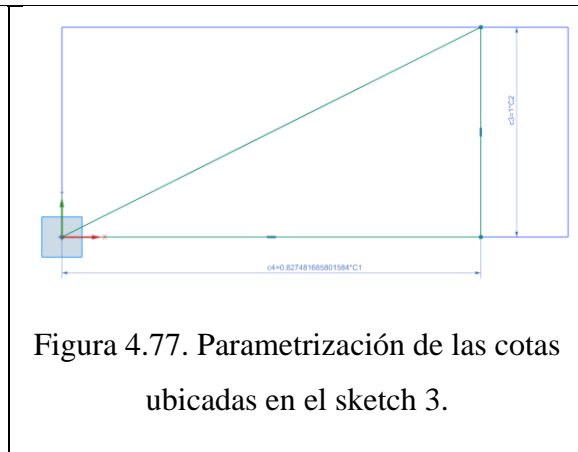
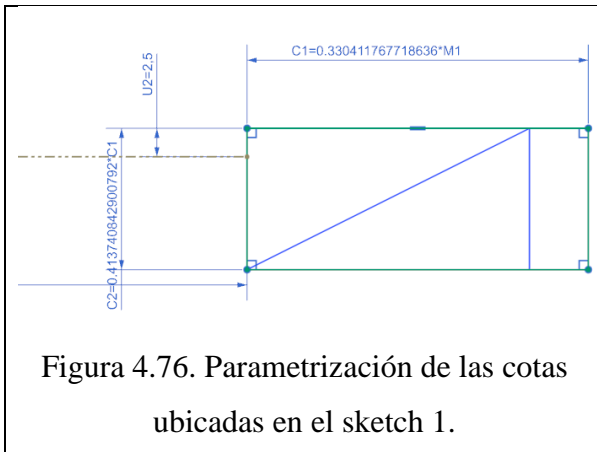
El tiempo de impresión (figura 4.76) vario en cada una de las piezas, desde los 10 hasta los 45 minutos aproximadamente y se utilizó como material de impresión el mismo PLA comercial usado con anterioridad.



Cinta

Es la pieza que se ubica en la parte superior central del modelo de la mano, su función es unir la escuadra con el modelo (mano). El diseño comenzó trazando líneas rectas que se transformaron en una figura compleja, en la que, se trabajó sobre distintos sketches para obtener las dimensiones que se requerían.

Diseño y parametrización de cada una de las líneas y figuras que componen la cinta:



Al realizar la parametrización todas las operaciones dependerán de la medida principal M1, debido a la posición en donde se encuentra la pieza. También, en la figura 4.79 se pueden encontrar otros dos valores sin factor de ajuste, debido a que son constantes dentro del plano, y marcan una distancia en el origen del mismo, por lo tanto, no repercuten directamente en las medidas de la figura.

TABLA 3: CINTA				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Medida principal	M1	Sin factor	91	91
Constante (Espacio del origen)	U1	Sin factor	120	120
Constante (Espacio del origen)	U2	Sin factor	2.5	2.5
Sketch 1	C1	0.330411768	0.330411767718636*M1	30.06747086
Sketch 1	C2	0.413740843	0.413740842900792*C1	12.44014074
Sketch 3	c3	1	1*C2	12.44014074
Sketch 3	c4	0.827481686	0.827481685801584*C1	24.88028148
Sketch 5	c5	0.309016994	0.309016994375*c4	7.688429801
Sketch 5	c6	0.5	0.5*c4	12.44014074
Sketch 5	c7	0.133333333	0.133333333333333*c3	1.658685432

Figura 4.79. Tabla de parametrización de la **Cinta** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño.

La figura 4.80 muestra las operaciones aplicadas en cada cota del modelo, al igual que otros valores utilizados fuera del sketch, como los de la herramienta “extruir”. Estos valores son constantes, ya que, al cambiar la medida principal el modelo se adapta automáticamente (junto con los valores de otras herramientas ocupadas fuera del sketch) para evitar deformarlo.

	Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status
1	Default Gro...							
2				mm	Length	Number		
3	C1	0.330411767718636*M1	30.06747086	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	
4	C2	0.413740842900792*C1	12.44014074	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	
5	c3	1*C2	12.44014074	mm	Length	Number	(SKETCH_001...	
6	c4	0.827481685801584*C1	24.88028148	mm	Length	Number	(SKETCH_001...	
7	c5	0.309016994375*c4	7.688429801	mm	Length	Number	(SKETCH_002...	
8	c6	0.5*c4	12.44014074	mm	Length	Number	(SKETCH_002...	
9	c7	0.133333333333333*c3	1.658685432	mm	Length	Number	(SKETCH_002...	
10	E1	-0.5	-0.5	mm	Length	Number	(Extrude(2) St...	
11	E2	3	3	mm	Length	Number	(Extrude(4) E...	
12	E3	-15	-15	mm	Length	Number	(Extrude(6) St...	
13	M1	91	91	mm	Length	Number		
14	p5	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(2) E...	
15	p8	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(4) St...	
16	p14	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(6) E...	
17	U1	120	120	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	
18	U2	2.5	2.5	mm	Length	Number	(SKETCH_000...	

Figura 4.80. Comando Expressions NX Siemens en el diseño de la cinta.

Vista en 3D del diseño final de la cinta:

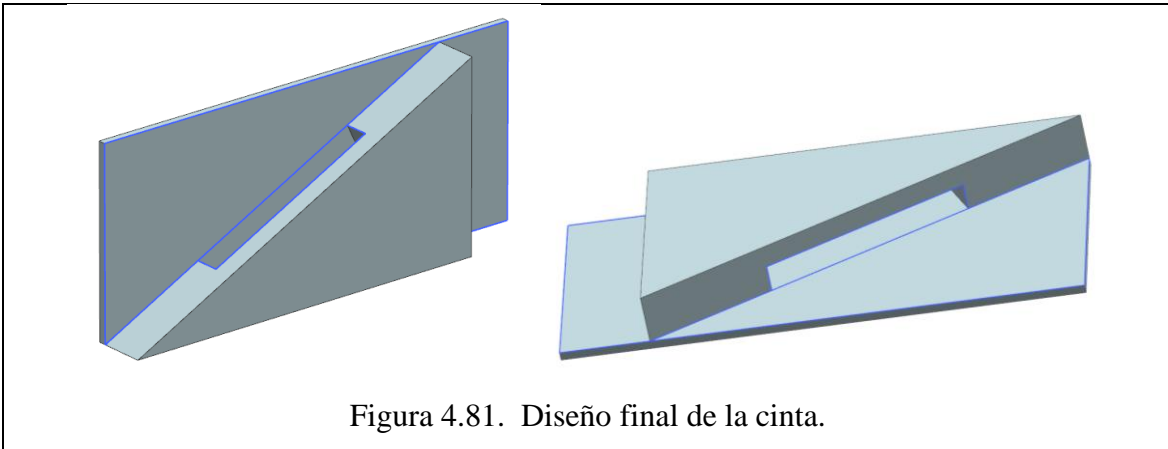


Figura 4.81. Diseño final de la cinta.

Por último, se hizo un ensamble (figura 4.82) con las 2 piezas (cinta y el modelo de la mano) para convertirlo en un archivo STL e imprimir en 3D con PLA comercial.

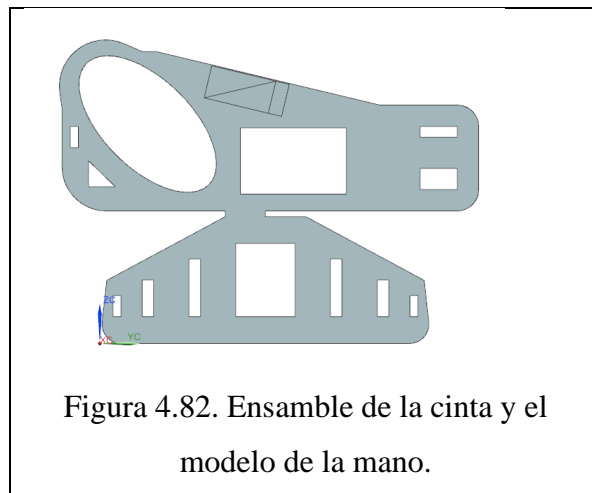


Figura 4.82. Ensamble de la cinta y el modelo de la mano.

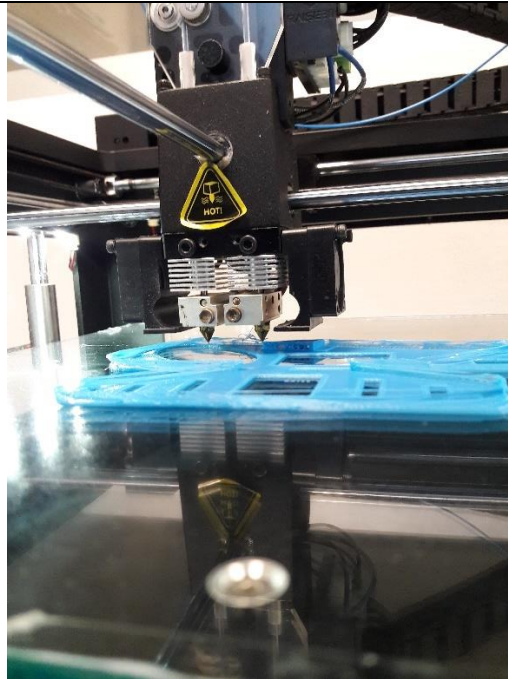


Figura 4.83. Impresión 3D de la cinta.

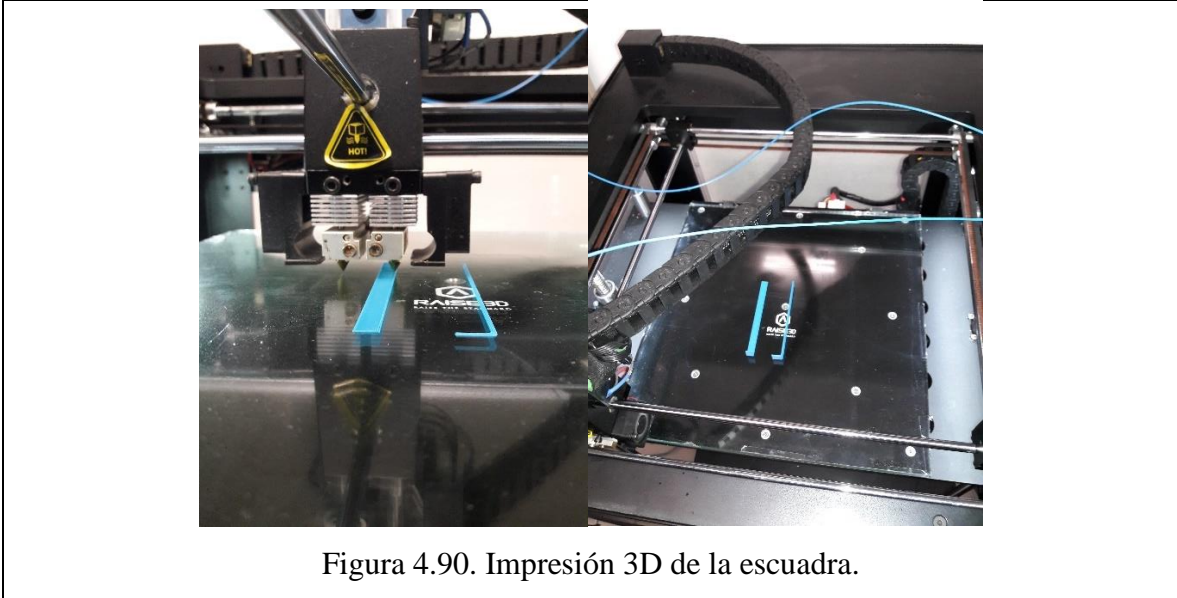
Escuadra

La función de la escuadra es unir la cinta (adherida al modelo de la mano) y el soporte, para alinear y mantener la posición de este último, al mismo tiempo que no limita su movimiento. Un extremo de la escuadra se encaja en el espacio que se encuentra dentro de la cinta y el otro extremo va en la ranura de la parte superior del soporte.

Para este diseño se utilizó 2 sketch, uno para la longitud de la escuadra y el otro para el grosor la pieza, como se muestra a continuación:

Diseño y parametrización de cada una de las líneas y figuras que componen la cinta:

Posteriormente, se exportó como un archivo STL para ser impreso con PLA comercial del tono azul oscuro. Su tiempo de impresión fue de, aproximadamente, 15 minutos debido a que se imprimió junto con los lazos.

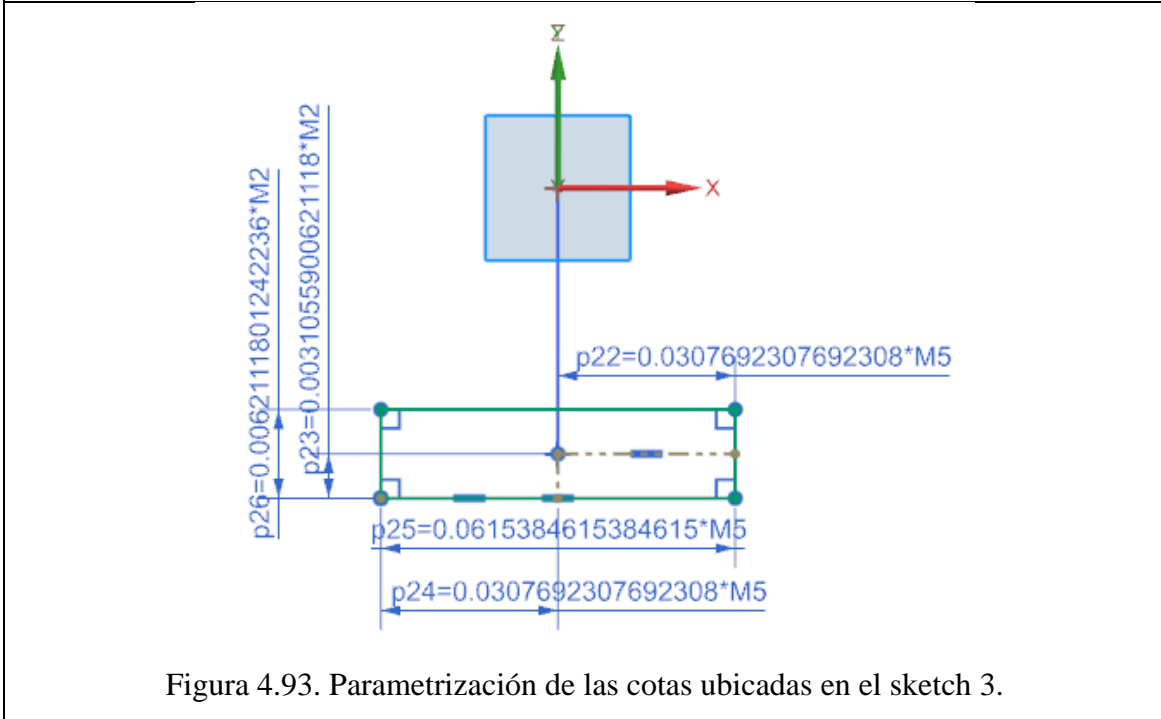
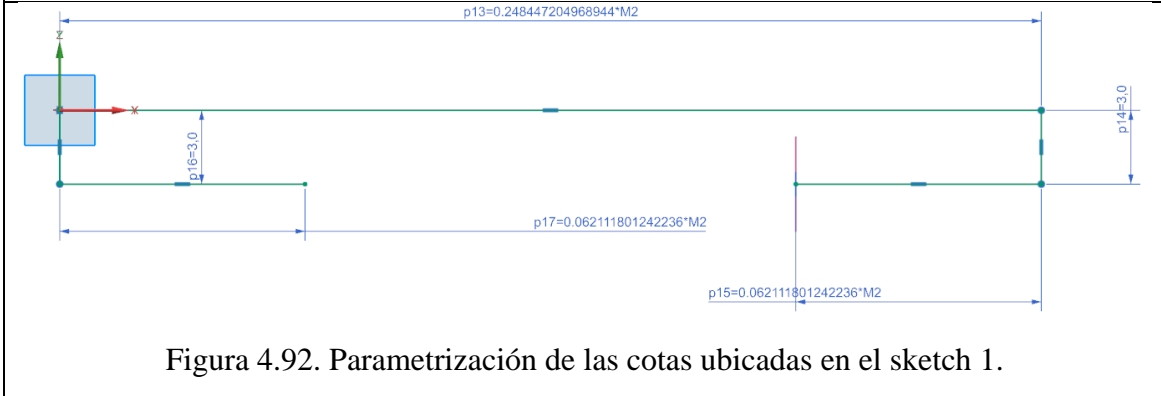
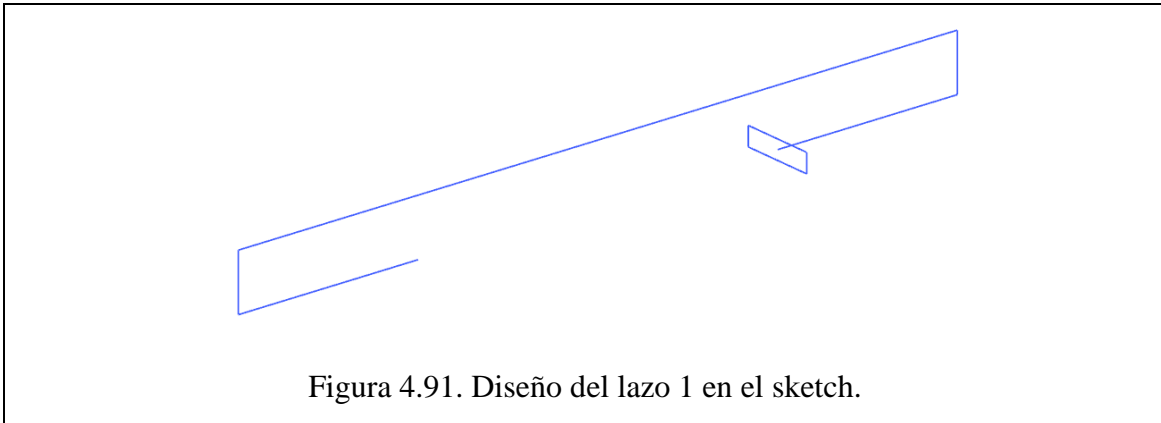


Lazos

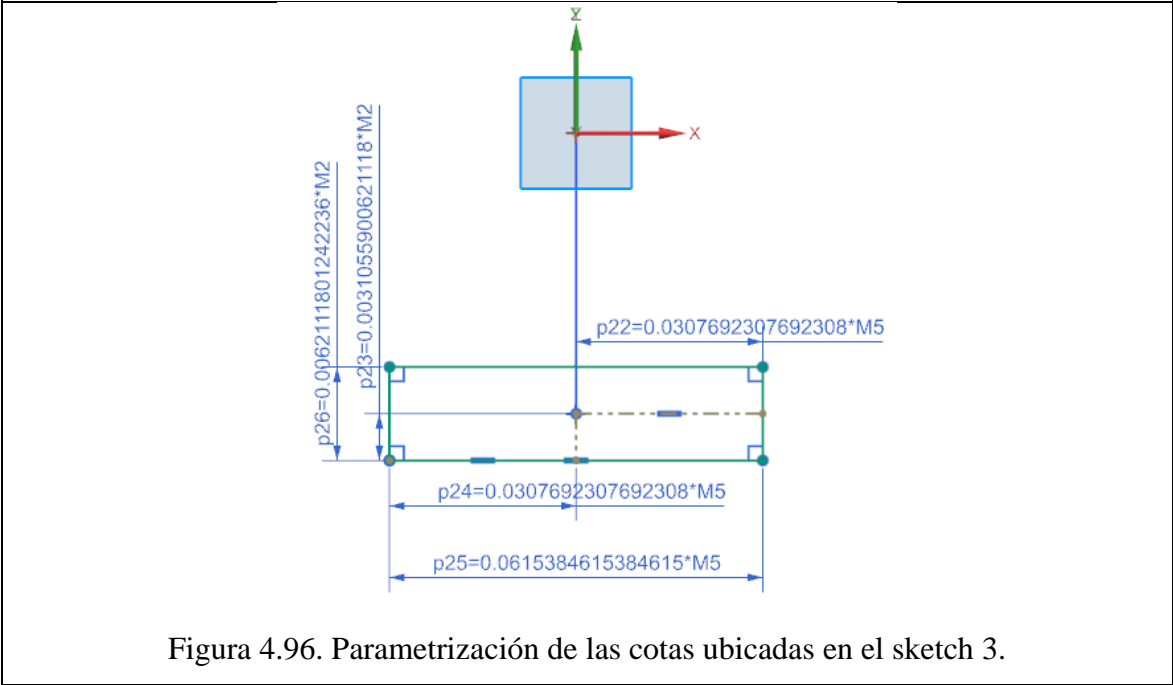
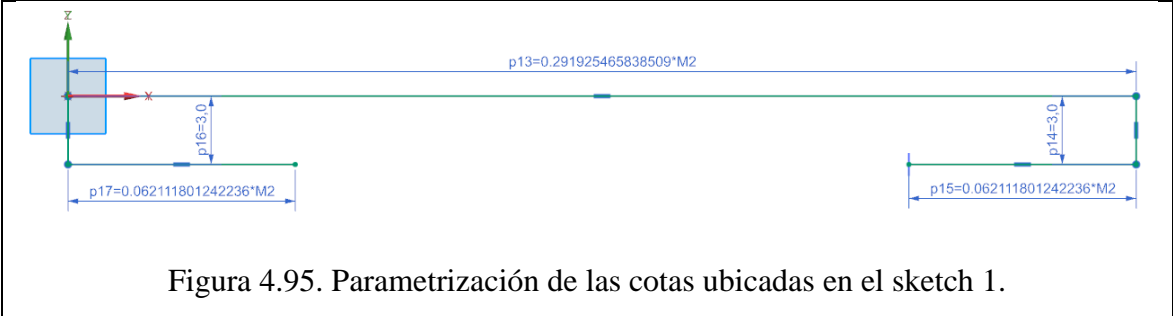
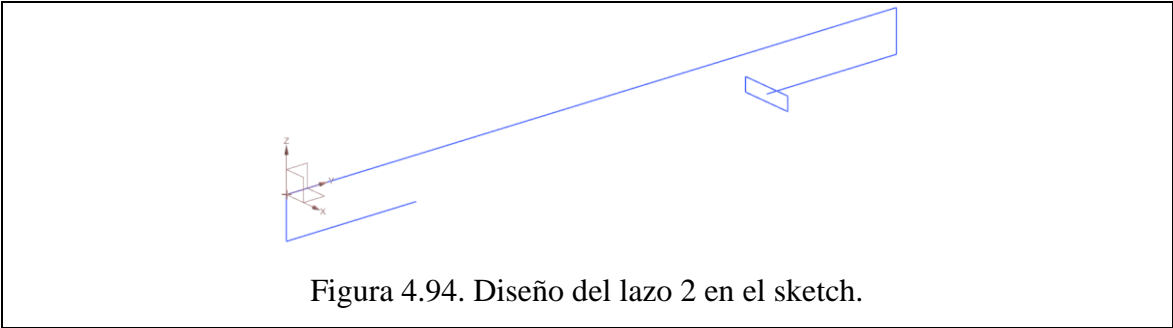
La ortesis cuenta con 3 lazos de distinta longitud, cuya función es proporcionar un mejor ajuste de la ortesis a la mano para brindar fuerza a los músculos y comodidad al momento de usarla como si fuera un guante, para evitar que el modelo se resbale de la mano.

En cada uno de los diseños se utilizó 2 sketch, uno para la longitud de cada lazo y en el otro para el grosor y altura de las piezas:

Diseño y parametrización de cada una de las líneas y figuras que compone el lazo 1:



Diseño y parametrización de cada una de las líneas y figuras que compone el lazo 2:



Diseño y parametrización de cada una de las líneas y figuras que compone el lazo 3:

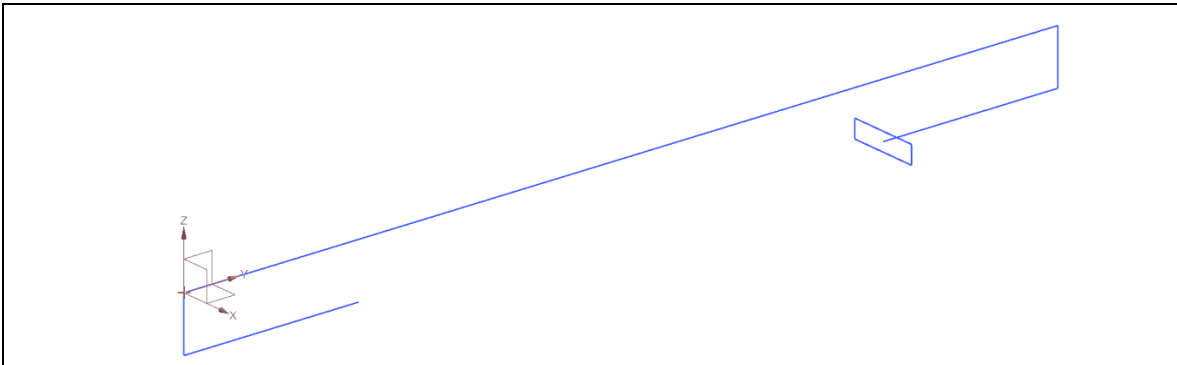


Figura 4.98. Diseño del lazo 3 en el sketch.

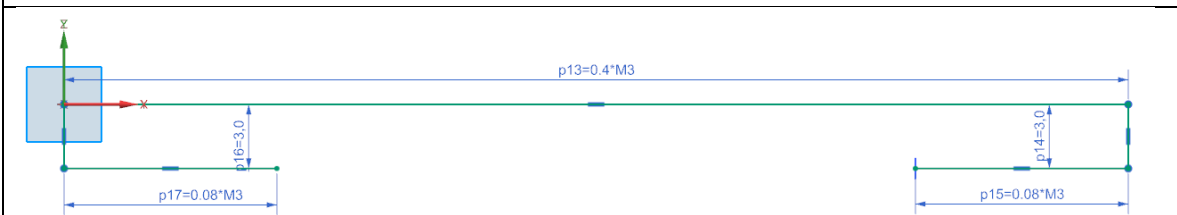


Figura 4.99. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 1.

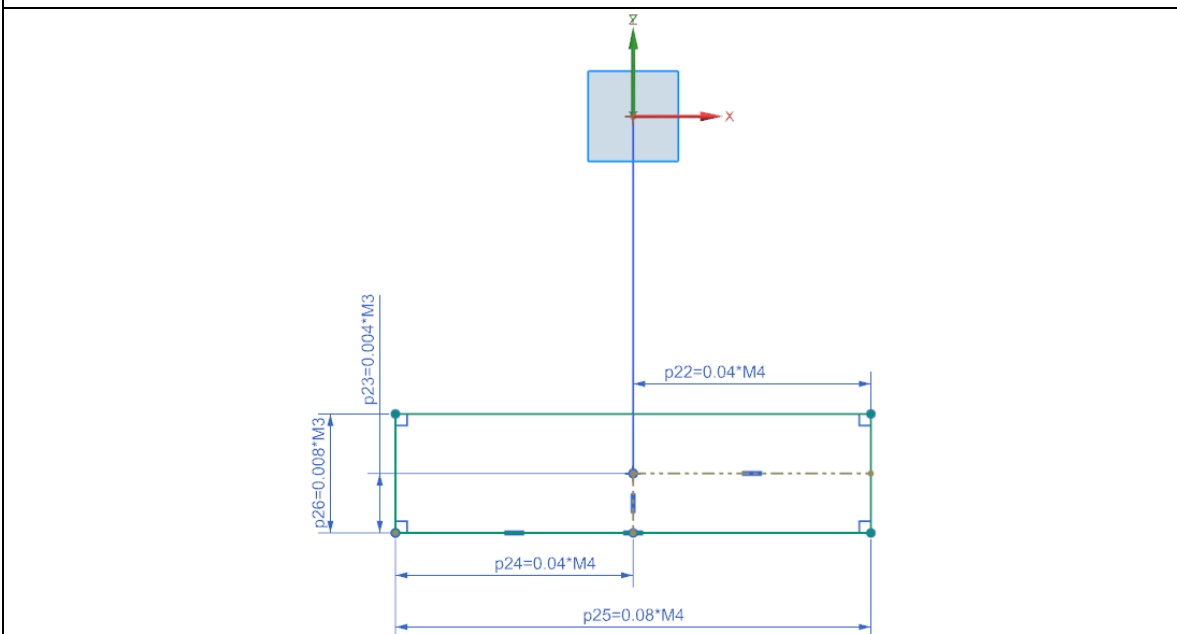


Figura 4.100. Parametrización de las cotas ubicadas en el sketch 3.

Las operaciones de cada cota no dependerán de la misma medida principal porque cada uno se encuentra en una posición diferente. El lazo 1(figura 4.101) y el lazo 2(figura 4.102) corresponden a la medida M2 y M5 (la parte superior del modelo), mientras que el lazo 3

(figura 1.103) a la medida M3 y M4 (parte inferior del modelo). El único valor que permanecerá constante (porque no cambia) será el grosor de los lazos.

TABLA 5: LAZO 1				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Medida principal	M2	Sin factor	161	161
Medida principal	M5	Sin factor	65	65
Sketch 1	p13	0.248447204968944	0.248447204968944*M2	40
Sketch 1 (Constante)	p14	Sin factor	3	3
Sketch 1	p15	0.062111801242236	0.062111801242236*M2	10
Sketch 1 (Constante)	p16	Sin factor	3	3
Sketch 1	p17	0.062111801242236	0.062111801242236*M2	10
Sketch 3	p22	0.0307692307692308	0.0307692307692308*M5	2
Sketch 3	p23	0.0031055900621118	0.0031055900621118*M2	0.5
Sketch 3	p24	0.0307692307692308	0.0307692307692308*M5	2
Sketch 3	p25	0.0615384615384615	0.0615384615384615*M5	4
Sketch 3	p26	0.0062111801242236	0.0062111801242236*M2	1

Figura 4.101. Tabla de parametrización del **Lazo 1** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño.

TABLA 6: LAZO 2				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Medida principal	M2	Sin factor	161	161
Medida principal	M5	Sin factor	65	65
Sketch 1	p13	0.291925465838509	0.291925465838509*M2	47
Sketch 1 (Constante)	p14	Sin factor	3	3
Sketch 1	p15	0.062111801242236	0.062111801242236*M2	10
Sketch 1 (Constante)	p16	Sin factor	3	3
Sketch 1	p17	0.062111801242236	0.062111801242236*M2	10
Sketch 3	p22	0.0307692307692308	0.0307692307692308*M5	2
Sketch 3	p23	0.0031055900621118	0.0031055900621118*M2	0.5
Sketch 3	p24	0.0307692307692308	0.0307692307692308*M5	2
Sketch 3	p25	0.0615384615384615	0.0615384615384615*M5	4
Sketch 3	p26	0.0062111801242236	0.0062111801242236*M2	1

Figura 4.102. Tabla de parametrización del **Lazo 2** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño.

TABLA 7: LAZO 3				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FACTOR DE AJUSTE	OPERACIÓN	MEDIDA (mm)
Medida principal	M3	Sin factor	125	125
Medida principal	M4	Sin factor	50	50
Sketch 1	p13	0.4	0.4*M3	50
Sketch 1 (Constante)	p14	Sin factor	3	3
Sketch 1	p15	0.08	0.08*M3	10
Sketch 1 (Constante)	p16	Sin factor	3	3
Sketch 1	p17	0.08	0.08*M3	10
Sketch 3	p22	0.04	0.04*M4	2
Sketch 3	p23	0.004	0.004*M3	0.5
Sketch 3	p24	0.04	0.04*M4	2
Sketch 3	p25	0.08	0.08*M4	4
Sketch 3	p26	0.008	0.008*M3	1

Figura 4.103. Tabla de parametrización del **Lazo 3** que recopila los factores de ajuste de cada línea del diseño.

Los valores de la parametrización se encuentran en cada una de las cotas con sus respectivas medidas, además de otros valores pertenecientes a las herramientas utilizadas dentro del sketch, como se muestra en la tabla de “expresiones” del lazo 1 (figura 4.104), lazo 2 (figura 4.105) y lazo 3 (figura 4.106).

Expressions										
	Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status	Comment	Checks
1	Default Gro...									
2				mm	Length	Number				
3	M2	161	161	mm	Length	Number				
4	M5	65	65	mm	Length	Number				
5	p11	9	9		Unitless	Number				
6	p12	1.8	1.8		Unitless	Number				
7	p13	0.248447204968944*M2	40	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
8	p14	3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
9	p15	0.062111801242236*M2	10	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
10	p16	3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
11	p17	0.062111801242236*M2	10	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
12	p18	10	10	mm	Length	Number	(Datum Plane...			
13	p22	0.0307692307692308*M5	2	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
14	p23	0.0031055900621118*M2	0.5	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
15	p24	0.0307692307692308*M5	2	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
16	p25	0.0615384615384615*M5	4	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
17	p26	0.0062111801242236*M2	1	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
18	p34	0.75	0.75	mm	Length	Number	(Edge Blend(6...			
19	p42	0.75	0.75	mm	Length	Number	(Edge Blend(7...			
20	p43	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(8) St...			
21	p44	1.1	1.1	mm	Length	Number	(Extrude(8) E...			
22	p45	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(9) St...			
23	p46	1.1	1.1	mm	Length	Number	(Extrude(9) E...			

Figura 4.104. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del lazo 1.

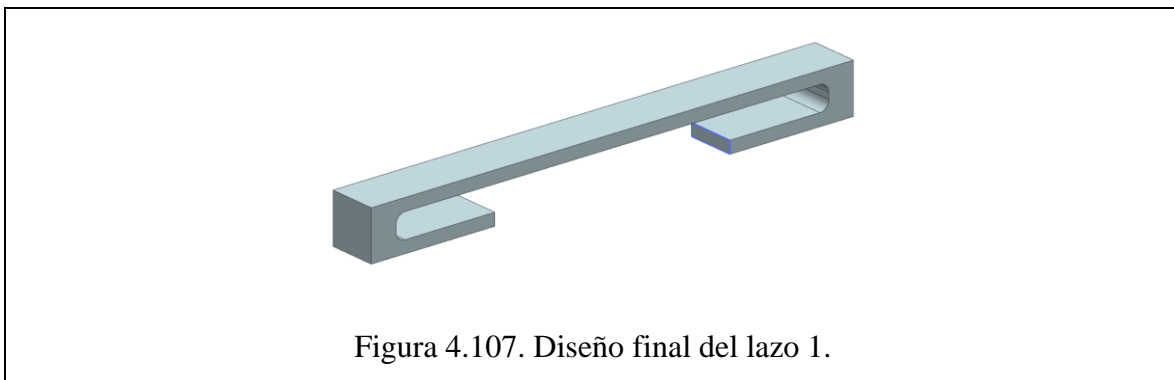
	Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status	Comment	Checks
1	Default Gro...									
2				mm	Length	Number				
3	M2	161	161	mm	Length	Number				
4	M5	65	65	mm	Length	Number				
5	p11	9	9		Unitless	Number				
6	p12	1.8	1.8		Unitless	Number				
7	p13	0.291925465838509*M2	47	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
8	p14	3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
9	p15	0.062111801242236*M2	10	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
10	p16	3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
11	p17	0.062111801242236*M2	10	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
12	p18	10	10	mm	Length	Number	(Datum Plane...			
13	p22	0.0307692307692308*M5	2	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
14	p23	0.0031055900621118*M2	0.5	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
15	p24	0.0307692307692308*M5	2	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
16	p25	0.0615384615384615*M5	4	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
17	p26	0.0062111801242236*M2	1	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
18	p34	0.75	0.75	mm	Length	Number	(Edge Blend(6...			
19	p42	0.75	0.75	mm	Length	Number	(Edge Blend(7...			
20	p43	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(8) St...			
21	p44	1.1	1.1	mm	Length	Number	(Extrude(8) E...			
22	p45	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(9) St...			
23	p46	1.1	1.1	mm	Length	Number	(Extrude(9) E...			

Figura 4.105. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del lazo 2.

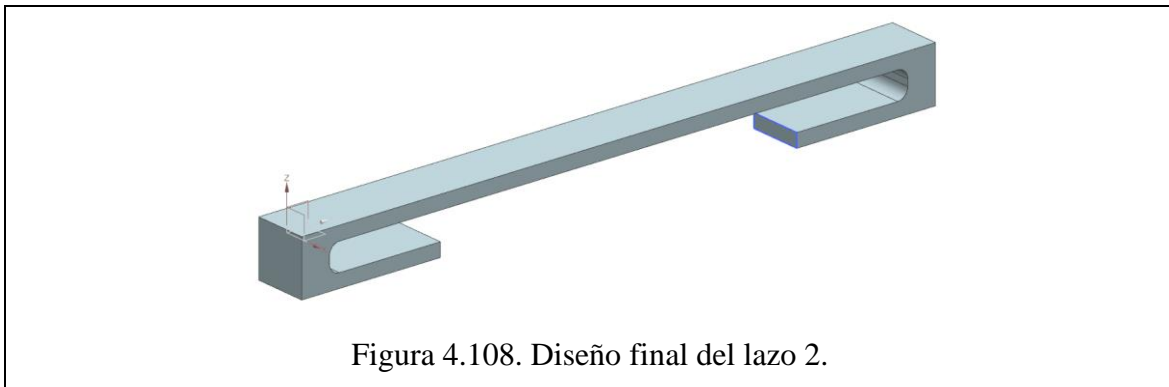
	Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source	Status	Comment	Checks
1	Default Gro...									
2				mm	Length	Number				
3	M3	125	125	mm	Length	Number				
4	M4	50	50	mm	Length	Number				
5	p11	9	9		Unitless	Number				
6	p12	1.8	1.8		Unitless	Number				
7	p13	0.4*M3	50	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
8	p14	3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
9	p15	0.08*M3	10	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
10	p16	3	3	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
11	p17	0.08*M3	10	mm	Length	Number	(SKETCH_000...			
12	p18	10	10	mm	Length	Number	(Datum Plane...			
13	p22	0.04*M4	2	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
14	p23	0.004*M3	0.5	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
15	p24	0.04*M4	2	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
16	p25	0.08*M4	4	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
17	p26	0.008*M3	1	mm	Length	Number	(SKETCH_001...			
18	p34	0.75	0.75	mm	Length	Number	(Edge Blend(6...			
19	p42	0.75	0.75	mm	Length	Number	(Edge Blend(7...			
20	p43	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(8) St...			
21	p44	1.1	1.1	mm	Length	Number	(Extrude(8) E...			
22	p45	0	0	mm	Length	Number	(Extrude(9) St...			
23	p46	1.1	1.1	mm	Length	Number	(Extrude(9) E...			

Figura 4.106. Comando Expressions NX Siemens en el diseño del lazo 3.

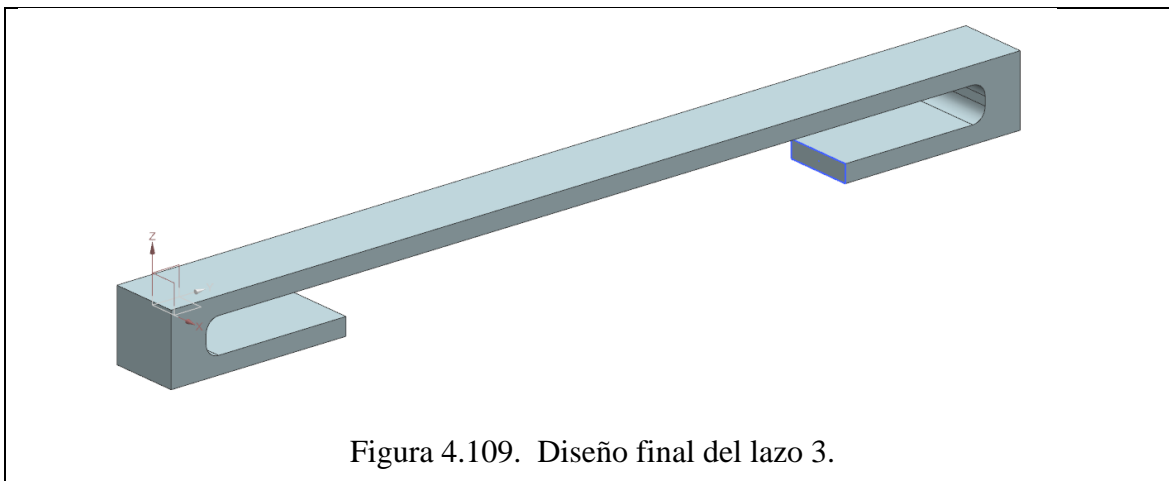
Vista en 3D del diseño final del lazo 1:



Vista en 3D del diseño final del lazo 2:



Vista en 3D del diseño final del lazo 3:



Finalmente, se exportaron todos los lazos como archivos STL y se colocaron en grupos de 3 junto con la escuadra para poder imprimirse, tardando un tiempo de 15 minutos aproximadamente en la impresión. Al igual que los anteriores elementos, la impresión se llevó a cabo con PLA comercial del mismo tono utilizado.

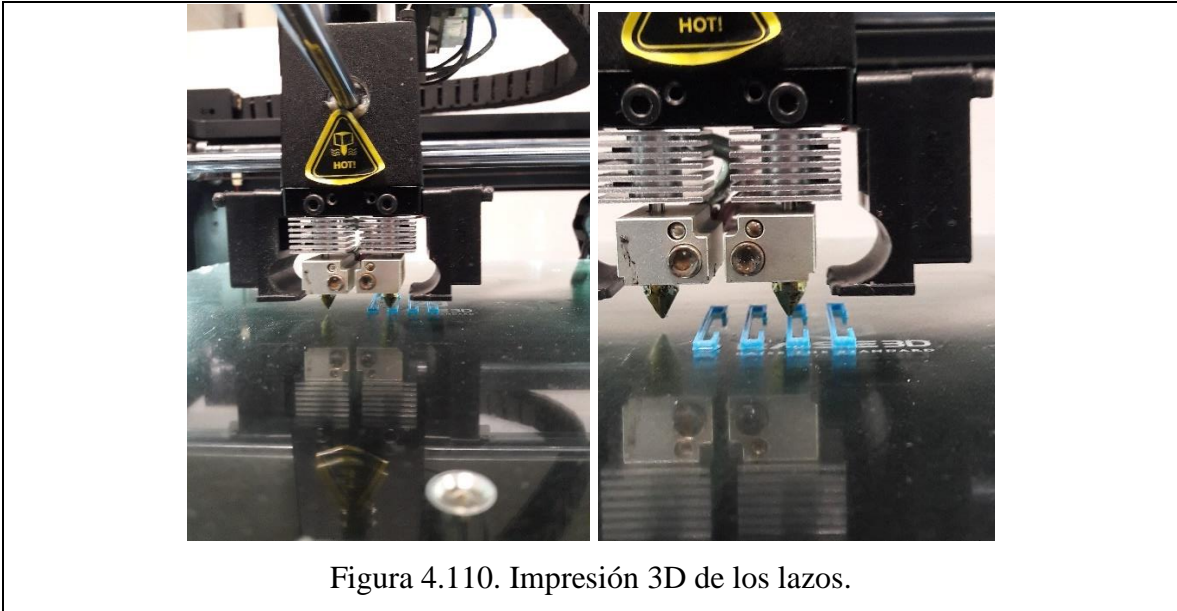


Figura 4.110. Impresión 3D de los lazos.

Al tener todos los elementos de la ortesis impresos, se realizó el proceso del termoformado sumergiendo el modelo de la mano en agua a 80° C para poder ajustarlo en la mano del sujeto de prueba cuando presente maleabilidad (figura 4.111).



Figura 4.111. Proceso del termoformado.

Al momento de adaptar la pieza a la forma de la mano ocurrió un cambio significativo, ya que, no se siguió el diseño recto de la pieza sino la forma natural de la mano para obtener

mayor firmeza y comodidad al momento de realizar las tareas y utilizar el dispositivo. Un ejemplo de esto es la figura 4.112, en el que la ortesis se amolda a la mano del sujeto de prueba (figura derecha) y la diferencia con la ortesis de forma recta (figura izquierda) es notable.



Para terminar, se unen todas las piezas impresas formando el prototipo final de la ortesis (figura 4.114), el cual, se complementa llevando la pluma de la Tablet que sirve de dispositivo de reconocimiento táctico (figura 4.113).





Figura 4.114. Vista inferior del modelo 3D finalizado con todos los elementos unidos.

Por consiguiente, se realizó una serie de pruebas para verificar el funcionamiento del mismo en conjunto con la aplicación, y por medio de una encuesta hacia otros los usuarios del dispositivo se obtuvieron resultados aprobatorios, en el que la ortesis y la pinza de agarre aportan mayor fuerza y control sobre la escritura.

Capítulo V.- Diseño del dispositivo háptico

Desarrollo de la aplicación

La ortesis personalizada es el componente principal del dispositivo háptico conformado por: la Tablet GAOMON S620, una laptop, la aplicación y la misma ortesis.

En colaboración con Itzel Solano, estudiante universitaria BUAP (ver anexo 5, en “Dispositivo háptico como asistente para la supervisión de tareas de garabateo en la primera infancia”), se elaboró una app que aportará un resultado de forma cuantitativa sobre la aproximación del trazo realizado por el sujeto de prueba con respecto al ejercicio modelo (actividad que va a replicar) y dar una recomendación sobre las sesiones de ejercicios que debe tener para ejercitar los músculos de su mano. Esta aplicación sirve como un complemento a la observación directa realizada por un asistente observador en el proceso de evaluación.

Para la programación se utilizó Matlab, un software de alto nivel que cuenta con el recurso de “App Designer”, lo que nos permite hacer la distribución visual de una interfaz gráfica del usuario (GUI) y la programación del comportamiento de la App. Por medio de estas herramientas (que se encuentran en el apartado de Add- ons de MatLab) y de los recursos de apoyo (The MathWorks, Inc., 2023) se adaptó el código de envío de e-mail (Candia F. , Torres, Ambrosio, Solano, & Candia, 2023), por el siguiente:

```
%% Set up Gmail SMTP service:

setpref('Internet','E_mail',mail);

setpref('Internet','SMTP_Server','smtp.gmail.com');

setpref('Internet','SMTP_Username',mail);

setpref('Internet','SMTP_Password',password);

props = java.lang.System.getProperties;

props.setProperty('mail.smtp.auth','true');

props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.class','javax.net.ssl.SSLSocketFactory');

props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.port','587');

%% Send the email:

sendmail(emailto,subject,message)
```

```

if strcmp(mail,'E-mail@gmail.com')
    disp('Please provide your own gmail for security reasons.')
    disp('You can do that by modifying the first two lines of the code')
    disp('after the bulky comments.')
end

```

Para el apartado de comparación de las imágenes (mide la exactitud de los trazos y señala si el usuario va progresando o necesita más sesiones), se recurrió a las instrucciones y los comandos de procesamiento de imágenes, dando como resultado el siguiente código:

```

A=imread(fullpathname);
B=imread(fullpathname);
imwrite(A,'img1.jpg.jpg');
C = imfuse(A,B,'blend','Scaling','joint');
imwrite(C,'avnc1.jpg');
im1=imread('img1.jpg');
imshow((im1),'Parent',app.UIAxes)
im2=imread('avnc1.jpg');
imshow((im2),'Parent',app.UIAxes2)

```

Cuando se hace la carga de imágenes desde una ventana se ejecuta el código:

```

global imagen
[filename pathname]=uigetfile({'*.jpg*'},'File Slector');
fullpathname=strcat(pathname,filename);
imagen=imread(fullpathname);
imshow(imagen,'Parent',app.UIAxes);

```

El cual, se repite de acuerdo con la cantidad de imágenes a cargar en la comparación.

Al tener el código interno de la aplicación completo, se explicará su funcionamiento en conjunto con la ortesis. Primero, se acomoda la ortesis en la mano derecha del sujeto de prueba (figura 5.1), después se coloca el ejercicio modelo a replicar en el centro de la Tablet y se conecta a la computadora (figura 5.2). Por último, se abre la aplicación de Jamboard y

al estar todo correctamente conectado, el sujeto de prueba podrá realizar el ejercicio con la supervisión de un asistente encargado.



Figura 5.1. Ortesis completa colocada en el sujeto de prueba.

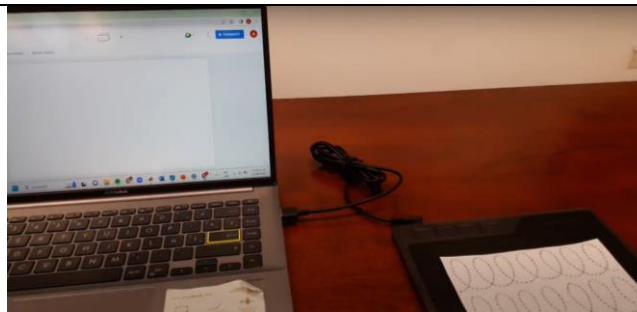


Figura 5.2 Imagen de la aplicación abierta y el ejercicio modelo colocado en la Tablet y conectado a la computadora.

Discusión

En cuanto a los materiales y métodos, que se han utilizado, prevalece el enfoque de la fabricación rápida de prototipos (rapid prototyping), que consiste en la manufactura rápida de una pieza física, un modelo o un ensamblaje de un producto o dispositivo, mediante el diseño asistido por computadora (CAD) en 3D y la fabricación aditiva comúnmente llamada impresión 3D.

Con modificaciones se mantienen las recomendaciones generales proporcionadas por Popescu (2019), para producir férulas personalizadas:

- Medición de la mano del paciente en una posición neutra utilizando el calibrador.
- Diseño paramétrico en 2D y archivo STL de férula plana basada en medidas o datos preexistentes.
- Generación automática de dibujo 2D de ortesis plana.
- Impresión 3D de la ortesis plana, con referencia en el plano.
- Termo formar la ortesis en la mano del paciente después de sumergirla en agua tibia y completar la adopción de la forma*.
- Fijación de la férula en la mano del paciente mediante tiras de sujeción impresas en 3D.

*Para el proceso de termoformado la ortesis se coloca en un tanque con agua tibia (alrededor de 80°C) hasta que se ablande el material. Se sustituye el agua a alta temperatura y se regula a 40°, donde se coloca en la mano del paciente y se forma en ella la forma deseada de la mano.

Entre las consideraciones tomadas para formar la configuración en 3D, se encuentran:

- Configurar y acomodar la ortesis de acuerdo con las restricciones anatómicas especiales al nivel de la muñeca.
- Evitar lesiones por úlceras por presión y otras complicaciones, al contornear fielmente las curvaturas de la transición del brazo y la muñeca al colocar la férula deformable.
- Las mediciones deben ser tomadas de manera precisa con un calibrador:

La principal diferencia entre la ortesis propuesta y la prótesis desarrollada por Popescu y otros autores, como Yadav (2019), corresponde a la de movilidad que se logra en la articulación del antebrazo y la mano (muñeca).

Todas las pruebas preliminares y versiones finales de la ortesis se imprimieron mediante tecnología 3D en una impresora Creator Pro a partir de material PLA (blanco y azul), generando el código de impresión de las piezas en el software Flash Print.

Este trabajo no toma en cuenta la posibilidad de fabricación por impresión 3D de férulas híbridas, debido al incremento de los costos y las necesidades de personal altamente especializado, además de incorporar un mayor factor de errores por precisión.

En la comparativa de este trabajo con el método de diseño de Baronio & Harran (2016), la diferencia radica en el uso de un escáner óptico que genera un alto costo para mejorar la precisión. Asimismo, se menciona que el escáner depende de un software interactivo que maneja el proceso de medición y procesa los datos adquiridos, incluida la limpieza de imágenes de rango, la alineación, la generación de mallas, las herramientas básicas de reparación de mallas y varias exportaciones de datos en formatos, requiriendo un mayor número de especialistas en diversas áreas del conocimiento (Li, J. y Tanaka, H., 2018). Que se agregan como problemáticas a la complejidad para mantener una posición perfectamente fija durante el tiempo de exploración (Baronio, G., & Volonghi, P., 2017), error que afecta directamente la precisión final de las dimensiones. Este tipo de modelos tridimensionales genera entre otros aspectos, grandes tiempos totales de impresión. Retrasando en conjunto con todas las fases de adquisición, modelado e impresión, los plazos de entrega superando el tiempo de un día hábil, que difícilmente puede considerarse tolerable y compatible con las necesidades clínicas, del paciente y del método de Rapid Prototype.

Como una alternativa adicional al diseño en dos dimensiones Poortinga (2016), propone y utiliza un cortador láser 2D debido a que esta estrategia es precisa para cortar un patrón plano de una hoja de material usando un archivo CAD para guiarlo. Para ello se pueden utilizar una amplia variedad de materiales entre los que destacan los termoplásticos médicos biodegradables. Este método se puede utilizar para cortar un modelo de férula 2D paramétrico, siguiendo el proceso de ajuste por moldeo y calentamiento mediante láser en

contraparte del termoformado. En su trabajo Portinga, concluye que es factible usar láminas pre perforadas, que permiten crear patrones más agradables estéticamente, con mayor detallado y un acabado más cómodo y limpio. Sin embargo, los costos de equipamiento e infraestructura son sumamente altos y poco asequibles para la población de bajos estratos sociales y económicos, en comparativa con la solución aportada en este desarrollo tecnológico.

Se ha coincidido durante el desarrollo de este trabajo con los autores (Vásquez, Orozco, Arango, & Reyes, 2021), quienes concluyeron que un prototipo de órtesis elaborado de material termoplástico (PLA) con equipamiento y técnicas de fácil acceso, pueden ser adaptadas directamente a los pacientes y ser fácilmente reimpresas cada una de las piezas del prototipo en caso de ruptura o desgastes. Del mismo modo se resalta que utilizar impresoras comerciales de bajo costo incrementa factibilidad de acercamiento de estos desarrollos tecnológicos a las comunidades vulnerables, sobre las órtesis existentes.

Además, es relevante manifestar que diseño y fabricación de las ortesis individualizadas se pueden convertir en una parte integral del proceso de terapia para la recuperación del movimiento o función en la mano en base al diagnóstico de un especialista. Por ello, el método de fabricación es muy importante, (Rodríguez A. E., y otros, 2021) sugiere que la impresión comience de una geometría de partida plana para disminuir las irregularidades asociadas a la tecnología FFF, obteniendo un producto de calidad totalmente ajustable al paciente, sin la necesidad de utilizar escáneres 3D.

Con respecto al progreso y evaluación de la motricidad fina, (Vásquez D. , 2018) realiza un análisis descriptivo de cada dimensión evaluada: sostener, manipular y coordinación ojo-mano, logrando un gran avance en cada una. Mientras que (Delgado, Samada, & Zambrano, 2022, Julio-Septiembre) hace actividades en el aula para mejorar la destreza manual y coordinación visomotora, lo que permite que el infante tenga un mejor manejo de la pinza digital, es decir, tiene control voluntario y preciso de los dedos índice y el pulgar para tomar objetos, al mismo tiempo que favorece el agarre correcto del lápiz, para tener una buena escritura. (Sevilla, 2017) coincide en este último punto y añade a la evaluación: la observación sistemática y la autoevaluación para llevar a cabo un proceso adecuado que concrete el logro de cada infante a su propio ritmo, asimismo, se utiliza un instrumento de

evaluación para compartir los progresos observados e identificar las diferencias que se produzca en estos dos contextos (casa- escuela) con las familias.

El acompañamiento de los padres durante este proceso de enseñanza al infante es de gran relevancia, sin embargo, el tiempo y sus ocupaciones pueden ser un impedimento para estar pendiente de las actividades y progresos del niño, por lo que, la integración de una tecnología que contribuya con la mejora de la motricidad fina (incluyendo la ortesis) y al mismo tiempo permita una comunicación casa-escuela es de gran interés para la investigación de este trabajo.

Una posible solución a estas problemáticas se encuentra en los sistemas hápticos. (Pérez & Santís, 2016, julio-diciembre.) menciona que las interfaces táctiles se dedican a reproducir el contacto con la piel por medio de acciones de presión, vibración y de electro-estimulación creando sensaciones de textura, contorno y rigidez que logra un mayor realismo en la interacción con el ambiente virtual-remoto.

Por otro lado, (Hernando, 2019) indica que los estudios hápticos han quedado delegados en el aspecto académico con respecto a otros sentidos como la vista y el oído, lo que limita el desarrollo de los estudios sobre el contacto en general y lo háptico en lo particular. La perspectiva de los estudios hápticos produce y reciben señales teniendo las manos como los protagonistas, además de involucrar a otros sentidos. Debido a esto, hay una estrecha vinculación de investigadores que provienen de diferentes disciplinas para establecer los aspectos técnicos, sensoriales y cognitivos involucrados.

(Escobar & Vivas, 2018, agosto) nombra algunos dispositivos más desarrollados tecnológicamente con una aplicación parecida, como el Novint Falcon y Phantom Omni, al igual que otros tipos dispositivos basados en mecano receptores, electroestimulación en diferentes zonas corporales y principios electroestáticos, proporcionan información sobre texturas, rigurosidades, formas, sensaciones de fricción, entre otros elementos que incluyen tecnología más avanzada y precisa.

Sin embargo, (Pérez & Santís, 2016, julio-diciembre.) recalca que las interfaces de este tipo favorecen aspectos útiles y sencillos, como mejorar destrezas y reducir curvas de aprendizaje cuando el sistema se esté utilizando como medio para el aprendizaje de una tarea de habilidad

manual; este hecho también aplica en los procesos de rehabilitación de personas con alguna deficiencia motriz en extremidades superiores.

El dispositivo háptico presentado en este trabajo es una propuesta que integra la tecnología en este proceso de rehabilitación y complementa a la ortesis, promoviendo sesiones que favorecen la capacidad del niño en el agarre funcional del lápiz, al mismo tiempo que obtiene un mayor dominio y precisión en la motricidad fina.

El agarre de tipo triploide es el mejor agarre funcional, en el que ninguna articulación de los dedos está sobrentendida o doblada demasiado, el antebrazo descansa sobre la superficie de escritura y la muñeca se inclina hacia adelante al escribir, pero se dobla hacia atrás (extender).

Cuando el agarre es funcional, el sujeto muestra un mejor uso del lápiz y reproduce con alta fidelidad el modelo de garabateo sin molestias en la mano (INEAVA, s.f.).

Para considerar que la eficiencia y efectividad en las actividades realizadas es alta, el infante demuestra que puede sostener el lápiz con los dedos pulgar e índice y apoyar el lápiz sobre el dedo medio, manteniendo tanto el dedo anular y como el meñique fuera de la forma del agarre.

La figura 5.3 es una evidencia comparativa que verifica la integración de los dispositivos hápticos con los mecánicos (ortesis), los cuales generan un gran impacto en la rehabilitación para la mejora de la motricidad fina, añadiendo la evaluación síncrona que la convierte en una alternativa diferente a las terapias habituales.

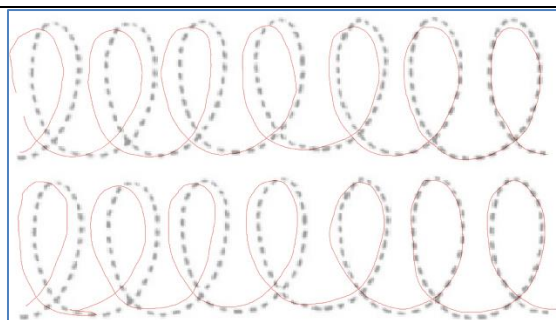
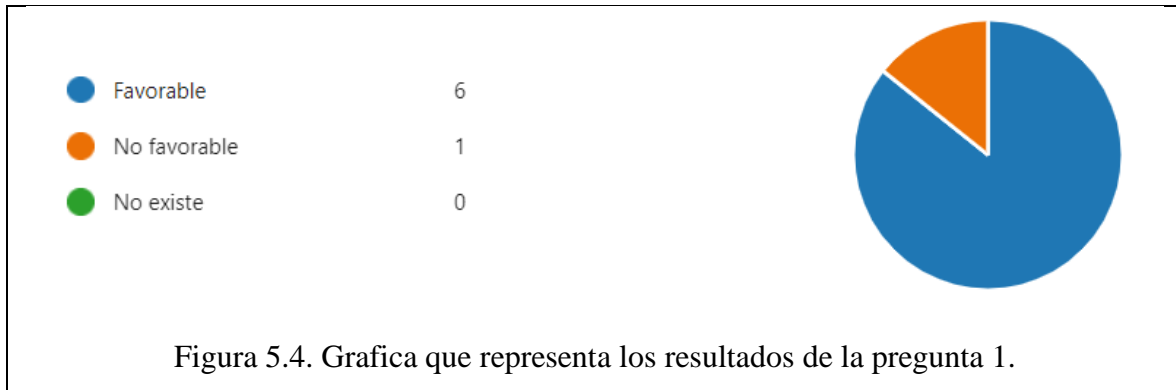


Figura 5.3. Comparativa del modelo de referencia vs actividad realizada.

Otra evidencia a destacar fue la realización de una encuesta de 10 preguntas a 7 individuos (padres de familia y sujetos de prueba) acerca de sus experiencias con el uso del dispositivo, en el que se obtuvo los siguientes resultados:

1. El interés del sujeto de prueba por utilizar un dispositivo de apoyo para mejorar la motricidad fina es:



El 87.5% de los encuestados consideran favorable el uso de un dispositivo de apoyo para la mejora de la motricidad fina, lo que nos indica interés y confianza en que su utilidad puede traer grandes beneficios, sin embargo, un 14.3% opina que no es favorable, por lo que pueden existir ciertos aspectos que se deban mejorar en un futuro.

2. La función del asistente de perfeccionamiento de motricidad fina para orientar el incremento de autonomía del sujeto de prueba es:

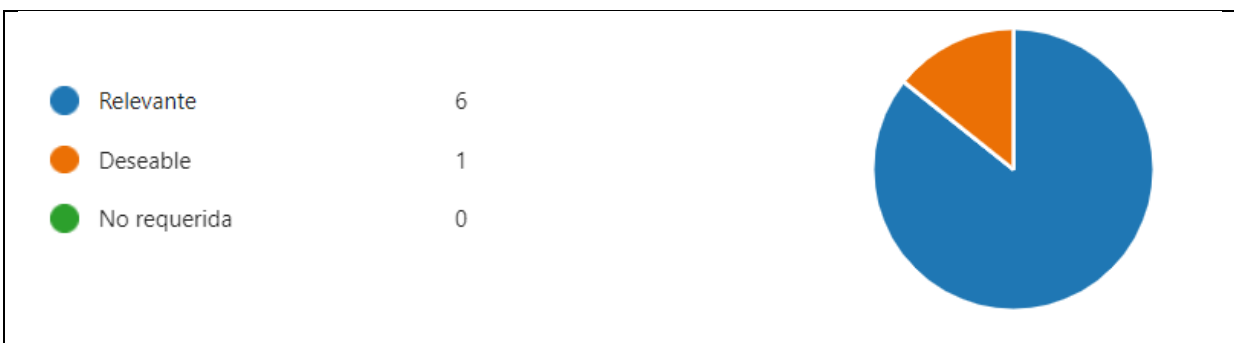
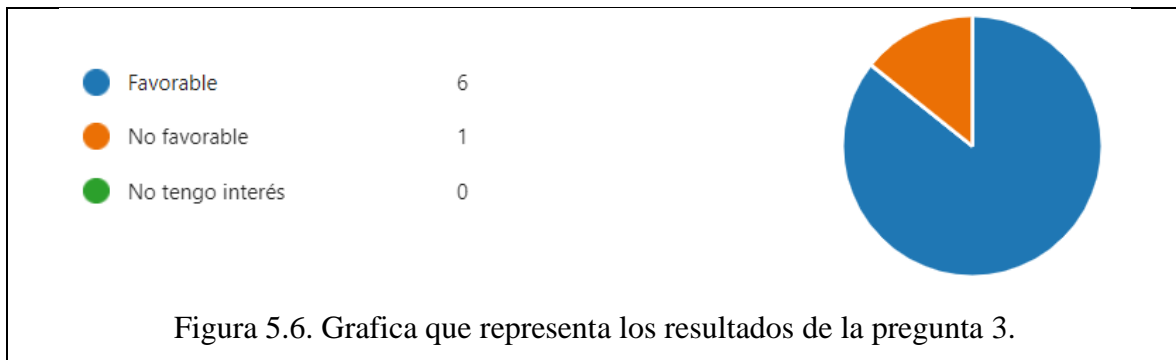


Figura 5.5. Grafica que representa los resultados de la pregunta 2.

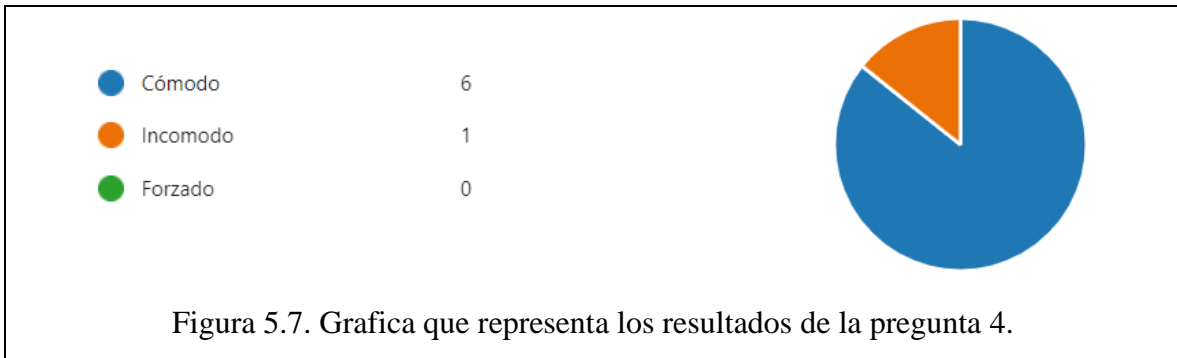
La función de un asistente en el monitoreo de las actividades es relevante para el 85.7% de los encuestados, debido a su rol vital en la construcción de la autonomía del sujeto de prueba al guiarlo en el uso correcto del dispositivo. Por otro lado, el 14.3% considera que es deseable que el asistente guie al sujeto de prueba, ya que es un paso más para lograr la autonomía.

3. Como tutor mi opinión personal para utilizar el servicio de entrega de evidencias para perfeccionar el dominio de la motricidad fina es:



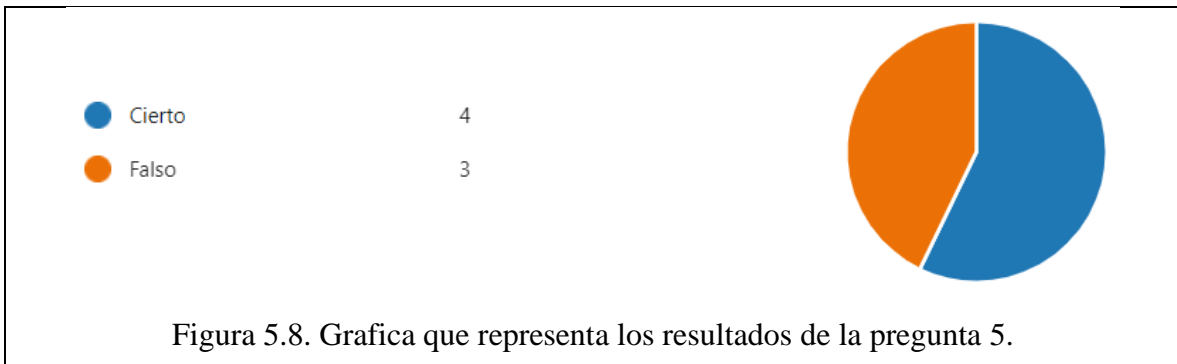
La opinión de 85.7% de los tutores sobre el uso de un servicio que entrega las evidencias de alumno por correo es favorable, dado que esta herramienta es practica e importante para compartir el progreso que ha tenido el infante en el dominio de la motricidad fina.

4. Se observa que el sujeto al utilizar el agarre del lápiz de tipo trípode o digital dinámico, se encuentra:



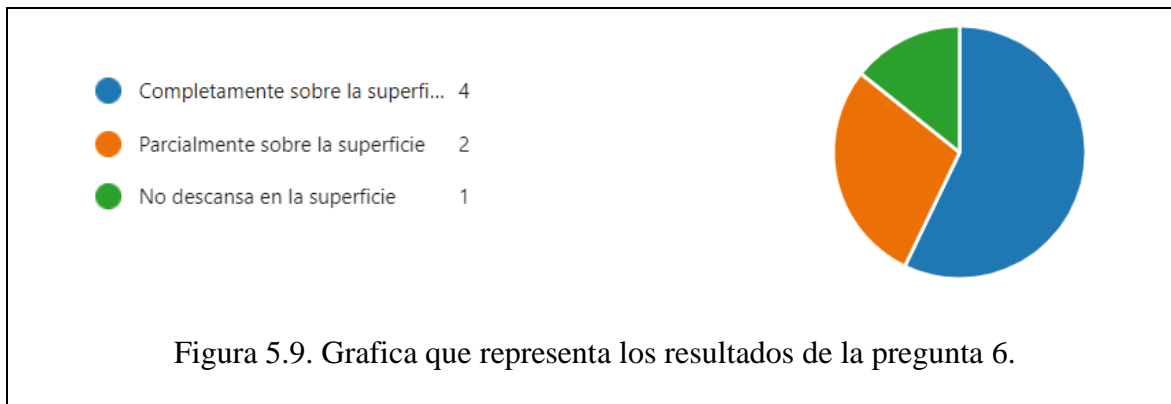
El 85.7% encuentra cómodo el utilizar el agarre del lápiz de tipo trípode, lo que indica una gran aceptación en el uso de la misma, sin embargo, el 14.3% opina lo contrario. Esto puede suceder por 2 razones: el tipo de diseño o la incomodidad que genera al principio porque la forma de escribir del sujeto de prueba no es la correcta.

5. ¿En la postura que adopta el sujeto ninguna articulación de los dedos hiperextendida o doblada en demasía?



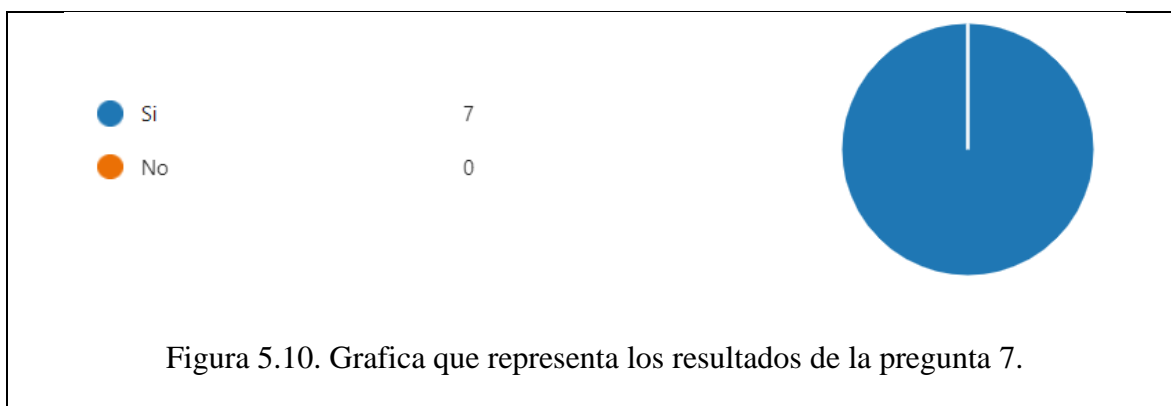
En la encuesta, el 57.14 % indican que ninguna articulación quedo hiperextendida o doblada en demasía al usar el dispositivo, mientras que el 42.86% no opina lo mismo. Esta diferencia en la encuesta posiblemente se atribuye a la posición que adopta el individuo al usarlo, lo que refuerza la necesidad de que un asistente de monitoreo este presente para enseñar la forma de usar correctamente la ortesis durante las primeras sesiones.

6. ¿La posición de descanso que configura el antebrazo sobre la superficie al momento realizar los trazos o el garabateo se encuentra?



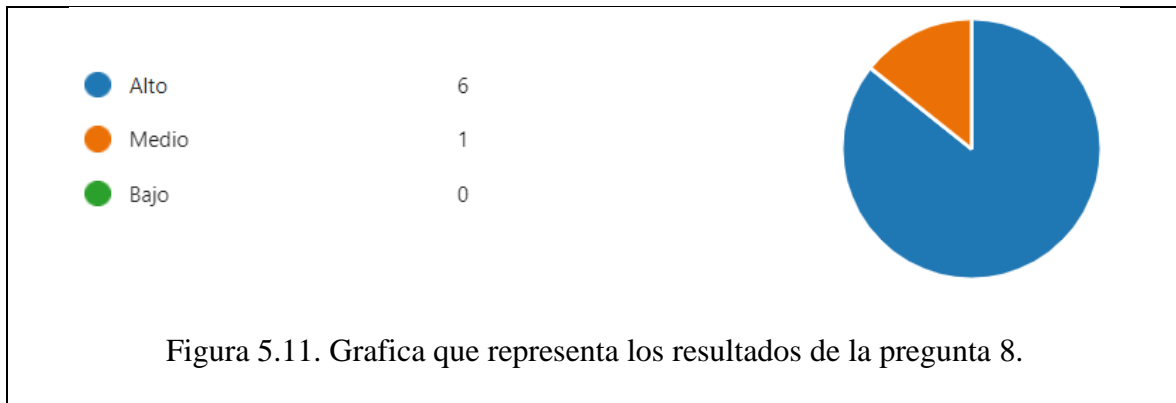
El 57.14% de los encuestados opinan que su antebrazo está completamente sobre la superficie, el 28.57% mencionan que el antebrazo esta parcialmente sobre la superficie y el 14.29% considera que no descansa en la superficie. Lo que refuerza la idea de que un asistente de monitoreo debe guiar al sujeto de prueba en la correcta posición del antebrazo al momento de hacer los ejercicios durante las primeras sesiones.

7. La postura más favorable de la mano al momento de escribir es cuando la muñeca está ligeramente doblada hacia atrás y se inclina hacia adelante. ¿El sujeto de prueba transita hacia esta forma?



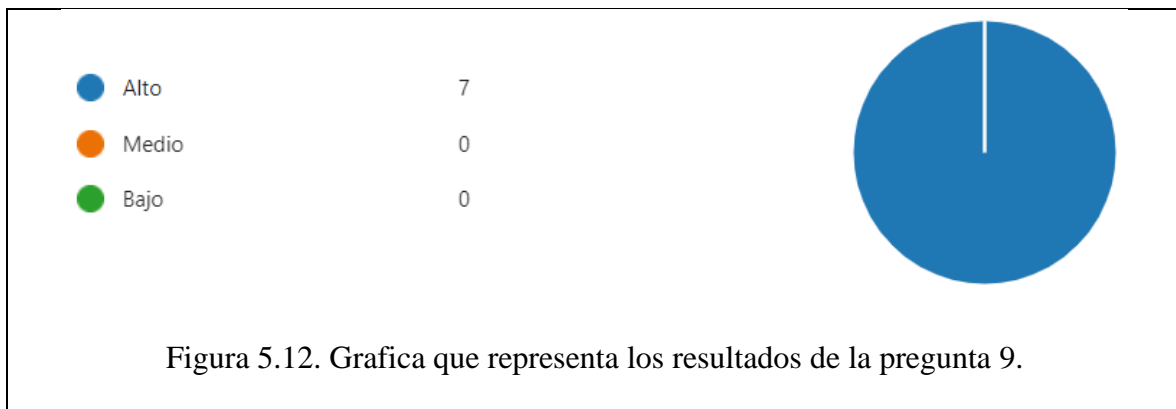
Todos los encuestados (100%) coinciden que al momento de escribir la muñeca esta ligeramente doblada hacia atrás y se inclina hacia adelante, lo que demuestra el correcto funcionamiento del diseño de la ortesis.

8. Cada actividad que realiza el sujeto de prueba debe finalizar de manera completa, por lo tanto, el grado de eficiencia es (no deja a medias la actividad):



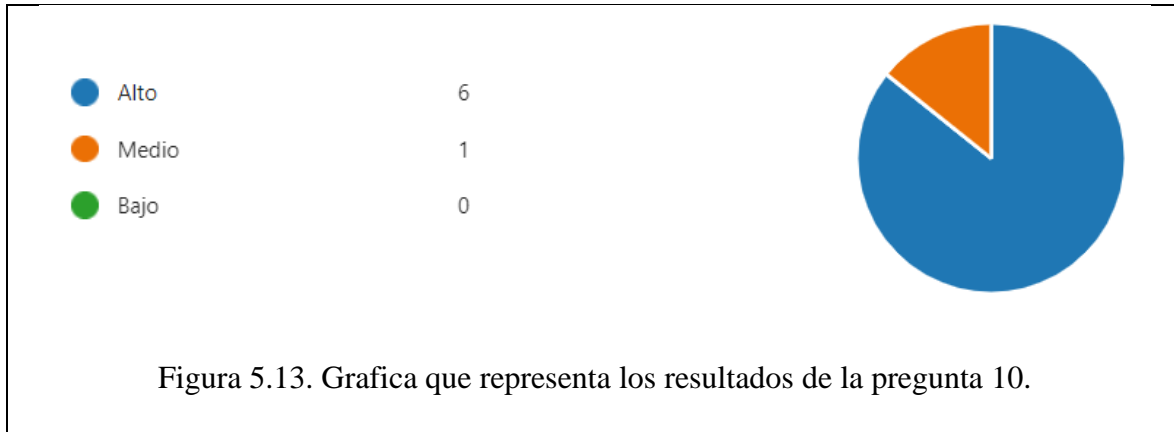
El 85.7% de los encuestados consideran que las actividades realizadas (ejercicios) tiene un alto grado de eficiencia y el 14.3% opina que se su eficiencia se encuentra en un rango medio. Estos resultados indican que puede existir una mejora en la motricidad fina en gran medida al realizar y completar los ejercicios, dependiendo de las sesiones que se requieran.

9. Al seguir de manera correcta las indicaciones de trazo o garabateo el grado de eficacia es (realiza una copia con alta aproximación a lo solicitado):



El 100% de los encuestados están de acuerdo en que al seguir las indicaciones del trazo de forma correcta se obtiene un grado de eficacia alto, lo que garantiza el funcionamiento de la ortesis y la mejora de la motricidad fina.

10. Al requerir menor apoyo del asistente (por iniciativa propia el sujeto de prueba termina la actividad del trazo o garabateo con alta aproximación a forma original) el individuo demuestra un grado de autonomía:



De acuerdo a los resultados, el 85.7% opina que al requerir el mínimo apoyo de la asistente puede generar un alto grado de autonomía, mientras que el 14.3% menciona que ese grado de autonomía será medio, lo que significa que al saber cuál es la dinámica y el correcto uso del dispositivo, el individuo va adquiriendo autonomía para completar las actividades correctamente.

Los resultados obtenidos en la encuesta indican que el dispositivo tuvo una gran aceptación entre la mayoría de los padres como una herramienta que favorece la mejora de la motricidad fina. La ortesis tiene un rol fundamental al corregir la postura de la mano y el antebrazo al momento de hacer las actividades grafo plásticas. Por otro lado, la aplicación permite perfeccionar el dominio de la motricidad, debido a que, al terminar las actividades por completo y seguir las indicaciones del trazo, se logra un grado de eficiencia y eficacia alto, además de generar un alto grado de autonomía que requiere menos apoyo del asistente. Otro aspecto a destacar es el servicio de entrega de evidencias, lo que permite la comunicación con el tutor y lo involucra en el progreso que vaya adquiriendo el infante.

Resultados

Referente a al apoyo para el desarrollo de la motricidad fina en niños en etapa de la primera infancia, Alvarado (2020) determino en su estudio que el 63% de los sujetos de prueba no han logrado desarrollar las destrezas de motricidad fina en las que se incluyan la ejecución de técnicas grafo plásticas, el 24% de los niños están en proceso de alcanzar las mismas y el 13% de niños han logrado adquirir estas destrezas. Asimismo, (Ramírez, Gutiérrez, León, & Vargas, 2017, 01 de marzo), determinaron que el 63% de los niños y niñas necesitan apoyo de la maestra en actividades que demanden mayor precisión al ejecutar movimientos finos y 59% de los niños y niñas presentan dificultades en realizar ejercicios relacionados con la coordinación viso manual. Ante estos resultados se deduce que las técnicas grafo plásticas deben de apoyarse de recursos tecnológicos que aporten condiciones físicas de mejora postural al realizarlas.

En Poma (2018) y (Casallas & Gómez, 2019) se menciona que los programas de técnicas grafico plásticas tiene efecto positivo en el desarrollo de la grafomotricidad, sin embargo, no menciona el grado de beneficio, tanto a nivel afectivo como psicomotor. Ante esta falta de precisión, se fortalece la deducción sobre el beneficio de la ortesis impresa en 3D como elemento de apoyo para el desarrollo de la motricidad fina. Se complementa esta deducción porque en Cabrera (2019) se menciona que desarrollo de la motricidad en los infantes depende por una parte del conjunto de experiencias perceptivas, cognoscitivas y socio afectivas alcanzado por el desarrollo y madurez física de los músculos que intervienen, del mismo modo que la realización de trazos y los niños se manifiestan con más eficacia y autonomía, cuando existe una mejora significativa en la destreza óculo-manual la cual se relaciona directamente con la motricidad fina y se diferencia de los procesos cognitivos (Corredor, 2021)

(Vásquez D. , 2018) por medio de una prueba T para muestras relacionadas obtuvo que el 60% de los estudiantes que realizaron la aplicación de los juegos didácticos y las técnicas grafo plásticas incrementaron en la mejora de las dimensiones de sostener, manipular y coordinación ojo- mano, sin embargo, aun quedaron estudiantes en el nivel de “proceso”, por lo que se debe considerar el factor del tiempo con más cuidado en futuras investigaciones. Por otro lado, cuando se aplican nuevas actividades se debe hacer en un ambiente adecuado,

utilizando técnicas de manera recurrentes, entretenidas y a su vez, estar constantemente actualizándose con nuevas técnicas grafo plásticas para garantizar el buen desarrollo motor de los niños. (Delgado, Samada, & Zambrano, 2022, Julio-Septiembre) menciona que la escritura forma parte del proceso de aprendizaje en la educación preescolar, la cual, adapta a los niños a presentar una adecuada destreza en la motricidad fina, el uso correcto de la pinza digital y empleo adecuado de agarre del lápiz.

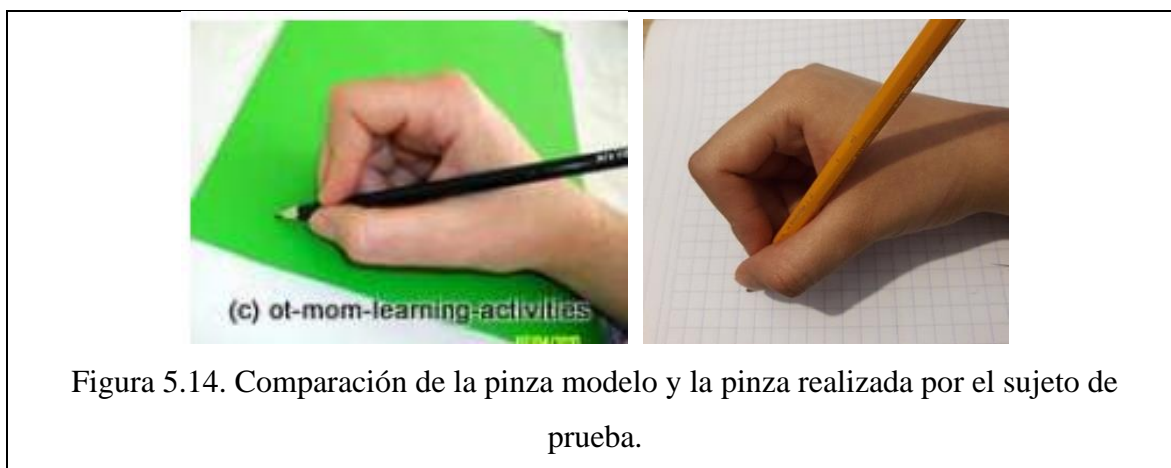
En cuanto a (Sevilla, 2017) coincide con que la incorporación de la familia y del alumnado en los procesos de evaluación formativa permite hacer al alumnado más conscientes de su propio aprendizaje. Es importante tener coherencia en la retroalimentación proporcionada por el docente y sus padres, para obtener un desarrollo integral y armónico.

Sobre la integración de los dispositivos hápticos, (Escobar & Vivas, 2018, agosto) concluye en que los dispositivos han sido de gran utilidad en procesos que conlleven rehabilitación, ya que han alcanzado cierta madurez a nivel de software y hardware recreando entornos semejantes a la realidad impactando de forma positiva los procesos cotidianos, educativos o de investigación avanzada. Existe una tendencia en combinar sistemas (cinestésicos con táctiles) para lograr mayor realismo e inmersión en la percepción de las sensaciones en la interacción con objetos en un ambiente virtual o remoto. Aunque, en palabras de (Pérez & Santís, 2016, julio-diciembre.) estas interfaces presentan mayor variedad en la forma y tecnología de construcción, a su vez, estos se encuentran (la mayoría de casos) en fases experimentales y no comerciales, con aspectos por mejorar y refinar, además de adecuaciones, adaptaciones y combinación de nuevas tecnologías para la mejora de la resolución, disminución de tamaño y portabilidad de los sistemas.

En cuanto a la ortesis, para evaluar el funcionamiento del segundo diseño se recopilamos diferentes ejercicios con base en (INEAVA, s.f.) que el sujeto de pruebas procuro realizar con una alta aproximación o siguiendo las indicaciones de la imagen modelo.

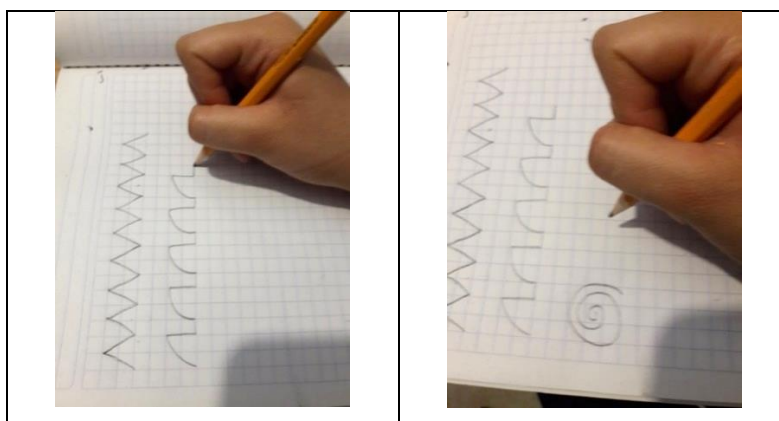
Una de las actividades fue la comparación del proceso de escritura, es decir un antes (escribir sin la ortesis) y un después (escribir con la ortesis), para observar cómo es la posición de sus dedos, mano y muñeca al momento de hacer los ejercicios. La figura 5.14 muestra la posición correcta que debe tomar la mano (izquierda) y la posición que toma el sujeto de prueba al

sostener el lápiz (derecha), lo que indica que con el paso del tiempo ha adquirido una pinza débil o ineficaz al momento de escribir.



Un hecho a destacar es que el sujeto de prueba no es un infante sino un joven adulto, lo que permite que el individuo pueda expresarse con claridad y de forma concisa sobre el uso de la ortesis. Al mismo tiempo que otorga un panorama más amplio de los problemas sobre la motricidad fina, ya que, al no ser corregidos en tiempo y forma con la atención necesaria, se pueden llevar hasta la edad adulta, y aunque el sujeto afirme que escribe bien, la posición de la mano que muestra es incorrecta.

Como se puede observar en la figura 5.15, el sujeto de prueba realiza 4 tipos de trazos (trazos rectos, rectos-cuervos, cuervos y escritura de palabras) en una hoja de papel cuadriculada y con lápiz estándar sin utilizar la ortesis. Durante esta actividad, tuvo problemas al realizar los espirales (trazos cuervos) mostrando una gran falta de precisión y comodidad (figura 5.16).



<p>Figura 5.15. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas sin ortesis (trazos rectos- curvos).</p>	<p>Figura 5.16. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas sin ortesis (trazos curvos).</p>
--	--

Posteriormente, se realizan los mismos ejercicios utilizando la ortesis (figura 5.17), mostrando a simple vista confianza y comodidad al momento de escribir. También, se puede observar que el uso de la ortesis cambio la posición de la mano y la muñeca, viendo un movimiento más claro y preciso (figura 5.18). En esta actividad, la mano del sujeto realizo trazos precisos, brindándole comodidad y fuerza al momento de hacer los trazos curvos (figura 5.19).

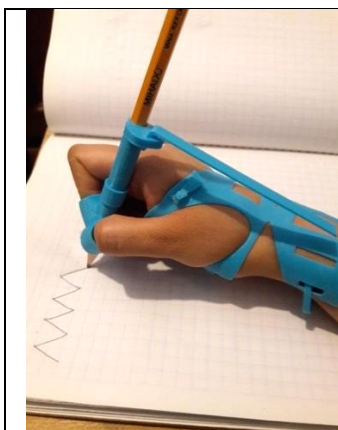


Figura 5.17. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas con ortesis (trazos rectos).



Figura 5.18. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas con ortesis (trazos rectos- curvos).



Figura 5.19. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas con ortesis (escritura de palabras).

Por otro lado, al observar de cerca los trazos realizados sin el uso de la ortesis (figura 5.20) y con el uso de la misma (figura 5.21) se llegó a diferentes resultados. En el primer y segundo trazo (ejercicios con líneas rectas y una combinación de línea recta y curva) existe un progreso poco notorio, al igual que en el cuarto ejercicio donde no ocurrieron cambios drásticos al escribir la palabra 'Hola'. Sin embargo, en el tercer ejercicio (espirales) hubo una clara diferencia, debido a que los espirales sin precisión (al no hacer uso de la ortesis) se volvieron trazos constantes, precisos y controlados con ayuda de la misma.

En definitiva, la figura 8 muestra mejores resultados, lo que implica que la ortesis brinda fuerza en los músculos de la mano y comodidad al sujeto de prueba cuando está escribiendo.

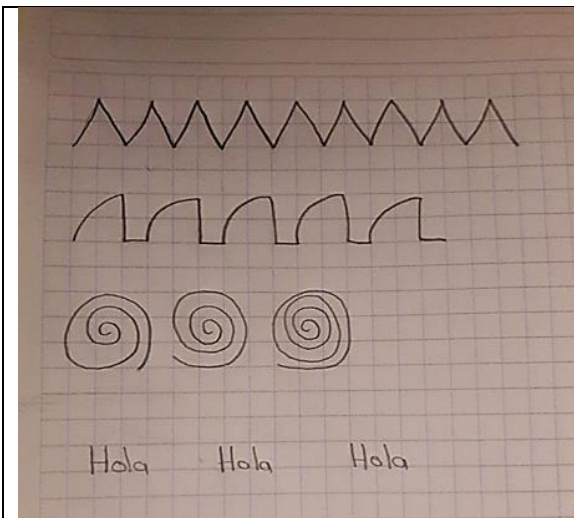


Figura 5.20. Pruebas grafo- plásticas sin uso de la ortesis.

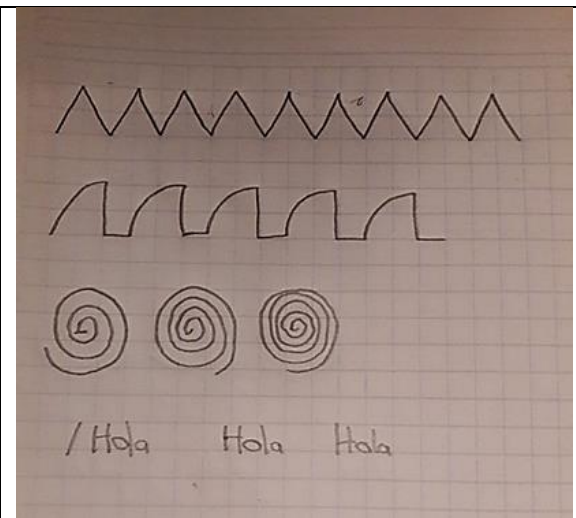


Figura 5.21. Pruebas grafo plásticas con uso de la ortesis.

La siguiente actividad a realizar es el: trazo preescolar (figura 5.22), que consiste en 6 tipos de trazos (rectos y curvos), en donde el sujeto de prueba debe remarcar las líneas punteadas (figura 5.23).



Figura 5.22. Herramienta tarea 3 trazos de preescolar.

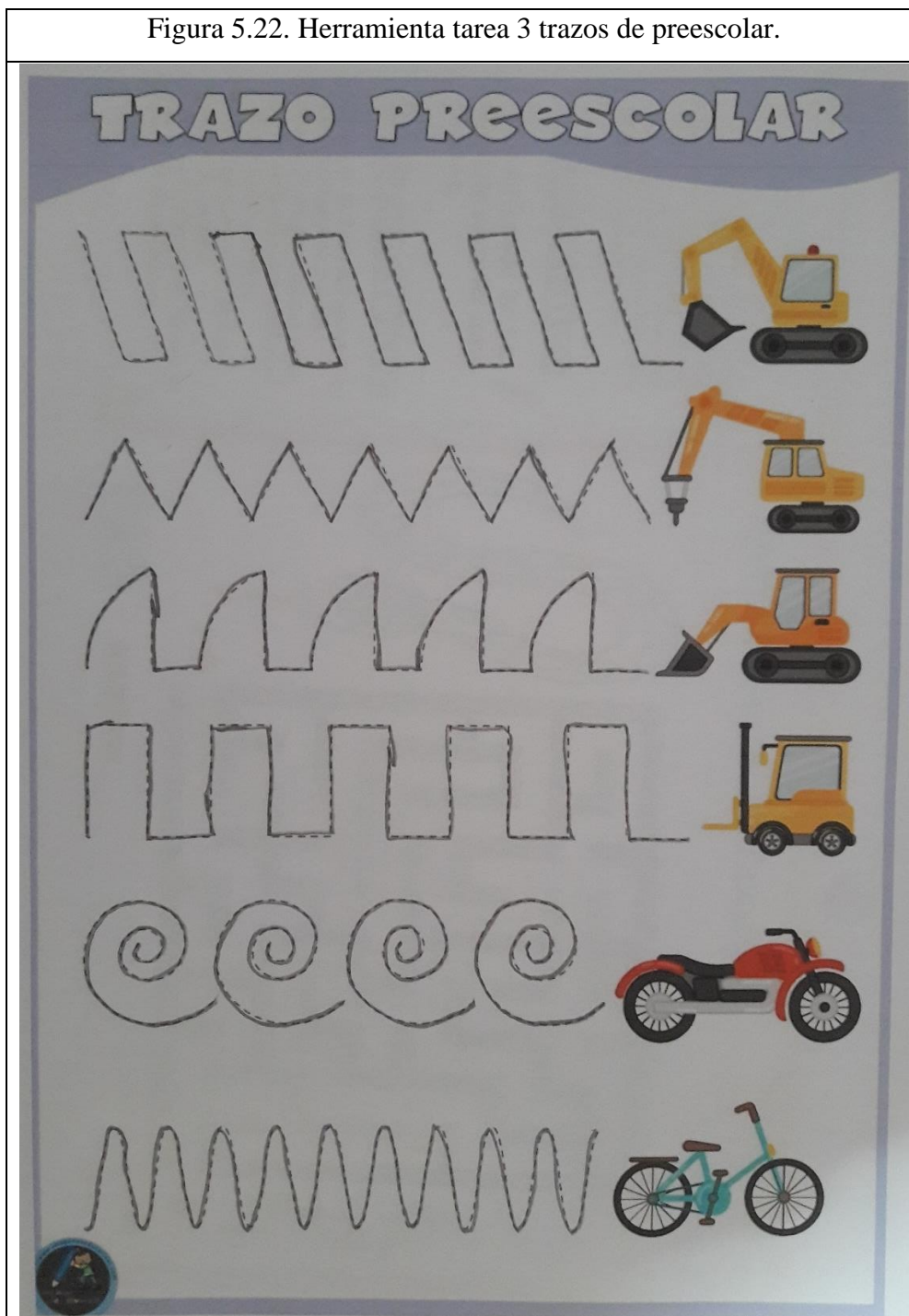


Figura 5.23. Ejercicio “trazos de preescolar” realizado por el sujeto de prueba.

A partir de la observación directa y el trabajo entregado se llenan las siguientes 2 listas de cotejo (**Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza** y **Dimensión 2: Calidad en el trazo**)

(**garabateo controlado**) con SI (presente) o NO (ausente), y si se expresa un dominio intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza				
No.	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Incrementa la presión pertinente para sostener el lápiz			Solo al realizar los ejercicios de trazos curvos si llego a ejercer presión en algunas ocasiones al momento de escribir.
2	Disminuye el movimiento de la muñeca	SI		
3	Incrementa la destreza con los dedos (índice y pulgar).	SI		
4	Incrementa una postura de precisión que utiliza los dedos.	SI		
5	Disminuye la flexión del brazo.	SI		
6	Disminuye al uso de la pinza D'Nealian	SI		
7	Disminuye un agarre de pinza débil o ineficaz	SI		
8	Disminuye el agarre de la pinza con prensión pentadigital	SI		
9	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Digital Pronada	SI		
10	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Palmar Supinada	SI		

Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Alcanza el clímax de su garabateo, sus trazos tienen formas reconocibles y prioriza las formas de curvas suaves.	SI		
2	Se aprecian pequeños matices con los que comprende aspectos de precisión de los ángulos rectos.			En algunas ocasiones muestra dificultad para realizar los ángulos rectos.
3	Reproduce el trazo con firmeza y precisión.			En algunos momentos, el sujeto de prueba tuvo dificultades para seguir la línea punteada y remarco el trazo.
4	Sus dibujos son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo.	SI		
5	Es constante y comprometido, carece de distracciones.	SI		

La última actividad a realizar es el ejercicio del laberinto (figura 5.24) en el que el sujeto de prueba tiene que observar y resolverlo evitando tocar los bordes del laberinto (figura 5.25).

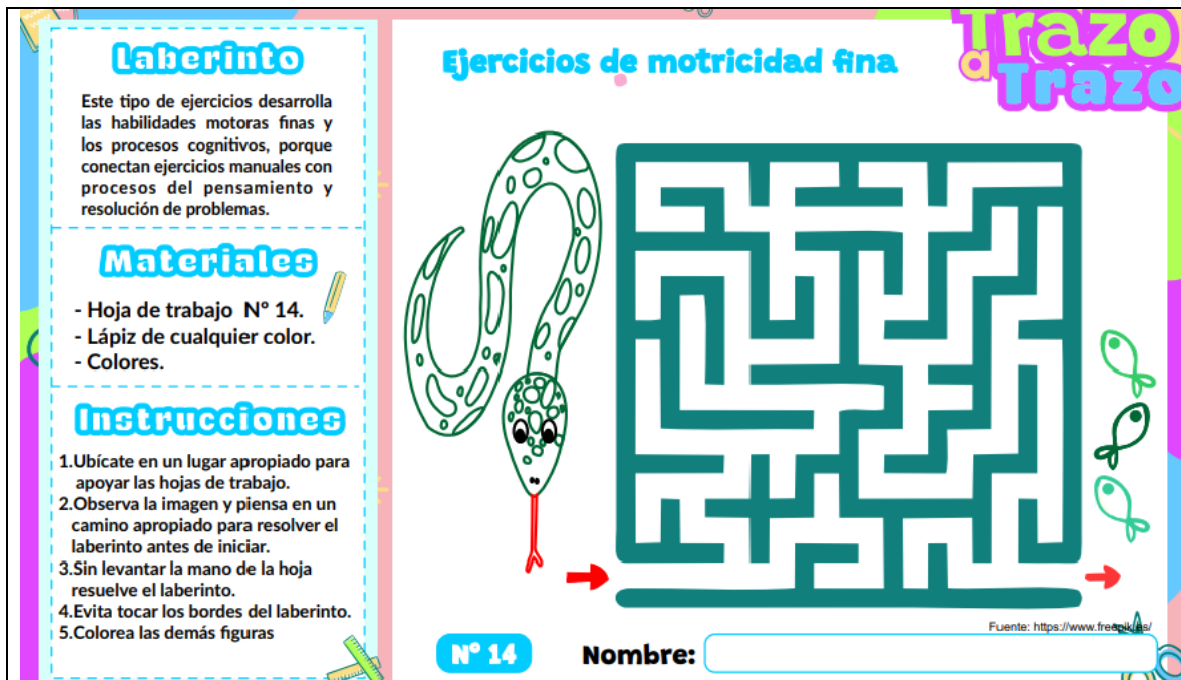


Figura 5.24. Herramienta tarea 4 ejercicio laberinto.

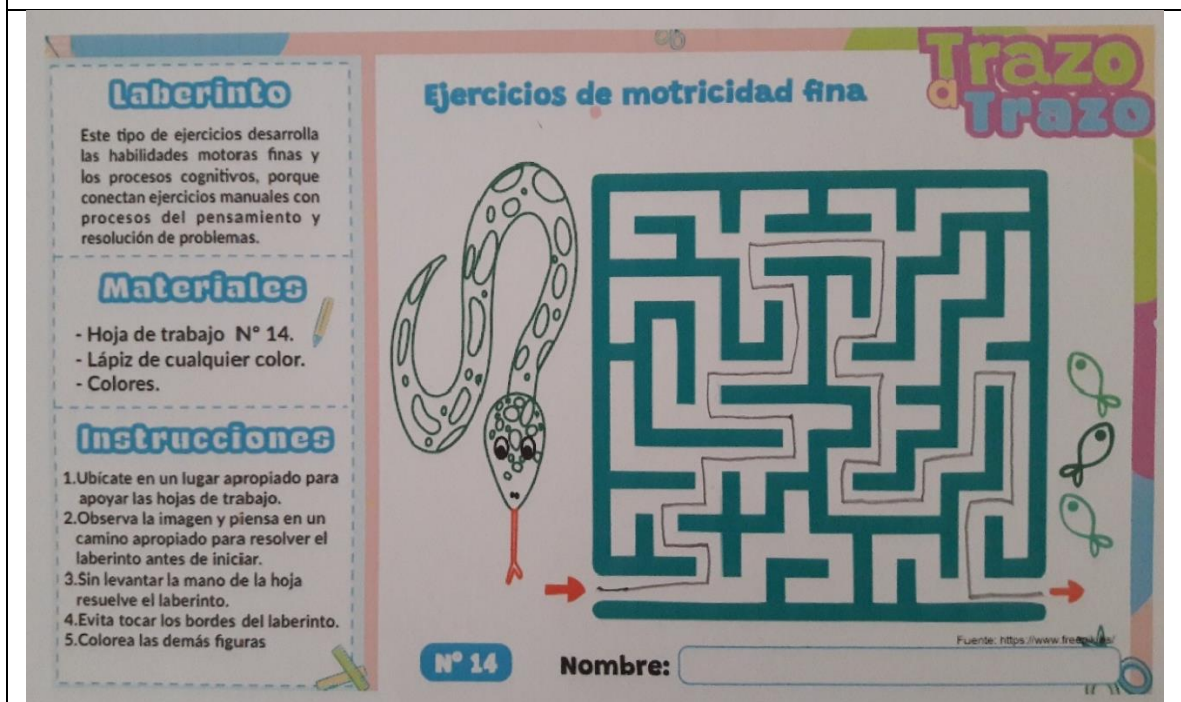


Figura 5.25. Ejercicio del laberinto realizado por el sujeto de prueba.

Nuevamente, con lo observado directamente y el trabajo entregado se llenan la lista de cotejo

Dimensión 3: La solución de las tareas con SI (presente) o NO (ausente), y se utiliza la columna de observaciones para expresa un dominio intermedio de la técnica, obteniendo los siguientes resultados:

Dimensión 3: La solución de las tareas				
No.	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Levanta la mano del papel y disminuye el dominio de la motricidad continua por largo tiempo.		NO	
2	Ejerce mucha presión sobre la pinza al agarrar el lápiz y cansa su mano.			En este ejercicio, el sujeto de prueba no ejerció presión sobre la pinza al agarrar el lápiz, sin embargo, en los ejercicios de trazos curvos si llegó a ejercer presión en algunas ocasiones al momento de escribir.
3	Carece de precisión para no tocar las paredes del laberinto.		NO	
4	Cambia de mano para terminar la tarea del laberinto.		NO	

Para terminar, se llenan el **Concentrado de vaciado de datos** y el **Instrumento de interpretación de los datos obtenidos** con los resultados de las anteriores 3 listas de cotejo, como se muestra a continuación:

Concentrado de vaciado de datos del sujeto 1:

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1	SI		1		
2	SI		2	SI	

3		NO	3	SI	
4		NO	4	SI	
5		NO	5	SI	
6	SI		6	SI	
7		NO	7	SI	
8	SI		8	SI	
9	SI		9	SI	
10	SI		10	SI	
Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1		NO	1	SI	
2		NO	2		
3		NO	3		
4	SI		4	SI	
5	SI		5	SI	
Dimensión 3: La solución de las tareas					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1		NO	1		NO
2	SI		2		
3		NO	3		NO
4		NO	5		NO

Instrumento de interpretación de los datos obtenidos:

	En la dimensión 1, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, el participante pasa de no tener presente la presión suficiente en la pinza para sostener el lápiz (se le cae continuamente) a mostrar la adecuada presión de la pinza en la sujeción del lápiz (se le cae eventualmente).		Si muestra mejora
2	En el ítem 2 muestra que sin el apoyo de la ortesis no tiene control del movimiento del muñeco y con apoyo de la prótesis domina de manera consciente los movimientos involuntarios de la muñeca.		Si muestra mejora
3	En el ítem 3 se observa un poca o nula coordinación ojo-mano sin el apoyo de la prótesis y con apoyo de prótesis el participante expresa mayor confianza al seguimiento de los trazos (hace lo que piensa).		Si muestra mejora
4	En el ítem 4 el participante manifiesta bajo precisión con los dedos al seguir trazo debido a que levanta su muñeca de la superficie de apoyo. Con apoyo de la ortesis muestra mejora en la presión de los trazos con los dedos debido a que mantiene su muñeca en paralelo con la superficie.		Si muestra mejora
5	En el ítem 5 con apoyo de la ortesis el participante mantiene separado el brazo de la superficie de apoyo, mostrando un ángulo de inclinación cuando realiza los trazos. Un bajo dominio se muestra cuanto el participante mantiene el brazo paralelo a la superficie de apoyo.		Si muestra mejora

6	En el ítem 6 el participante hace uso de la pinza D'Nealian de manera frecuente al dibujar de manera continua trazos largos. Muestra mejora al recurrir esporádicamente o nunca a la pinza de D'Nealian cuando se cansa.		Si muestra mejora
7	En el ítem 7 como una característica observable de mejora disminuye la frecuencia de un agarre de pinza débil o ineficaz y muestra una mayor firmeza en la sujeción del lápiz por más tiempo en los trazos continuos.		Si muestra mejora
8	En el ítem 8 el participante tiene preferencia por realizar trazos de poca precisión angular, prefiriendo los trazos de curvas suaves y prolongadas. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión pentadigital es un indicador observable de mejora.		Si muestra mejora
9	En el ítem 9 el participante tiene preferencia por realizar trazos de formas predefinidas, prefiriendo los trazos desordenados, intuitivos y alejados de la interpretación. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión Digital Pronada es un indicador observable de mejora.		Si muestra mejora
10	En el ítem 10 cuando el participante tiene preferencia por realizar trazos con el uso de la pinza con prensión Palmar Supinada al realizar los ejercicios propuestos, su uso se ve limitado por la configuración de la ortesis al limitar el empleo de la pinza palmar supinada es un indicador de ausencia y mejora simultánea.		Si muestra mejora
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora

1	En el ítem 1, se observa una mejora cuando la precisión de su garabateo, no se aleja una distancia mayor a dos milímetros de su dibujo guía aun en los trazos con ángulos rectos.		Si muestra mejora
2	En el ítem 2, la mejora con el uso de la ortesis se verifica cuando los ángulos rectos mantienen una alta relación de 90 grados, sin deformación a un ángulo agudo, obtuso, cóncavo o convexo.		Si muestra mejora
3	En el ítem 3 el participante reproduce el trazo con firmeza y precisión, la hoja de papel no se encuentra marcada en la parte inferior y los detalles menores a 5 milímetros y mayores a dos milímetros de cada trazo se representan de manera fiel a la forma del modelo.		Si muestra mejora
4	En el ítem 4 los dibujos del participante son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo. Sus representaciones gráficas se asocian a una significación del pensamiento verbalizando ejemplos de las formas que reproduce (ej. Cuadrado como la pared, redondo como la pelota, entre otros).		Si muestra mejora
5	En el ítem 5, el participante centra su atención en el apoyo de postura que le proporciona la ortesis, disminuyendo la distracción por cansancio. Enfoca su atención a la mejora de sus trazos mediante el ensayo de la ubicación de la ortesis en diversas posiciones.		Si muestra mejora
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora de la motricidad fina del participante, cuando no levanta la mano del papel y mantiene el dibujo de trazos largos de manera ininterrumpida.		Si muestra mejora

2	En el ítem 2, el participante mejora su sensibilidad de agarre con el apoyo de la ortesis y disminuye la acción de ejercer mucha presión sobre la pinza al agarrar el lápiz y cansar su mano.		Si muestra mejora
3	En el ítem 3, sin apoyo de la ortesis el participante toca de manera continua las paredes del laberinto. Con apoyo de la ortesis incrementa su precisión al tocar de manera ocasional las paredes del laberinto.		Si muestra mejora
4	En el ítem 4, el participante cambia de mano para terminar la tarea del laberinto, debido a que la hoja se encuentra fija y acomoda la dirección del trazo mediante un cambio de postura (izquierda-derecha, arriba-abajo). Con apoyo de la ortesis el acomodo lo realiza con la misma mano.		Si muestra mejora
	TOTAL OBSERVACIONES	0	19
	PORCENTAJE (TOTAL OBSERVACIONES /19)*100	0%	100%

El modelo diseñado en CAD y parametrizado en 2D proporciona mayor eficiencia y una notable mejora al momento de realizar las pruebas grafo plásticas. Por medio de la observación directa, se estuvo checando que el sujeto de prueba realizara la pinza trípode de manera correcta, aunque al principio le costo trabajo realizar las actividades, logro adoptarse y adquirió confianza al momento de escribir, demostrándolo en el control de la forma de los trazos y la precisión con los que lo hacía.

Por otro lado, al comprobar el buen funcionamiento de la ortesis, se decidió complementarla por medio de un dispositivo háptico, compuesto por 3 elementos: la app, la ortesis y un dispositivo de reconocimiento táctil (Tablet), con el fin de sintetizar el proceso (evaluación de los trazos) y agregar nuevas herramientas que puedan ofrecer al tutor un seguimiento de las actividades del infante de forma asíncrona. Por lo cual, se evaluó la app por medio de su funcionamiento y la realización de un ejercicio que el sujeto de prueba procuro realizar con una alta aproximación a la imagen modelo.

Se comenzó conectando todos los componentes, al mismo tiempo que se colocó el modelo del ejercicio a realizar sobre la Tablet. Cuando se termina de hacer la actividad, se descarga la imagen y se abre la aplicación. La figura 5.26 muestra la interfaz con la que interactúa el asistente cuando acompaña al sujeto de prueba durante la sesión para desarrollar los ejercicios de garabateo. Cabe mencionar, que la App se creó utilizando las herramientas básicas que proporciona MatLab y al accionar alguno de los botones se hace un llamado a los scripts que ejecutan la programación.

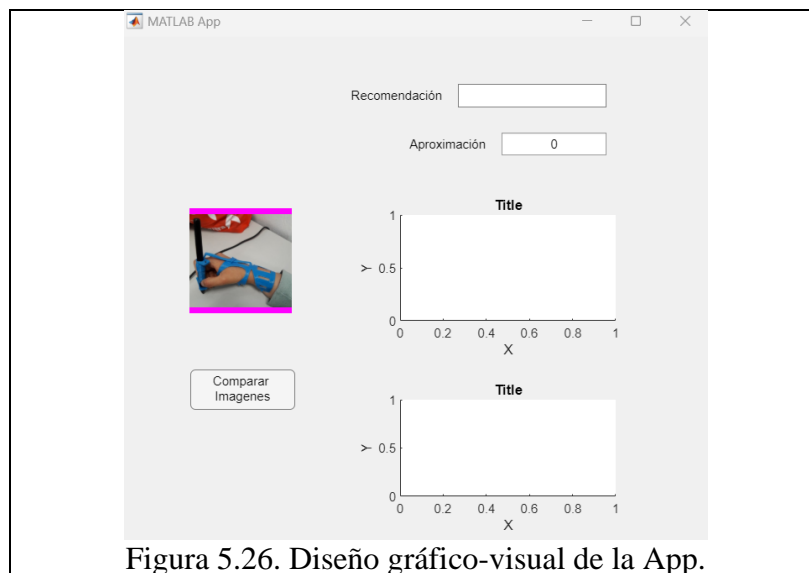


Figura 5.26. Diseño gráfico-visual de la App.

Los componentes de la interfaz, en su primera versión (figura 5.27) son los siguientes:

Cuadros:

- Cuadro de “recomendación”: espacio en el que se muestra una evaluación inmediata al accionar el botón “comparar imágenes”.
- Cuadro de “aproximación”: en este espacio es donde se muestra el valor definido de precisión con base al análisis del algoritmo de comparación de imágenes que se ejecuta con el botón “comparar imágenes”.
- Cuadro 1 “modelo”: Al seleccionar este cuadro, se abre una ventana alterna de la carpeta de imágenes del escritorio para seleccionar la imagen del ejercicio modelo a realizar.

- Cuadro 2 “actividad de sujeto”: Al seleccionar este cuadro, se abre una ventana alterna de la carpeta de imágenes del escritorio para seleccionar la imagen del ejercicio realizado por el sujeto de prueba.

Botones:

- Botón “comparar imágenes”: solicita el análisis de comparación de imágenes en base a los ejercicios subidos a la app y envía los resultados a los cuadros de “recomendación” y “aproximación”.

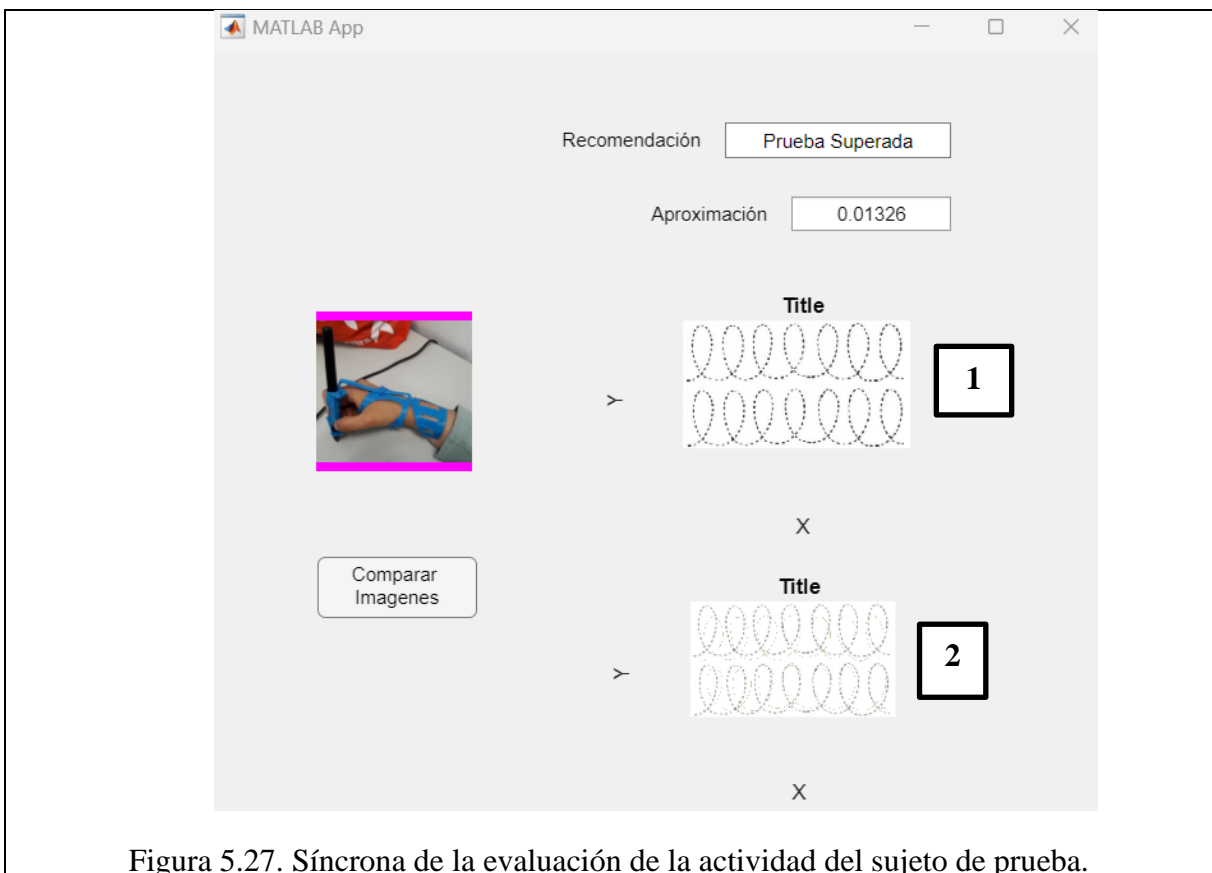


Figura 5.27. Síncrona de la evaluación de la actividad del sujeto de prueba.

En este ejercicio (figura 5.27), la aplicación envía el resultado de comparación: “prueba superada”, a simple vista nos podemos dar cuenta que los trazos son parecidos, pero no es una copia exacta. Con respecto a la “aproximación”, el rango de valores es de 1 a -1, siendo 1 el máximo nivel y -1 el mínimo nivel, por consiguientes, la variación en centésimas del resultado mostrado indica que el ejercicio tuvo fallas que le resto varios puntos a la

calificación, aunque, el sujeto de prueba declaro sentir comodidad y control a la hora de realizar el ejercicio.

En la segunda versión de la app, se añadió otros elementos y botones a la aplicación para mayor comodidad del tutor y asistente. Además, se hizo un rediseño a la interfaz (figura 5.28) cambiando el logo de la App y agregándole elementos que se clasifican en cuadros y botones:

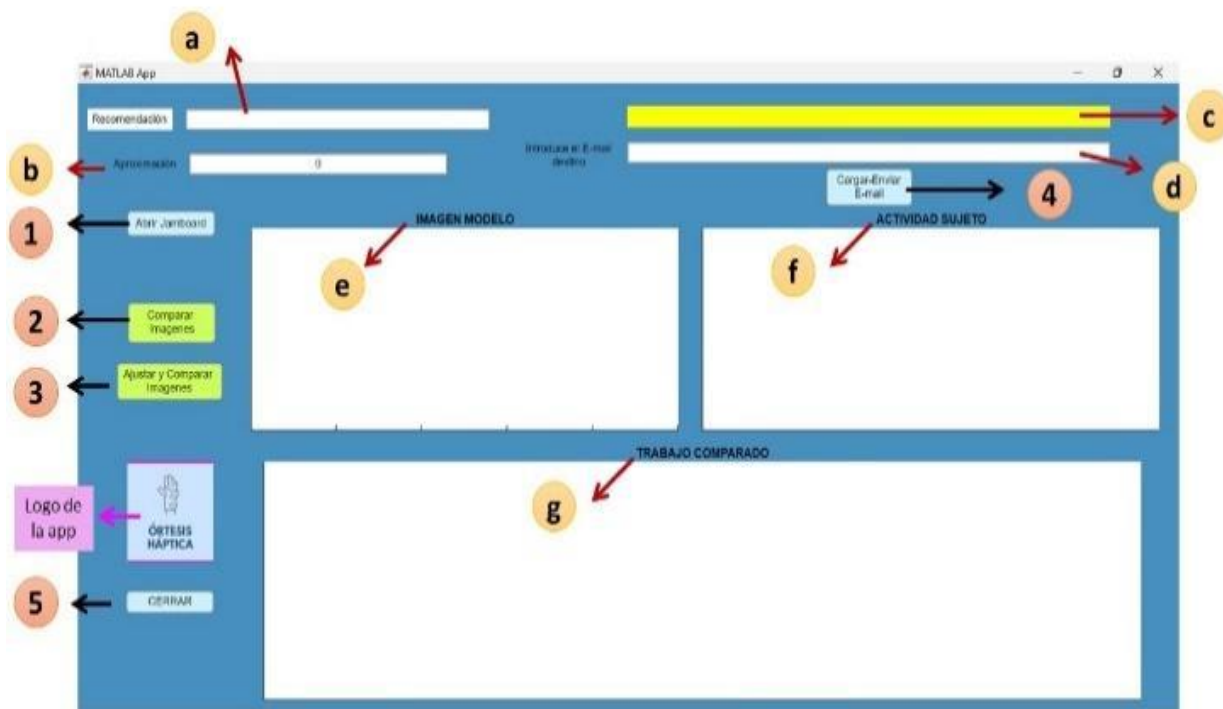


Figura 5.28. Componentes de la interfaz.

Cuadros (señalados con letras):

a) Cuadro de “recomendación”: en este espacio se muestra una evaluación inmediata después de comparar las imágenes.

b) Cuadro de “aproximación”: en este cuadro es donde se muestra el valor obtenido con base en el análisis del algoritmo de superposición de imágenes, que se muestra en el “trabajo comparado”.

c) Cuadro amarillo: donde se confirma el correo electrónico al que se envió la imagen (en este cuadro no se ingresa ningún correo, aparece automáticamente al ingresar el correo en el cuadro de texto).

d) Cuadro de texto “Ingresa el E-mail destino”: donde se escribe el correo electrónico al que se envía la evidencia.

e) Cuadro “imagen modelo”: es este cuadro se presenta el ejercicio modelo (la actividad a realizar como base para la práctica) y se solicita cuando se abre la App.

f) Cuadro “actividad sujeto”: donde se coloca la imagen superpuesta de la imagen modelo/ejercicio y de la práctica realizada por el sujeto, la cual se solicita después de haber elegido la “imagen modelo”.

g) Cuadro “trabajo comparado”: espacio donde se muestra ambas imágenes, sin superposición.

Botones (señalados con números):

1) Botón “Abrir Jamboard”: abre de manera directa Jamboard (para que el sujeto de prueba realice el ejercicio)

2) Botón “Comparar imágenes”: solicita dos imágenes y las superpone (seleccionar las imágenes que se van a comparar)

3) Botón “Ajustar y comparar imágenes”: solicita dos imágenes para ajustarlas y compararlas (las imágenes se vuelven del mismo tamaño para evitar imágenes desiguales que afecten la comparación y se presentan en el cuadro de “actividad del sujeto”).

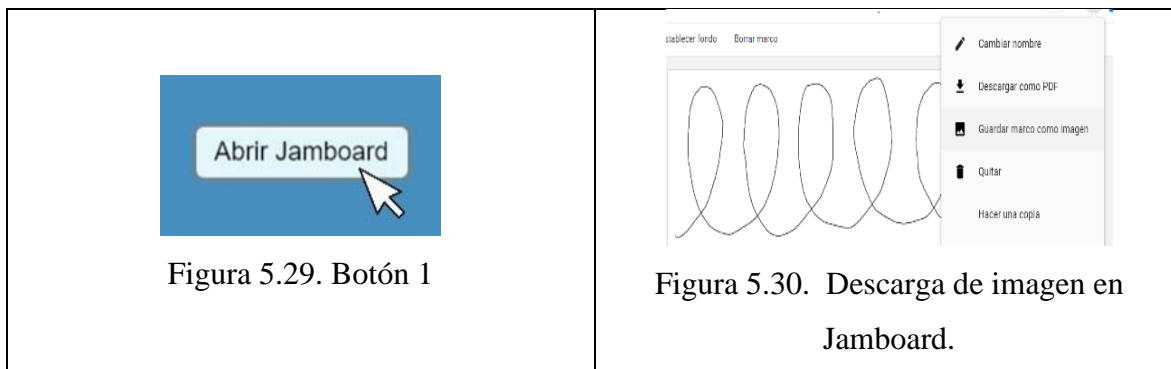
4) Botón “Cargar- Enviar E-mail”: realiza el envío del correo (escrito anteriormente un uno de los cuadros de texto)

5) Botón “CERRAR” (es el que cierra la ventana de la app).

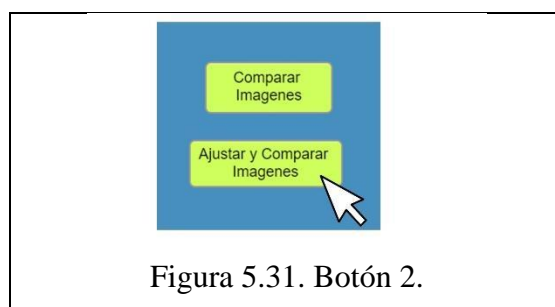
Logo de la app (ver figura 5.26): Esta es la imagen de una mano utilizando la ortesis con el nombre de la App “ÓRTESIS HÁPTICA”.

Funcionamiento de la aplicación:

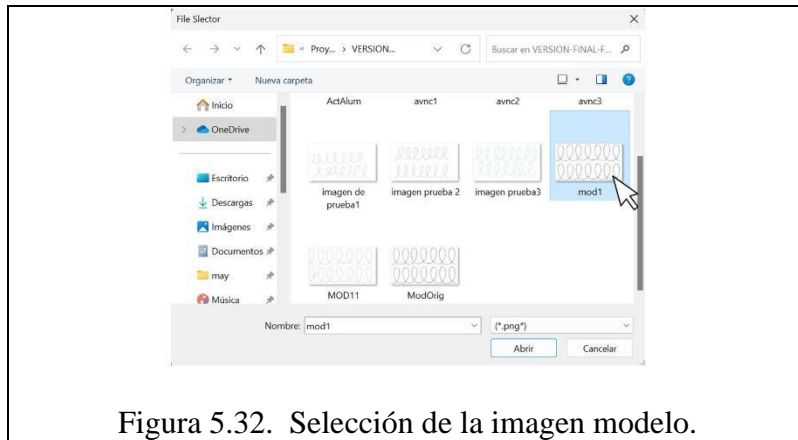
El asistente abre la aplicación desde el ejecutable y al visualizar la interfaz debe presionar el botón “Abrir Jamboard” (figura 5.29) para realizar la actividad de garabateo en la aplicación Jamboard (el ejercicio que hará el sujeto de prueba en físico será colocado sobre la Tablet). Al terminarla actividad, se descargará como imagen (png) en la misma carpeta en el que encuentra el ejercicio modelo (figura 5.30).



Cuando la imagen se ha descargado en la carpeta se presiona el botón “comparar imágenes” (figura 5.31), el cual, abre la ventana en la carpeta donde se guardaron ambos ejercicios: la actividad realizada por el infante y el ejercicio modelo. Cabe mencionar, que la App está programada para abrirse 2 veces y se tenga acceso exclusivamente a las imágenes en formato png.



Al abrirse la ventana por primera vez (figura 5.32), se selecciona la imagen que se presentara en el cuadro “imagen modelo” (imagen que contenga el ejercicio que fue base en la actividad realizada en físico) y en el lado izquierdo del cuadro “trabajo comparado”.



Después de seleccionar la primera imagen, en automático se abre otra vez la misma ventana (figura 5.33) para seleccionar la imagen que se presentara en el lado derecho del cuadro “trabajo comparado”. En esta ocasión, se selecciona la actividad realizada por el sujeto de prueba (imagen descargada del jamboard).



Al seleccionar ambas imágenes, la app las superpone creando una nueva imagen que se guardara como “avnc2”, al mismo tiempo que guarda la imagen del cuadro “trabajo comparado” como “avnc3” dentro de la misma carpeta donde se extrajeron las imágenes (figura 5.34). Cabe mencionar, que la imagen “avnc2” se presentara en el cuadro “actividad del sujeto”.

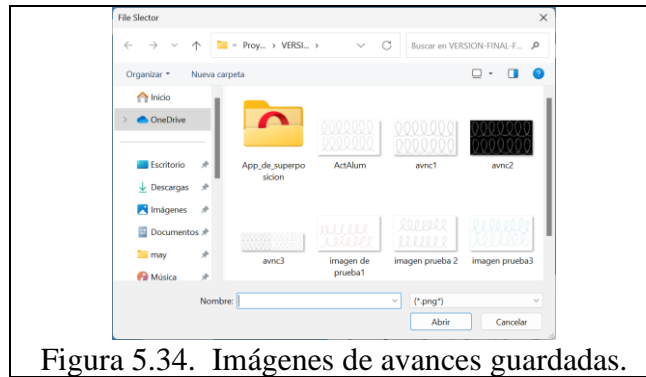


Figura 5.34. Imágenes de avances guardadas.

En caso de que ambas imágenes sean de diferentes tamaños de píxeles, se selecciona el botón “ajustar y comparar imágenes” (figura 5.35) para que se ajuste las imágenes al mismo tamaño y luego proceda a compararlas, pasando por el mismo proceso que ocurrió con anterioridad. La única diferencia entre ambos botones es solo la opción de ajustar las imágenes.

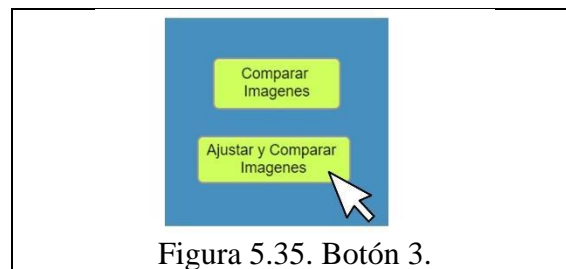


Figura 5.35. Botón 3.

Al realizar todos los pasos de la selección, se podrá visualizar en la interfaz el resultado final (figura 5.36).

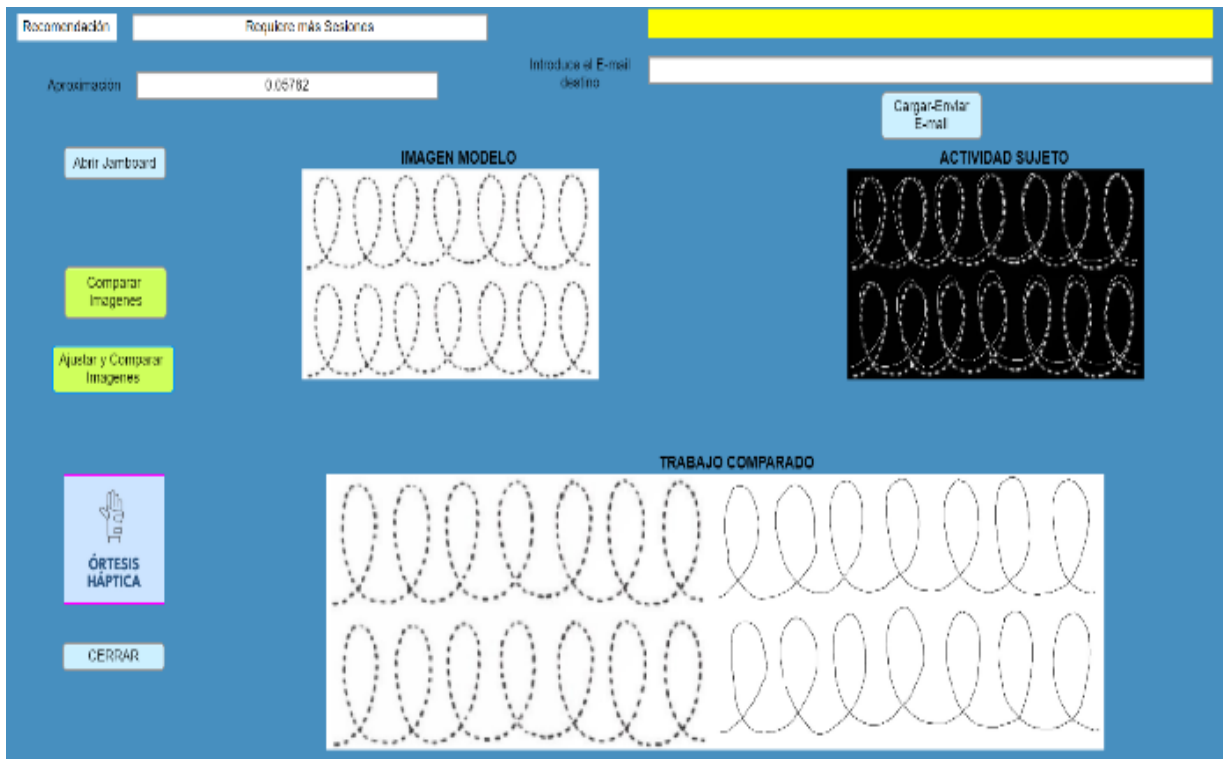
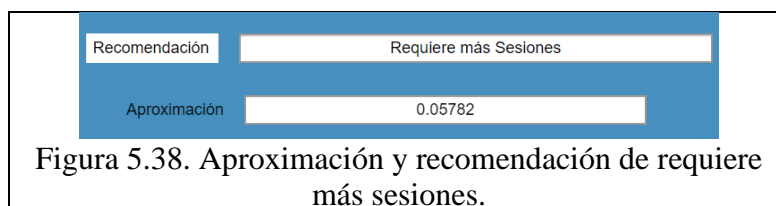
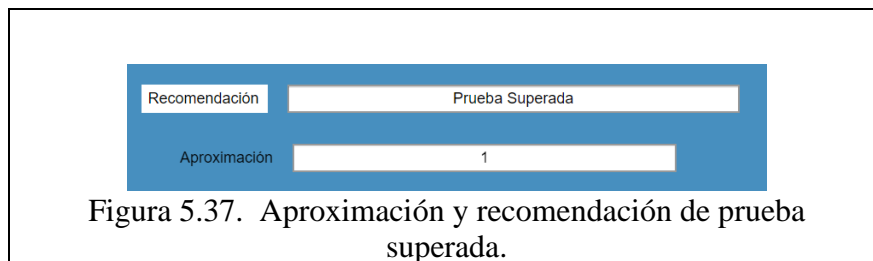
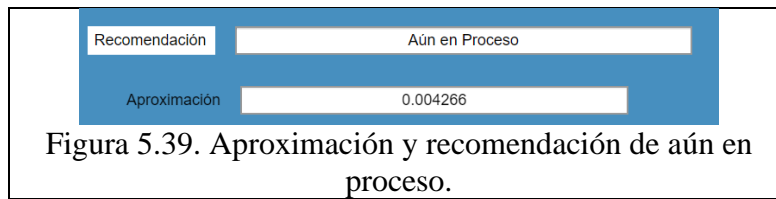


Figura 5.36. Vista de la interfaz con el proceso terminado.

El resultado puede mostrar tres tipos de recomendaciones con base en el valor de aproximación. La primera recomendación mostrada es “prueba superada” (figura 5.37) que aparece cuando la aproximación exactamente 1. Si la aproximación es en número en centésimos (figura 5.38) la recomendación que presentara la aplicación será “requiere más sesiones” y cuando el resultado de la aproximación sean números milésimos, mostrara la recomendación de “aun en proceso” (figura 5.39).





Con este resultado la asistente puede ver el progreso cuantitativo del niño y dictaminar si necesita más sesiones o algún ejercicio extra para que pueda mejorar.

Por último, brinda la oportunidad de enviar la imagen superpuesta “avnc2” al correo que se ingresó en el cuadro “Introduce el Email destino”, además de corroborar el correo en el cuadro amarillo (arriba del cuadro anteriormente mencionado), el cual, se enviara presionando el botón “cargar-enviar E-mail”, al mismo tiempo, que aparece una ventana la cual confirma el envío junto con el correo al que se envió y el nombre del archivo (figura 5.40).

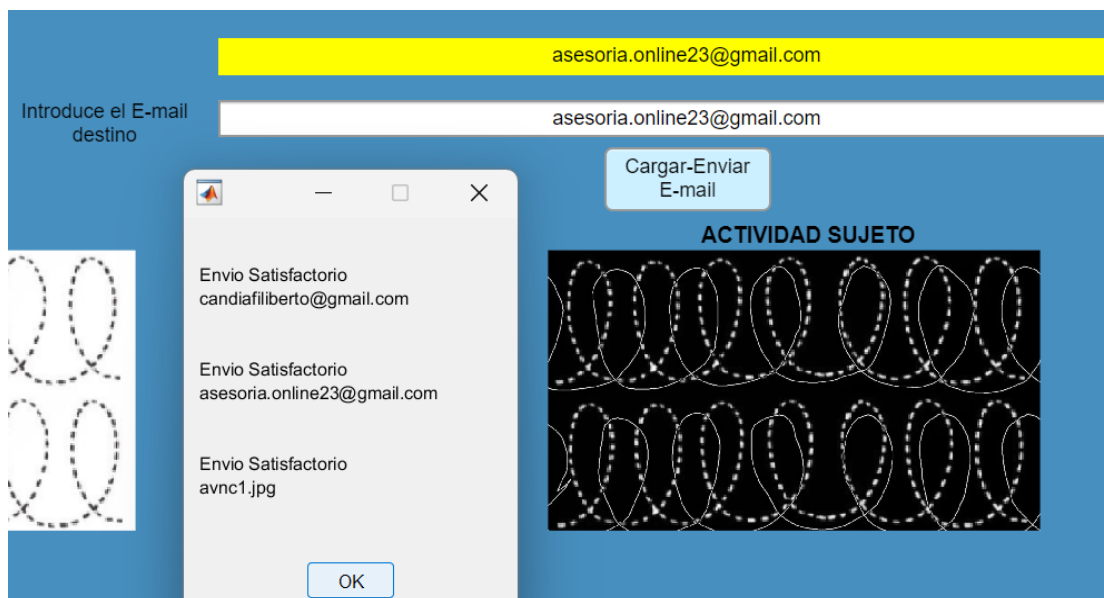


Figura 5.40. Ventana que confirmación del envío.

Al ser enviado al correo del tutor, aparecerá en su bandeja de entrada con el asunto: “Seguimiento de mejora de motricidad fina”, compartiendo un pequeño mensaje y la imagen superpuesta como archivo adjunto (figura 5.41).

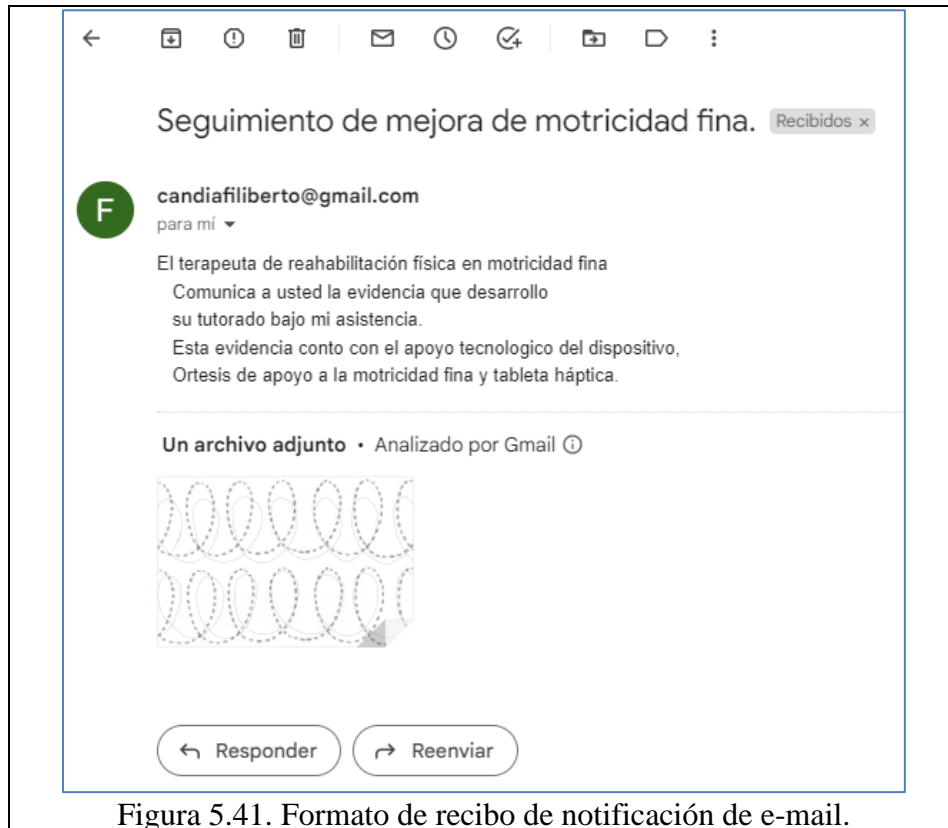


Figura 5.41. Formato de recibo de notificación de e-mail.

Finalmente, si no se van a realizar más actividades, se cierra la App con el botón “CERRAR” ubicado debajo del logo (figura 5.42).



Figura 5.42. Cierre de la app (Botón 5).

El proceso de evaluación, en este caso, se compone de dos partes: la sistemática, en el que la app se encarga de cuantificar la aproximación entre los trazos de la actividad realizada por el sujeto de prueba con respecto al ejercicio modelo y dar recomendaciones de seguimiento, al mismo tiempo que visualmente se muestra la comparación y evidencia de ambas actividades.

La segunda es la observación directa, en la que el asistente ve la postura y movimientos que realiza el sujeto de prueba. Con dicha información se llenan las siguientes listas de cotejo
Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza y **Dimensión 2: Calidad en el trazo**

(**garabateo controlado**) con SI (presente) o NO (ausente). Si se existe un dominio intermedio de la técnica se expresará en la columna de observaciones, además de anotar los resultados obtenido en la App en su respectivo Ítem.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Incrementa la presión pertinente para sostener la pluma.		NO	
2	Disminuye el movimiento de la muñeca.	SI		
3	Incrementa la destreza con los dedos	SI		
4	Incrementa una postura de precisión que utiliza los dedos	SI		
5	Disminuye la flexión del brazo	SI		
6	Disminuye al uso de la pinza D'Nealian	SI		
7	Disminuye un agarre de pinza débil o ineficaz	SI		
8	Disminuye el agarre de la pinza con prensión pentadigital	SI		
9	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Digital Pronada	SI		
10	Disminuye el agarre de la pinza con Prensión Palmar Supinada	SI		

Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)				
No.	Actividad o Ítem	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Alcanza el clímax de su garabateo, sus trazos tienen formas reconocibles y prioriza las formas de curvas suaves.	SI		

2	Se aprecian pequeños matices con los que comprende aspectos de precisión de los ángulos rectos.			En ocasiones muestra dificultad para realizar ángulos rectos.
3	Reproduce el trazo con firmeza y precisión.			El sujeto tiene firmeza al realizar los trazos, pero le falta precisión.
4	Sus dibujos son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo.	SI		
5	Es constante y comprometido carece de distracciones.	SI		
	Aproximación y recomendación arrojada por la aplicación.	Aproximación: 0.06782 Recomendación: Requiere más sesiones.		

En esta lista de cotejo, el asistente debe recoger la información sobre la tarea realizada contestando presente (SI) o ausente (NO), en caso de tener un dominio intermedio de la técnica se utilizará la columna de observaciones para aclararlo.

Dimensión 3: La solución de las tareas				
No.	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Observaciones o Anotaciones
1	Levanta la mano de la Tablet y disminuye el dominio de la motricidad continua por largo tiempo.		NO	
2	Ejerce mucha presión sobre la pinza al agarrar la pluma y cansa su mano.		NO	
3	Carece de precisión para no tocar entre los ejercicios (seguirlos y no desviarse).		NO	
4	Cambia de mano para terminar la actividad.		NO	

Finalmente, se completa el **Concentrado de vaciado de datos** y el **Instrumento de interpretación de los datos obtenidos** con los resultados de las anteriores 3 listas de cotejo, como se muestra a continuación:

Concentrado de vaciado de datos sujeto 1:

Dimensión 1: Soporte y posición de la pinza					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1	SI		1		NO
2	SI		2	SI	
3		NO	3	SI	
4		NO	4	SI	
5	SI		5	SI	
6	SI		6	SI	
7		NO	7	SI	
8	SI		8	SI	
9	SI		9	SI	
10	SI		10	SI	
Dimensión 2: Calidad en el trazo (garabateo controlado)					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1		NO	1	SI	
2		NO	2		
3		NO	3		
4	SI		4	SI	
5	SI		5	SI	

Dimensión 3: La solución de las tareas					
Sin Apoyo de Ortesis			Con Apoyo de Ortesis		
Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)	Actividad o Item	Presente (SI)	NO Presente (NO)
1		NO	1		NO
2	SI		2		NO
3		NO	3		NO
4		NO	5		NO

Interpretación de los datos obtenidos:

	En la dimensión 1, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, el participante pasa de no tener presente la presión suficiente en la pinza para sostener la pluma (se detiene continuamente) a mostrar la adecuada presión de la pinza en la sujeción del lápiz (se le cae eventualmente).		Si muestra mejora
2	En el ítem 2 muestra que sin el apoyo de la ortesis no tiene control del movimiento del muñeco y con apoyo de la prótesis domina de manera consciente los movimientos involuntarios de la muñeca.		Si muestra mejora
3	En el ítem 3 se observa una poca o nula coordinación ojo-mano sin el apoyo de la prótesis y con apoyo de prótesis el participante expresa mayor confianza al seguimiento de los trazos (hace lo que piensa).		Si muestra mejora
4	En el ítem 4 el participante manifiesta baja precisión con los dedos al seguir trazo debido a que levanta su muñeca de la superficie de apoyo. Con apoyo de la ortesis muestra mejora		Si muestra mejora

	en la presión de los trazos con los dedos debido a que mantiene su muñeca en paralelo con la superficie.		
5	En el ítem 5 con apoyo de la ortesis el participante mantiene separado el brazo de la superficie de apoyo, mostrando un ángulo de inclinación cuando realiza los trazos. Un bajo dominio se muestra cuando el participante mantiene el brazo paralelo a la superficie de apoyo.		Si muestra mejora
6	En el ítem 6 el participante hace uso de la pinza D'Nealian de manera frecuente al dibujar de manera continua trazos largos. Muestra mejora al recurrir esporádicamente o nunca a la pinza de D'Nealian cuando se cansa.		Si muestra mejora
7	En el ítem 7 como una característica observable de mejora disminuye la frecuencia de un agarre de pinza débil o ineficaz y muestra una mayor firmeza en la sujeción de la pluma por más tiempo en los trazos continuos.		Si muestra mejora
8	En el ítem 8 el participante tiene preferencia por realizar trazos de poca precisión angular, prefiriendo los trazos de curvas suaves y prolongadas. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión pentadigital es un indicador observable de mejora.		Si muestra mejora
9	En el ítem 9 el participante tiene preferencia por realizar trazos de formas predefinidas, prefiriendo los trazos desordenados, intuitivos y alejados de la interpretación. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con prensión Digital Pronada es un indicador observable de mejora.		Si muestra mejora
10	En el ítem 10 cuando el participante tiene preferencia por realizar trazos con el uso de la pinza con prensión Palmar Supinada al realizar los ejercicios propuestos, su uso se ve limitado por la configuración de la ortesis al limitar el		Si muestra mejora

	empleo de la pinza palmar supinada es un indicador de ausencia y mejora simultánea.		
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora cuando la precisión de su garabateo, no se aleja una distancia mayor a dos milímetros de su dibujo guía en los trazos rectos, curvos o figuras geométricas.		Si muestra mejora
2	En el ítem 2, la mejora con el uso de la ortesis se verifica cuando las mantienen los trazos rectos en línea recta sin deformación, al igual que los trazos curvos y la figura geométrica: círculo.		Si muestra mejora
3	En el ítem 3 el participante reproduce el trazo con firmeza y precisión, la hoja de papel no se encuentra marcada en la parte inferior y los detalles menores a 5 milímetros y mayores a dos milímetros de cada trazo se representan de manera fiel a la forma del modelo.		Si muestra mejora
4	En el ítem 4 los dibujos del participante son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo. Sus representaciones gráficas se asocian a una significación del pensamiento verbalizando ejemplos de las formas que reproduce (ej. redondo como la pelota, líneas curvas como el contorno de las nubes, entre otros).		Si muestra mejora
5	En el ítem 5, el participante centra su atención en el apoyo de postura que le proporciona la ortesis, disminuyendo la distracción por cansancio. Enfoca su atención a la mejora de sus trazos mediante el ensayo de la ubicación de la ortesis en diversas posiciones y la repetición de los mismos.		Si muestra mejora

6	En el ítem 6, el participante realizó un trazo cuya aproximación es cercana a la imagen modelo adjunta en la aplicación, lo que demuestra un control del uso del soporte y correcta ejecución del movimiento.		Si muestra mejora
	En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	No muestra mejora	Si muestra mejora
1	En el ítem 1, se observa una mejora de la motricidad fina del participante, cuando no levanta la mano del papel y mantiene el dibujo de trazos largos de manera ininterrumpida (trazos rectos y curvos).		Si muestra mejora
2	En el ítem 2, el participante mejora su sensibilidad de agarre con el apoyo de la ortesis y disminuye la acción de ejercer mucha presión sobre la pinza al agarrar de la pluma y cansar su mano.		Si muestra mejora
3	En el ítem 3, sin apoyo de la ortesis el participante no realiza el ejercicio correctamente al juntar los trazos y no respetar los espacios existentes entre los círculos. Con apoyo de la ortesis incrementa su precisión al seguir la forma correctamente de los trazos y la figura.		Si muestra mejora
4	En el ítem 4, el participante cambia de mano para terminar la tarea de la figura geométrica (círculo), debido a que la hoja se encuentra fija y acomoda la dirección del trazo mediante un cambio de postura (izquierda-derecha, arriba-abajo). Con apoyo de la ortesis, se acomoda con la misma mano.		Si muestra mejora
	TOTAL OBSERVACIONES	0	19
	PORCENTAJE (TOTAL OBSERVACIONES /19)*100	0%	100%

Al complementar la ortesis elaborando un dispositivo háptico permite evaluar de manera objetiva la mejora del dominio de la motricidad fina, al perfeccionar la precisión y forma del trazo cuando se realizan los ejercicios de garabateo. Gracias a esto, en un futuro se puede

tener la capacidad de transferir esta tecnología al área de salud o sector educativo, independientemente del diseño mecánico y la integración del área de ingenierías. Así, por medio de capacitación básica (manuales y tutorías) en su uso, se podría aplicar a personas, y no solo infantes, que necesiten rehabilitación física para mejorar su motricidad fina.

Trabajo futuro

Evaluar de manera extensiva la eficiencia del dispositivo háptico (especialmente la ortesis impresa en 3D para la mejora de la motricidad fina) mediante un grupo piloto que sea representativo de una población. Donde se realice una valoración desde la perspectiva de la terapia ocupacional, que determine la razón por la cual, la presión óptima (sujeción de la pinza) es un elemento imprescindible para la realización de las actividades de la escritura formal. Además, buscar materiales de impresión 3D que otorguen flexibilidad al modelo de la mano, para facilitar el proceso de termoformado y brinden resistencia a los demás componentes de la ortesis, procurando que el coste de la misma no se eleve demasiado.

Conclusiones

Se ha verificado la metodología de un diseño no tan complejo y parametrizado en 2D que mediante termoformado se adapta de manera espacial (3D) al paciente, tanto en forma como en funcionalidad, brindándole mayor eficiencia en la realización de ejercicios grafo-plásticos que evidencia el desarrollo de la motricidad fina. El diseño del experimento es robusto con capacidad para adaptarse a la evaluación de grupos piloto o muestras de grandes poblaciones y adaptar la ortesis a cualquier mano (por su tipo de diseño), permitiendo que la misma tenga un bajo costo.

Además, se inicia un área de oportunidad para vincular el área del diseño mecánico al área médica de la terapia de rehabilitación física de manera no invasiva. Cabe mencionar que, se tomó en cuenta la perspectiva de la terapia ocupacional en la pinza de agarre (sujeción de pinza), debido a que es un elemento indispensable para la realización de la escritura formal.

Por otro lado, el integrar componentes tecnológicos a la ortesis se consolida en un dispositivo háptico que permite evaluar de manera objetiva y cuantitativa la mejora de habilidades y dominio de la motricidad fina, debido a la aproximación entre la imagen modelo y la imagen que reproduce el infante. Otro método de evaluación utilizado, es la observación directa para observar que el individuo mantiene la postura de pinza tipo trípode o digital y el perfeccionamiento en la precisión de los movimientos cuando se realizan los ejercicios de garabateo.

Un elemento a destacar de este dispositivo es el formato asíncrono, el cual, servirá para mantener una comunicación con el tutor del infante e informarlo sobre el desempeño que ha logrado bajo la responsabilidad de un asistente. Este dispositivo ha generado interés en su uso y aceptación entre los padres de familia encuestados, que lo consideran una buena alternativa de rehabilitación para la motricidad fina.

En síntesis, se ha concluido que cuanto mejor es el diseño de una ortesis de mano personalizada mediante el CAD parametrizado en 2D y la impresión 3D, tanto mayor es la eficiencia de la reproducción de los ejercicios grafo-plásticos que evidencian el grado de desarrollo de la motricidad fina, en niños en la etapa de su primera infancia, en el que la app

(componente del dispositivo háptico) actúa como un complemento que da forma y veracidad al resultado que por observación directa obtiene infante.

Bibliografía

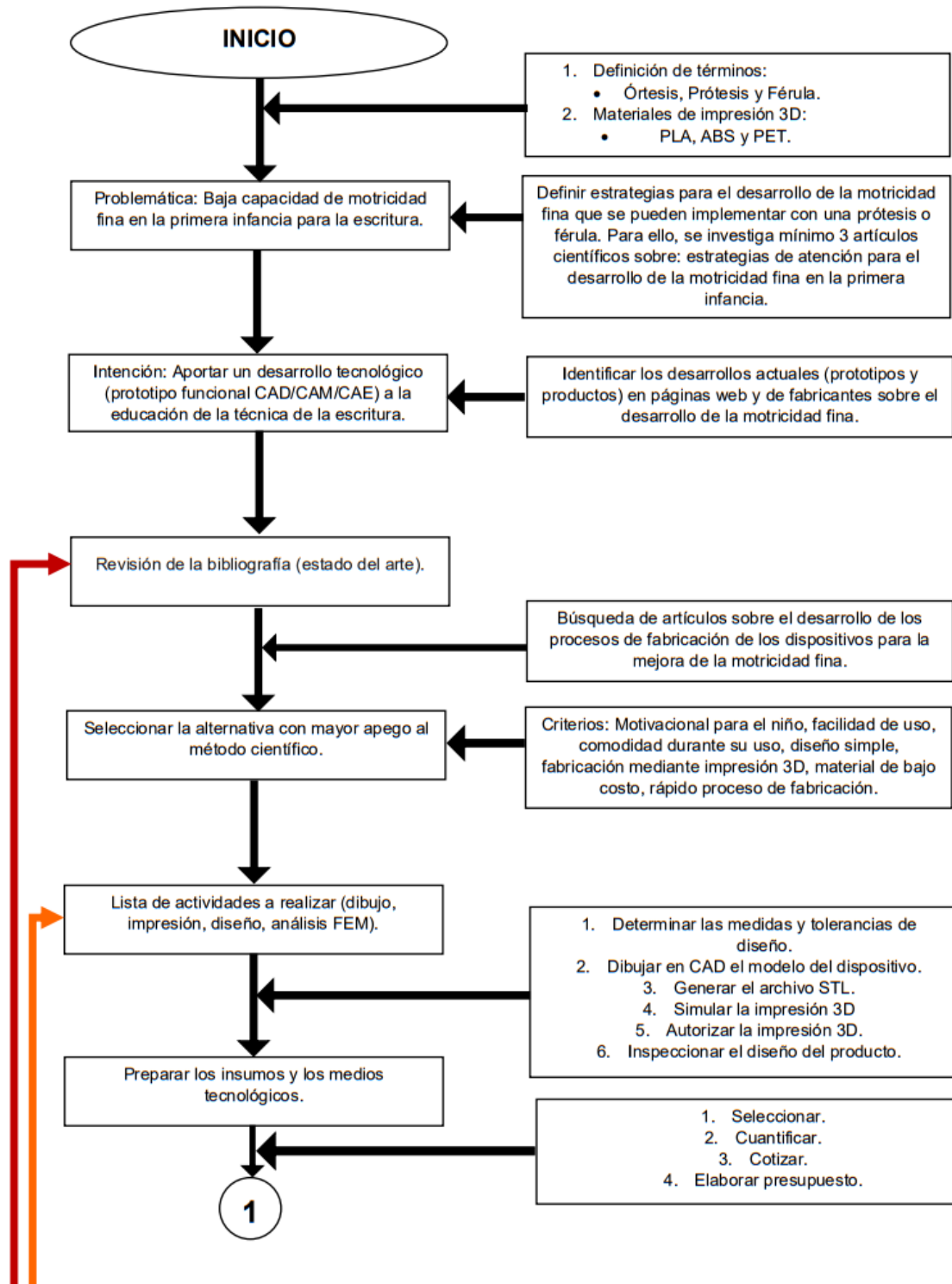
- Alvarado, A. P. (2020). *TÉCNICAS GRAFOPLÁSTICAS Y EL DESARROLLO DE LA MOTRICIDAD FINA EN LOS NIÑOS DEL CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL "GALAPAGUITOS" [TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO]*. Repositorio: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7335/1/9%20TESIS%20FINAL%20PAULINA%20ALVARADO-DOC-INTER.pdf>.
- Cabrera, V. B. (2019, 26 de marzo). El desarrollo de la motricidad fina en los niños y niñas del grado preescolar. *REVISTA DE EDUCACIÓN MENDIVE*. Vol. 17 No. 2 (abril-junio), 222-239.
- Cali, Á. C. (2019). *Diseño de una Órtesis estática de extremidad superior (mano) para los casos de rehabilitación. Traumatológica o de Hemiplejía, aplicando el proceso de Impresión 3D en el Taller del Centro de Rehabilitación Integral Especializado N°1 [tesis para título de Ingeniero en Diseño Industrial, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]*. Repositorio: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18232/1/T-UCE-0011-ICF-116.pdf>.
- Candia, F., Torres, C., Ambrosio, C. R., Solano, I., & Candia, M. (2023). App integradora de tecnologías CAD/CAM/CAE y de reconocimiento táctil. *MEMORIAS DEL XXIX CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (págs. El 1-8). Ciudad Juárez, Chihuahua, México.: DOI: 10.59920/NJVK1537.
- Candia, F., Torres, C., R., C. M., & Crispin, D. A. (2022). La impresión 3D y la motricidad fina en niños durante la primera infancia. *XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM*. Bogotá. Recuperado el 08 de 05 de 2023, de https://somim.org.mx/memorias/memorias2022/articulos/A5_6.pdf
- Casallas, G. N., & Gómez, C. W. (2019). *Aplicación de Técnicas Grafoplásticas como potencializadoras de la motricidad fina en niños de 4 a 5 años del nivel kinder de la Guardería Infantil Nenelandia [tesis al título de Licenciada en Pedagogía Infantil, Centro Regional Soacha]*. Repositorio: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/7718>.
- Cira de Luque, P. S. (2019). *Motricidad fina en niños y niñas: Desarrollo, problemas estrategias de mejora y evaluación*. NARCEA S.A. EDICIONES MADRID.
- Clinica Universidad de Navarra. (2021). *Prótesis y Férula*. Obtenido de Diccionario Clinica Universidad de Navarra: Consultado el 15 de Enero del 2021. <https://www.cun.es/diccionario-medico>
- Corredor, C. D. (2021). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE LA MOTRICIDAD FINA A PARTIR DEL USO DE TÉCNICAS GRAFO-PLÁSTICAS EN NIÑOS DE 7 A 8 AÑOS DEL GRADO PRIMERO DE UNA INSTITUCIÓN PÚBLICA UBICADA EN SAN JUAN DE GIRÓN, SANTANDER [tesis para Magíster en Educación, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA]*. Repositorio: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/14074>.
- Culque, W. V., Llerena, L. A., & Viscaino, F. A. (2022, Abril). Simulador electrónico con feedback háptico para entrenamiento pedagógico. *Conrado vol.18 no.85 Cienfuegos*. , pp. 198-202.
- Delgado, C. Y., Samada, Y., & Zambrano, J. M. (2022, Julio-Septiembre). La motricidad fina y su influencia en el desarrollo de la escritura. *Revista científica Dominio de la ciencia*. Vol. 8, núm. 3., pp. 1748-1767. DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>.
- Delgado, C. Y., Samada, Y., & Zambrano, J. M. (2023). La motricidad fina y su influencia en el desarrollo de la escritura. *Dominio de las Ciencias*, 8(3), 1748-1767. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>
- Escobar, D., & Vivas, O. A. (2018). Sistemas hápticos: Una revisión. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 10(1), 47-54. Obtenido de <https://jci.uniautonoma.edu.co/2018/2018-6.pdf>
- Escobar, H. D., & Vivas, O. A. (2018, agosto). Sistemas hapticos: Una revisión. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 10, no. 1., pp. 47-54.
- Esteban, M. H. (s.f.). *Desarrollo evolutivo de la pinza para la escritura*. OT Mom Actividades para el Aprendizaje: ineava.

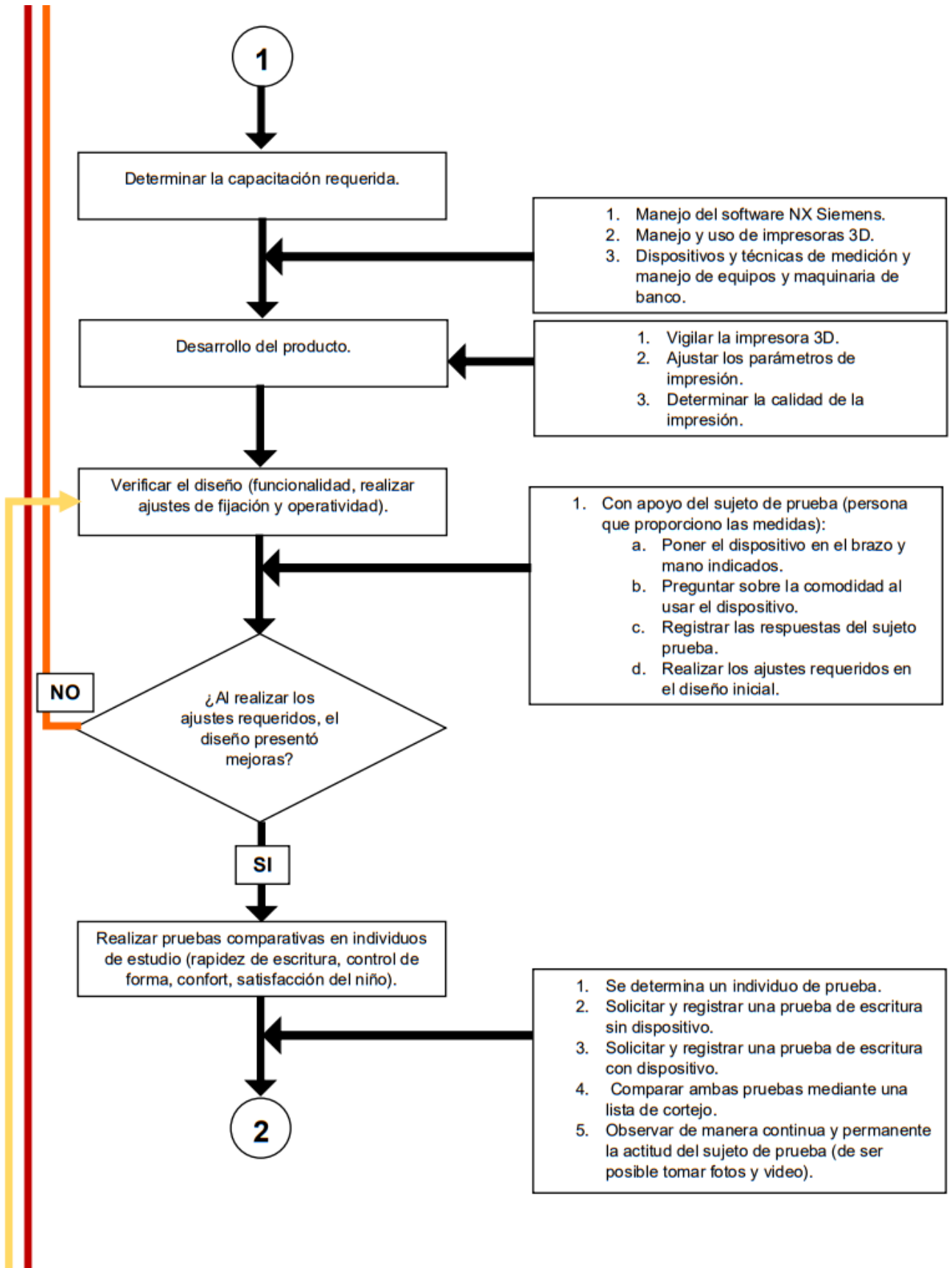
- Feng, K. (2023). Send Text Message to Cell Phone. MATLAB Central File Exchange. Recuperado el 08 de 05 de 2023, de <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/16649-send-text-message-to-cell-phone>
- García-León, R. A., & Argotta-Hernandez, B. y.-Q. (2020). Diseño de una máquina de termoconformados para la fabricación de filamento ABS Y PLA. *Informador Técnico*, 85(1), 34-51, <https://doi.org/10.23850/22565035.2865>.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernando, F. (2019). Leer con las manos. Una revisión sobre los estudios hápticos. *Mediaciones de la Comunicación*, 14(1), 151-160. doi:DOI: <https://doi.org/10.18861/ic.2019.14.1.2890>
- INEAVA. (s.f.). *Desarrollo evolutivo de la pinza para la escritura*. Zaragoza, España.: Instituto de Neurorehabilitación Avanzada. .
- l, U. J. (s.f.). *Propiedades y limitaciones*. Obtenido de Universitat Jaume I: <https://sites.google.com/view/poliacidolactico-coma/pol%C3%A1cido-l%C3%A1ctico/propiedades-del-pla>
- Moncada, C. A. (2019). *INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ADOBE A ESCALA POR LA INCLUSIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN SU COMPOSICIÓN [tesis para título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]*. Repositorio: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5582/1/RE_ING.CIVIL_ANDREA.MONCADA_PROPIEDADES.MECANICAS_DATOS.PDF.
- Ocello, M. y. (2015). *Ortesis y prótesis. Herramientas para la rehabilitación*. Santa Fe : Universidad Nacional del Litoral.
- Pabón, R. J., & Ramón, V. B. (2020, 3 agosto). INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL POLIÁCIDO LÁCTICO PLA VARIANDO LA ORIENTACIÓN DE LAS LÍNEAS DE DEPOSICIÓN EN IMPRESIONES 3D. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada. Vol. 3 Número Especial (2020)*, 33-41.
- Pérez, V. Z., & Santís, M. (2016, julio-diciembre.). INTERFACES HÁPTICAS: SISTEMAS CINESTÉSICOS VS. SISTEMAS TÁCTILES. *Revista EIA, vol. 13, núm. 26. Universidad EIA, Envigado (Colombia).*, pp. 13-29.
- Pérez, V. Z., & Santís-Chaves, M. (2017). Interfases hápticas: sistemas cinestésicos vs sistemas táctiles. *Revista EIA, 13(26)*, 13-29. doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.1065>
- Poma, H. F. (2018). *Las técnicas grafoplásticas y su influencia en el desarrollo de la grafomotricidad en niños de 5 años de la I.E. "José Abelardo Quiñones Gonzales" AA.HH S.S. Juan [tesis al Título de Segunda Especialidad Profesional, UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN]* . Repositorio: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/2790/TESIS%20-%20Las%20t%C3%A9cnicas%20grafopl%C3%A1sticas%20-ORIGINAL%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Popescu, D. (2019). Fast production of customized three-dimensional-printed hand splints. *Rapid Prototyping Journal*, 26(1), 134-144.
- Puleo, R. E. (2012, 24 de febrero). La evolución del dibujo infantil. Una mirada desde el contexto sociocultural merideño. *REVISTA EDUCERE. Vol. 16 No. 53 (enero-abril, 2012)*, 157-170.
- QuéTabletaGráfica.com. (09 de 08 de 2023). *GAOMON S620 Opiniones y Análisis Tableta Gráfica compatible con Android*. Obtenido de <https://quetabletagrafica.com/gaomon-s620/>
- RAISE3D. (2024). *RAISE PRO 2 PLUS. RAISE3D*. Obtenido de 3DMARKET: <https://www.3dmarket.mx/wp-content/uploads/2023/09/Ficha-tecnica-Raise-Pro-2-Plus.pdf>
- Ramírez, A. G., Gutiérrez, C. M., León, P. A., & Vargas, C. M. (2017, 01 de marzo). Coordinación grafoperceptiva: incidencia en el desarrollo de la motricidad fina en niños de 5 a 6 años de edad. *Revista Ciencia UNEMI. Vol. 10 No. 22 (abril 2017)*, 40-47.
- Real Academia Española. (2021). *Ortesis, Prótesis y Férula*. Obtenido de Diccionario de la lengua española (edición tricentenario): Consultado el 15 de Enero del 2021. <https://dle.rae.es/PLA?m=form>
- Real Academia Nacional de Medicina de España. (2021). *Ortesis, Prótesis y Férula*. Obtenido de Diccionario Real Academia Nacional de Medicina de España: Consultado el 15 de Enero del 2021. https://dtme.ranm.es/busador.aspx?NIVEL_BUS=9&LEMA_BUS=protesis
- Rengifo, M. C. (2019). *PRODUCCIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE CARBONO CON MATRIZ ABS [Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero, UNIVERSIDAD DEL VALLE]*. Repositorio:

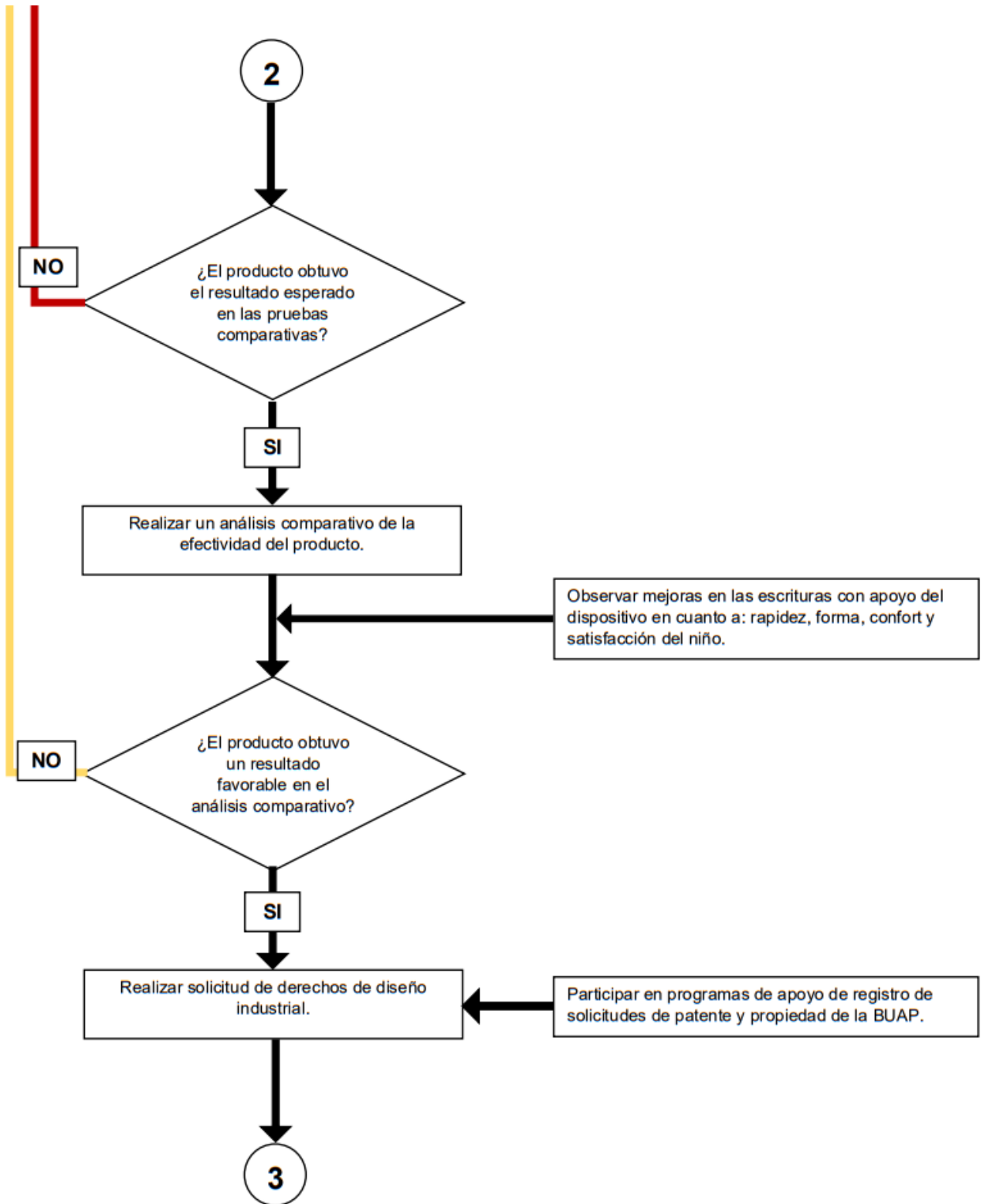
- <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16631/CB0591986.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rodríguez, A. E., Herrero, V. M., Asencio, V. M., Guerrero, F. J., Cañibano, Á. E., Merino, S. J., & Fernández, P. M. (2021). Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos. *XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (págs. 159-166). Pachuca, Méx.: SOMIM. Recuperado el 07 de 01 de 2022, de https://somim.org.mx/memorias/memorias2021/articulos/A2_88.pdf
- Rodríguez, A. E., Herrero, V. M., Asencio, V. M., Guerrero, F. J., Cañibano, Á. E., Merino, S. J., & Fernández, P. M. (2021). Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos. *XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*. Pachuca. Recuperado el 08 de 05 de 2023, de https://somim.org.mx/memorias/memorias2021/articulos/A2_88.pdf
- Sevilla, A. (2017). LISTA DE CONTROL PARA UN ADECUADO AGARRE DEL LÁPIZ. . *Infancia, Educación y Aprendizaje (IEYA)*. Vol. 3, N° 2 (edición especial), pp. 324-330.
- The MathWorks, Inc. (2023). *MATLAB App Designer*. Recuperado el 08 de 05 de 2023, de <https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>
- Torres, C., & Candia, F. (2022). *Integración de la impresión 3D y la rehabilitación mediante terapia física*. . Puebla, Pue. : VIEP - Programa Haciendo Ciencia en la BUAP.
- Torres, C., & Candia, F. (2023). *Integración de dispositivo háptico como asistente para la supervisión de las tareas de garabateo en la primera infancia*. Puebla, Pue. : VIEP - Programa Haciendo Ciencia en la BUAP.
- Torres, C., Solano, I., & Candia, F. (2023). *Dispositivo háptico como asistente para la supervisión de tareas de garabateo en la primera infancia*. Puebla, Pue.: FEPRO .
- Vargas, P. J., Yunga, P. L., & Cajamarca, G. L. (2015). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PRÓTESIS BIOMECÁNICA DE MANO DERECHA. (SEGUNDA FASE) [Título a Ing. electrónico e Ing. mecánico, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA]*. Repositorio: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8872>.
- Vásquez, D. (2018). *ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA MEJORAR LA MOTRICIDAD FINA EN NIÑOS DE TRES AÑOS*. Universidad César Vallejo. DOI: [dx.doi.org/10.18050/Cientifi-k.v6n1a7.2018](https://doi.org/10.18050/Cientifi-k.v6n1a7.2018): Cientifi-k, 6(1).
- Vásquez, J. J., Orozco, C. F., Arango, A. A., & Reyes, G. S. (2021). Sistema de Control Automatizado para una Órtesis. Dinámica para la Rehabilitación de los Dedos. *Proyectando Innovaciones en Ingeniería, Capítulo 11*. ISBN: 978-607-9394-24-0., 147 – 165.

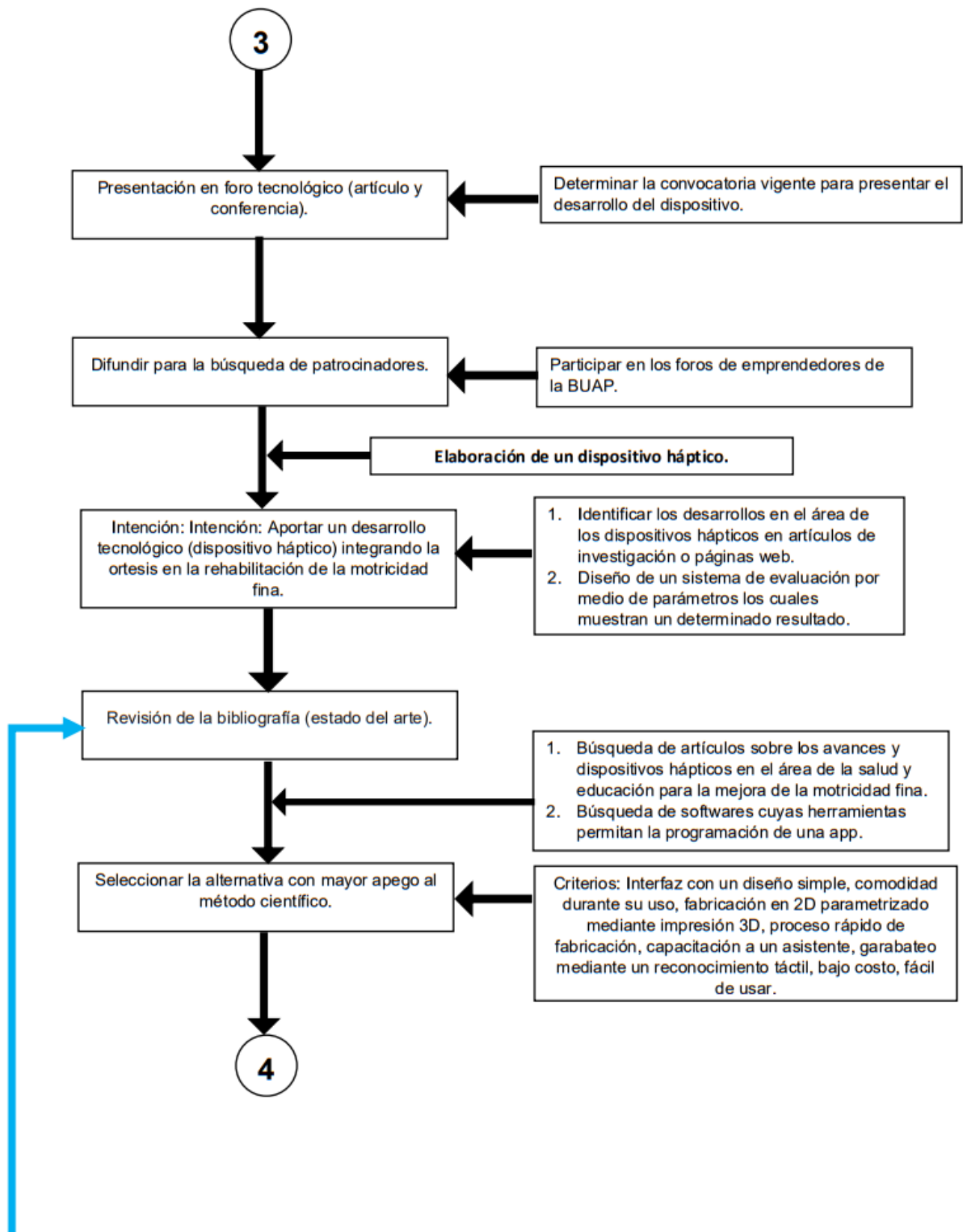
ANEXOS

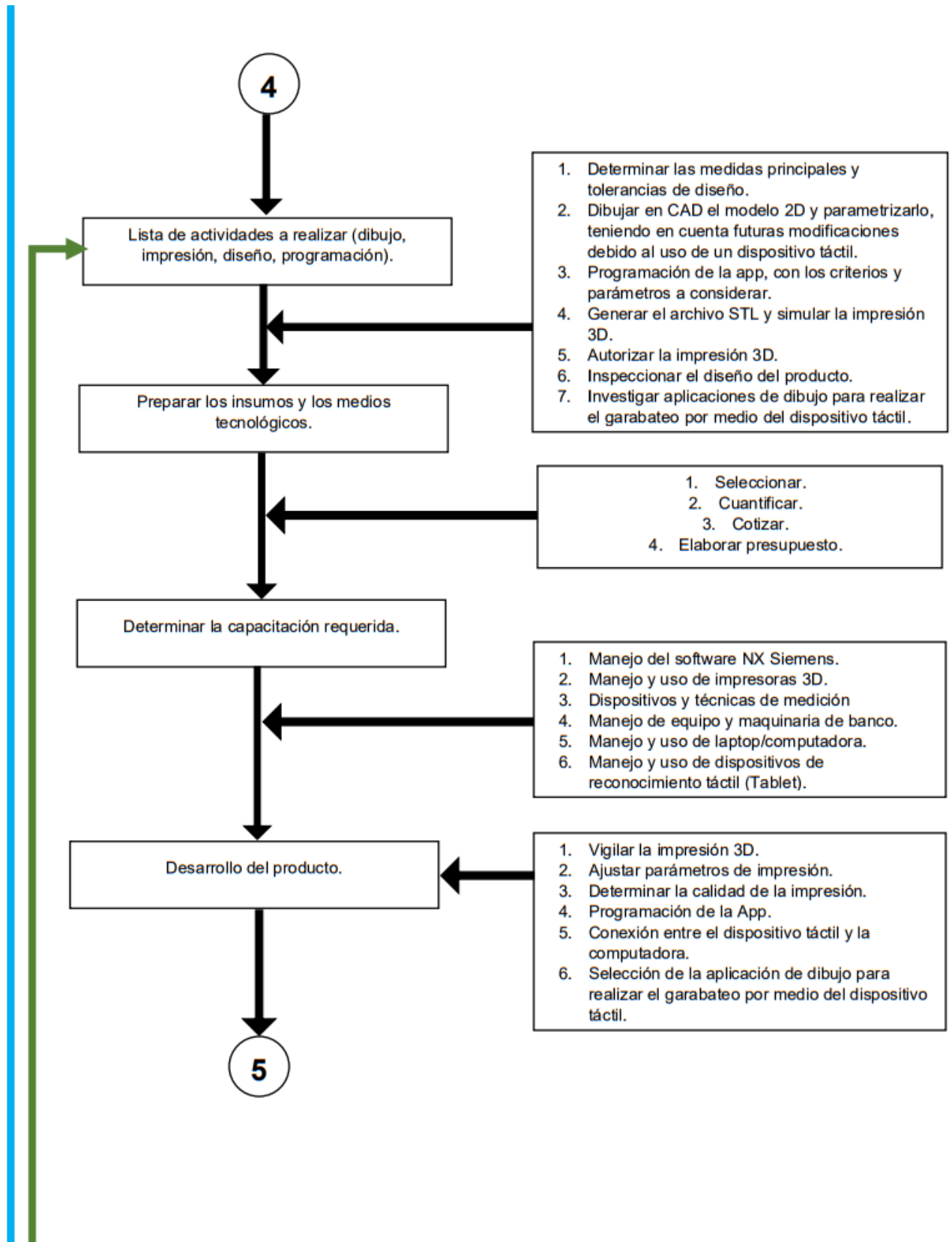
Anexo 1 Diagrama de flujo

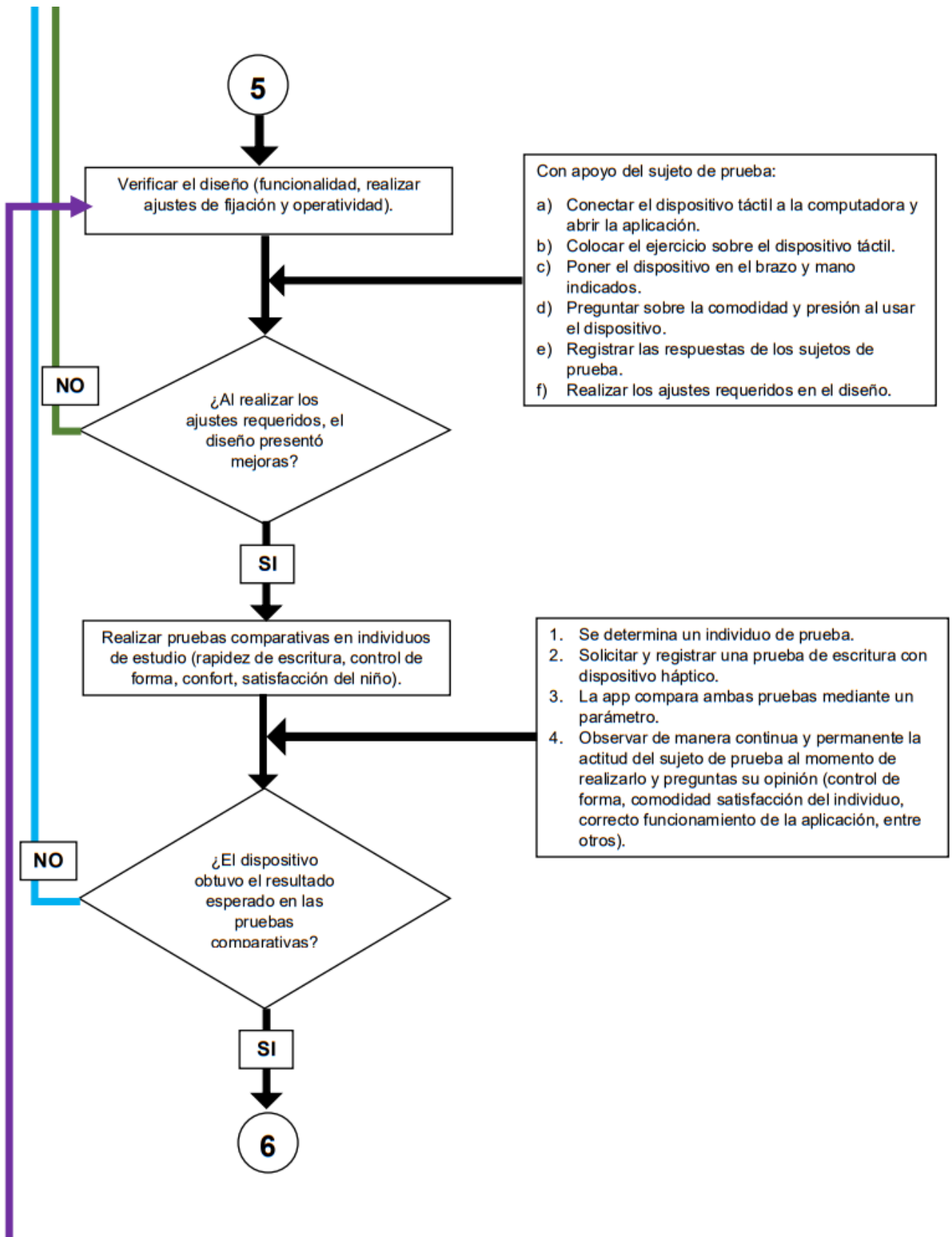


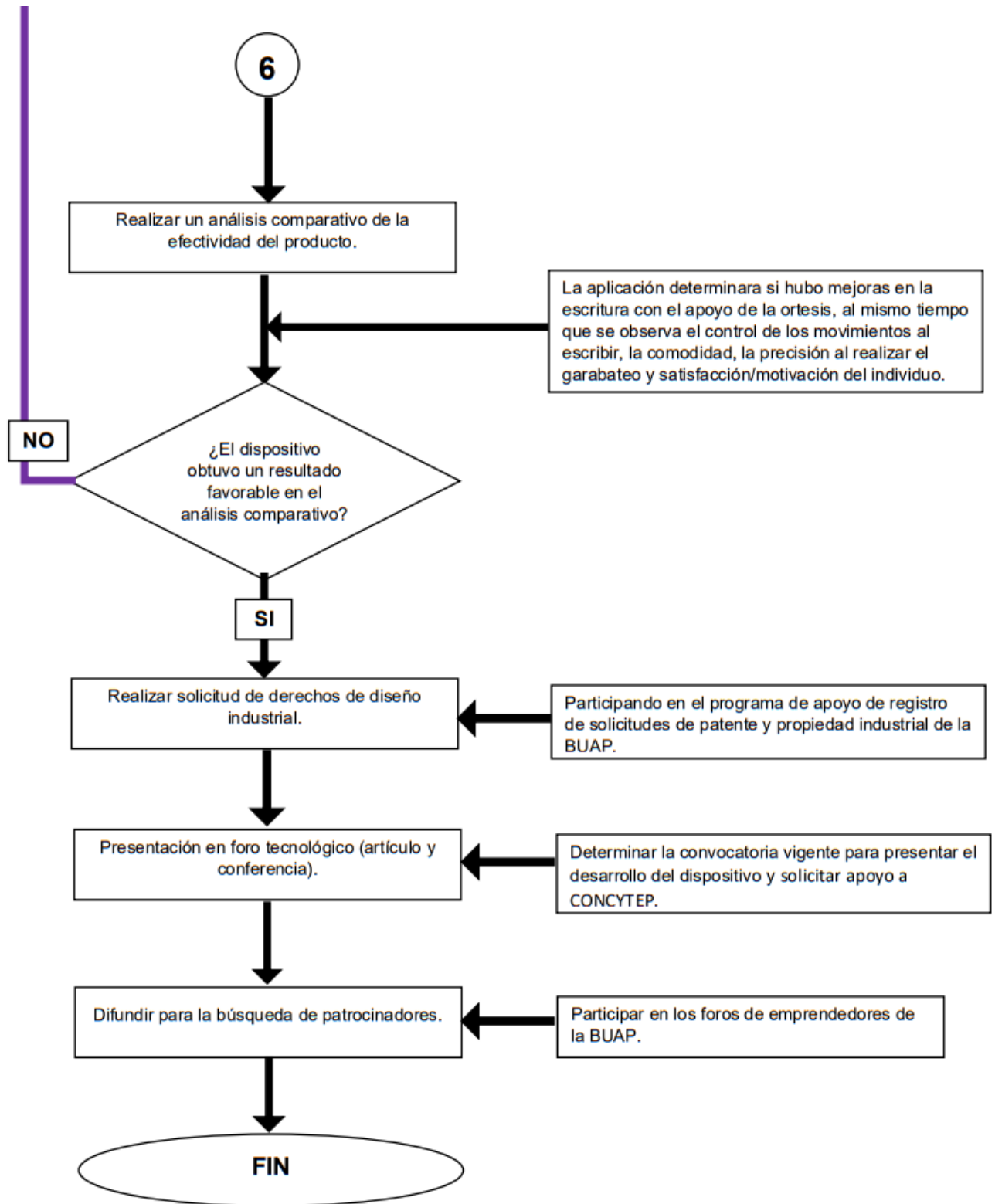












Anexo 2. Propiedades del PLA¹

Propiedades del PLA

Propiedades Generales

Tiene una densidad de $1,24 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Precio (2,57 - 3,13) EUR/Kg

Propiedades Mecánicas

Módulo de Young (3,3 - 3,6) GPa

Coefficiente de Poisson (0,38 - 0,4)

Límite elástico (55 - 72) MPa

Resistencia a tracción (47 - 70) MPa

Resistencia a compresión (66 - 86) MPa

Elongación (3 - 6) %

Dureza-Vickers (17 - 27) HV

Resistencia a fatiga para 10^7 ciclos, (22,2 - 27,7) MPa

Tenacidad a fractura (3 - 5) $\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$

Propiedades Térmicas

Punto de Fusión (145 - 177) °C

Temperatura de vitrificación (52 - 60) °C

Máxima temperatura en servicio (45 - 55) °C

Mínima temperatura en servicio (-20 - (-10)) °C

Buen aislante

Conductividad térmica (0,13 - 0,16) $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

Calor específico ($1,18 \cdot 10^3$ - $1,21 \cdot 10^3$) $\text{J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Coefficiente de expansión térmica (126 - 145) $\mu\text{strain}/^\circ\text{C}$

¹ , U. J. (s.f.). *Propiedades y limitaciones*. Obtenido de Universitat Jaume I: <https://sites.google.com/view/poliacidolactico-coma/poli%C3%A1cido-l%C3%A1ctico/propiedades-del-pla>

Propiedades eléctricas

Buen Aislante

Resistividad Eléctrica ($3 \cdot 10^{17}$ - $6 \cdot 10^{17}$) $\mu\text{ohm} \cdot \text{cm}$

Propiedades ópticas

Transparente

Índice de refracción (1,4 - 1,48)

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria (49 - 54,2) MJ/Kg

Huella de CO₂, producción primaria (3,43 - 3,79) Kg/Kg

Material reciclable

Marca de reciclaje

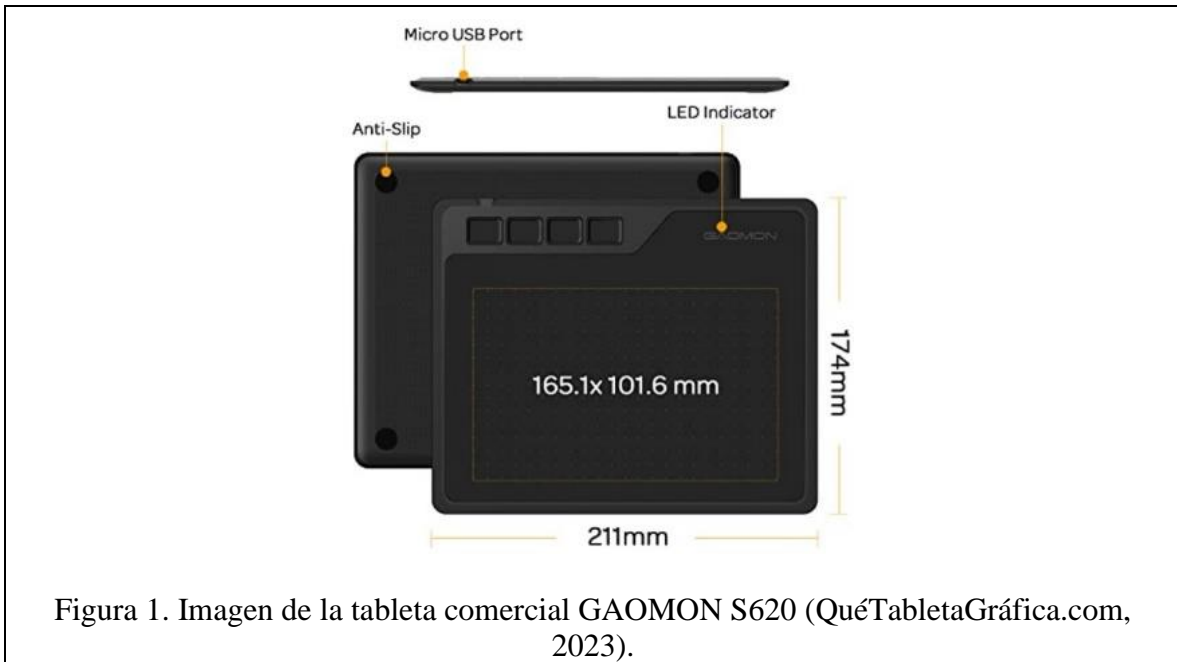
Anexo 3:

GAOMON S620 (reconocimiento táctil).

Para el dispositivo de reconocimiento táctil se utilizará un dispositivo electrónico que reproducirá de manera digital- virtual la sensación de contacto mediante la manipulación de un objeto que se encuentre dentro del ambiente virtual simulando por características esenciales del tacto y sujeción de un objeto real) (QuéTabletaGráfica.com, 2023).

El dispositivo (figura 1) cuenta con las siguientes características:

- Tableta portátil compatible con el sistema operativo Windows 7 o posterior/MacOS 10.12 o posterior/Android 6.0 o posterior y que sean compatibles con OTG, lo que permite conectarla con cualquier ordenador o dispositivo móvil que cumpla con algún requisito mencionado anteriormente.
- El área total es de 16.51 x 10.16 cm (6.5 x 4 pulgadas), sin embargo, el área de trabajo es de 10.16 x 6.18 cm (2.4 x 4 pulgadas).
- Incluye 4 teclas de acceso directo, que pueden ser personalizadas para que cada una realice una acción determinada mediante el driver del mismo dispositivo instalado en un ordenador.
 - Además de la tableta, incluye un lápiz digital Artpaint AP32 (sin batería) con dimensiones de 160 mm de altura y un diámetro de 12 mm, con una altura de detección de 10 mm, pesa 12 gramos y tiene una sensibilidad de 8192 niveles de presión lo que posibilita realizar trazos más realistas.
- El área de trabajo cuenta con una resolución de 5080 líneas por pulgada (LPI) con una tasa de reporte de 266 PSS, que permite dibujar sin ningún tipo de retraso.
- Tiene un cable micro USB que permite conectarse al dispositivo (ordenador o móvil), en el caso de este último, hay que conectar un adicional, el cual es un adaptador OTG (USB tipo C o micro USB) para su funcionamiento.



Anexo 4:

RAISE 3D N2 PLUS:

El dispositivo utilizado para imprimir la ortesis del tercer y cuarto momento fue la impresora RAISE 3D N2 PLUS (figura 2), que cuenta con las siguientes características según su ficha técnica (RAISE3D, 2024):

- La impresora tiene las siguientes dimensiones: 620×590×1105 mm, además, cuenta con doble extrusor, cubierta con una carcasa de aluminio, el tipo de montaje es ensamblado y tiene un peso de 57 kg.
- Imprime por medio de tecnología FFF (Fusion Filament Fabrication).
- Puede imprimir con un filamento de 1.75 mm (diámetro), su volumen de impresión es de 305×305×605 mm con 1 volumen de impresión del extrusor de 280×305×605 mm, la resolución de la capa es de 0.01~0.25 mm, la precisión del posicionamiento en el plano XY es de 0.78125-0.78125 y en el eje Z es de 0.078125 micras.
- Se puede imprimir con: PLA / ABS / HIPS / PC / PP/TPU / TPE / NYLON / PETG.

- La impresora contiene boquillas dobles, cuyo diámetro puede variar entre las siguientes medidas 0.2/ 0.4/ 0.6/ 0.8 mm, una velocidad de impresión de 10 ~ 150 mm/s, y con una velocidad de movimiento de 30 - 150 mm/s.
- Para imprimir, es necesario ocupar el software del dispositivo llamado IdeaMaker (tiene compatibilidad con Mac y Windows), acepta archivos de tipo: STL, OBJ, DXF, 3MF con transferencia de archivo de Wi-Fi, LAN y puertos USB.



Figura 2. Imagen comercial de la impresora RAISE 3D N2 PLUS (RAISE3D, 2024).

Anexo 5:

Artículos publicados a partir de la investigación:

Memorias de Divulgación Científica y Tecnológica de la Ingeniería Mecánica en México XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIN.



MEMORIAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA EN MÉXICO
XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIN
21 AL 23 DE SEPTIEMBRE DE 2022 BOGOTÁ, COLOMBIA



Tema A5. Educación en Ingeniería: Tecnología CAD/CAM/CAE aplicada al desarrollo de nuevos productos.

”La impresión 3D y la motricidad fina en niños durante la primera infancia”

Candia García Filiberto^a, Torres Flores Citlalli^a, Candia García María del Rayo^b, Crispín Marciano Daniela A.^a

^aBenemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4 su 104, Puebla, Pue. C.P. 72000

^bUniversidad Alvar, 5 poniente 708, Puebla, Pue; C.P. 72000

filiberto.candia@correo.buap.mx

RESUMEN

Este trabajo muestra el proceso de diseño, fabricación, pruebas y validación de un prototipo funcional de ortesis de mano para mejorar la motricidad fina en niños que se encuentran en la primera infancia. Como problemática se encontró que existe un limitado desarrollo en la motricidad fina de los niños para realizar actividades formales de escritura, entre los factores adversos destaca; el bajo dominio de la dinámica corporal. El desarrollo de la fabricación del prototipo de ortesis propuesto utiliza la metodología de diseño en dos dimensiones mediante la tecnología CAD/CAM/CAE y la tecnología de modelado por deposición fundida (impresión 3D). Mediante el método científico inductivo, se ha diseñado un experimento que consiste en observar mejoras en la ejecución de tareas de garabateo, trazo y dibujo de un niño en la primera infancia con y sin ortesis de apoyo, para mediante listas de cotejo comparar la estimación de mejora y el grado de dominio motriz adquirido.

Palabras Clave: CAD/CAM/CAE, Ortesis, Técnicas grafo-plásticas, Motricidad fina.

ABSTRACT

This work shows the design, manufacturing, testing and validation process of a functional prototype of a hand orthosis to improve fine motor skills in children in early childhood. As a problem, it was found that there is a limited development in the fine motor skills of children to carry out formal writing activities, among the adverse factors it stands out; the low mastery of body dynamics. The development of the manufacture of the proposed orthosis prototype uses the two-dimensional design methodology using CAD/CAM/CAE technology and fused deposition modeling technology (3D printing). Using the inductive scientific method, an experiment has been designed that consists of observing improvements in the execution of scribbling, tracing and drawing tasks in a child in early childhood with and without support orthoses, in order to compare the estimation of improvement and the degree of motor control acquired.

Keywords: CAD/CAM/CAE, Orthoses, Grapho-plastic techniques, Fine motor skills.

1. Introducción

Se ha considerado contextualizar el desarrollo de la motricidad fina durante la primera infancia debido a que en esta etapa es el momento en el cual la estimulación temprana constituye un factor determinante del desarrollo académico de los individuos. Se considera así

por una serie de factores que se implican como: el acelerado crecimiento, el desarrollo de los sistemas sensoriales del sistema osteomioarticular (la flexibilidad de los músculos y tendones, la calcificación de los huesos, presentándose en la mano diferentes etapas de madurez), entre otros factores de origen psicológico y cognitivo. El presente trabajo considera al igual que otros autores que la finalidad de la motricidad fina es adquirir

destrezas y habilidades en los movimientos de las manos y dedos. Que permiten un alto dominio de la pinza de sujeción, así como de una mejor coordinación óculo manual (Almeida, 2015, p.48), mencionado en [1].

En cuanto a la primera infancia [2] también menciona que se consideran en esta edad los ambientes estimulantes que propician aprendizajes significativos desarrollando acciones cognitivas, sensoriales y afectivas que influyen en la parte intelectual, las relaciones sociales y el desarrollo biopsicosocial.

Al hablar de motricidad fina es necesario abordar el correcto desarrollo y fortalecimiento de la pinza de agarre del lápiz, debido a que se considera el referente indispensable en la ejecución de los movimientos relacionados con las manos y dedos. Integrando en todo momento el dominio y selección entre los grandes y pequeños movimientos de la mano y muñeca, así como de una mejor coordinación óculo manual (Alsina, 2010), mencionado en [2].

Para establecer los criterios de observación de mejora se identificó que entre las tareas o actividades que favorecen el dominio y apropiación de la motricidad fina se incluyen: la prescritura, las seriaciones, los laberintos, las cenefas, el calcar, colorear, la pintura, la escritura, entre otras. Además, de la organización perceptiva del espacio temporal, el conocimiento y dinámica del esquema corporal, la exploración y ajuste en el espacio, el desarrollo de la orientación en el tiempo, el control postural, el dominio de la atención y el desarrollo sensorial, que integran las percepciones plurisensoriales y las relaciones viso acústicas.

La mejora de la motricidad fina -que configura las listas de cotejo para la recogida de datos- se observa cuando se utilizan de manera consiente los músculos finos del cuerpo, los dedos y las manos, en conjunto con la percepción visual y auditiva que fortalecen una regulación tónico postural general, que permite el dominio de la organización espacio temporal y con ello codificar y decodificar los garabatos, los trazos y los dibujos [3].

1.1 Propósitos

El objetivo general es fabricar un prototipo de ortesis funcional de apoyo al desarrollo de la motricidad fina para niños en su primera infancia, que mejore y facilite las actividades y ejercicios de garabateo, trazo y dibujo que promueven el dominio de la escritura formal. En conjunto con el propósito general, los objetivos específicos del proyecto buscan:

- Esquematizar el CAD parametrizado de la ortesis de mano, para el diseño sistematizado de la misma en diferentes tallas.
- Definir las técnicas de fabricación de ortesis de mano por impresión 3D, para la creación de un dispositivo funcional que mejora las actividades de la escritura.
- Sintetizar las actividades de garabateo, trazo y dibujo de mayor incidencia en la mejora de la motricidad fina en los niños durante su primera infancia.

El alcance de los objetivos establece que al fabricar mediante impresión 3D una ortesis de mano personalizada como apoyo a los procesos de garabateo, trazo o dibujo, que promueven la motricidad fina para la escritura en niños que se encuentran en la primera infancia. Entonces se promueve una mejora significativa en la ejecución en cuanto a la precisión y rapidez de los ejercicios de las técnicas grafo-plásticas que ayudan a preparar los músculos finos de los dedos y manos, junto con la percepción mano-ojo. Esta relación de mejora se esboza en la tabla 1, que articula los desarrollos tecnológicos con las técnicas terapéuticas.

Tabla 1. Relación sintética entre variables. Elaboración propia.

UNIDAD DE ANÁLISIS	Ortesis de mano personalizada mediante un CAD parametrizado y la impresión 3D.	Técnicas de garabateo, trazo y dibujo para el desarrollo de la motricidad fina
TIPO DE VARIABLE	Ordinal	Ordinal
ELEMENTOS LÓGICOS	Cuanto mejor es el diseño...	Tanto mayor es la...
VARIABLES	Independiente Personalizado de las ortesis de mano	Dependiente Eficiencia de los ejercicios grafo-plásticos para el desarrollo de la motricidad fina

1.2 Revisión de la literatura

Uno de los antecedentes en cuanto a la metodología del diseño plano (dos dimensiones) de una ortesis se encuentra en [4], que entre otros aportes propone el uso de una materia prima polimérica reciclada (PET), que es utilizada para la elaboración de nuevos productos mediante la tecnología de fabricación aditiva por deposición fundida (FDM por sus siglas en inglés). En este trabajo se ha identificado que el material polimérico comercial conocido como ácido poliláctico o poliláctico (PLA, por sus siglas en inglés) es un material comercial que por sus características físicas (ver tabla 2) puede ser utilizado para el trabajo de impresión 3D y posteriormente ser sometida a su configuración final por un proceso de termoformado.

Por lo anterior el diseño ha priorizado como guía de las actividades un procedimiento de dibujo en dos dimensiones basado en la tecnología CAD que no utiliza el escaneo 3D, que es de uso simple para determinar las formas tridimensionales de un prototipo de ortesis, prótesis o férula. En el trabajo de [4] se presenta el diseño en el plano de una férula, la cual, es simple, tanto en su CAD como en su impresión en 3D (debido a que ocupa el plano XY) y por medio de un proceso de termoformado permite el ajuste preciso a la mano de la persona. Este procedimiento ha sido la base del CAD parametrizado que se propone como una alternativa para diseñar ortesis individuales personalizadas, producto que se ha considerado de uso limitado o exclusivo a personas con

altos recursos económicos o que se desenvuelven en ambientes de alta tecnología.

En cuanto a las características del material a utilizar se justifica la selección del PLA sobre otros materiales de mayor durabilidad, resistencia, dureza, elasticidad y rigidez, como la fibra de carbono. Debido a que en [5] y [6], se describen procesos de alto costo y manejo complejo para su impresión empleando equipos de alto costo como el PRO2 RAISE 3D o ULTIMAKER, que superan tecnológicamente en gran medida a las versiones económicas de impresoras, como: Anet A8, Creality 3D, Prusa, entre otras. Equipos que se utilizan en mayor medida por la amplia población de académicos de las instituciones de educación superior tanto públicas como privadas.

Con respecto al uso de material PLA en [6], al igual que en [7] y en [8], se presentan diversas coincidencias en las propiedades mecánicas de los materiales como el PLA, ABS y PET. Información que ha permitido cotejar la información proporcionada por diversos fabricantes, encontrando pequeñas variaciones en los datos de su Módulo de tracción (MPa), su Límite elástico a la tracción (MPa) y su Elongación máxima a la tracción (%). Caracterización que permite utilizar los datos proporcionados por el fabricante sin variaciones significativas en las dimensiones, forma y acabado del modelo de ortesis propuesto.

Tabla 2. Comparativa material PET y material PLA. Elaboración propia.

Propiedad	PET	PLA
Módulo de tracción (MPa)	2213 ± 82	3309
Límite elástico a la tracción (MPa)	50 ± 3	55-72
Elongación máxima a la tracción (%)	5 ± 1	3-6

2. Método

El procedimiento que se describe a continuación ha sido la guía metodológica que permite la sistematización y reproducción del dispositivo impreso en 3D en entornos tecnológicos no favorables o limitados, por los costos o falta de personal altamente especializado.

1.- Inicio

Definición de términos y uso de: Ortesis, Prótesis, Férula.

2.- Propiedades mecánicas de los materiales de impresión 3D: PLA, ABS, PET.

3.- Identificar la problemática como: baja capacidad de motricidad fina en la primera infancia para la escritura. Se definen las estrategias para el desarrollo de la motricidad fina que se pueden implementar con una prótesis o férula.

4.- Intención: Aportar un desarrollo tecnológico (prototipo funcional CAD/CAM/CAE) a la enseñanza de la técnica de la escritura.

- Identificar los desarrollos actuales (prototipos y productos) en páginas web y de fabricantes sobre el desarrollo de la motricidad fina.

5.- Revisión de la bibliografía (estado del arte).

6.- Seleccionar la alternativa con mayor apego al método científico.

Criterios: Motivacional para el niño, facilidad de uso, comodidad durante al usarlo, diseño simple, fabricado mediante impresión 3D, material de bajo costo, rápido proceso de fabricación.

7.- Listar las actividades a realizar (toma de medidas del paciente, adaptación de diseño de ortesis, fabricación por termoformado).

- Determinar las medidas y tolerancias de diseño.
- Dibujar en CAD el modelo del dispositivo.
- Generar el archivo STL.
- Simular la impresión 3D.
- Autorizar la impresión 3D.
- Inspeccionar el diseño del producto.

8.- Preparar los insumos y los medios tecnológicos.

- Seleccionar.
- Cuantificar.
- Cotizar.
- Elaborar presupuesto.

9.- Determinar la capacitación requerida.

- Manejo del software comercial CAD/CAM/CAE.
- Manejo y uso de impresoras 3D.
- Dispositivos y técnicas de medición y manejo de equipo y maquinaria de banco.

10.- Desarrollo del producto.

- Vigilar la impresión 3D.
- Ajustar los parámetros de impresión.
- Determinar la calidad de la impresión.

11.- Verificar el diseño (funcionalidad, realizar ajustes de fijación y operatividad).

- Con apoyo del sujeto de prueba (persona que proporcione las medidas:
- Poner el dispositivo en el brazo y mano indicados.
- Preguntar sobre la comodidad al usar el dispositivo.
- Registrar las respuestas del sujeto prueba.
- Realizar los ajustes requeridos en el diseño inicial.

12.- Realizar pruebas comparativas en individuos de estudio (rapidez de escritura, control de forma, confort, satisfacción del niño).

- Se determina un individuo de prueba.
- Solicitar y registrar una prueba de escritura sin dispositivo.

- Solicitar y registrar una prueba de escritura con dispositivo.
- Comparar ambas pruebas mediante una lista de cotejo.
- Observar de manera continua y permanente la actitud del sujeto de prueba (de ser posible tomar fotos y video).

13.- Toma de decisiones:

- Pasa al paso 13.
- No pasa: regresa a paso 4.

14.- Se realiza un análisis comparativo de la efectividad del producto.

- Se deberán observar mejoras en la escritura con apoyo del dispositivo en cuanto a: rapidez de escritura, control de forma, confort, satisfacción del niño.

15.- Toma de decisiones

- Favorable, pasa al paso 15
- No favorable: regresa a paso 10

16.- Se realiza solicitud de derechos de diseño industrial.

- Participando en el programa de apoyo de registro de solicitudes de patente y propiedad industrial institucionales.

17.- Presentación en foro tecnológico (artículo y conferencia).

- Determinar la convocatoria vigente para presentar el desarrollo del dispositivo.
- Solicitar apoyo económico.

18.- Se difunde para búsqueda de patrocinadores.

- Participar en foros emprendedores institucionales

3. Desarrollo

3.1 Primer momento de diseño

Con referencia en el modelo presentado por [9] y utilizado en [4] de cinco medidas en dos dimensiones, se ha propuesto un modelo de diseño propio que retoma esta técnica de diseño en dos dimensiones (2D), como se puede ver en la figura 1.

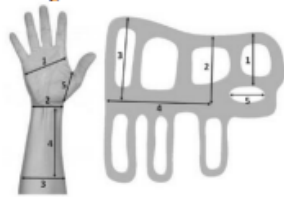


Figura 1. Modelo de CAD en 2D. Tomada de [4].

Las mediciones que se realizaron de manera directa con el sujeto de prueba mediante un calibrador vernier se asignaron en la tabla 3, que representan las medidas sobre las cuales se basa la parametrización en el planteamiento del Dibujo Asistido por Computadora (CAD).

Tabla 3. Medidas principales de la parametrización. Elaboración propia.

Descripción	No. Medida	Variable	Factor de Ajuste	Medida (mm)
Largo palma	1	M1	Sin Factor	80
Ancho muñeca	2	M2	Sin Factor	35
Ancho antebrazo	3	M3	Sin Factor	65
Largo muñeca-antebrazo	3	M4	Sin Factor	85
Largo pulgar-muñeca	6	M5	Sin Factor	35

Una vez asignadas las dimensiones principales se utilizó el comando expresión de NX Siemens (figura 2) en el cual se asignaron tanto los valores base como los valores parametrizados por factores unitarios.

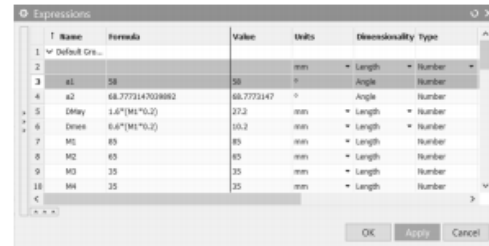


Figura 2. Comando Expressions NX Siemens. Elaboración propia.

El primer esquema o dibujo del modelo CAD parametrizado se muestra en la figura 3 que es el Sketch, que donde se visualizan los trazos realizados mediante el comando line, y ellipse. Para completar el perímetro se ha utilizado el comando spline con curva cerrada que une por una línea polinómica continua de grado tres, los puntos extremos de cada línea de trazo. Al formar el cuerpo sólido se utiliza el comando extrude con un espesor de dos milímetros (2 mm) de espesor (figura 4). Los bocetos iniciales se trabajaron con datos proporcionados por los investigadores.

Se propusieron varios diseños de ventilación que facilitan el proceso de termoformado para dar la forma final. Estos espacios de ventilación también mejoran la flexibilidad de forma y ajuste para el paciente. Se han preferido los diseños tipo elipse, sobre las formas: rectangulares, triangulares o de círculo debido al requerimiento de flexibilidad en la zona intermedia de la medida más larga de la ortesis y rigidez en las zonas de

inicio y termino de las medidas más cortas de la ortesis (figuras 5 y 6).

De las experiencias adquiridas de esta técnica, se observó que el diseño en dos dimensiones se debe realizar en modo espejo debido a que al realizar la transición de la forma en 2D a una forma en 3D. Este aspecto fue muy evidente al trabajar con el infante con el cual se realizaron las pruebas de validación. La figura 7 ilustra la incomodidad que ocasiona la ortesis en el individuo al ser utilizada. Al cambiar de plano y reajustar la ortesis esta se acomodó mejor a la forma 3D, sin embargo, su funcionalidad para mejorar la motricidad fina se encontró limitada.

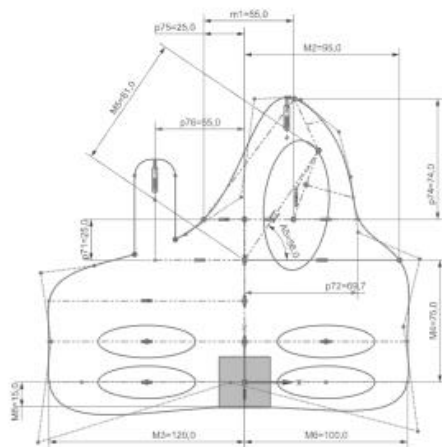


Figura 3. Sketch parametrizado del CAD inicial. Elaboración propia.

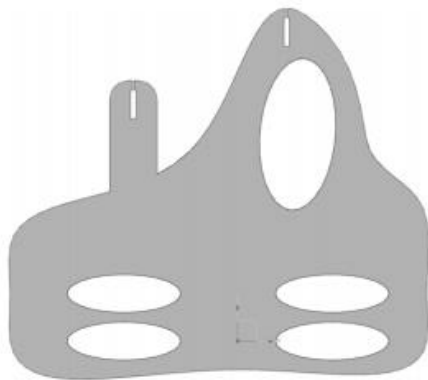


Figura 4. Extrusión del modelo sólido del Sketch parametrizado del CAD inicial. Elaboración propia.

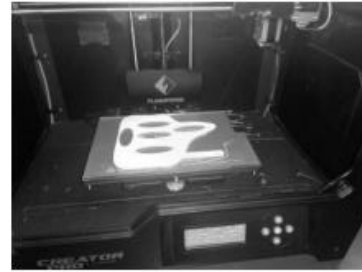


Figura 5. Modelo perforado durante la impresión en 3D. Elaboración propia.

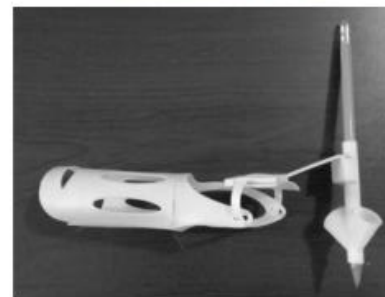


Figura 6. Primer modelo de prótesis. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la ejecución del experimento sobre las técnicas e instrumentos que validan la mejora de la motricidad fina, en esta etapa se encuentra en proceso debido a que el sujeto de prueba presenta en gran medida insatisfacción e incomodidad con el uso la ortesis. Tomando la decisión de realizar un nuevo modelo que corrija la falta de flexibilidad y la limitación de adaptarse a la forma natural de la transición entre el brazo y la palma de la mano. Asimismo, se consideró que la adaptación del diseño es más eficiente al involucrar al diseñador usando las medidas propias en el modelo inicial de la geometría, al mismo tiempo que también se le solicitó ser sujeto de prueba durante el termoformado.



Figura 7. Uso de la ortesis para validación de su función. Elaboración propia.

3.2 Segundo momento de diseño

El segundo modelo ha sido elaborado con las medidas de la mano y brazo de uno de los autores, para ajustar el tamaño de impresión mediante equipos comerciales (cama de 20*30 cm y altura de 20 cm), se modificaron las posiciones de las medidas de la mano.

El inicio de diseño ocupó un modelo geométrico de formas geométricas simples de ángulos rectos (figura 8), a las cuales se adaptó dimensionalmente una elipse como figura compleja. Se omitió el uso del comando Spline para evitar el uso y ajuste de polinomios con las formas complejas. Posteriormente se realizó la extrusión del sketch (figura 9) y se formó el sólido con una altura de un milímetro (1 mm), para su impresión en un modelo sólido (figura 10).

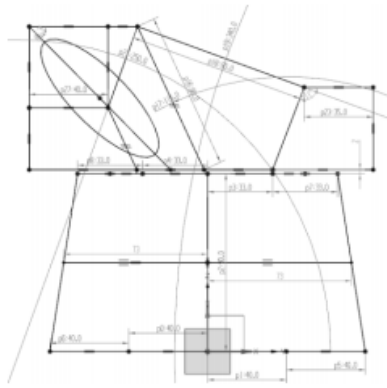


Figura 8. Parametrización inicial del CAD.
Elaboración propia.

Durante la validación de apoyo a la escritura formal, se verificó que el apoyo de sujeción de lápiz proporciona una mayor firmeza de agarre, llegando a suponer que la prótesis podría ser utilizada como apoyo para actividades de escritura de las personas de la tercera edad o con problemas leves de motricidad fina por lesiones físicas o neuronales.

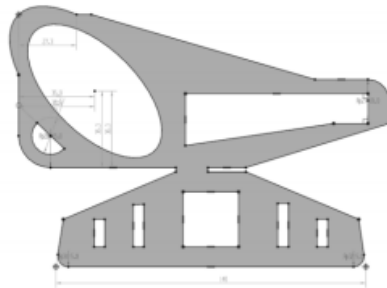


Figura 9. Parametrización inicial del CAD.
Elaboración propia.

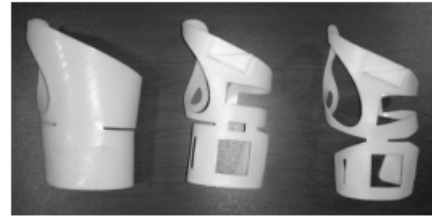


Figura 10. Transición de la evolución de la ortesis en el segundo momento de diseño. Elaboración propia.

Si bien al inicio de su uso resulta incomoda el empleo de la ortosis por proporcionar una restricción a la motricidad aprendida y condicionada por años (figura 11), el incremento de precisión y fuerza de agarre es significativo para mantener el uso de la ortosis de manera continua.

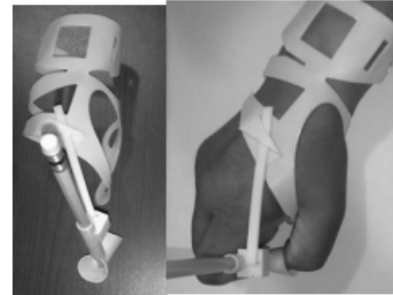


Figura 11. Prueba de evaluación del ajuste de la ortesis con el sujeto de prueba, donde la imagen verifica un mejor ajuste proporcional a las curvas del brazo y la mano. Elaboración propia.

Las pruebas de validación del segundo momento de diseño han sido favorables en cuanto a comodidad y ajuste de forma. Por lo que su consideración como dispositivo de mejora de la motricidad fina se considera viable, tanto para la primera infancia, la tercera edad o lesiones leves físicas o neurológicas.

En cuanto a los materiales y métodos, que se han utilizado, prevalece el enfoque de la fabricación rápida de prototipos (rapid prototyping), que consiste en la manufactura rápida de una pieza física, un modelo o un ensamblaje de un producto o dispositivo, mediante el diseño asistido por computadora (CAD) en 3D y la fabricación aditiva comúnmente llamada impresión 3D.

Con modificaciones se mantienen las recomendaciones generales proporcionadas por [9], para producir férulas personalizadas:

- Medición de la mano del paciente en una posición neutra utilizando el calibrador.
- Diseño paramétrico en 2D y archivo STL de férula plana basada en medidas o datos preexistentes.

- Generación automática de dibujo 2D de ortesis plana.
- Impresión 3D de la ortesis plana, con referencia en el plano.
- Termo formar la ortesis en la mano del paciente después de sumergirla en agua tibia y completar la adopción de la forma*.
- Fijación de la férula en la mano del paciente mediante tiras de sujeción impresas en 3D.

*Para el proceso de termoformado la ortesis se coloca en un tanque con agua tibia (alrededor de 80°C) hasta que se ablande el material. Se sustituye el agua a alta temperatura y se regula a 40°, donde se coloca en la mano del paciente y se forma en ella la forma deseada de la mano (figura 12 y 13).



Figura 12. Vista inferior y superior de la ortesis. Elaboración propia.



Figura 13. Vista lateral de la ortesis donde se aprecia la mejor adaptación a las formas en tres dimensiones. Elaboración propia.

Trabajo futuro

Se propone evaluar de manera extensiva la eficiencia del nuevo producto (ortesis impresa en 3D para la mejora de la motricidad fina) mediante un grupo piloto que sea representativo de una población. Donde se realice una valoración desde la perspectiva de la terapia ocupacional, que determine la razón por la cual, la presión óptima (sujeción de la pinza) es un elemento imprescindible para la realización de las actividades de la escritura formal.

4. Conclusión

Se ha verificado la metodología de un diseño parametrizado en 2D que mediante termoformado se adapta de manera espacial (3D) al paciente, tanto en forma como en funcionalidad. El diseño del experimento es robusto con capacidad para adaptarse a la evaluación de grupos piloto o muestras de grandes poblaciones, mostrando alta capacidad para su transferencia tecnológica a bajo costo. Se inicia un área de oportunidad para vincular el área del diseño mecánico al área médica de la terapia de rehabilitación física de manera no invasiva. En síntesis, se ha concluido que cuanto mejor es el diseño de una ortesis de mano personalizada mediante el CAD parametrizado en 2D y la impresión 3D. Tanto mayor es la eficiencia de la reproducción de los ejercicios grafo-plásticos que evidencian el grado de desarrollo de la motricidad fina, en niños en la etapa de su primera infancia.

Apéndice A. Instrumento de interpretación de los datos recogidos por las listas de cotejo. Elaboración propia.

	En la dimensión 1, se considera que existe mejora si:
1	En el ítem 1, el participante pasa de no tener presente la presión suficiente en la pinza para sostener el lápiz (se le cae continuamente) a mostrar la adecuada presión de la pinza en la sujeción del lápiz (se le cae eventualmente).
2	En el ítem 2 muestra que sin el apoyo de la ortesis no tiene control del movimiento del muñeco y con apoyo de la prótesis domina de manera consciente los movimientos involuntarios de la muñeca.
3	En el ítem 3 se observa un poca o nula coordinación ojo-mano sin el apoyo de la prótesis y con apoyo de prótesis el participante expresa mayor confianza al seguimiento de los trazos (hace lo que piensa).
4	En el ítem 4 el participante manifiesta baja precisión con los dedos al seguir trazo debido a que levanta su muñeca de la superficie de apoyo. Con apoyo de la ortesis muestra mejora en la presión de los trazos con los dedos debido a que mantiene su muñeca en paralelo con la superficie.
5	En el ítem 5 con apoyo de la ortesis el participante mantiene separado el brazo de la superficie de apoyo, mostrando un ángulo de inclinación cuando realiza los trazos. Un bajo dominio se muestra cuando el participante mantiene el brazo paralelo a la superficie de apoyo.
6	En el ítem 6 el participante hace uso de la pinza D'Nealian de manera frecuente al dibujar de manera continua trazos largos. Muestra mejora al recurrir esporádicamente o nunca a la pinza de D'Nealian cuando se cansa.

7	En el ítem 7 como una característica observable de mejora disminuye la frecuencia de un agarre de pinza débil o ineficaz y muestra una mayor firmeza en la sujeción del lápiz por más tiempo en los trazos continuos.
8	En el ítem 8 el participante tiene preferencia por realizar trazos de poca precisión angular, prefiriendo los trazos de curvas suaves y prolongadas. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con presión pentadigital es un indicador observable de mejora.
9	En el ítem 9 el participante tiene preferencia por realizar trazos de formas predefinidas, prefiriendo los trazos desordenados, intuitivos y alejados de la interpretación. Una disminución de la frecuencia de uso de la pinza con presión Digital Pronada es un indicador observable de mejora.
10	En el ítem 10 cuando el participante tiene preferencia por realizar trazos con el uso de la pinza con presión Palmar Supinada al realizar los ejercicios propuestos, su uso se ve limitado por la configuración de la ortesis al limitar el empleo de la pinza palmar supinada es un indicador de ausencia y mejora simultánea.
En la dimensión 2, se considera que existe mejora si:	
1	En el ítem 1, se observa una mejora cuando la precisión de su garbato, no se aleja una distancia mayor a dos milímetros de su dibujo guía aun en los trazos con ángulos rectos.
2	En el ítem 2, la mejora con el uso de la ortesis se verifica cuando los ángulos rectos mantienen una alta relación de 90 grados, sin deformación a un ángulo agudo, obtuso, cóncavo o convexo.
3	En el ítem 3 el participante reproduce el trazo con firmeza y precisión, la hoja de papel no se encuentra marcada en la parte inferior y los detalles menores a 5 milímetros y mayores a dos milímetros de cada trazo se representan de manera fiel a la forma del modelo.
4	En el ítem 4 los dibujos del participante son más ordenados, les dedica más tiempo y es más continuo en su tiempo de dibujo. Sus representaciones gráficas se asocian a una significación del pensamiento verbalizando ejemplos de las formas que reproduce (ej. Cuadrado como la pared, redondo como la pelota, entre otros).
5	En el ítem 5, el participante centra su atención en el apoyo de postura que le proporciona la ortesis, disminuyendo la distracción por cansancio. Enfoca su atención a la mejora de sus trazos mediante el ensayo de la ubicación de la ortesis en diversas posiciones.
En la dimensión 3, se considera que existe mejora si:	
1	En el ítem 1, se observa una mejora de la motricidad fina del participante, cuando no levanta la mano del papel y mantiene el dibujo de trazos largos de manera ininterrumpida.
2	En el ítem 2, el participante mejora su sensibilidad de agarre con el apoyo de la ortesis y disminuye la acción de ejercer mucha presión sobre la pinza al agarrar el lápiz y cansar su mano.
3	En el ítem 3, sin apoyo de la ortesis el participante toca de manera continua las paredes del laberinto. Con apoyo de la ortesis incrementa su precisión al tocar de manera ocasional las paredes del laberinto.
4	En el ítem 4, el participante cambia de mano para terminar la tarea del laberinto, debido a que la hoja se encuentra fija y acomoda la dirección del trazo mediante un cambio de postura (izquierda-derecha, arriba-abajo). Con apoyo de la ortesis el acomodo lo realiza con la misma mano.
TOTAL OBSERVACIONES	
PORCENTAJE (TOTAL OBSERVACIONES /19) *100	

REFERENCIAS

- [1] Cabrera, V. B. El desarrollo de la motricidad fina en los niños y niñas del grado preescolar. REVISTA DE EDUCACIÓN MENDIVE. Vol. 17 No. 2 (abril-junio), (2019). 222-239.
- [2] Alvarado, A. P. Técnicas grafoplásticas y el desarrollo de la motricidad fina en los niños del centro de desarrollo infantil "galapaguitos" [trabajo de titulación previo a la obtención del grado de magister, universidad nacional de chimborazo]. (2020).
- [3] Ramírez, A. G., Gutiérrez, C. M., León, P. A., & Vargas, C. M. Coordinación grafoperceptiva: incidencia en el desarrollo de la motricidad fina en niños de 5 a 6 años de edad. Revista Ciencia UNEMI. Vol. 10 No. 22 (2017), 40-47.
- [4] Rodríguez, A. E., Herrero, V. M., Asencio, V. M., Guerrero, F. J., Cañibano, Á. E., Merino, S. J., & Fernández, P. M. Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos. XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM. (2021). 159-166.
- [5] Rengifo, M. C. Producción de un material compuesto de fibra de carbono con matriz ABS [Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero, UNIVERSIDAD DEL VALLE]. (2019).
- [6] Moncada, C. A. Incidencia en las propiedades mecánicas de muros de adobe a escala por la inclusión de tereftalato de polietileno (PET) en su composición [tesis para título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. (2019).
- [7] Pabón, R. J., & Ramón, V. B. Influencia en las propiedades mecánicas del poliláctico PLA variando la orientación de las líneas de deposición en impresiones 3d. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada. Vol. 3 Número Especial (2020), 33-41.
- [8] García, León R. A., & Argotta, Hernández B. y Q. Diseño de una máquina de termoconformados para la fabricación de filamento ABS Y PLA. Informador Técnico, 85(1), (2020). 34-51.
- [9] Popescu, D. Fast production of customized three-dimensional-printed hand splints. Rapid Prototyping Journal 26(1):134-144, (2019). 1-17.

VIEP - Programa Haciendo Ciencia en la BUAP 2022.

Integración de la impresión 3D y la rehabilitación mediante terapia física

Citlalli Torres Flores¹, Dr. Filiberto Candia García¹

¹Facultad de Ingeniería – BUAP.

Resumen

El siguiente trabajo muestra el proceso de diseño, fabricación, pruebas y validación de un prototipo funcional de ortesis de mano para mejorar la motricidad fina en los niños que se encuentran en primera infancia. En la problemática se encontró que existe un límite desarrollado en la motricidad fina de los niños para realizar actividades formales de escritura, entre los factores adversos destacan: bajo el dominio de la dinámica corporal. El desarrollo de la fabricación del prototipo de ortesis propuesto utiliza la metodología de diseño en dos dimensiones mediante la tecnología CAD/CAM/CAE y la tecnología de modelado por deposición fundida (impresión 3D). Mediante el método científica inductivo, se diseñó un experimento que consiste en observar las mejoras de la ejecución en tareas de garabateo, trazo y dibujo de un niño en la primera infancia con y sin ortesis de apoyo, para mediante listas de cortejo comparar la estimación de mejora y el grado de dominio motriz adquirido.

Introducción

Se ha considerado contextualizar el desarrollo de la motricidad fina durante la primera infancia debido a que, esta etapa, es el momento en el cual la estimulación temprana constituye un factor determinante en el correcto desarrollo y fortalecimiento de la pinza de agarre del lápiz, considerándolo como referente indispensable en la ejecución de los movimientos relacionados con las manos y dedos, integrado en todo momento el dominio y selección entre los grandes y pequeños movimientos de la mano y muñeca.

Para establecer los criterios de observación de mejora, se identificó las tareas o actividades que favorecen el dominio y apropiación de la motricidad fina, que se visualiza cuando se utilizan de manera consiente los músculos finos del cuerpo, los dedos y las manos, en conjunto con la percepción visual y auditiva, lo que permite el dominio de la organización espacio temporal y con ello codificar y decodificar los garabatos, los trazos o dibujos.

Revisión de la literatura:

Uno de los antecedentes en cuanto a la metodología del diseño plano (dos dimensiones) de una ortesis se encuentra en [4], que plantea el uso de una materia prima polimérica reciclada (PET). Por lo anterior, el diseño se ha priorizado como guía de un procedimiento de dibujo en dos dimensiones basado en la tecnología CAD que no utiliza el escaneo 3D. En este mismo trabajo [4] se presenta un diseño simple en el plano XY de una férula, que por medio de un proceso de termoformado permite el ajuste preciso a la mano de la persona.

Este procedimiento se propone como una alternativa para diseñar ortesis individuales personalizadas y accesibles (económica y tecnológicamente) para la sociedad en general.

Con respecto al material a utilizar, se justifica la selección del PLA sobre otros materiales de mayor durabilidad, resistencia, dureza, elasticidad y rigidez, como la fibra de carbono. La siguiente tabla permite cotejar la información proporcionada por diversos fabricantes de PET y PLA, encontrando pequeñas variaciones en los datos de su Módulo de tracción (MPa), su Límite elástico a la tracción (MPa) y su Elongación máxima a la tracción (%):

Tabla 1. Comparativa material PET y material PLA.

Propiedad	PET	PLA
Módulo de tracción (MPa)	2213 ± 82	3309
Límite elástico a la tracción (MPa)	50 ± 3	55-72
Elongación máxima a la tracción (%)	5 ± 1	3-6

Por otro lado, las técnicas grafo plásticas mostradas en [10] muestran actividades que permiten al niño mejorar el dominio de sus movimientos en la mano y muñeca. Con base en esto, se realizó una serie de varios ejercicios simples que pueden ser utilizados en las pruebas para comprobar la eficiencia de la ortesis. Cabe mencionar, que estas técnicas no solo se limitan a niños, también, las personas con edades más avanzadas, pueden practicar la mejora de su escritura.

Desarrollo

Con referencia en el modelo presentado por [9] y utilizado en [4] de cinco medidas en dos dimensiones, se ha propuesto un modelo de diseño propio que retoma esta técnica de diseño en dos dimensiones (2D), como se puede ver en la figura 1.

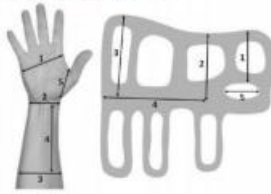


Figura 1. Modelo de CAD plano propuesto por [4].

El siguiente modelo ha sido elaborado con las medidas de la mano de un sujeto de prueba joven, para que pueda expresar de forma más precisa la comodidad y eficiencia que muestra la prótesis. Se realizaron las medidas de manera directa mediante un calibrador vernier y se asignaron en la tabla 3, que representan las medidas sobre las cuales se basa la parametrización en el planteamiento del Dibujo Asistido por Computadora (CAD).

Tabla 2. Medidas principales de la parametrización.

Descripción	No. Medida	Variable	Factor de Ajuste	Medida (mm)
Largo palma	1	M1	Sin Factor	91
Ancho muñeca	2	M2	Sin Factor	161
Ancho antebrazo	3	M3	Sin Factor	125
Largo muñeca-antebrazo	3	M4	Sin Factor	50
Largo pulgar-muñeca	6	M5	Sin Factor	65

Una vez asignadas las dimensiones principales se utilizó el comando expresión de NX Siemens (figura 1) en el cual se asignaron tanto los valores base como los valores parametrizados por factores unitarios.

	↑ Name	Formula	Value	Units	Dimensionality	Type	Source
1	▼ Default Gro...						
2				mm	Length	Number	
3	M1	91	91	mm	Length	Number	(SKETCH_000...
4	M2	161	161	mm	Length	Number	(SKETCH_000...
5	M3	125	125	mm	Length	Number	(SKETCH_000...
6	M4	50	50	mm	Length	Number	(SKETCH_000...
7	M5	65	65	mm	Length	Number	

Figura 2. Dimensiones principales.

El inicio de diseño ocupó un modelo geométrico de formas geométricas simples de ángulos rectos. Al mismo tiempo, que se parametrizó línea por línea del modelo. A continuación, se muestra el proceso de diseño:

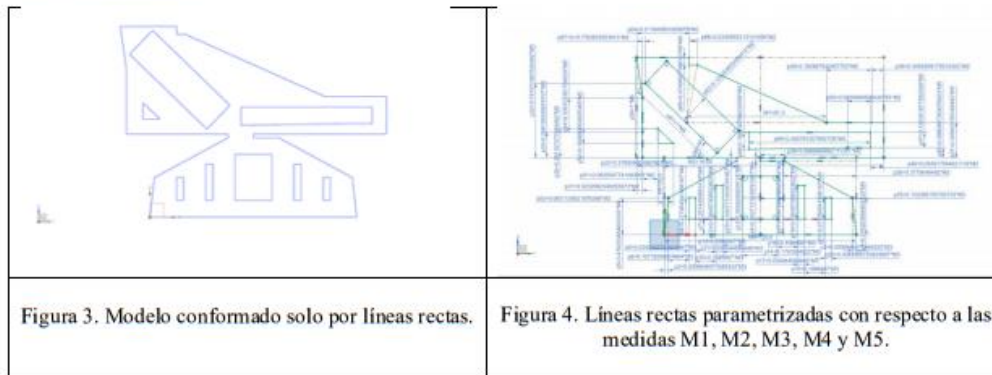


Figura 3. Modelo conformado solo por líneas rectas.

Figura 4. Líneas rectas parametrizadas con respecto a las medidas M1, M2, M3, M4 y M5.

Posteriormente, se adaptan los ángulos rectos a curvas para realizar una figura compleja del diseño. Cada curva se parametrizó con una dependencia a alguna de las medidas principal.

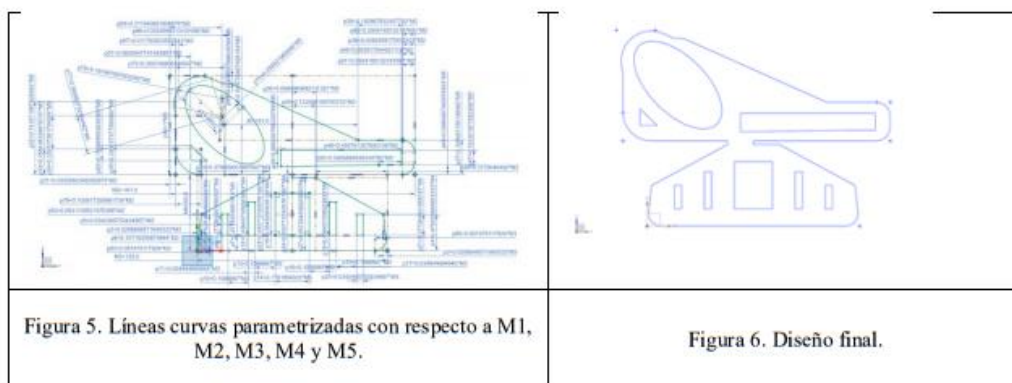
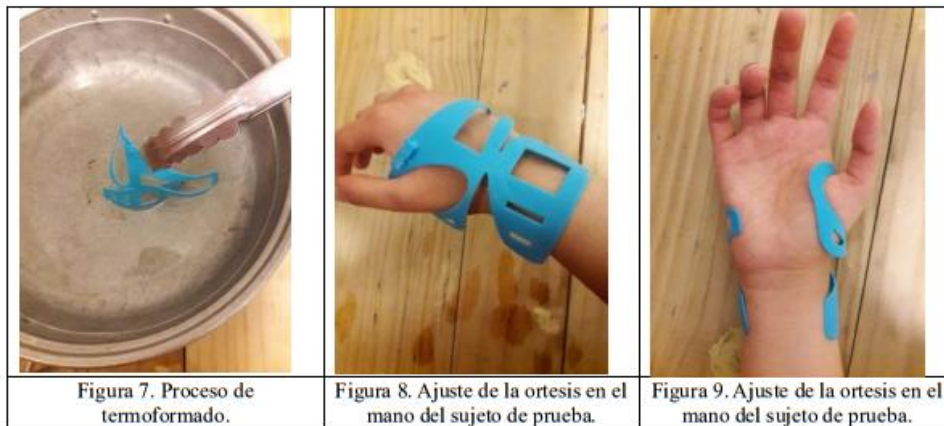


Figura 5. Líneas curvas parametrizadas con respecto a M1, M2, M3, M4 y M5.

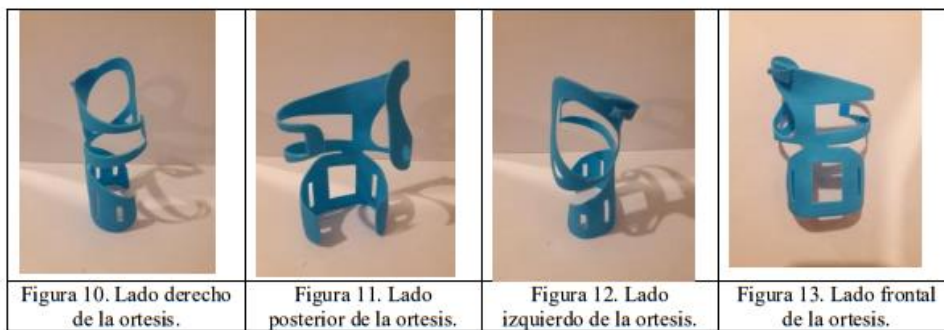
Figura 6. Diseño final.

Para terminar, se realizó la extrusión del sketch (figura 14) y se formó el sólido con una altura de un milímetro (1 mm), para su impresión en un modelo sólido, agregando algunos elementos para su correcto ajuste en la mano del sujeto de prueba.

A continuación, se muestra el proceso de termoformado de la ortesis:



Producto Final:



Producto final con los elementos para su ajuste en la mano del sujeto de prueba:



Figura 14. Modelo 3D finalizado con todos los elementos unidos.

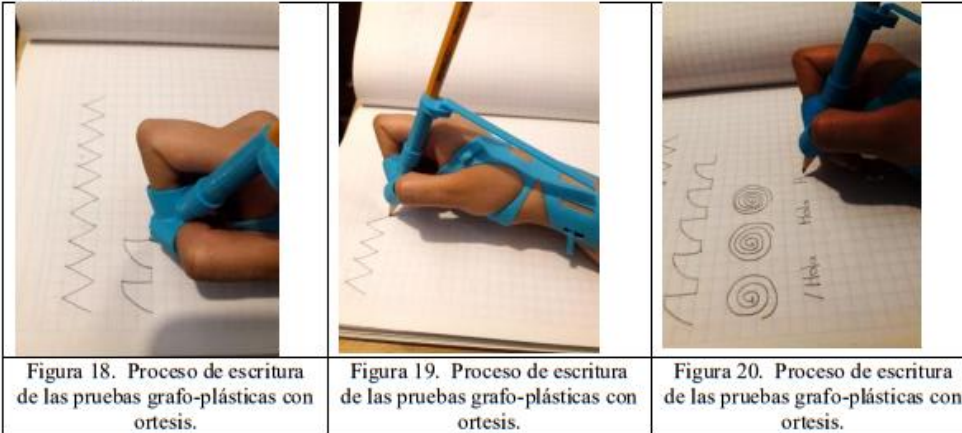
Resultados

Después, se llevó a cabo las pruebas con base en [10], con el que el sujeto de prueba mostro una leve diferencia de un antes y después de usar la ortesis. Durante estas pruebas, al utilizar la ortesis, manifestó movimientos de la mano más precisos, debido a que tenía más comodidad al momento de escribir y la ortesis brindaba un apoyo a los movimientos que realizaba.

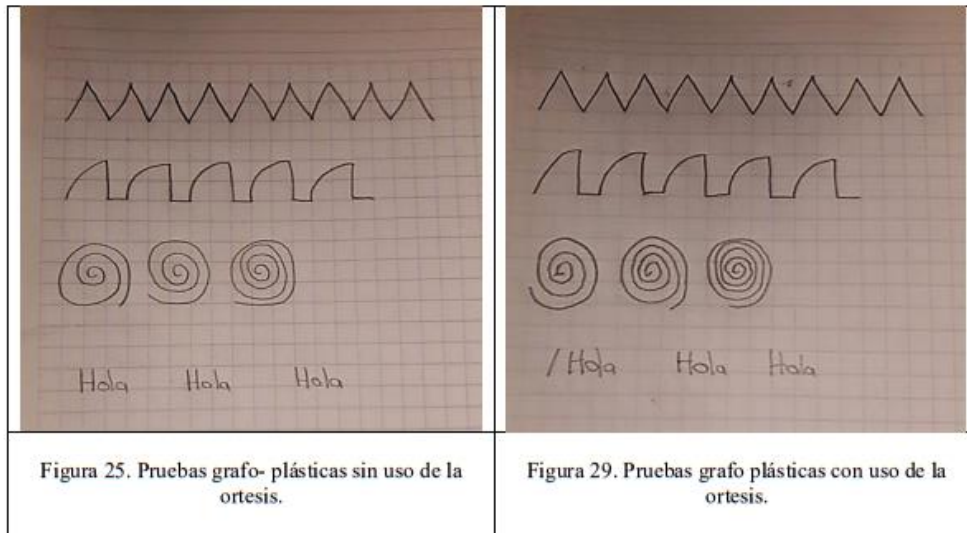
Sin ortesis:

<p>Figura 15. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas sin ortesis.</p>	<p>Figura 16. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas sin ortesis.</p>	<p>Figura 17. Proceso de escritura de las pruebas grafo-plásticas sin ortesis.</p>

Con ortesis:



A continuación, se mostrarán 2 fotos de las pruebas grafo-plásticas realizadas por el sujeto se prueba, en una utilizó la ortesis para escribir y en la otra no:



Conclusión

Se ha concluido que cuanto mejor es el diseño de una ortesis de mano personalizada mediante el CAD parametrizado en 2D y la impresión 3D, es mayor la eficiencia de la reproducción de los ejercicios grafo-plásticos que evidencian el grado de desarrollo de la motricidad fina.

También, se ha verificado la metodología de un diseño parametrizado en 2D que mediante termoformado se adapta de manera espacial (3D) al paciente, tanto en forma como en funcionalidad.

El diseño puede ser más complejo, sin embargo, al hacerlo simple facilita la parametrización de la misma, lo cual permite que se adapte a la evaluación de grupos piloto o muestras de grandes poblaciones, mostrando alta capacidad para su transferencia tecnológica a bajo costo.

Al mismo tiempo, se propone evaluar de manera extensiva la eficiencia del nuevo producto mediante un grupo piloto que sea representativo de una población. Para valorizar desde la perspectiva de la terapia ocupacional la presión óptima (sujeción de la pinza), ya que, es un elemento imprescindible para la realización de las actividades de la escritura formal.

Agradecimientos

Al Dr. Filiberto Candia García por aceptarme y guiarme en este proyecto, brindándome su apoyo, tiempo, experiencia y conocimientos en la elaboración de este trabajo de investigación.

Referencias

- [1] Cabrera, V. B. El desarrollo de la motricidad fina en los niños y niñas del grado preescolar. REVISTA DE EDUCACIÓN MENDIVE. Vol. 17 No. 2 (abril-junio), (2019). 222-239.
- [2] Alvarado, A. P. Técnicas grafo plásticas y el desarrollo de la motricidad fina en los niños del centro de desarrollo infantil “galapaguitos” [trabajo de titulación previo a la obtención del grado de magister, Universidad Nacional de himborazo]. (2020).
- [3] Ramírez, A. G., Gutiérrez, C. M., León, P. A., & Vargas, C. M. Coordinación grafo perceptiva: incidencia en el desarrollo de la motricidad fina en niños de 5 a 6 años de edad. Revista Ciencia UNEMI. Vol. 10 No. 22 (2017), 40-47.
- [4] Rodríguez, A. E., Herrero, V. M., Asencio, V. M., Guerrero, F. J., Cañibano, Á. E., Merino, S. J., & Fernández, P. M. Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos. XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM. (2021). 159-166.
- [5] Rengifo, M. C. Producción de un material compuesto de fibra de carbono con matriz ABS [Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero, UNIVERSIDAD DEL VALLE]. (2019).
- [6] Moncada, C. A. Incidencia en las propiedades mecánicas de muros de adobe a escala por la inclusión de tereftalato de polietileno (PET) en su composición [tesis para título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. (2019).
- [7] Pabón, R. J., & Ramón, V. B. Influencia en las propiedades mecánicas del políacido láctico PLA variando la orientación de las líneas de deposición en impresiones 3d. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada. Vol. 3 Número Especial (2020), 33-41.
- [8] García, León R. A., & Argotta, Hernández B. y Q. Diseño de una máquina de termo conformados para la fabricación de filamento ABS Y PLA. Informador Técnico, 85(1), (2020). 34-51.
- [9] Popescu, D. Fast production of customized three-dimensional-printed hand splints. Rapid Prototyping Journal 26(1):134-144, (2019). 1-17.
- [10] Corredor, C. D. Propuesta metodológica para el desarrollo de la motricidad fina a partir del uso de técnicas grafo-plásticas en niños de 7 a 8 años del grado primero de una institución pública ubicada en San Juan de Girón, Santander. [Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Magister en Educación, Universidad Autónoma de Bucaramanga.]. (2021.)

Memorias de Divulgación Científica y Tecnológica de la Ingeniería Mecánica en México XXIX Congreso Internacional Anual de la SOMIN.

MEMORIAS DEL XXIX CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM
20 al 22 DE SEPTIEMBRE DE 2023 CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA, MÉXICO

DOI: 10.59920/NJVK1537

Tema A5 Educación en Ingeniería: *Diseño e implementación de herramientas didácticas*

“App integradora de tecnologías CAD/CAM/CAE y de reconocimiento táctil”

Candia García Filiberto^a, Torres Flores Citlalli^a, Ambrosio Lázaro Carlos Roberto^a, Solano Linares Itzel^b, Candia García María del Rayo^b

^aBenemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4 su 104, Puebla, Pue. C.P. 72000

^bUniversidad Alvar, 5 poniente 708, Puebla, Pue; C.P. 72000

filiberto.candia@correo.buap.mx

RESUMEN

La tecnología CAD/CAM/CAE con enfoque al área de la terapia ocupacional, expone como problemática que, en el diseño de los mecanismos de mejora de la motricidad fina, se requiere de un dispositivo informático que evalúe el dominio y mejora de las habilidades motrices en niños al realizar actividades de garabateo y trazo. Siendo el objetivo, integrar una aplicación (App) que evalúe de manera síncrona el progreso del infante y ofrezca una inmediata notificación (asíncrona) de las evidencias por e-mail a los tutores. Se emplea el método inductivo experimental, con apoyo de software de programación de alto nivel y dispositivos hápticos que registran y almacenan de manera digital las evidencias pragmáticas. Siendo el resultado la integración de un paquete tecnológico dirigido a proveer información de tipo gráfico-digital que permite evaluar de manera cuantitativa la mejora y dominio de la motricidad fina en actividades de trazo y garabateo.

Palabras Clave: App, Dispositivo Háptico, Impresión 3D, Matlab, Ortesis.

ABSTRACT

The CAD/CAM/CAE technology with a focus on the area of occupational therapy, exposes as a problem that, in the design of mechanisms to improve fine motor skills, a computer device is required to evaluate the mastery and improvement of motor skills. in children when performing scribbling and tracing activities. Being the aim, to integrate an application (App) that synchronously evaluates the infant's progress and offers an immediate (asynchronous) notification of the evidence by e-mail to the tutors. The experimental inductive method is used, with the support of high-level programming software and haptic devices that digitally record and store pragmatic evidence. The result being the integration of a technological package aimed at providing graphic-digital information that allows to quantitatively evaluate the improvement and mastery of fine motor skills in tracing and scribbling activities.

Keywords: App, Haptic Device, 3D Printing, Matlab, Orthosis.

1. Introducción

Teniendo como antecedente la contribución de los autores en el diseño y fabricación de una ortosis [1] que ayuda a prevenir condiciones musculoesqueléticas inadecuadas (baja motricidad fina) que afectan la

comunicación de forma escrita en los jóvenes, adultos y adultos mayores [2].

Su difusión y divulgación, así como su aceptación y uso es limitada, por la carencia de evidencias que demuestren su registro y comparativa en el seguimiento de la evolución de la mejora de la destreza al realizar ejercicios de garabateo y trazo por individuos que se encuentran en la primera infancia [3].

Actualmente esta carencia (registro y comparativa de evidencias de garabateo y trazo), no es atendida por el mercado tecnológico [4]. No encontrando de manera comercial una integración completa (diseño mecánico, elemento háptico y App) que permita:

- Realizar un ejercicio de garabateo por un individuo que requiere desarrollar mayor destreza en la motricidad fina.
- Registrar la ejercitación de manera digital en una carpeta electrónica ubicada en una computadora personal.
- Ejecutar una aplicación informática (App), que carga imágenes del modelo de referencia y de la actividad realizada por el individuo, las cuales serán comparadas y analizadas.
- Proporcionar como retroalimentación cuantitativa un porcentaje de aproximación basado en la fidelidad con base en el ejercicio modelo y recomienda una acción en base a la precisión y progreso obtenido.
- Mostrar visualmente una imagen del ejercicio modelo y una imagen comparada por superposición tanto de la imagen modelo como de la imagen del ejercicio realizado por el individuo.
- Enviar un correo electrónico con la imagen comparada al tutor del infante, con los datos de la evaluación cualitativa, para su toma de decisiones.

1.1. Problemática

Al diseñar dispositivos o elementos mecánicos de ayuda a la rehabilitación de la terapia física, como por ejemplo ortosis de apoyo a las actividades de garabateo y trazo, que permiten mejorar la motricidad fina en niños que se encuentran en la primera infancia, no se cuenta con un medio objetivo y cuantitativo de evaluación que muestre evidencia de la evolución de la destreza y mejora de la motricidad fina, cuyas características deben incluir [5]:

- Un agarre del lápiz de tipo trípode o digital dinámico, que se considera el mejor agarre funcional.
- Ninguna articulación de los dedos debe estar hiperextendida o doblada demasiado.
- El antebrazo descansa sobre la superficie de escritura.
- La muñeca está ligeramente doblada hacia atrás (extendida) y se inclina hacia adelante al escribir (flexionada).
- El infante demuestra una mayor autonomía al momento de escribir y realizar trazos.

Asimismo, el medio de evaluación cuantitativa debe tener la capacidad de indicar la mejora de una destreza motriz al hacer énfasis en:

- El dominio, que se refiere a la eficiencia y la eficacia que infiere un agarre funcional.
- La precisión, que se refiere a la fidelidad al seguir los trazos del modelo de referencia.

1.2. Objetivo

Ante la situación compleja que expone la problemática el propósito es integrar una aplicación informática (App) a un dispositivo mecánico, que conforme una propuesta amplia y completa de evaluación in situ (en el mismo tiempo y en el mismo espacio) el progreso objetivo del infante y una inmediata notificación por e-mail a los tutores de manera asíncrona, sobre las evidencias que ejecuto el infante en una sesión programada de terapia ocupacional y que le permiten tomar decisiones y mantener un estrecho seguimiento de corresponsabilidad.

1.3. Expectativas

Se entiende en este trabajo que como profesionales de la ingeniería, es deber ser inclusivos desde la Universidad con el área de la terapia ocupacional o el sector educativo infantil (entendido como conjunto de individuos vulnerables de la sociedad), requiere asumir un compromiso como profesionistas, que permita mejorar las habilidades motrices para la escritura a través de dispositivos de asistencia parental que aprovechan los beneficios de la informática y que se incorporan como complementos que incrementan la aceptación del diseño mecánico como alternativa de atención a las problemáticas sociales.

En cuanto a la problemática que se presenta sobre la falta de supervisión, revisión y retroalimentación de las tareas de garabateo cuando los niños se encuentran en desarrollo de sus destrezas motoras para la escritura formal. Es relevante mencionar que los tutores parentales ceden la responsabilidad hacia terceros (familiares o personal de apoyo) debido a sus obligaciones laborales. Siendo requerido crear o generar un vínculo de interacción tecnología que favorece la comunicación asíncrona unidireccional de las actividades que realizan los infantes hacia el conocimiento de los tutores para su información continua y toma de decisiones.

Como solución a la problemática se propone un prototipo funcional que integra las áreas de diseño y fabricación mecánica por manufactura aditiva (impresión 3D), reconocimiento táctil mediante tecnología háptica (tableta comercial) y desarrollo de software (interfaz gráfica in situ como una App de escritorio).

El resultado de la integración permite a los tutores el recibo de un archivo de imagen con las actividades de garabateo realizada por el infante.

Mediante la experimentación se ha concluido que es posible fortalecer el desempeño académico de los niños en la primera infancia y la supervisión de los tutores a través de interacción asíncrona y a distancia.

2. Método

El método inductivo-experimental [6] guía el desarrollo (estructura y programación) de la propuesta de la aplicación informática (App) que sistematiza de

manera cuantitativa el proceso de evaluación cualitativa de un prototipo mecánico que apoya la terapia ocupacional, al incorporar la tecnología háptica y una App como una aplicación de la informática.

Se considera que el sujeto de prueba y población dirigida es una persona o individuo que manifiesta de manera explícita su inquietud personal de mejorar su destreza en la motricidad fina, por lo tanto, no existe sesgo de marginación, exclusión o discriminación.

Para la elaboración de un dispositivo integrado que pueda ser utilizado para evaluar las tareas de garabateo es necesario desglosar los elementos que conformaran el producto final, como lo son:

- Una tableta de reconocimiento táctil
- Una ortesis personalizada
- La programación de la App de escritorio.

En el caso de la computadora, no se requiere un dispositivo con especificaciones o marca en particular para que la App de escritorio funcione, en cuanto a la tableta GAOMON S620 es un modelo de tableta de reconocimiento táctil [7] utilizada para realizar esta propuesta, la cual, se adaptó para contar con un registro del control, precisión y firmeza en la ejecución de los trazos (garabateo), en el mercado existen productos con mayores ventajas competitivas, que mejoran significativamente el alcance y capacidad de la evaluación, sin embargo, quedaron fuera del alcance del presupuesto inicial.

La ortesis personalizada es un elemento indispensable que conforma el dispositivo integrado, y se considera que dentro del ámbito médico (rehabilitación y terapia física) se utilizan para mejorar una función disminuida, por lo que, en este caso, brindara un apoyo significativo al momento de realizar ejercicios de garabateo al incrementar la precisión y control de la pinza trípode o digital.

Como modificación en el modelo propuesto en 2022 [1] se sustituyó el espacio para el lápiz por la pluma de GAOMON, evitando que ocurra un contacto entre la piel y el área de trabajo de la tableta, por lo tanto, fue necesario hacer modificaciones para ajustar el diseño a una nueva versión y llevar a cabo las mejoras.

2.1. El diseño mecánico

Para las mejoras del diseño de la ortesis, se dio continuidad y seguimiento a la metodología del modelo presentado por [8] y utilizado en [9] de cinco medidas en dos dimensiones, mostrado en la Fig. 1.



Figura 1- Modelo de CAD plano propuesto por [2].

Por medio de un software CAD/CAM/CAE (NX Siemens) se diseñó el modelo mostrado en Fig. 2 con las medidas de la mano de un sujeto de prueba.

Las mediciones se efectuaron de manera directa mediante instrumentos de medición (calibrador vernier) y se ordenaron en base a la Tabla 1.

Tabla 1 – Medidas principales de la ortesis.

Descripción	Variable	Medida (mm)
Largo palma	M1	91
Ancho muñeca	M2	161
Ancho antebrazo	M3	125
Largo muñeca-antebrazo	M4	50
Largo pulgar-muñeca	M5	65

Con los datos de las medidas principales se llevó a cabo un diseño adaptado a la tableta (Fig. 2), que se elabora mediante la parametrización (Fig. 3) de un Sketch utilizando el comando expresión del software utilizado (NX Siemens).

Se ha considerado que un modelo base de la ortesis tiene que cubrir la piel de la mano para evitar que no haga contacto con el área de trabajo de la tableta y pueda ajustarse más a la mano del sujeto, dando como resultado final el diseño mostrado en la Fig. 4, que se obtiene después de ser sometida la impresión 3D en el plano a un proceso de termoformado.



Figura 2 – Sketch del diseño final de la ortesis con modificaciones.

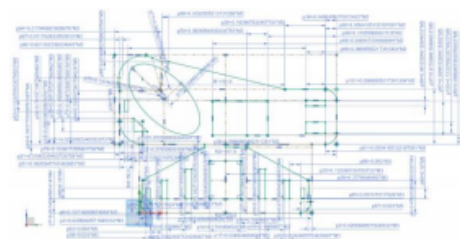


Figura 3 - Diseño final parametrizado con respecto a M1, M2, M3, M4 y M5.

Se realiza la extrusión del sketch formando un sólido con altura de 1 mm para su impresión en 3D utilizando poliláctico (PLA) de 1.75 mm de diámetro, como material de impresión. Posteriormente se efectúa el proceso del termoformado (Fig. 4) con la pieza obtenida por impresión, en el que se calienta el agua a una temperatura de 80°C, condición que propicia un ajuste de alta adaptabilidad a la mano del sujeto de prueba.

En este punto, es importante recalcar que la pieza debe adaptarse a la forma natural de la mano y no al diseño recto de la pieza, así se logra tener mayor firmeza y comodidad al ocupar el dispositivo y realizar las tareas y ejercicios de garabateo y trazo.



Figura 4 - Ortesis impresa en 3D posterior al termoformado.

En otro momento, se modificó la pinza (o soporte) para sostener la pluma (Fig. 5), debido a que tiene un diámetro más grande que un lápiz promedio y cuenta con un botón que habilita la escritura cerca del extremo donde se encuentra la punta de este.



Figura 5 - Pluma para la tableta GAOMON S620.

La Fig. 6 es el diseño final de la pinza, en el que se puede observar que cumple con las especificaciones de la pluma. Después, se imprime en 3D para realizar el ensamble con los otros elementos.



Figura 6 - Diseño final de la pinza.

Finalmente, se obtiene la ortesis como producto final con todos los elementos complementarios y se ajusta a la mano del sujeto de prueba (Fig. 7). Cabe mencionar que, para las ejercitaciones de funcionalidad y validación, el sujeto de prueba es joven (edad de 20 años), con la finalidad de poder expresar de manera precisa la comodidad y eficiencia de la ortesis.



Figura 7 - Vista superior del modelo 3D finalizado con todos los elementos unidos.

2.2. El reconocimiento táctil

Una interfaz háptica (Fig. 8) se considera un dispositivo electrónico que se encarga de reproducir de manera digital-virtual la sensación de contacto y manipulación de un objeto que se encuentra dentro de un ambiente virtual simulando las características esenciales al tacto y sujeción de un objeto real, tales como temperatura, textura, peso, contorno, entre otros (Golledge et al., 2006; Hernantes et al., 2012), como se citó en [10].



Figura 8 - Imagen de la tableta comercial GAOMON S620 [11].

El dispositivo háptico utilizado es la tableta GAOMON S620 [11] que cuenta con las siguientes características técnicas:

- Es una tableta (portátil) compatible con el sistema operativo Windows 7 o posterior/MacOS 10.12 o posterior/Android 6.0 o posterior (dispositivos compatibles con OTG), características que permiten conectarla con cualquier ordenador o dispositivo móvil que cumpla con algún requisito mencionado anteriormente.

- Tiene un área total de 16.51 x 10.16 cm (6,5 x 4 pulgadas), sin embargo, el área de trabajo es de 10.16 x 6.18 cm (2.4 x 4 pulgadas). Incluye 4 teclas de acceso directo, que pueden ser personalizadas para que cada una realice una acción determinada mediante el controlador del mismo dispositivo instalado en un ordenador. Además de la tableta, incluye otros elementos que permite su funcionamiento, como:
- Un lápiz digital Artpaint AP32 (sin batería) con dimensiones de 160 mm de altura y un diámetro de 12 mm, cuenta con una altura de detección de 10 mm, pesa 12 gramos y tiene una sensibilidad de 8192 niveles de presión lo que posibilita realizar trazos más realistas.
- Cuenta con una resolución de 5080 líneas por pulgada (LPI) con una tasa de reporte de 266 PSS, que permite dibujar sin ningún tipo de retraso.
- Tiene un cable micro USB, que puede conectarse al dispositivo (ordenador o móvil), en el caso de este último, hay que conectar un adicional, el cual es un adaptador OTG (USB tipo C o micro USB) para su funcionamiento.

Sintetizando este apartado la incorporación de las tabletas hápticas en el ecosistema educativo, permiten comprender ampliamente que la tactilidad aparece en la actualidad como un aspecto fundamental a la hora de definir, explicar y dar cuenta de las interacciones entre los dispositivos mecánicos/eléctricos/electrónicos y los seres humanos [12].

2.3. El desarrollo de la App

En el desarrollo de la App se utilizó el software de alto nivel MatLab, el cual cuenta con el recurso App Designer [13], que simplifica las tareas de programación de una interfaz gráfica-visual. App Designer integra las dos tareas principales en la creación de una App:

- La distribución visual de una interfaz gráfica de usuario (GUI).
- La programación del comportamiento de la App.

El código de envío de e-mail se adaptó y desarrollo a partir de los recursos de apoyo [14] que se encuentran en el apartado de Add-ons de MatLab y se muestra a continuación:

```
%% Set up Gmail SMTP service.
setpref('Internet','E_mail',mail);
setpref('Internet','SMTP_Server','smtp.gmail.com');
setpref('Internet','SMTP_Username',mail);
setpref('Internet','SMTP_Password',password);
props = java.lang.System.getProperties;
props.setProperty('mail.smtp.auth','true');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.class',
'javax.net.ssl.SSLSocketFactory');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.port','587');
%% Send the email
```

```
sendmail(emailto,subject,message)
if strcmp(mail,'E-mail@gmail.com')
    disp('Please provide your own gmail for security
reasons.')
```

Al comparar las imágenes fue necesario recurrir a las instrucciones y comandos de procesamiento de imágenes, entre las que se adoptaron las siguientes:

```
A=imread(fullpathname);
B=imread(fullpathname);
imwrite(A,'img1.jpg.jpg');
C = imfuse(A,B,'blend','Scaling','joint');
imwrite(C,'avnc1.jpg');
im1=imread('img1.jpg');
imshow((im1),'Parent',app.UIAxes)
im2=imread('avnc1.jpg');
imshow((im2),'Parent',app.UIAxes2)
```

Para cargar las imágenes desde una ventana se escribió el siguiente código, que se repite de acuerdo con la cantidad de imágenes a cargar para la comparación:

```
global imagen
[filename pathname]=uigetfile({'*.jpg*'},'File Slector');
fullpathname=strcat(pathname,filename);
imagen=imread(fullpathname);
imshow(imagen,'Parent',app.UIAxes);
```

3. Resultados

La siguiente descripción sintetiza la operación y funcionalidad de la integración, que permite al diseño mecánico consolidar un mayor impacto en el desarrollo social interviniendo en la solución de problemáticas con la salud pública y la educación que favorecen la inclusión.

La Fig. 9, muestra la ventana de ejecución de la App con la cual actúa el asistente que acompaña el desarrollo de los ejercicios de garbeteo o trazo con el infante o individuo que se encuentra en mejora del dominio de su motricidad fina. Para su creación se han utilizado la configuración básica que proporciona MatLab y al accionar los botones se hace un llamado directo a los scripts que ejecutan la programación.



Figura 9 - Diseño gráfico-visual de la App.

Al finalizar la comparación de las imágenes mediante los comandos del procesamiento de imágenes el e-mail se envía al tutor de manera automática y este recibe la notificación a su correo como se observa en la Fig. 10.

Durante la sistematización de la evaluación la App realiza la generación de un criterio cuantitativo de aproximación al modelo gráfico que reproduce el infante y se muestra en un cuadro de texto en conjunto con una recomendación de seguimiento, al mismo tiempo que se muestran visualmente la imagen del modelo y la imagen que compara el modelo contra la evidencia realizada por el infante (Fig. 11).

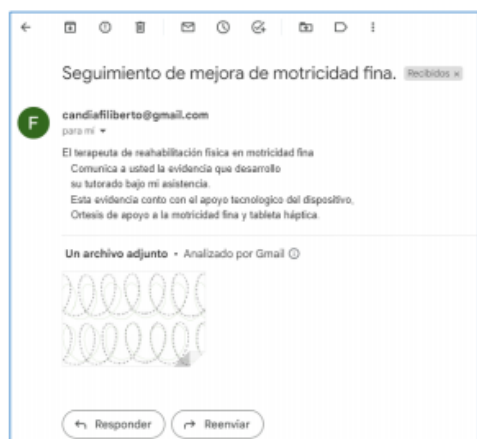


Figura 10 - Formato de recibo de notificación de e-mail.

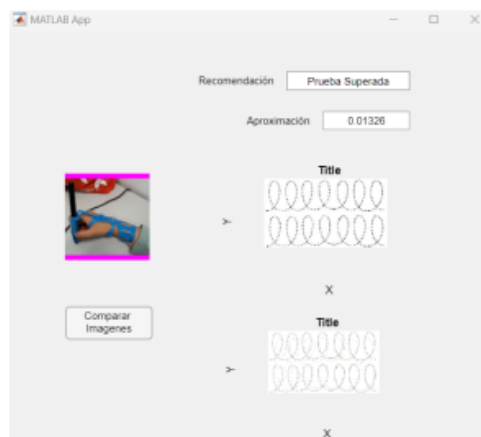


Figura 11 - Notificación sincrónica de la evaluación de la actividad del sujeto de prueba.

4. Discusión

La integración tecnológica propuesta favorece un mejor desempeño de la capacidad del niño en el agarre funcional del lápiz, aspecto que manifiesta un mayor dominio y precisión de la motricidad fina, al observar los siguientes comportamientos y valoraciones.

Se considera que un agarre es funcional cuando el sujeto de prueba usa un lápiz y reproduce con alta fidelidad el modelo de garabateo o trazo sin molestias en la mano [5]. Considerando que:

- El agarre de tipo trípode o digital dinámico es el mejor agarre funcional (ver resultados de encuesta).
- Ninguna articulación de los dedos está hiperextendida o doblada demasiado.
- El antebrazo descansa sobre la superficie de escritura.
- La muñeca está ligeramente doblada hacia atrás (extendida) y se inclina hacia adelante al escribir (flexionada).

En cuanto a la eficiencia y efectividad de las actividades realizadas, se consideran altas en la evaluación, cuando el infante: sostiene el lápiz con los dedos pulgar e índice y se apoya el lápiz sobre el dedo medio, en tanto el dedo anular y el dedo meñique se mantienen fuera de la forma de agarre [3].

Por medio de la evidencia comparada (Fig. 12), se verifica que la integración de los sistemas hápticos en los dispositivos mecánicos, son de gran utilidad en procesos que implican rehabilitación o terapia física relacionada a la mejora de la motricidad fina, vistos como una herramienta de tipo tecnológica integrada para evaluación sincrónica.

Divulgar y poner al alcance de la sociedad este dispositivo se convierte en una alternativa complementaria de las diferentes terapias a las cuales se somete un paciente que requiere mejorar su motricidad fina en cualquier etapa de la vida [7].

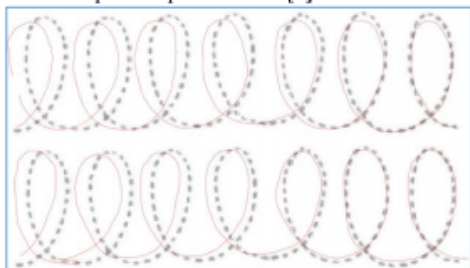


Figura 12 – Comparativa del modelo de referencia vs actividad realizada.

4.1. Resultados de encuesta

Para comprobar la aceptación del prototipo se realizó una encuesta de 10 preguntas a padres de familia y sujetos de prueba acerca de su experiencia en el uso del dispositivo. A continuación, se exponen los resultados, que se recopilaron a través una encuesta que se accede mediante el siguiente link: <https://forms.office.com/r/TuxUDTZCif>.

Pregunta 1. El interés del sujeto de prueba por utilizar un dispositivo de apoyo para mejorar la motricidad fina es:

Resultado: Se obtuvo en un 85.7% de los encuestados que es favorable el interés del sujeto de prueba por utilizar un dispositivo de apoyo para mejorar la motricidad fina, mientras que el 14.3% opina que no es favorable su interés hacia el mismo.

Pregunta 2. La función del asistente de perfeccionamiento de motricidad fina para orientar el incremento de autonomía del sujeto de prueba es:

Resultado: Se obtuvo en un 85.7% que es relevante la función del asistente de perfeccionamiento en el proceso del sujeto de prueba hacia la autonomía, aunque el 14.3% opina que es deseable la función del asistente.

Pregunta 3. Como tutor mi opinión para utilizar el servicio de entrega de evidencias para perfeccionar el dominio de la motricidad fina es:

Resultado: Se tiene que un 14.3 % opina que no es favorable el servicio de entrega de evidencias, por el contrario, por otro lado, un 85.7% demuestra una opinión favorable hacia este servicio, lo que indica, que la función es importante para perfeccionar el dominio de la motricidad fina.

Pregunta 4. Se observa que el sujeto al utilizar el agarre del lápiz de tipo trípode o digital dinámico, se encuentra:

Resultado: El 85.7% encuentra el agarre del lápiz de tipo trípode cómodo, no obstante, se considera incomodo

en un 14.3%. Por lo que se tiene una gran aceptación entre los encuestados sobre el uso de agarre del lápiz.

Pregunta 5. ¿En la postura que adopta el sujeto ninguna articulación de los dedos hiperextendida o doblada en demasia?

Resultado: Dentro de las respuestas obtenidas, el 57.14% considera que es cierto que al usar la ortesis ninguna articulación de los dedos está hiperextendida o doblada en demasia, mientras que el 42.86% opina que las articulaciones de los dedos están dobladas en demasia o hiperextendidos.

Pregunta 6. ¿La posición de descanso que configura el antebrazo sobre la superficie al momento realizar los trazos o el garabateo se encuentra?

Resultado: En esta pregunta, el 57.14% respondió que su antebrazo está completamente sobre la superficie, el 28.57% menciona que el antebrazo esta parcialmente sobre la superficie y el 14.29% considera que no descansa en la superficie.

Pregunta 7. La postura más favorable de la mano al momento de escribir es cuando la muñeca está ligeramente doblada hacia atrás y se inclina hacia adelante. ¿El sujeto de prueba transita hacia esta forma?

Resultado: Se obtuvo en un 100% de aceptación en que la muñeca al estar ligeramente doblada hacia atrás se inclina ligeramente hacia adelante siendo la postura más favorable y la que adopta la mano al momento del uso de la ortesis, lo que indica su correcto funcionamiento al adoptar la misma postura en los sujetos de prueba.

Pregunta 8. Cada actividad que realiza el sujeto de prueba debe finalizar de manera completa, por lo tanto, el grado de eficiencia es (no deja a medias la actividad):

Resultado:
Los resultados mostraron que el 85.7% opina que cada actividad realizada por completo genera un grado alto de eficiencia y en un 14.3% considera que un grado de eficiencia es medio, esto indica que el sujeto de prueba pueda mejorar su motricidad fina en gran medida al realizar los ejercicios completos.

Pregunta 9. Al seguir de manera correcta las indicaciones de trazo o garabateo el grado de eficacia es (realiza una copia con alta aproximación a lo solicitado):

Resultado: Coincide completamente en un 100% que al realizar de manera correcta las indicaciones del trazo se obtiene un grado de eficacia alto, lo que garantiza el funcionamiento de la ortesis.

Pregunta 10. Al requerir menor apoyo del asistente (por iniciativa propia el sujeto de prueba termina la actividad del trazo o garabateo con alta aproximación a forma original) el individuo demuestra un grado de autonomía:

Resultado: Se tiene que un 85.7% considera un grado de autonomía alta al requerir menor apoyo del asistente, por el contrario, el 14.3% afirma que puede tener un grado de autonomía medio.

4. Conclusión

La integración tecnológica realizada permite una evaluación objetiva de la mejora de las habilidades y dominio de la motricidad fina al mantener la postura de la pinza trípode o digital en individuos que se encuentran en la primera infancia y del perfeccionamiento de la precisión en cuanto a los ejercicios de garabateo y trazo, ya que existe poca variación de forma entre la imagen modelo y la imagen de los trazos que reproduce el niño.

Al integrar el producto del diseño (ortesis) con los dispositivos de reconocimiento táctil (tableta), por medio de una aplicación informática (App). Es posible mantener informado de manera asíncrona al tutor, sobre el desempeño que manifiesta el infante bajo su responsabilidad.

La capacidad para transferir esta tecnología al área de la salud o al sector educativo es alta, debido a que es un desarrollo completo e independiente del diseñador y especialista en el área de la ingeniería y diseño mecánico. Permitiendo mediante una capacitación básica (manuales y tutoriales) su uso y aplicación por personas que se dedican a la asistencia de la rehabilitación física (terapeuta ocupacional) o a la educación (docente).

La confianza de los tutores es alta debido a que la evidencia digital-virtual les muestra de manera gráfica una comparación pragmática sobre la evolución de la destreza de los niños a reproducir los modelos de referencia.

REFERENCIAS

- [1] F. Candia, C. Torres, C. M. d. R. y D. A. Crispin, «La impresión 3D y la motricidad fina en niños durante la primera infancia.» de XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Bogotá, 2022.
- [2] Y. S. Chavez, «Técnicas grafoplásticas en la motricidad fina con estudiantes de preparatoria. Propuesta: guía de actividades con técnicas grafoplásticas. [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil].» Repositorio Universidad de Guayaquil, 2019.
- [3] P. S. Cira de Luque, Motricidad fina en niños y niñas: Desarrollo, problemas estrategias de mejora y evaluación, NARCEA S.A. EDICIONES MADRID, 2019.
- [4] W. V. Culque, L. A. Llerena y F. A. Viscaino, «Simulador electrónico con Feedback háptico para entrenamiento pedagógico.» Revista Conrado, vol. 18, nº 85, pp. 198-202, 2022.
- [5] C. Y. Delgado, Y. Samada y J. M. Zambrano, «La motricidad fina y su influencia en el desarrollo de la escritura.» Dominio de las Ciencias, vol. 8, nº 3, pp. 1748-1767, 2023.
- [6] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la Investigación, Mc Graw Hill, 2014.
- [7] D. Escobar y O. A. Vivas, «Sistemas hápticos: Una revisión.» Journal de Ciencia e Ingeniería, vol. 10, nº 1, pp. 47-54, 2018.
- [8] D. Popescu, «Fast production of customized three-dimensional-printed hand splints» Rapid Prototyping Journal, vol. 26, nº 1, pp. 134-144, 2019.
- [9] A. E. Rodríguez, V. M. Herrero, V. M. Asencio, F. J. Guerrero, Á. E. Cañibano, S. J. Merino y P. M. Fernández, «Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos.» de XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM, Pachuca, 2021.
- [10] V. Z. Pérez y M. Santís-Chaves, «Interfases hápticas: sistemas cinestésicos vs sistemas táctiles.» Revista EIA, vol. 13, nº 26, pp. 13-29, 2017.
- [11] QuéTabletaGráfica.com, «GAOMON S620 Opiniones y Análisis Tableta Gráfica compatible con Android.» 09 08 2023. [En línea]. Available: <https://quetabletagrafica.com/gaomon-s620/>.
- [12] F. Hernando, «Leer con las manos. Una revisión sobre los estudios hápticos.» Mediaciones de la Comunicación, vol. 14, nº 1, pp. 151-160, 2019.
- [13] The MathWorks, Inc., «MATLAB App Designer» 2023. [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>. [Último acceso: 08 05 2023].
- [14] K. Feng, Send Text Message to Cell Phone, MATLAB Central File Exchange, 2023.

VIEP - Programa Haciendo Ciencia en la BUAP 2023.

Integración de dispositivo háptico como asistente para la supervisión de las tareas de garabateo en la primera infancia

Citlalli Torres Flores¹, Dr. Filiberto Candia García¹

¹Facultad de Ingeniería – BUAP.

Resumen

La falta de supervisión, revisión y retroalimentación de los tutores en las tareas de garabateo de los niños que se encuentran en el desarrollo de sus destrezas motoras para la escritura formal puede tener consecuencias negativas en su futuro. Teniendo en cuenta esta problemática, se propone un prototipo funcional que integra las áreas de diseño mecánico, manufactura aditiva (impresión 3D), tecnología háptica (uso de la tableta GAOMON S620) y desarrollo de software (App de escritorio). El resultado permite a los tutores el recibo de un archivo de imagen con la tarea del infante, que ha realizado en una tarjeta háptica, cuya evidencia se recoge a través del desarrollo de software y se envía vía correo electrónico al tutor. Siendo el objetivo fortalecer la relación académica de los niños en la primera infancia (mejora de la motricidad fina) y los tutores a través de la interacción a distancia que favorece la comunicación asíncrona de las actividades de los niños para su revisión/supervisión.

Introducción

Cuando un niño aprende a escribir, empieza su desarrollo motor realizando movimientos básicos que en un futuro tendrán mejor fluidez y por ende rapidez en su escritura. Estos precedentes a la escritura formal requieren el ejercicio de los movimientos de la mano y dedos al hacer trazos y líneas [8]. Por lo que la correcta ejecución de los movimientos de la mano y los dedos propicia la adecuada comunicación escrita, sin embargo, al verse malograda por circunstancias externa requiere buscar algún método externo que pueda contribuir en la mejora de la movilidad, uno de estos métodos está relacionado con el uso de pantallas como interfaces [3].

Esta tecnología denominada háptica, sostiene que cada relación humano-tecnología es también una relación cuerpo-herramienta, y considera que el uso rutinario de las pantallas se ha convertido en parte de nuestra experiencia [3]. Además, permite obtener información de las características físicas y movimientos de una actividad cotidiana a mayor detalle del objeto con el que un usuario interactúa [2].

Por lo que, al diseñar un dispositivo háptico que contribuye en la retroalimentación a los infantes y las acciones de terapia física musculoesquelética, puede brindar una mejora en la motricidad fina de los niños que se encuentran en la primera infancia [8] y se previene condiciones inadecuadas como: mal agarre de la pinza trípode que afecta en la escritura de los futuros jóvenes, adultos y adultos mayores [6].

Sin embargo, al no tener un acompañamiento adecuado en la supervisión y revisión de la correcta ejecución del movimiento durante la elaboración de las actividades, genera la falta de conocimiento en el progreso del infante.

Teniendo en cuenta este contexto, se considera que al fabricar un prototipo funcional que fusione una ortesis con una aplicación informática y que permita al padre o tutor tener las herramientas necesarias para dar seguimiento a la mejora de la motricidad fina, el dispositivo debe permitir:

- Hacer un ejercicio de garabateo para un individuo que requiere desarrollar mayor destreza en la motricidad fina y registrarlo de manera digital.
- Ejecutar una aplicación informática (App), que almacena los ejercicios modelos y la actividad realizada por el individuo, las cuales serán comparadas y analizadas.
- Proporcionar un progreso y una recomendación con base en la fidelidad de ambas imágenes.
- Mostrar visualmente una imagen del ejercicio modelo y una imagen comparada por superposición tanto de la imagen modelo como de la imagen del ejercicio realizado por el individuo, que se enviará por correo electrónico al tutor del infante, con los datos de la evaluación cualitativa.
- Esta evaluación debe tener la capacidad de indicar la mejora, haciendo énfasis en el dominio (eficiencia y eficacia que infiere el agarre funcional) y la precisión (fidelidad al seguir los trazos del ejercicio modelo).
- Con las evidencias, el tutor toma una decisión: seguir utilizando la app o buscar ayuda profesional de tipo rehabilitación.

Desarrollo

Para la elaboración del prototipo funcional, se realizó el diseño de la ortesis personalizada tomando en cuenta los componentes de la tableta GAOMON S620. Se consultó el modelo presentado por [4] y utilizado en [1 y 5] de cinco medidas en dos dimensiones, mostrado en la Figura 1.



Figura 1. Modelo de CAD plano propuesto por [4].

Utilizando un software CAD/CAM/CAE (NX Siemens) se diseñó el modelo mostrado en Figura 2 con las medidas de la mano de un sujeto de prueba. Las medidas se efectuaron de manera directa mediante instrumentos de medición (calibrador vernier) y se ordenaron en la Tabla I.

Tabla 1. Medidas principales.

Descripción	Variable	Medida (mm)
Largo palma	M1	91
Ancho muñeca	M2	161
Ancho antebrazo	M3	125
Largo muñeca-antebrazo	M4	50
Largo pulgar-muñeca	M5	65



Figura 2. Modelo base de la ortesis.

Teniendo como base el modelo de la Figura 2, se lleva a cabo el diseño del modelo adaptado dando como resultado final la Figura 3. Posteriormente, se parametriza todo el modelo con las medidas principales del sujeto (Figura 5).

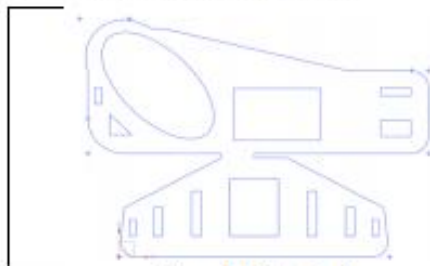


Figura 3. Diseño final.

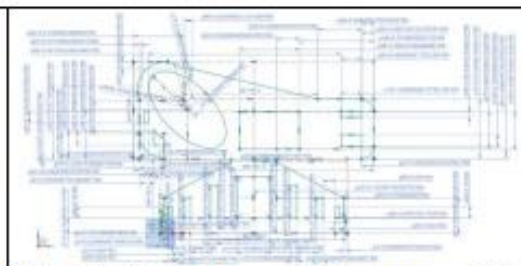


Figura 4. Diseño final parametrizado con respecto a M1, M2, M3, M4 y M5.

Después, se realiza la extrusión del sketch formando un sólido con altura de 1 mm para su impresión en 3D utilizando PLA como material de impresión. Y se realiza el proceso de termoformado con el agua a una temperatura de 80°C, en donde se sumerge la pieza hasta que ablanda, lo que propicia un ajuste a la mano del sujeto de prueba [5].

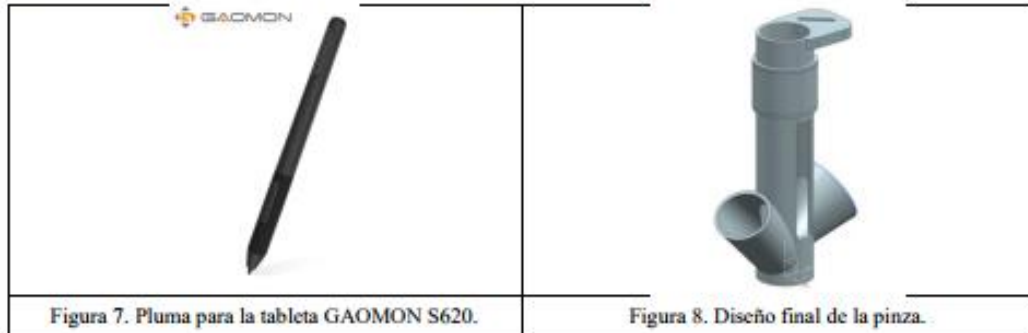


Figura 5. Ortesis impresa en 3D utilizando PLA como material de impresión.



Figura 6. Proceso de termoformado

Por otro lado, se modificó la pinza para adaptarla a la pluma (mostrada en la Figura 7), debido a que posee un diámetro diferente al del lápiz promedio y cuenta con un botón cerca del extremo inferior (donde se localiza la punta de la pluma). El diseño final de la pieza (Figura 8), al igual que la ortesis se imprime en 3D con material ácido poliláctico (PLA).



Finalmente, se obtiene el producto final con todos los elementos restantes (Figura 9 y 10).



Por otro lado, se desarrolló una App utilizando el software de alto nivel MatLab, el cual cuenta con el recurso App Designer [7], que simplifica las tareas de programación de una interfaz gráfica-visual. App Designer integra las dos tareas principales en la creación de una App:

- La distribución visual de una interfaz gráfica de usuario (GUI).
- La programación del comportamiento de la App.

La siguiente descripción sintetiza la composición, operación y funcionalidad de la aplicación, mostrando sus especificaciones y detallando de manera explícita los resultados que arroja.

Componentes:

La interfaz se compone por los siguientes elementos que se pueden clasificar en cuadros y botones.

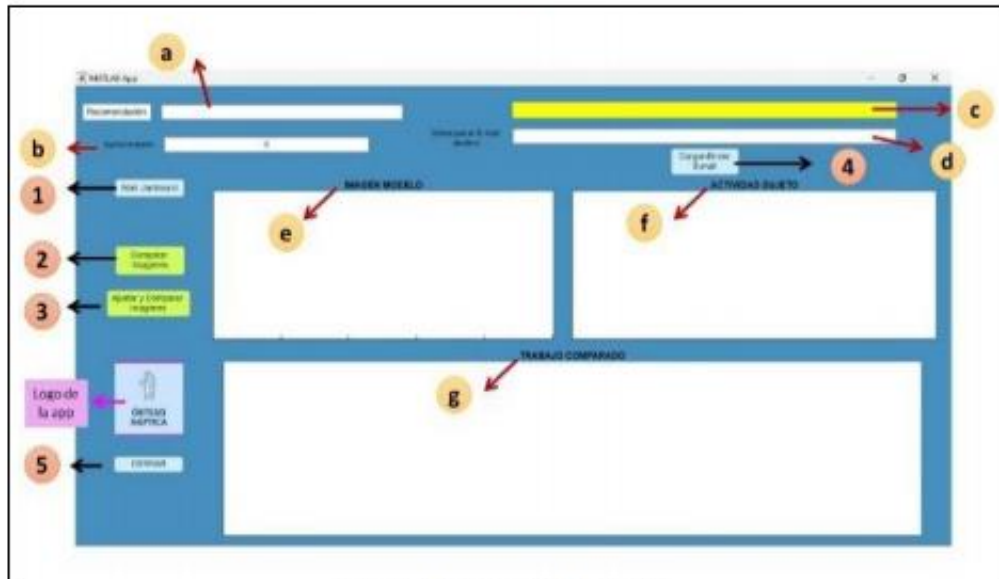


Figura 11. Componentes de la interfaz.


Cuadros (letras):

- a) Cuadro de "recomendación" espacio donde muestra una evaluación inmediata.
- b) Cuadro de "aproximación" es donde se arroja el valor definido de precisión con base en la imagen de superposición que se muestra en el cuadro de comparación.
- c) Cuadro amarillo donde se confirma el correo al que se mandó la imagen.
- d) Cuadro de texto donde se escribe el correo al que se envía la evidencia.
- e) Cuadro "modelo" donde se presentará la imagen que se ha tomado como base para la práctica y se solicita en primer lugar.
- f) Cuadro "actividad sujeto" donde se proyecta la imagen superpuesta de la imagen modelo y de la práctica que se ha solicitado en segundo lugar.
- g) Cuadro "trabajo comparado" espacio donde se muestra.

Botones (números):

- 1) Botón que abre de manera directa Jamboard
- 2) Botón que solicita dos imágenes y las superpone
- 3) Botón que solicita dos imágenes para ajustarlas y compararlas
- 4) Botón que realiza el envía el correo
- 5) Botón "cerrar" es el que cierra la ventana de la app.

Resultados:

Prototipo funcional en operación:	
<p>Primero, se acomoda la ortesis en la mano derecha del sujeto de prueba.</p>	 <p>Figura 12. Ortesis completa colocada en el sujeto de prueba.</p>
<p>Después, se coloca el ejercicio modelo a realizar en el centro de la tableta y esta se conecta a la computadora. Es así como el sujeto de prueba está listo para realizar el ejercicio con la supervisión del terapeuta encargado.</p>	 <p>Figura 13. Imagen de la aplicación abierta y el ejercicio modelo colocado en la tableta y conectado a la computadora.</p>
<p>Se abre la aplicación desde el ejecutable y una vez que se visualiza la interfaz se puede presionar el botón 1 (Figura 14) para realizar la actividad de garabateo en Jamboard, misma que se descargará como imagen en la carpeta donde se tiene la imagen modelo (Figura 15).</p>	 <p>Figura 14. Botón 1</p>  <p>Figura 15. Descarga de imagen</p>
<p>Una vez descargada la imagen en la carpeta se presiona el botón 2 (abre la ventana de la carpeta donde se guardó la actividad realizada por el niño y los modelos de prueba que se toman como base para realizar el garabateo y trazo). La ventana se abre dos veces para seleccionar las imágenes una por una.</p>	 <p>Figura 16. Selección de la imagen modelo.</p>  <p>Figura 17. Selección de la actividad del infante.</p>

En caso de que se requiera un ajuste en la imagen del garabateo con respecto a la imagen modelo, se presiona el botón 3, que ajusta y a la vez compara las imágenes (Figura 19) y se sigue el mismo procedimiento de selección de imágenes que se mencionó con anterioridad.

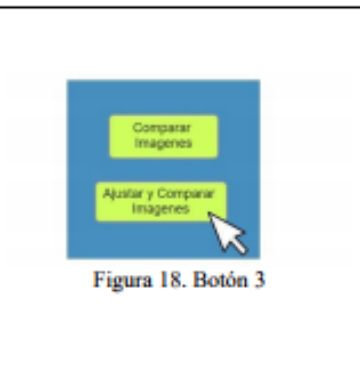


Figura 18. Botón 3

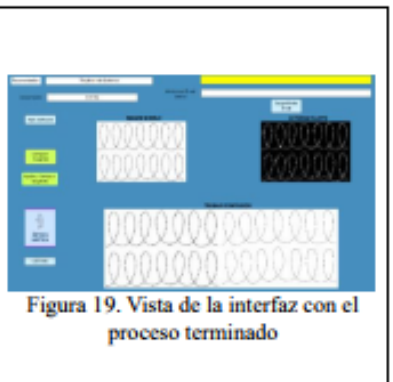


Figura 19. Vista de la interfaz con el proceso terminado

La aplicación puede arrojar tres recomendaciones con base en el valor de aproximación. La primera puede ser la de “prueba superada” (Figura 20). La segunda la de “requiere más sesiones” (Figura 21). o la última “aún en proceso” (Figura 22).

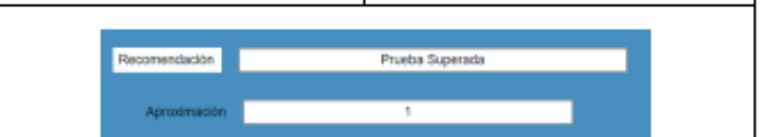


Figura 20. Recomendación de prueba superada



Figura 21. Recomendación de requiere más sesiones



Figura 22. Recomendación de aún en proceso

La app también da la oportunidad de poder enviar la imagen superpuesta “avnc2” vía electrónica, para ello se puede escribir el correo electrónico en el cuadro d y enviarlo presionando el botón 4, una vez enviado se puede corroborar el correo al que se envió en el cuadro c y con un mensaje de confirmación que se muestra una vez se haya realizado el envío. (Figura 23).



Figura 23. Confirmación del envío

Conclusión

El uso del dispositivo háptico es altamente factible, así como, su incorporación y servicio a la sociedad es totalmente viable. La ortesis (especialmente el agarre del lápiz de tipo trípode o digital dinámico) corregirá la posición de la mano y el antebrazo al momento de realizar los trazos y tomar la pluma. Por otro lado, la aplicación tiene un rol fundamental en este proceso, debido a que, al terminar las actividades por completo y seguir las indicaciones del trazo, se puede lograr un mayor dominio de la motricidad fina. Es relevante mencionar que se requiere la incorporación de profesionales de la salud, de la electrónica y de software; para mejorar su aplicación e incrementar su grado de eficiencia y eficacia, desarrollando la confianza del usuario final a través de pruebas conjuntas e integradoras que documenten los procesos y fomenten la sistematización continua.

Agradecimientos

Al Dr. Filiberto Candia García por aceptarme y guiarme en este proyecto, brindándome su apoyo, tiempo, experiencia y conocimientos en la elaboración de este trabajo de investigación.

A la estudiante de la carrera de Ingeniería industrial Itzel Solano Lineras por brindarme su apoyo y asesoramiento en la elaboración de la app de escritorio.

Referencias

- [1] F. Candia, C. Torres, C. M. d. R. y D. A. Crispin, «La impresión 3D y la motricidad fina en niños durante la primera infancia,» del XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Bogotá, 2022.
- [2] D. Escobar y O. A. Vivas, «Sistemas hápticos: Una revisión,» *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 10, n° 1, pp. 47-54, 2018.
- [3] F. Hernando, «Leer con las manos. Una revisión sobre los estudios hápticos,» *Mediaciones de la Comunicación*, vol. 14, n° 1, pp. 151-160, 2019.
- [4] D. Popescu, «Fast production of customized three-dimensional-printed hand splints» *Rapid Prototyping Journal*, vol. 26, n° 1, pp. 134-144, 2019.
- [5] A. E. Rodríguez, V. M. Herrero, V. M. Asencio, F. J. Guerrero, Á. E. Cañibano, S. J. Merino y P. M. Fernández, «Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos,» de XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM, Pachuca, 2021.
- [6] A. Sevilla Valcarce, «Lista de control para un adecuado agarre del lápiz,» *Rev. infanc., educ. aprendiz*, vol. 3, n.º 2, pp. 324-330, jun. 2017.
- [7] The MathWorks, Inc., «MATLAB App Designer» 2023. [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>. [Último acceso: 08 05 2023].
- [8] D. C. Vásquez Gamboa, «Estrategias didácticas para mejorar la motricidad fina en niños de tres años,» *Cientifi-k*, vol. 6, n.º 1, pp. 70-76, jun. 2018.

FEPRO- XV COMPETENCIA 2023 (BUAP)

En colaboración con Itzel Solano Linares, estudiante universitaria BUAP de la facultad de Ingeniería Industrial, se realizó una app que forma parte del dispositivo háptico, junto con la ortesis.

Dispositivo háptico como asistente para la supervisión de tareas de garabateo en la primera infancia

Citlalli Torres Flores, Itzel Solano Linares, Filiberto Candia García
Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, México

citlalli.torresf@alumno.buap.mx
itzel.solanol@alumno.buap.mx
filiberto.candia@correo.buap.mx

Abstract— Ser inclusivos en la Universidad con el sector educativo infantil entendido como conjunto de individuos vulnerables de la sociedad, requiere asumir un compromiso como profesionales, que permita mejorar sus habilidades motrices para la escritura a través de dispositivos de asistencia parental que aprovechan los beneficios de la integración multidisciplinaria (diseño mecánico, programación de App's, tecnología háptica y terapia física). Para dar solución a la problemática que se presenta, como; falta de supervisión, revisión y retroalimentación de las tareas de garabateo en el momento que los niños se encuentran en desarrollo de sus destrezas motoras para la escritura formal, cuando los padres ceden la responsabilidad hacia terceros (asistente de terapia) por obligaciones laborales. Siendo el objetivo generar el vínculo de interacción tecnológica que favorece la comunicación asincrónica de las actividades de los niños con los tutores para su revisión/supervisión. El dispositivo se propone como un prototipo funcional que integra las áreas de diseño mecánico, manufactura aditiva (impresión 3D), tecnología háptica y desarrollo de software (App de escritorio). El resultado es la integración de un prototipo funcional que permite a los tutores el recibo de un archivo de imagen con la tarea del infante, que ha realizado en una tarjeta háptica, cuya evidencia se recoge a través del desarrollo de software y se envía vía correo electrónico al tutor. Se concluye que mediante la intención multidisciplinaria es factible fortalecer la relación académica de los niños en la primera infancia (mejora de la motricidad fina) y los padres a través de interacción a distancia.

Palabras clave: ortesis, app informática, prototipo funcional, motricidad fina, supervisión.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando un niño aprende a escribir en sus primeros años de escuela, empieza su desarrollo motor realizando movimientos básicos que en un futuro tendrán mejor fluidez y por ende rapidez en su escritura. Estos precedentes a la escritura formal requieren el ejercicio de los movimientos de la mano y dedos al hacer trazos y líneas, lo que implica, que el niño debe interiorizar los movimientos finos con distintos materiales que permiten una mejora en sus destrezas [3] y el desarrollo correcto de los movimientos de coordinación óculo – manual con precisión, eficacia, armonía y acción, es decir, la motricidad fina [15].

La correcta ejecución de los movimientos de la mano y los dedos propicia la adecuada comunicación escrita, sin embargo, al verse malograda por circunstancias externa como la falta de supervisión, revisión y retroalimentación de los tutores al infante, requiere buscar algún método externo que pueda contribuir en la mejora de la movilidad, uno estos métodos están profundamente enraizados en las experiencias de uso de pantallas como interfaces [6].

Este concepto, denominado háptico, sostiene que cada relación humano-tecnología es también una relación cuerpo-herramienta, y como tal, considera que la interfaz de pantalla es un aspecto que forma parte de nuestro cuerpo; es decir, el uso rutinario de las pantallas se ha convertido en parte de nuestra experiencia [6]. Por lo general, ha estado relacionado con la descripción y comprensión de todo aquello basado con el sentido del tacto [9], y al ser un área tecnológica que apenas se empieza a desarrollar [2] ofrece un campo con gran oportunidad de crecimiento. Además, permite obtener información de las características físicas y movimientos de una actividad cotidiana a mayor detalle del objeto con el que un usuario interactúa [4].

Por lo que, al diseñar un dispositivo háptico que contribuye en la retroalimentación a los infantes y las acciones de terapia física musculoesquelética, puede brindar una mejora

en la motricidad fina de los niños que se encuentran en la primera infancia. [13]

Al fortalecer esta destreza, se previene condiciones inadecuadas como: mal agarre de la pinza trípode que afecta en la escritura de los futuros jóvenes, adultos y adultos mayores [11].

Una solución a este problema, es la realización de ejercicios de garabateo y trazo durante la primera infancia utilizando una ortesis personalizada, diseñada por medio de la tecnología CAD/CAM/CAE e impresa en 3D con material ácido poliláctico (PLA) que propicia la mejora la destreza del individuo en un pronto futuro.

Sin embargo, al no tener un acompañamiento adecuado en la supervisión y revisión de la correcta ejecución del movimiento durante la elaboración de las actividades, genera la falta de conocimiento en el progreso del infante.

Se considera que al fabricar un prototipo funcional que fusione la ortesis con una aplicación informática y que permita al padre o tutor tener las herramientas necesarias para dar seguimiento a la mejora de la motricidad fina, el dispositivo debe permitir:

- Hacer un ejercicio de garabateo para un individuo que requiere desarrollar mayor destreza en la motricidad fina y registrarlo de manera digital.
- Ejecutar una aplicación informática (App), que almacena los ejercicios modelos y la actividad realizada por el individuo, las cuales serán comparadas y analizadas.
- Proporcionar un progreso y una recomendación con base en la fidelidad de ambas imágenes.
- Mostrar visualmente una imagen del ejercicio modelo y una imagen comparada por superposición tanto de la imagen modelo como de la imagen del ejercicio realizado por el individuo, que se enviará por correo electrónico al tutor del infante, con los datos de la evaluación cualitativa.
- Esta evaluación debe tener la capacidad de indicar la mejora, haciendo énfasis en el dominio (eficiencia y eficacia que infiere el agarre funcional) y la precisión (fidelidad al seguir los trazos del ejercicio modelo).
- Con las evidencias, el tutor toma una decisión: seguir utilizando la app o buscar ayuda profesional de tipo rehabilitación.

II. DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN

Para la elaboración de un dispositivo háptico que pueda ser utilizado en tareas de garabateo será necesario desglosar los elementos que conforman el producto final, como es el caso de la tableta, una ortesis personalizada y la aplicación informática.

En el caso del celular y/o computadora, no se requiere algún dispositivo con especificaciones o marca en particular para que la App móvil funcione, sin embargo, la tableta involucra características específicas, entre ellas: tableta tipo GAOMON S620; el cual, es el modelo de tableta utilizada para realizar el diseño de la ortesis, debido a que se adapta a los componentes de la tableta para tener control, precisión y firmeza en la ejecución de los trazos o garabateo.

A. Ortesis

La ortesis personalizada es uno de los elementos que conforman el dispositivo. Generalmente se utiliza dentro del ámbito médico para mejorar una función disminuida dando soporte y rigidez a miembros superiores como: la mano, la muñeca, el antebrazo, entre otros. En este caso, representa un apoyo al momento de realizar ejercicios de garabateo con precisión y control, incluyendo, el agarre correcto del lápiz que ayudará al infante a tener una escritura correcta y una presión sobre él adecuada a futuro [12].

Un aspecto que se debe considerar dentro del diseño de la ortesis son los componentes de la tableta GAOMON, evitando que ocurra un contacto entre la piel y el área de trabajo, al mismo tiempo, que se adapte la pinza (agarre tipo trípode) a la pluma de la tableta.

Para realizar el diseño, se consultó el modelo presentado por [11] y utilizado en [1] y [9], de cinco medidas en dos dimensiones, mostrado en la Fig. 1.

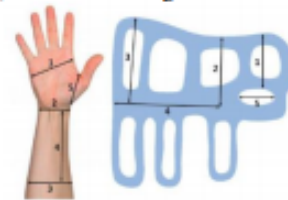


Fig. 1 Modelo de CAD plano propuesto por [4].

Por medio de un software CAD/CAM/CAE (NX Siemens) se diseña el modelo mostrado en Fig. 2 con las medidas de la mano de un sujeto de prueba. Las medidas se efectuaron de manera directa mediante instrumentos de medición (calibrador vernier) y se ordenaron en la Tabla I.

TABLA I
MEDIDAS PRINCIPALES

Descripción	Variable	Medida (mm)
Largo palma	M1	91
Ancho muñeca	M2	161
Ancho antebrazo	M3	125
Largo muñeca-antebrazo	M4	50
Largo pulgar-muñeca	M5	65

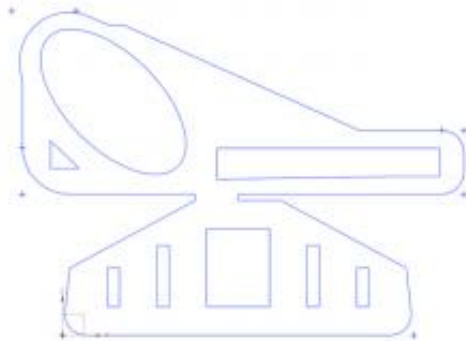


Fig. 2 Modelo base de la ortesis.

Teniendo como base el modelo de la Fig. 2, se lleva a cabo el diseño del modelo adaptado. En este caso, la ortesis tiene que evitar el contacto de la piel con la pantalla y realizar un ajuste adecuado a la mano del sujeto, dando como resultado final la Fig. 4.



Fig. 3 Modificaciones en el modelo de la ortesis.

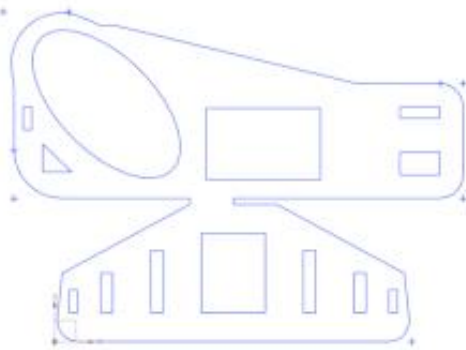


Fig. 4 Diseño final.

Posteriormente, se parametriza todo el modelo con las

medidas principales del sujeto, como se aprecia en la Fig. 5.

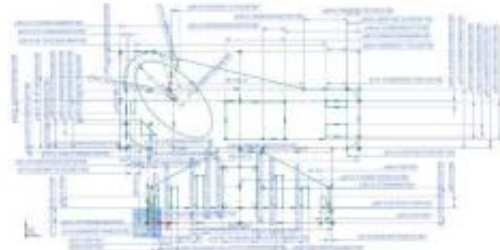


Fig. 5 Diseño final parametrizado con respecto a M1, M2, M3, M4 y M5.

Después, se realiza la extrusión del sketch formando un sólido con altura de 1 mm para su impresión en 3D utilizando PLA como material de impresión.



Fig. 6 Impresión 3D de la ortesis.



Fig. 7 Ortesis impresa en 3D utilizando PLA como material de impresión.

A continuación, se efectúa el proceso de termoformado (Fig. 8) con la pieza obtenida, calentando el agua a una temperatura de 80°C y se sumerge la pieza hasta que

ablanda, lo que propicia un ajuste a la mano del sujeto de prueba [9].



Fig. 8 Proceso de termoformado.

En este punto, es importante recalcar que la pieza debe adaptarse a la forma natural de la mano y no al diseño recto de la pieza, así, se logra tener mayor firmeza y comodidad al ocupar el dispositivo y realizar las tareas.

En la Fig. 9 la ortesis del lado izquierdo muestra un termoformado recto de la pieza, mientras que la segunda ortesis (derecha) se amolda a la forma natural de la mano.



Fig. 9 Diferencia en el ajuste del lado derecho de la ortesis termoformada.

Por otro lado, se modificó la pinza para adaptarla a la pluma (Fig. 10), debido a que posee un diámetro diferente al del lápiz promedio y cuenta con un botón cerca del extremo inferior (donde se localiza la punta de la pluma).



Fig. 10 Pluma para la tableta GAOMON S620.

La Fig. 11 es el diseño final de la pieza, en él se observa las modificaciones realizadas, y al igual que la ortesis se imprime en 3D con material ácido poliláctico (PLA).



Fig. 11 Diseño final de la pinza.

Finalmente, se obtiene el producto final con todos los elementos restantes (Fig. 12 y Fig. 13).



Fig. 12 Vista superior del modelo 3D finalizado con todos los elementos unidos.



Fig. 13 Vista inferior del modelo 3D finalizado con todos los elementos unidos.

B. Desarrollo de la aplicación

En el desarrollo de la App se utilizó el software de alto nivel MatLab, el cual cuenta con el recurso App Designer [12], que simplifica las tareas de programación de una interfaz gráfica-visual. App Designer integra las dos tareas principales en la creación de una App:

- La distribución visual de una interfaz gráfica de usuario (GUI).
- La programación del comportamiento de la App.

El código de envío de e-mail se adaptó y desarrolló a partir de los recursos de apoyo [5] que se encuentran en el apartado de Add-ons de MatLab y se muestra a continuación:

```
%% Set up Gmail SMTP service:
setpref('Internet','E_mail',mail);
setpref('Internet','SMTP_Server','smtp.gmail.com');
setpref('Internet','SMTP_Username',mail);
setpref('Internet','SMTP_Password',password);
props = java.lang.System.getProperties();
props.setProperty('mail.smtp.auth','true');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.class',
'javax.net.ssl.SSLSocketFactory');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.port','587');

%% Send the email:
sendmail(emailto,subject,message)
if strcmp(mail,'E-mail@gmail.com')
    disp('Please provide your own gmail for security
reasons.')
    disp('You can do that by modifying the first two lines of
the code')
    disp('after the bulky comments.')
end
```

Al comparar las imágenes fue necesario recurrir a las instrucciones y comandos de procesamiento de imágenes, entre las que se adoptaron las siguientes:

```
A=imread(fullpathname);
B=imread(fullpathname);
imwrite(A,'img1.jpg.jpg');
C = imfuse(A,B,'blend','Scaling','joint');
imwrite(C,'avnc1.jpg');
im1=imread('img1.jpg');
imshow(im1,'Parent',app.UIAxes)
im2=imread('avnc1.jpg');
imshow(im2,'Parent',app.UIAxes2)
```

Para cargar las imágenes desde una ventana se escribió el siguiente código, que se repite de acuerdo con la cantidad de imágenes a cargar para la comparación:

```
%global imagen:
[filename pathname]=uigetfile({'*.jpg*'},'File Selector');
fullpathname=strcat(pathname,filename);
imagen=imread(fullpathname);
imshow(imagen,'Parent',app.UIAxes);
```

C. Prototipo funcional en operación

Primero, se acomoda la ortesis en la mano derecha del sujeto de prueba (Fig. 14).



Fig. 14 Ortosis completa colocada en el sujeto de prueba.

Después, se coloca el ejercicio modelo a realizar en el centro de la tableta y esta se conecta a la computadora (Fig. 15).



Fig. 15 Imagen de la aplicación abierta y el ejercicio modelo colocado en la tableta y conectado a la computadora.

Y es así como el sujeto de prueba está listo para realizar el ejercicio con la supervisión del terapeuta encargado.

III. RESULTADO

La siguiente descripción sintetiza la composición, operación y funcionalidad de la aplicación, mostrando sus especificaciones y detallando de manera explícita los resultados que arroja.

A. Componentes

La interfaz se compone por los siguientes elementos que se pueden clasificar en cuadros y botones (Fig. 16).

- 1) *Cuadros (letras)*: La interfaz esta compuesta de 7 cuadros ordenados en la Tabla II.

TABLA II
COMPONENTES DE LA INTERFAZ (CUADROS)

Letra	Nombre	Función
a	Cuadro de "recomendación"	Espacio donde muestra una evaluación inmediata.
b	Cuadro de "aproximación"	Es donde se arroja el valor definido de precisión con base en la imagen de superposición que se muestra en el cuadro de comparación.
c	Cuadro amarillo	Donde se confirma el correo al que se mandó la imagen.
d	Cuadro de texto	Donde se escribe el correo al que se envía la evidencia.
e	Cuadro "modelo"	Donde se presentará la imagen que se ha tomado como base para la práctica y se solicita en primer lugar.
f	Cuadro "actividad sujeto"	Donde se proyecta la imagen superpuesta de la imagen modelo y de la práctica que se ha solicitado en segundo lugar.
g	Cuadro "trabajo comparado"	Espacio donde se muestra el trabajo comparado.

- 2) *Botones (números)*: La interfaz está compuesta de 5 botones ordenados en la Tabla III.

TABLA III
COMPONENTES DE LA INTERFAZ (BOTONES)

Número	Función
1	Botón que abre de manera directa Jamboard.
2	Botón que solicita dos imágenes y las superpone.
3	Botón que solicita dos imágenes para ajustarlas y compararlas.
4	Botón que realiza el envío del correo.
5	Botón "cerrar" es el que cierra la ventana de la app.

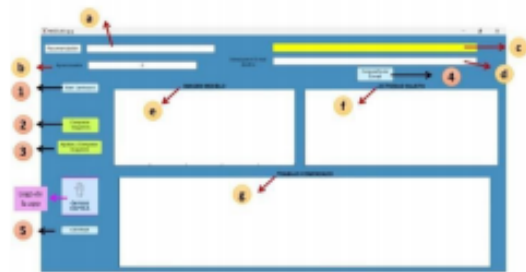


Fig. 16 Componentes de la interfaz.

B. Funcionamiento

Se abre la aplicación desde el ejecutable y una vez que se visualiza la interfaz se puede presionar el botón 1 (Fig. 17) para realizar la actividad de garabateo en Jamboard, misma que se descargará como imagen en la carpeta donde se tiene la imagen modelo (Fig. 18).



Fig. 17 Botón 1



Fig. 18 Descarga de imagen

Una vez descargada la imagen en la carpeta se presiona el botón 2, que abre la ventana de la carpeta donde previamente se guardó la actividad realizada por el niño y los modelos de prueba que se toman como base para realizar el garabateo y trazo, esta misma se programa para que sea la que se abra por defecto y se tenga fácil acceso a las imágenes (formato png).

Una vez abierta la ventana se pide seleccionar una imagen, esta será la que se mostrará en el cuadro de "modelo" y en la izquierda del cuadro g, por lo que se escoge la del modelo base con la que se ha hecho la actividad

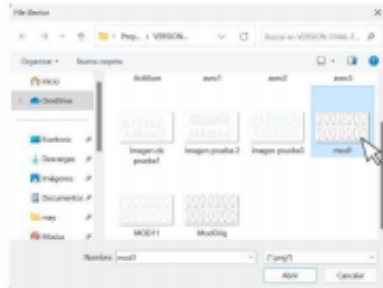


Fig. 19 Selección de la imagen modelo.

En automático se abrirá nuevamente la ventana para seleccionar una nueva imagen, esta será la actividad que realizó el infante, misma que aparecerá en la derecha del cuadro g.

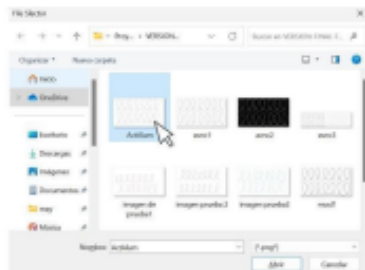


Fig. 20 Selección de la actividad del infante.

Después de unos segundos la aplicación superpone ambas imágenes creando una nueva guardada como "avnc2" y la del trabajo comparado como "avnc3" (Fig. 21) en la misma carpeta de donde se extraen las imágenes.

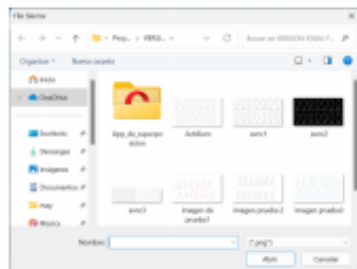


Fig. 21 Imágenes de avance guardadas

En caso de que se requiera un ajuste en la imagen del garabateo con respecto a la imagen modelo, se presiona el botón 3, que ajusta y al mismo tiempo compara las imágenes (Fig. 22) y se sigue el mismo procedimiento de selección de imágenes que se mencionó con anterioridad.



Fig. 22 Botón 3

Una vez realizado todo el proceso de selección se puede visualizar en la interfaz el resultado final (Fig. 23).

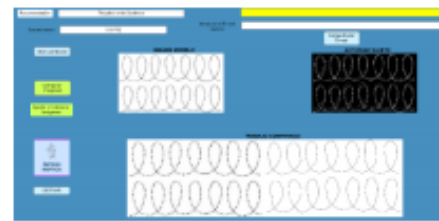


Fig. 23 Vista de la interfaz con el proceso terminado

En este proceso la aplicación puede arrojar tres recomendaciones con base en el valor de aproximación, siendo la primera: "prueba superada" (Fig. 24), la segunda: "requiere más sesiones" (Fig. 25) o la última: "aún en proceso" (Fig. 26).

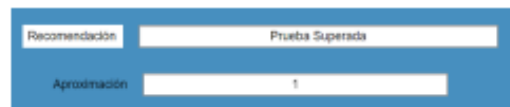


Fig. 24 Recomendación de prueba superada



Fig. 25 Recomendación de requiere más sesiones



Fig. 26 Recomendación de aún en proceso

La app también da la oportunidad de poder enviar la imagen superpuesta "avnc2" vía electrónica, para ello se puede escribir el correo electrónico en el cuadro d y enviarlo presionando el botón 4, una vez enviado se puede corroborar el correo al que se envió en el cuadro c con un mensaje de confirmación que se muestra en la pantalla una vez se haya realizado el envío. (Fig 27)



Fig. 27 Confirmación del envío

Si no se requiere realizar otra comparación, cerramos la app con el botón 5 (Fig. 28).

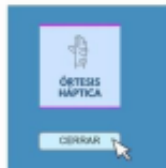


Fig. 28 Cierre de la app

IV. DISCUSIÓN

Para comprobar la eficiencia y eficacia del prototipo se realizó una encuesta de 10 preguntas a los tutores y sujetos de prueba acerca de su experiencia en el uso del dispositivo.

A continuación, se muestran los resultados:

Pregunta 1:

El interés del sujeto de prueba por utilizar un dispositivo de apoyo para mejorar la motricidad fina es:

Resultado:

Se obtuvo en un 85.7% de los encuestados que es favorable el interés del sujeto de prueba por utilizar un dispositivo de apoyo para mejorar la motricidad fina, mientras que el 14.3% opina que no es favorable su interés hacia el mismo. Esto indica, que hay un gran interés por el uso del dispositivo y se confía en que puede traer grandes beneficios.



Fig. 29 Gráfica de resultados de la pregunta 1

Pregunta 2:

La función del asistente de perfeccionamiento de motricidad fina para orientar el incremento de autonomía del sujeto de prueba es:

Resultado:

Se obtuvo en un 85.7% que es relevante la función del asistente de perfeccionamiento en el proceso del sujeto de prueba hacia la autonomía, aunque el 14.3% opina que es deseable la función del asistente. Por lo que, es posible que el asistente de perfeccionamiento tenga un rol vital en la construcción de la autonomía del sujeto de prueba al guiarlo en su uso y correcto funcionamiento del mismo.



Fig. 30 Gráfica de resultados de la pregunta 2

Pregunta 3:

Como tutor mi opinión personal para utilizar el servicio de entrega de evidencias para perfeccionar el dominio de la motricidad fina es:

Resultado:

Se tiene que un 14.3 % opina que no es favorable el servicio de entrega de evidencias, por el contrario, por otro lado, un 85.7% demuestra una opinión favorable hacia este servicio, lo que indica, que la función es importante para perfeccionar el dominio de la motricidad fina.



Fig. 31 Gráfica de resultados de la pregunta 3

Pregunta 4:

Se observa que el sujeto al utilizar el agarre del lápiz de tipo trípode o digital dinámico, se encuentra:

Resultado:

El 85.7% encuentra el agarre del lápiz de tipo trípode cómodo, no obstante, se considera incomodo en un 14.3%. Por lo que se tiene una gran aceptación entre los encuestados sobre el uso de agarre del lápiz.



Fig. 32 Gráfica de resultados de la pregunta 4

Pregunta 5:

¿En la postura que adopta el sujeto ninguna articulación de los dedos hiperextendida o doblada en demasía?

Resultado:

Dentro de las respuestas obtenidas, el 57.14% considera que es cierto que al usar la ortesis ninguna articulación de los dedos está hiperextendida o doblada en demasia, mientras que el 42.86% opina que las articulaciones de los dedos están dobladas en demasia o hiperextendidos. Estos resultados, al tener una mínima diferencia pueden indicar que depende de la posición que adopta el sujeto de prueba al usarlo (es decir, depende de cada uno) o que no hubo un asistente que pueda guiarlos al usar la ortesis, lo que refuerza la función de esté durante el proceso.



Fig. 33 Gráfica de resultados de la pregunta 5

Pregunta 6:

¿La posición de descanso que configura el antebrazo sobre la superficie al momento realizar los trazos o el garabateo se encuentra?

Resultado:

En esta pregunta, el 57.14% respondió que su antebrazo está completamente sobre la superficie, el 28.57% menciona que el antebrazo esta parcialmente sobre la superficie y el 14.29% considera que no descansa en la superficie. Con ello, se puede interpretar que se necesita un asistente que pueda guiar al sujeto de prueba en la correcta posición del antebrazo al momento de hacer el ejercicio.



Fig. 34 Gráfica de resultados de la pregunta 6

Pregunta 7:

La postura más favorable de la mano al momento de escribir es cuando la muñeca está ligeramente doblada hacia atrás y se inclina hacia adelante. ¿El sujeto de prueba transita hacia esta forma?

Resultado:

Se obtuvo en un 100% de aceptación en que la muñeca al estar ligeramente doblada hacia atrás se inclina ligeramente hacia adelante siendo la postura más favorable y la que adopta la mano al momento del uso de la ortesis, lo que indica su correcto funcionamiento al adoptar la misma postura en los sujetos de prueba.



Fig. 35 Gráfica de resultados de la pregunta 7

Pregunta 8:

Cada actividad que realiza el sujeto de prueba debe finalizar de manera completa, por lo tanto, el grado de eficiencia es (no deja a medias la actividad):

Resultado:

Los resultados mostraron que el 85.7% opina que cada actividad realizada por completo genera un grado alto de eficiencia y en un 14.3% considera que un grado de eficiencia es medio, esto indica que el sujeto de prueba pueda mejorar su motricidad fina en gran medida al realizar los ejercicios completos.



Fig. 36 Gráfica de resultados de la pregunta 8

Pregunta 9:

Al seguir de manera correcta las indicaciones de trazo o garabateo el grado de eficacia es (realiza una copia con alta aproximación a lo solicitado):

Resultado:

Coincide completamente en un 100% que al realizar de manera correcta las indicaciones del trazo se obtiene un grado de eficacia alto, lo que garantiza el funcionamiento de la ortesis.



Fig. 37 Gráfica de resultados de la pregunta 9

Pregunta 10:

Al requerir menor apoyo del asistente (por iniciativa propia el sujeto de prueba termina la actividad del trazo o garabateo con alta aproximación a forma original) el individuo demuestra un grado de autonomía:

Resultado:

Se tiene que un 85.7% considera un grado de autonomía alta al requerir menor apoyo del asistente, por el contrario,

el 14.3% afirma que puede tener un grado de autonomía medio. Lo que significa que, al retirar poco a poco la ayuda del asistente, el sujeto de prueba puede completar correctamente el ejercicio solo.



Fig. 38 Gráfica de resultados de la pregunta 10

V. CONCLUSIÓN.

Existe un gran interés en el uso del prototipo por parte de la mayoría de los padres de familia, debido a que existen varios puntos a favor, como la ortesis (especialmente el agarre del lápiz de tipo trípode o digital dinámico) la cual es cómoda y al empezar a usarlo con la guía de un asistente de perfeccionamiento, corregirá la posición de la mano y el antebrazo al momento de realizar los trazos y tomar la pluma.

Por otro lado, la aplicación tiene un rol fundamental en este proceso, debido a que, al terminar las actividades por completo y seguir las indicaciones del trazo, se logra un grado de eficiencia y eficacia alto, además, su servicio de entrega de evidencias permite perfeccionar el dominio de la motricidad fina. Así, al incrementar su uso y requerir menos apoyo del asistente, poco a poco se obtendrá un alto grado de autonomía y mejoras es las habilidades de escritura.

Finalmente, el uso del dispositivo háptico es altamente factible, así como, su incorporación y servicio a la sociedad es totalmente viable. Es relevante mencionar que se requiere la incorporación de profesionales de la salud, de la electrónica y de software; para mejorar su aplicación e incrementar su grado de eficiencia y eficacia, desarrollando la confianza del usuario final a través de pruebas conjuntas e integradoras que documenten los procesos y fomenten la sistematización continua.

REFERENCIAS

- [1] F. Candia, C. Torres, C. M. d. R. y D. A. Crispin, "La impresión 3D y la motricidad fina en niños durante la primera infancia", del XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Bogotá, 2022.
- [2] W. V. Culque, L. A. Llerena y F. A. Viscaino, "Simulador electrónico con Feedback háptico para entrenamiento pedagógico", Revista Conrado, vol. 18, n° 85, pp. 198-202, 2022.
- [3] C. Y. Delgado, Y. Samada y J. M. Zambrano, "La motricidad fina y su influencia en el desarrollo de la escritura", Dominio de las Ciencias, vol. 8, n° 3, pp. 1748-1767, 2023.
- [4] D. Escobar y O. A. Vivas, "Sistemas hápticos: Una revisión", Journal de Ciencia e Ingeniería, vol. 10, n° 1, pp. 47-54, 2018.

- [5] K. Feng, *Send Text Message to Cell Phone*, MATLAB Central File Exchange, 2023.
- [6] F. Hernando, "Leer con las manos. Una revisión sobre los estudios hápticos", Mediaciones de la Comunicación, vol. 14, n° 1, pp. 151-160, 2019.
- [7] V. Z. Pérez y M. Santís-Chaves, "Interfaces hápticas: sistemas cinestésicos vs sistemas táctiles", Revista EIA, vol. 13, n° 26, pp. 13-29, 2017.
- [8] D. Popescu, "Fast production of customized three-dimensional-printed hand splints", Rapid Prototyping Journal, vol. 26, n° 1, pp. 134-144, 2019.
- [9] QuéTabletaGráfica.com, *GAOMON S620 Opiniones y Análisis Tableta Gráfica compatible con Android*, 09 agosto del 2023. [En línea]. Available: <https://quetabletagrafica.com/gaomon-s620/>.
- [10] A. E. Rodríguez, V. M. Herrero, V. M. Asencio, F. J. Guerrero, Á. E. Cañibano, S. J. Merino y P. M. Fernández, "Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos", de XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM, Pachuca, 2021.
- [11] A. Sevilla Valcarce, "Lista de control para un adecuado agarre del lápiz", Rev. infanc., educ. aprendiz, vol. 3, n° 2, pp. 324-330, jun. 2017.
- [12] The MathWorks, Inc., *MATLAB App Designer*, 2023. [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/products/matlabapp-designer.html>. [Último acceso: 08 05 2023].
- [13] D. C. Vásquez Gamboa, "Estrategias didácticas para mejorar la motricidad fina en niños de tres años", Cientifi-k, vol. 6, n° 1, pp. 70-76, jun. 2018.

Anexo 6:

Reconocimientos/constancias obtenidas a partir de los artículos publicados de la investigación:

Constancia de participación en VIEP - Programa Haciendo Ciencia en la BUAP 2022.



BUAP

"HUP, 50 años de enseñanza y salud"

Id: BUAP-VIEP-HCBUAP22/31-38/22

Folio: 925

A QUIEN CORRESPONDA:

El que suscribe **Dr. Arturo Fernández Téllez**, Director General de Divulgación Científica de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, hace constar que

Citlalli Torres Flores

Participó con el proyecto de investigación: "Integración de la impresión 3D y la rehabilitación mediante terapia física", bajo la asesoría del **Dr. Filiberto Candia García**, en el Programa *Haciendo Ciencia en la BUAP 2022*, mismo que se llevó a cabo del 01 de agosto al 23 de septiembre de 2022.

Se extiende la presente en la Heroica Puebla de Zaragoza a los veintiséis días del mes de septiembre del año dos mil veintidós.

Atentamente
"Pensar Bien, para Vivir Mejor"

Dr. Arturo Fernández Téllez



Vicerrectoría de Investigación y
Estudios de Posgrado

Torre de Gestión Académica y
Servicios Administrativos, Piso 6
Avenida Central, Ciudad Universitaria
Puebla, Pue. C.P. 725 70
Teléfono: 229 55 00 Ext: 5720, 5621

Constancia de participación en VIEP - Programa Haciendo Ciencia en la BUAP 2023.



BUAP

Registro:
BUAP-VIEP/HCP23/12-25/23
Folio: 4806

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

A través de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado

otorga la presente

CONSTANCIA

A: **Citlalli Torres Flores**

Por su valiosa participación, con el proyecto de investigación: "Integración de dispositivo háptico como asistente para la supervisión de las tareas de garabateo en la primera infancia", bajo la asesoría del Dr. Filiberto Candia Garcia, en el programa "Haciendo Ciencia en la BUAP primavera 2023", mismo que se llevó a cabo del 21 de marzo al 23 de junio del presente año, como parte de las acciones del Plan de Desarrollo Institucional 2021 - 2025.

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a 26 de junio de 2023

Dr. Arturo Fernández Téllez
Director General de Divulgación Científica



Constancia de participación en FEPRO- XV COMPETENCIA 2023 (BUAP)



TWITTER
@FePro...



INSTAGRAM
@Feria de
Proyectos



FACEBOOK
FP, FePro



YOUTUBE
FeproBUAP

FEPRO 2023 ¡SEAMOS DISRUPTIVOS!

ASUNTO: CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Equipo participante de la XV Competencia
Feria de Proyectos FEPRO 2023 "¡Seamos disruptivos!".
PRESENTE.

En nombre del Comité Organizador de la Feria de Proyectos - FePro, le(s) notificamos que su proyecto de nombre:

Dispositivo háptico como asistente para la supervisión de tareas de garabateo en la primera infancia.

fue ACEPTADO para ser presentado en la XV edición de FEPRO 2023 ¡Seamos disruptivos! participando como equipo expositor dentro de la categoría:

Aplicaciones Avanzadas

Los participantes que expondrán el proyecto mencionado se enlistan a continuación:

- 1.- Citlalli Torres Flores
- 2.- Itzel Solano Linares

Agradecemos de antemano su destacada participación y les deseamos mucha suerte para ser de los proyectos finalistas... ¡Seamos disruptivos!

ATENTAMENTE

H. Puebla de Zaragoza a 1 de octubre de 2023

**COMITÉ ORGANIZADOR
FEPRO 2023 ¡SEAMOS DISRUPTIVOS!**

BUAP

Benemérita
Universidad
de Puebla Autónoma



Constancia de participación en FEPRO- XV COMPETENCIA 2023 (BUAP)

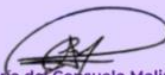


Se otorga la presente
CONSTANCIA A:
Citlalli Torres Flores


Por su participación con el proyecto:
Dispositivo háptico como asistente para la supervisión de tareas de
garabateo en la primera infancia.
en la categoría:

Aplicaciones Avanzadas

en la XV Competencia Feria de Proyectos FEPRO 2023
¡Seamos disruptivos!
Celebrada el 7 y 8 de septiembre del 2023 en el Centro
de Convenciones - CU BUAP


M.I. María del Consuelo Molina García
Directora




M.C. Yalú Galicia Hernández
Coordinadora General de Feria de Proyectos

**Constancia en el QUINTO FORO INTERNACIONAL DE POLITICAS PUBLICAS
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE:**



BUAP

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

A través del Instituto de Ciencias de Gobierno y Desarrollo Estratégico, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Economía, el Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Lic. Alfonso Vélaz Pliego" y la Facultad de Arquitectura

otorga la presente

CONSTANCIA

A: Citlalli Torres Flores

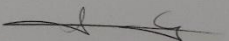
Por su participación como ponente con el tema:

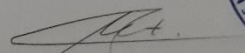
La tecnología como agente dinámico y participativo de una sociedad plural, incluyente y sostenible,

en el marco del **QUINTO FORO INTERNACIONAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE:** "Agenda Pública y Derechos Humanos. Retos y prioridades para una sociedad plural, incluyente y sostenible"

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a 22 de septiembre de 2023


Dr. Jorge Luis Castillo Durán
Director ICGDE


Dr. Mario Miguel Carrillo Huerta
Presidente Comité Organizador



AGENDA PÚBLICA Y DERECHOS HUMANOS

PARA UNA SOCIEDAD PLURAL E INCLUYENTE



OLGA VÁZQUEZ GUZMÁN
MARIO MIGUEL CARRILLO HUERTA
SERGIO FLORES GONZÁLEZ
(COORDINADORES)

BUAP


Montiel & Soriano
EDITORES



BUAP

Instituto de
Ciencias de Gobierno
y Desarrollo Estratégico

La tecnología como agente dinámico y participativo de una sociedad plural, incluyente y sostenible

*Filiberto Candia García**

*Citlalli Torres Flores***

*Sergio Ponce de León de la Huerta****

Resumen

Articular una propuesta que transfiera un apoyo tecnológico al sector educativo o de asistencia, como medio para prevenir la discapacidad de comunicación mediante la expresión escrita desde la primera infancia. Requiere de la intervención de una política pública que proporcione los recursos necesarios para su implementación y asocie las capacidades tecnológicas de las Universidades públicas. Con la finalidad de aprovechar los beneficios de la tecnología, como un agente dinámico que permite interactuar de manera participativa a la sociedad. Considerando a la sociedad como plural, ya que atiende desde diferentes enfoques la inclusión de las personas con discapacidad, inclusive antes de que esta se presente. Permitiendo que, al participar un mayor número de personas de manera productiva en empleos formales y remunerados superior al salario mínimo, la economía avance de manera sostenible hacia la autonomía y soberanía.

Palabras clave: Educación inclusiva, Desarrollo Sostenible, Dispositivos tecnológicos.

I. Introducción

El antecedente del presente trabajo se expone con apoyo de la Ley General para la Inclusión Social (Cámara de Diputados del H. Congreso de Unión, 2023) y se entiende por discapacidad a la limitación de una persona para tener en términos igualitarios una inclusión plena y efectiva en la sociedad. Generando su presencia una condición de discriminación que consiste en dejar sin efecto el reconocimiento igualitario de todos los derechos humanos y libertades fundamentales en los ámbitos político, económico, social, cultural, civil o de otro tipo. Entre las condiciones de marginación y vulnerabilidad se identifica que la baja capacidad de comunicación escrita (en cualquier etapa de la vida humana) tiende a preservar el analfabetismo en diferentes grados, disminuyendo la capacidad de los individuos para ser empleados y remunerados de

* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

** Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

*** Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Agenda Pública y Derechos Humanos para una Sociedad Plural e Incluyente

La prevención del *bullying* en el marco del derecho a una vida libre de violencia

Louise Mary Greathouse Amador

Alejandra Justin de la Fuente Laudo

Juan Pablo Prado Lallande 195

III. Gobernanza, Posmodernidad y Participación Social en la Agenda Pública y los Derechos Humanos; Modelos, Políticas y Estrategias Viables..... 203

Los derechos fundamentales y la Agenda 2030 en la planeación en México 2022-2024

Aracey Berenice Fuentes Rivas

Juan Carlos Centeno Maldonado 204

Riesgos y costos de la migración irregular de mexicanos hacia los EEUU

Miguel Ángel Corona Jiménez 232

La gobernanza de los espacios públicos desde una perspectiva de los grupos de interés en Puebla

Sergio Alvarado Vázquez

César Casiano Flores 242

Síndrome post-Covid, nutrición y salud: Retos y prioridades para una sociedad plural, incluyente y sostenible

Guadalupe Ruiz Vivanco..... 253

Acciones participativas en las políticas públicas, necesarias para mitigar la resistencia vecinal. Caso colonia Jardines de San Manuel, Puebla

Michelle Flores Barrales

María Lourdes Guevara Romero

Stephanie Scherezada Salgado Montes..... 261

La tecnología como agente dinámico y participativo de una sociedad plural, incluyente y sostenible

Filiberto Candia García

Citlalli Torres Flores

Sergio Ponce de León de la Huerta 270

Espacio público con perspectiva de género. Unidad Habitacional Infonavit Amalucan, Puebla- México

Andrea Juárez Barranco

Stephanie Scherezada Salgado Montes

María de Lourdes Flores Lucero 278

Agenda Pública y Derechos Humanos para una Sociedad Plural e Incluyente

Olga Vázquez Guzmán
Mario Miguel Carrillo Huerta
Sergio Flores González
(Coordinadores)

Primera Edición: Diciembre, 2023
ISBN versión impresa: 978-607-8857-86-9
ISBN versión digital: 978-607-8857-87-6

Montiel & Soriano Editores S.A. de C.V.
15 sur 1103-6 Col. Santiago
Puebla, Pue

Diseño de Portada: Mario Luna Cholula

Instituto de Ciencias de Gobierno y Desarrollo Estratégico
Av. Cúmulo de Virgo s/n. Acceso 4, CCU. Puebla, Pue. C.P. 72810
www.icgde.huap.mx

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
4 Sur #104; Col. Centro C.P. 72000

Dra. Ma. Lilia Cedillo Ramírez
Rectora

Mtro. José Manuel Alonso Orozco
Secretario General

Dr. Ygnacio Martínez Laguna
Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado

Dr. Jorge Luis Castillo Durán
Director del ICGDE

Colegio Interdisciplinario de Especialización (CIES)
Río Suchiate no. 5910 Jardines de San Manuel
Puebla, Pue.



ESTA OBRA HA SIDO DICTAMINADA FAVORABLEMENTE POR PARES ACADÉMICOS MEDIANTE UN SISTEMA DOBLE CIEGO.

Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada en, o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea este mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro sin el permiso previo por escrito de los autores.

Impreso y Hecho en México / *Printed and bound in México*

Solicitud de patente:

gob mx	
Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial	
Solicitud de Patente de Invención o de Registro de Modelo de Utilidad o de Registro de Diseño Industrial	
Homoclave del formato IMPI-00-009 Fecha de publicación del formato en el DOF 18 / 11 / 20	Folio y Fecha de Recepción 
Datos generales de la solicitud Marcar con una X sólo una opción. <input checked="" type="radio"/> Solicitud de Patente de Invención <input type="radio"/> PCT <input type="radio"/> Solicitud de Registro de Modelo de Utilidad <input type="radio"/> PCT <input type="radio"/> Solicitud de Registro de Diseño Industrial, especifique: <input type="radio"/> Modelo Industrial <input type="radio"/> Dibujo Industrial	
Datos generales del o de los solicitante(s)	
Personas físicas CURP: Nombre(s): Primer apellido: Segundo apellido: Nacionalidad: Teléfono (número, extensión): Correo electrónico: <input type="radio"/> El solicitante es el inventor/diseñador <input type="radio"/> Continúa en anexo	Personas morales RFC: UAP370423PP3 Denominación o razón social: BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA Nacionalidad: MEXICANA Teléfono (número, extensión): MEXICANA Correo electrónico: juridicbuap@hotmail.com <input checked="" type="radio"/> Continúa en anexo
Domicilio del o de los solicitante(s)	
Código postal: 72570	
Calle: Avenida san Claudio, Torre de Gestión Académica y Servicios Administrativos, Ciudad Universitaria <small>(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Anillo Carretero, Calzada Condesa, etc.)</small>	
Número exterior: 1401	Número interior: PISO 15
Colonia: San Manuel <small>(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Itzamal, Fraccionamiento, Tepic, etc.)</small>	
Municipio o demarcación territorial: Puebla	
Entidad Federativa: Puebla	
País: México	
Datos generales del o de los inventor(es) o diseñador(es)	
CURP: CAGF760822HPLNRL07	
Nombre(s): Filiberto	
Primer apellido: Candia	
Segundo apellido: Garcia	
Nacionalidad: Mexicana	
Teléfono (número, extensión): 2222295500 ext. 3058	
Correo electrónico: filiberto.candia@correo.buap.mx <input checked="" type="radio"/> Continúa en anexo	



Contacto:

Aronal # 550, Pueblo Santa María Tepepan, Kochimilco, C.P. 16020, Ciudad de México.
Teléfono: 55-53-34-07-00 en la Ciudad de México y área metropolitana, del interior de la República sin costo para el usuario 800-570-59-90, extensiones 10098, 10030 y 10026.
Correo electrónico: do@impi.gob.mx

Creación del Área de Patentes

Página 3 de 4

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Domicilio del o de los inventor(es) o diseñador(es)

Código postal: 72570	
Calle: <small>(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Avila Camacho, Calzada, Corredor, etc.)</small> Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria	
Número exterior: s/n	Número interior:
Colonia: <small>(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Hálago, Fraccionamiento, Sección, etc.)</small> San Manuel	
Municipio o demarcación territorial: Puebla	
Entidad Federativa: Puebla	
País: México	

Datos generales del o de los apoderado(s)

CURP: POGM621207MPLNMR03	Número del Registro General de Poderes: DDAJ-001010/2022
Nombre(s): Miriam Olga	RFC: POGM6212071W1
Primer apellido: Ponce	Teléfono (número, extensión): 2222295500 Ext 3058
Segundo apellido: Gómez	
Correo electrónico: juridicobuap@hotmail.com	<input type="radio"/> Continúa en anexo

Domicilio para oír y recibir notificaciones

Código postal: 72570	
Calle: <small>(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Avila Camacho, Calzada, Corredor, etc.)</small> Av. San Claudio, Torre de Gestión Académica y Servicios Administrativos, Ciudad Universitaria	
Número exterior: 1401	Número interior: Piso 15
Colonia: <small>(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Hálago, Fraccionamiento, Sección, etc.)</small> San Manuel	
Municipio o demarcación territorial: Puebla	
Entidad Federativa: Puebla	
País: México	

Datos generales de los autorizados para oír y recibir notificaciones

Nombre(s):	Primer apellido:	Segundo apellido:	CURP: VATJ791112HPLZRR03
Jair Eric	Vázquez	Torres	<input type="radio"/> Continúa en anexo

Datos de la solicitud

Denominación o título de la Invención, Modelo de Utilidad o Diseño Industrial: ORTESIS PARA FORTALECER LA PINZA DE AGARRE TRIDIMENSIONAL	
Fecha de divulgación previa (DD / MM / AAAA):	21 / 09 / 2022

Divisional de la solicitud

No. Expediente en trámite:	Figura jurídica:
Fecha de presentación (DD / MM / AAAA):	/ /

PCT

No. de solicitud internacional:
Fecha de presentación internacional (DD / MM / AAAA):

Prioridad o prioridades reclamada(s)

País (Oficina) de origen:	Fecha de presentación (DD/MM/AAAA):	Número de serie:	Código DAS (opcional):
	/ /		
<input type="radio"/> Continúa en anexo			

Bajo protesta de decir verdad, manifiesto que los datos asentados en esta solicitud son ciertos.


Nombre y firma del solicitante o su apoderado.



Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Documentos anexos (validación)

- Comprobante de pago. Original.
- Documento que acredita la personalidad del mandatario, en su caso. Original o copia certificada.
- Documento que acredita el carácter del causahabiente o la cesión de derechos. Original o copia certificada.
- Documento(s) comprobatorio(s) de divulgación previa, en su caso. Original o copia certificada.
- Documento(s) de prioridad(es), en su caso. Copia certificada.
- Escrito solicitando el descuento del 50%, cuando corresponda. Original.
- Traducción de los documentos presentados en idioma distinto al español, en su caso. Original.
- Legalización o apostilla de los documentos anexos provenientes del extranjero, en su caso. Original.
- Descripción y reivindicación(es). Dos ejemplares.
- Resumen de la descripción de la invención. Dos ejemplares.
- Dibujo(s), en su caso. Dos ejemplares.
- Constancia de depósito de material biológico. Original o copia simple.
- Listado de secuencias. Medio de almacenamiento de datos.
- Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los solicitantes" / "Datos generales del o de los inventores o diseñadores o creadores", en su caso. Original
- Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los apoderados" / "Autorizados para oír y recibir notificaciones", en su caso. Original.
- Hoja adicional complementaria al punto "Divisional de la solicitud", en su caso. Original.
- Hoja adicional complementaria al punto "Prioridad o prioridades reclamadas", en su caso. Original.

Número total de hojas recibidas _____

Términos y condiciones

Información sobre el tratamiento de datos personales.

Los datos personales que proporcione al presentar la solicitud y con motivo del trámite de la misma, son recabados por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) a través de la Dirección Divisonal de Patentes (DDP) con la finalidad de dar trámite a la solicitud; determinar el cumplimiento de los requisitos exigidos por la normatividad nacional e internacional aplicable; contactar al solicitante, su representante y autorizados en relación al trámite; notificar actos y resoluciones que así lo requieran, y en su caso, publicar la solicitud y el Título respectivo, en términos de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial y demás disposiciones aplicables, para facilitar información al público y el ejercicio de derechos. La DDP no realiza tratamiento de datos que requieran la autorización expresa, de tener lugar el mismo, se recabará consentimiento expreso, que podrá ser revocado mediante solicitud ante la Unidad de Transparencia. El aviso de privacidad integral puede ser consultado en <https://www.gob.mx/impi> o en las instalaciones del IMPI. (Fecha de actualización: 10/05/2018).

Los interesados podrán ejercer sus derechos de acceso y corrección ante la Dirección Divisonal de Patentes, con domicilio en Arenal #550, Pueblo Santa María Tepepan, Xochimilco, C.P. 16020, Ciudad de México. Teléfono: 55-53-34-07-00 en la Ciudad de México y Área Metropolitana, del interior de la República sin costo para el usuario 800-570-59-90, extensiones 10098, 10030 y 10026. Correo electrónico: dp@impi.gob.mx

Presentación y notificaciones.

El horario para la recepción de documentos, atención al público y consulta de expedientes en las distintas oficinas del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, durante los días que éste considere como hábiles, será de las 9:00 a las 16:00 horas.

La solicitud y sus anexos deben presentarse en la Coordinación Departamental de Recepción y Control de Documentos de la Dirección Divisonal de Patentes de este Instituto, con domicilio en Arenal #550, Planta Baja, Pueblo Santa María Tepepan, Xochimilco, C.P. 16020, Ciudad de México. También puede ser presentada en las Delegaciones o Subdelegaciones Federales de la Secretaría de Economía.

La solicitud podrá remitirse por cualquiera de los medios previstos en el artículo 5o. BIS del Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial.

Las resoluciones, requerimientos y demás actos del Instituto se notificarán, una vez publicada la solicitud a través de la Gaceta de la Propiedad Industrial, previa a esta publicación las notificaciones se realizarán por correo certificado con acuse de recibo al domicilio que hubiesen señalado los solicitantes para tal efecto.

Información del trámite.

Trámite al que corresponde la forma: Solicitud de patente nacional; Solicitud de registro de modelo de utilidad nacional; Solicitud de registro de diseño industrial; Número de Registro Federal de Trámites y Servicios: IMPI-03-001 (A o B), IMPI-03-002 (A o B), IMPI-03-003 (A o B).

Fundamento jurídico-administrativo.

- Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial.
- Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial.
- Acuerdo que establece las reglas para la presentación de solicitudes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
- Acuerdo por el que se da a conocer la tarifa por los servicios que presta el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
- Acuerdo por el que se da a conocer la lista de instituciones reconocidas por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial para el depósito de material biológico.
- Acuerdo por el que se establecen los plazos de respuesta a diversos trámites ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
- Acuerdo por el que se establecen Lineamientos en materia de servicios electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

Tiempo de respuesta.

El plazo máximo de primer respuesta es de 3 meses. No aplica la positiva ni la negativa ficta.

Quejas y denuncias.

Órgano Interno de Control en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
 55-56-24-04-12 o 13 (Directo).
 55-56-24-04-00 (Commutador), extensiones 11231 y 11237. Correo electrónico: quejanet@impi.gob.mx
 Centro de Atención de Denuncias Ciudadanas.
 En la Ciudad de México y área metropolitana: 55-2000-2000.
 Del Interior de la República (sin costo): 800-1128-700.
 Sistema Integral de Denuncias Ciudadanas: <https://sided.funcionpublica.gob.mx>

Contacto:

Arenal # 550, Pueblo Santa María Tepepan. Xochimilco, C.P. 16020, Ciudad de México.
 Teléfono: 55-53-34-07-00 en la Ciudad de México y área metropolitana, del interior de la República sin costo para el usuario 800-570-59-90, extensiones 10098, 10030 y 10026.
 Correo electrónico: dp@impi.gob.mx



Instrucciones de llenado

Esta forma oficial es de distribución gratuita, se autoriza su libre reproducción, siempre que se ajusten al formato oficial y a sus características de impresión.

La solicitud debe llenarse en idioma español, por cualquier medio legible, manteniendo el mismo medio de llenado de inicio a fin, sin tachaduras ni enmendaduras.

La solicitud debe ser presentada por duplicado, impresa a doble cara (anverso y reverso) en una hoja de papel blanco, tamaño oficio, conforme al número de páginas que la integran y firmada autógrafamente en ambos ejemplares.

Folio y Fecha de recepción. Para uso exclusivo del IMPI.

Datos generales de la solicitud. En el formato de solicitud señale en el círculo correspondiente el tipo de solicitud que desea presentar: solicitud de Patente de Invención, de Registro de Modelo de Utilidad o de Registro de Diseño Industrial (deberá señalar si se trata de un Modelo Industrial o un Dibujo Industrial).

Datos generales de la solicitud. En el rubro PCT deberá indicar cuando corresponda.

Datos generales del o de los solicitante(s). Anote en el recuadro correspondiente los datos completos de la(s) persona(s) física(s) o moral(es) que será(n) solicitante(s) de la Patente de Invención, Registro de Modelo de Utilidad o Registro de Diseño Industrial.

En el rubro **Correo Electrónico**, Anote en este recuadro una dirección de correo electrónico.

En el campo **CURP** (Clave Única de Registro de Población), puede requisitarla únicamente si se trata de una persona física nacional.

En caso de que los solicitantes sean 2 o más personas físicas o morales, marque el recuadro Continúa en anexo y requísite la Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los inventores o diseñadores o creadores", tantas veces sea necesario.

En el rubro **Personas morales, el RFC** (Registro Federal de Contribuyentes) puede requisitarlo únicamente si se trata de una persona moral nacional.

Domicilio del o de los solicitante(s). Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del solicitante.

Datos generales del o de los inventor(es) o diseñador(es). Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del o de los inventor(es) o diseñador(es) (estos siempre deberán ser personas físicas).

En caso de que los inventores o diseñadores sean 2 o más personas físicas, marque el recuadro Continúa en anexo y requísite la Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los inventores o diseñadores o creadores", tantas veces sea necesario. Tratándose de solicitudes de Registro de Diseño Industrial se deberá hacer referencia a diseñadores.

Domicilio del o de los inventor(es) o diseñador(es). Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del o de los inventor(es) o diseñador(es).

Datos generales del o de los apoderado(s). Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del o de los apoderado(s).

En caso de que los apoderados sean 2 o más personas físicas, marque el recuadro Continúa en anexo y requísite la Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los apoderados" / "Autorizados para oír y recibir notificaciones", tantas veces sea necesario. El correo electrónico que señale será al que se enviarán los avisos de las notificaciones efectuadas en la Gaceta de la Propiedad Industrial respecto del presente trámite, en caso de no requisitar la casilla el aviso se enviará al señalado en los "datos generales del o de los solicitantes(s)".

Domicilio para oír y recibir notificaciones. Este domicilio debe ubicarse dentro del territorio nacional. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio para oír y recibir notificaciones, conforme a las instrucciones para el domicilio contenidas en esta forma.

Datos generales de los autorizados para oír y recibir notificaciones. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos de los autorizados.

Datos de la solicitud: Proporcione la información necesaria.

Denominación o título de la invención, Modelo de Utilidad o Diseño Industrial. La denominación o título debe describir claramente la invención o diseño.

Fecha de divulgación previa. Si la invención fue divulgada dentro de los doce meses previos a la fecha de presentación de la solicitud, indique la fecha de divulgación y anexe la información comprobatoria que marca el Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial.

Divisional de la solicitud. En una solicitud que sea divisional de una solicitud previamente presentada, deberá proporcionar el número de expediente, la figura jurídica y la fecha de presentación de dicha solicitud. En caso de que la solicitud divisional sean 2 o más deberá señalar los datos del punto "Divisional de la solicitud" en escrito libre anexo.

Prioridad reclamada. El derecho de reclamar la prioridad sólo tiene lugar si la presente solicitud ha sido previamente presentada en algún país miembro del Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, en su caso, deberá proporcionar los siguientes datos:

-País donde se presentó por primera vez la solicitud, fecha y número asignado a la solicitud en dicho país. En caso de que se reclamen 2 o más prioridades, deberá señalar los datos del punto "Prioridad o Prioridades reclamada(s)" en escrito libre anexo.

El Servicio de Acceso Digital (DAS) de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual es un sistema electrónico que permite el intercambio seguro de documentos de prioridad y otros documentos similares entre las oficinas de propiedad intelectual (PI) participantes.

Nombre y Firma del solicitante o su apoderado. Anote el nombre completo de la persona que firma la solicitud, en caso de que se trate de una persona moral, indique el nombre de la persona física que está actuando en su representación y firme la solicitud. Si el poder debe ejercerse de forma conjunta por varios apoderados, indique los nombres de todos ellos e incluya su firma.



Contacto:

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los solicitantes"/
 "Datos generales del o de los inventores o diseñadores o creadores"
 (Use esta hoja en caso de que la solicitud sea presentada por dos o más personas físicas o morales)

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador

Datos generales del solicitante Datos generales del inventor o diseñador o creador

Personas físicas	Personas morales
CURP:	RFC: SHO2006014T1
Nombre(s):	Denominación o razón social:
Primer apellido:	SPACEJLTZ HOLDINGS S.A.P.I de C.V.
Segundo apellido:	Nacionalidad: Mexicana
Nacionalidad:	Teléfono (número, extensión):
Teléfono (número, extensión):	2223717047

Domicilio del solicitante o inventor o diseñador o creador

Código postal: 72776

Calle: Camino a Rancho San Isidro
(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Avila Camacho, Calzada, Crecozor, etc.)

Número exterior: 2415 Número interior:

Colonia: La joya
(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Hidalgo, Fraccionamiento, Sección, etc.)

Municipio o demarcación territorial: San Pedro Cholula

Entidad Federativa: Puebla

País: México

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador

Datos generales del solicitante Datos generales del inventor o diseñador o creador

Personas físicas	Personas morales
CURP:	RFC:
Nombre(s):	Denominación o razón social:
Primer apellido:	Nacionalidad:
Segundo apellido:	Teléfono (número, extensión):
Nacionalidad:	
Teléfono (número, extensión):	

Domicilio del solicitante o inventor o diseñador o creador

Código postal:

Calle:

(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Avila Camacho, Calzada, Crecozor, etc.)

Número exterior: Número interior:

Colonia:

(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Hidalgo, Fraccionamiento, Sección, etc.)

Municipio o demarcación territorial:

Entidad Federativa:

País:



Instrucciones de llenado

Esta forma oficial es de distribución gratuita, se autoriza su libre reproducción, siempre que se ajusten al formato oficial y a sus características de impresión.

La información debe llenarse en idioma español, por cualquier medio legible manteniendo el mismo medio de llenado de inicio a fin, sin tachaduras ni enmendaduras.

La hoja adicional complementaria debe ser presentada por duplicado, impresa a doble cara (anverso y reverso) en una hoja de papel blanco, tamaño oficio.

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador: En la hoja adicional señale en el círculo correspondiente el tipo de datos generales que desea presentar: datos generales del solicitante o datos generales del inventor o diseñador o creador.

Datos generales del solicitante. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos de la persona física o moral que será solicitante de la Patente de invención, Registro de Modelo de Utilidad, Registro de Diseño Industrial o Registro de Esquema de Trazado de Circuito Integrado.

En el campo **CURP** (Clave Única de Registro de Población), puede requisitarla únicamente si se trata de una persona física nacional.

En el rubro Personas morales, el **RFC** (Registro Federal de Contribuyentes) puede requisitarlo únicamente si se trata de una persona moral nacional.

Domicilio del solicitante. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del solicitante.

Datos generales del inventor o diseñador o creador. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del inventor o diseñador o creador (este siempre deberá ser persona física).

Domicilio del inventor o diseñador o creador. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del inventor o diseñador o creador. Podrá requisitar la hoja adicional complementaria tantas veces sea necesaria.

Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los solicitantes" /
 "Datos generales del o de los inventores o diseñadores o creadores"
 (Use esta hoja en caso de que la solicitud sea presentada por dos o más personas físicas o morales)

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador

Datos generales del solicitante Datos generales del inventor o diseñador o creador

Personas físicas	Personas morales
CURP: TOFC000703MPLRLTA3	RFC:
Nombre(s): Citlalli	Denominación o razón social:
Primer apellido: Torres	
Segundo apellido: Flores	
Nacionalidad: Mexicana	Nacionalidad:
Teléfono (número, extensión): 222 2295500 Ext. 3058	Teléfono (número, extensión):

Domicilio del solicitante o inventor o diseñador o creador

Código postal: 72570	
Calle: Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria <small>(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Ávila Camacho, Calles, Comedor, etc.)</small>	
Número exterior: s/n	Número interior:
Colonia: San Manuel <small>(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Hidalgo, Fraccionamiento, Sector, etc.)</small>	
Municipio o demarcación territorial: Puebla	
Entidad Federativa: Puebla	
País: México	

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador

Datos generales del solicitante Datos generales del inventor o diseñador o creador

Personas físicas	Personas morales
CURP: ROMI761225HPLDRS14	RFC:
Nombre(s): José Israel	Denominación o razón social:
Primer apellido: Rodríguez	
Segundo apellido: Mora	
Nacionalidad: Mexicana	Nacionalidad:
Teléfono (número, extensión): 222 2295500 Ext. 3058	Teléfono (número, extensión):

Domicilio del solicitante o inventor o diseñador o creador

Código postal: 72420	
Calle: Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria <small>(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Ávila Camacho, Calles, Comedor, etc.)</small>	
Número exterior: s/n	Número interior:
Colonia: San Manuel <small>(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Hidalgo, Fraccionamiento, Sector, etc.)</small>	
Municipio o demarcación territorial: Puebla	
Entidad Federativa: Puebla	
País: México	

Instrucciones de llenado

Esta forma oficial es de distribución gratuita, se autoriza su libre reproducción, siempre que se ajusten al formato oficial y a sus características de impresión.

La información debe llenarse en idioma español, por cualquier medio legible, manteniendo el mismo medio de llenado de inicio a fin, sin tachaduras ni enmendaduras.

La hoja adicional complementaria debe ser presentada por duplicado, impresa a doble cara (anverso y reverso) en una hoja de papel blanco, tamaño oficio.

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador. En la hoja adicional señale en el círculo correspondiente el tipo de datos generales que desea presentar: datos generales del solicitante o datos generales del inventor o diseñador o creador.

Datos generales del solicitante. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos de la persona física o moral que será solicitante de la Patente de invención, Registro de Modelo de Utilidad, Registro de Diseño Industrial o Registro de Esquema de Circuito Integrado.

En el campo CURP (Clave Única de Registro de Población), puede requisitarla únicamente si se trata de una persona física nacional.

En el rubro Personas morales, el RFC (Registro Federal de Contribuyentes) puede requisitarlo únicamente si se trata de una persona moral nacional.

Domicilio del solicitante. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del solicitante.

Datos generales del inventor o diseñador o creador. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del inventor o diseñador o creador (este siempre deberá ser persona física).

Domicilio del inventor o diseñador o creador. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del inventor o diseñador o creador. Podrá requisitar la hoja adicional complementaria tantas veces sea necesaria.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Hoja adicional complementaria "Datos generales del o de los solicitantes"/
 "Datos generales del o de los inventores o diseñadores o creadores"
 (Use esta hoja en caso de que la solicitud sea presentada por dos o más personas físicas o morales)

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador

Datos generales del solicitante
 Datos generales del inventor o diseñador o creador

Personas físicas	Personas morales
CURP: MOSM741107HPLRNR09	RFC:
Nombre(s): Marco Antonio	Denominación o razón social:
Primer apellido: Morales	
Segundo apellido: Sánchez	
Nacionalidad: Mexicana	Nacionalidad:
Teléfono (número, extensión): 222 2295500 Ext. 3058	Teléfono (número, extensión):

Domicilio del solicitante o inventor o diseñador o creador

Código postal: 72570

Calle: Facultad de Ingeniería Química, Ciudad Universitaria
(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Avda. Camacho, Calles, Carreteras, etc.)

Número exterior: s/n Número interior:

Colonia: San Manuel
(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Helados, Fraccionamientos, Sección, etc.)

Municipio o demarcación territorial: Puebla

Entidad Federativa: Puebla

País: México

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador

Datos generales del solicitante
 Datos generales del inventor o diseñador o creador

Personas físicas	Personas morales
CURP: COLJ910714HPLNML06	RFC:
Nombre(s): Joel	Denominación o razón social:
Primer apellido: Contreras	
Segundo apellido: Lima	
Nacionalidad: Mexicana	Nacionalidad:
Teléfono (número, extensión): 2223717047	Teléfono (número, extensión):

Domicilio del solicitante o inventor o diseñador o creador

Código postal: 72980

Calle: 2 poniente
(Por ejemplo: Avenida Insurgentes Sur, Boulevard Avda. Camacho, Calles, Carreteras, etc.)

Número exterior: s/n Número interior:

Colonia: San Mateo Mendizabal
(Por ejemplo: Ampliación Juárez, Residencial Helados, Fraccionamientos, Sección, etc.)

Municipio o demarcación territorial: Amozoc

Entidad Federativa: Puebla

País: México

Instrucciones de llenado

Esta forma oficial es de distribución gratuita, se autoriza su libre reproducción, siempre que se ajusten al formato oficial y a sus características de impresión.

La información debe llenarse en idioma español, por cualquier medio legible manteniendo el mismo medio de llenado de inicio a fin, sin tachaduras ni enmendaduras.

La hoja adicional complementaria debe ser presentada por duplicado, impresa a doble cara (anverso y reverso) en una hoja de papel blanco, tamaño oficio.

Datos generales del solicitante o inventor o diseñador o creador. En la hoja adicional señale en el círculo correspondiente el tipo de datos generales que desea presentar: datos generales del solicitante o datos generales del inventor o diseñador o creador.

Datos generales del solicitante. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos de la persona física o moral que será solicitante de la Patente de invención, Registro de Modelo de Utilidad, Registro de Diseño Industrial o Registro de Esquema de Trazado de Circuito Integrado.

En el campo **CURP** (Clave Única de Registro de Población), puede requisitarla únicamente si se trata de una persona física nacional.

En el rubro Personas morales, el **RFC** (Registro Federal de Contribuyentes) puede requisitarlo únicamente si se trata de una persona moral nacional.

Domicilio del solicitante. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del solicitante.

Datos generales del inventor o diseñador o creador. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del inventor o diseñador o creador (este siempre deberá ser persona física).

Domicilio del inventor o diseñador o creador. Anote en el recuadro correspondiente los datos completos del domicilio del inventor o diseñador o creador. Podrá requisitar la hoja adicional complementaria tantas veces sea necesaria.

CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTORES: AMBROSIO LAZARO ROBERTO CARLOS
CANDIA GARCIA FILIBERTO
CANDIA GARCIA MARIA DEL RAYO
GASTILLO FLORES MARTIN
SOLANO LINARES ITZEL
TORRES FLORES CITLALLI

TÍTULO: ORTO-MAIL

RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULAR: BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA (CON FUNDAMENTO EN LOS ARTICULOS 30 Y 33 DE LA L.F.D.A.)

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

Con fundamento en los artículos 2, 208, 209 fracción III y 211 de la Ley Federal del Derecho de Autor, artículos 64, 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor, y artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I y 9 del Reglamento Interior de Instituto Nacional del Derecho de Autor, se expide el presente certificado.

Número de Registro: 03-2023-120511273700-01

Ciudad de México, a 07 de diciembre de 2023

EL DIRECTOR DEL REGISTRO PÚBLICO DEL DERECHO DE AUTOR

JESÚS PARETS GÓMEZ

SECRETARÍA DE CULTURA
INSTITUTO NACIONAL DEL
DERECHO DE AUTOR
DIRECCIÓN DEL REGISTRO
PÚBLICO DEL
DERECHO DE AUTOR



CULTURA |



INDAUTOR
INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR