Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Ingeniería Mecánica

Fecha: Jueves, 19 de octubre de 2023

Autores: Juan Andrés Rivera Cabrera y Juan Pablo Garcia Vicuña

Nombre del Proyecto de Grado:
Diseño de atril para facilitar la lectura y escritura de niños con baja visión

Directora: Sofia Catalina Henao Aguirre

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

Sofia C. Henao A.

Firma de Director(a) del Proyecto de Grado

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar el título de Ingeniero Mecánico.

Dr. CAMILO ROCHA
Decano de la Facultad de Ingeniería

ING. ADRIANA GÓMEZ GÓMEZ
Directora de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

ING. SOFIA CATALINA HENAO AGUIRRE
Director(a) Trabajo

ING. MARIO FERNANDO MUÑOZ VELEZ
Jurado 1

ING. MAURICIO CASTAÑO VERGARA
Jurado 2

Trabajo de grado

Diseño de atril para facilitar la lectura y escritura de niños con baja visión

Dirigido por Sofía Catalina Henao Aguirre

Juan Pablo García Vicuña y Juan Andrés Rivera Cabrera

Julio 2023

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Facultad de Ingeniería

Diseño Integrado de Producto

Contenido

RESUMEN 4
INTRODUCCIÓN 5
CAPÍTULO1 6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6
CAPÍTULO2 8
JUSTIFICACIÓN 8
CAPÍTULO3 9
MARCO TEÓRICO 9
III. I Discapacidad visual 9
III.I.I Discapacidad visual en niños 9
III.II Cognición espacial 10
III.II.I Háptica 10
III.III Tecnologías asistidas 10
III.III.I Tecnología de detección de obstáculos 10
III.III.II Audio descripción 11
III.III.III. Aditamentos 11
III.IV Rehabilitación para niños con discapacidad visual 11
III.IV.I Actividades de la vida diaria 11
III.IV.II Instrumentos para el diagnóstico 11
III.V Revisión de antecedentes 12
III.V.I Guante inteligente para personas con discapacidad visual mediante sistema de retroalimentación háptica 12
III.V.II Sistema de detección de obstáculos para mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual 13
III.V.III Sistema háptico de detección de obstáculos para invidentes 13
III.V.IV Desarrollo de la cognición espacial en invidentes congénitos con apoyo de dispositivos tecnológicos 14
III.V.V Dispositivos para personas con discapacidad visual: Dispositivos de alta tecnología con baja aceptación por parte del usuario y nula adaptabilidad para los niños 14
CAPÍTULO4 16
OBJETIVOS 16

IV.I Objetivo general 16
IV.II Objetivos específicos 16
CAPÍTULO5 17
METODOLOGÍA 17
V.I Objetivo 1. Definir la AVD específica para el diseño de aditamento 17
V.I Objetivo 2. Establecer el diseño conceptual para el aditamento que cumpla con los requerimientos definidos en el trabajo de campo 17
V.I.I Establecimiento defunciones 18
V.I.II Fijación de requerimientos 18
V.I.III Determinación de características 18
V.I.IV Generación de alternativas 18
V.I.V Evaluación de alternativas 19
V.II Objetivo 3. Realizar diseño de materialización para la selección de los parámetros y especificaciones del aditamento 19
V.II.I Cálculos 19
V.II.II Normas 19
V.III Objetivo 4. Crear el diseño de detalle que permita la manufactura de un prototipo 19
V.III.I Planos de fabricación 19
V.III.II Planos de ensamble 20
V.III.III Fabricación del prototipo 20
V.IV Objetivo 5. Evaluar, el desempeño y viabilidad técnica del aditamento 20
CAPÍTULO 6 21
RESULTADOS 21
CAPÍTULO 7 40
CONCLUSION 40
BIBLIOGRAFÍA 41
ANEXOS 43

RESUMEN

En este trabajo se expone el proceso de investigación y propuesta para el diseño de un aditamento para niños entre 3 y 12 años con discapacidad visual del Instituto de Niños Ciegos y Sordos (INCS) de la ciudad de Cali. Se tiene como objetivo facilitar actividades de su vida diaria en donde presentan algún tipo de dificultad o problemática. Empezó con el reconocimiento y planteamiento del problema, donde se identificó la dificultad para realizar actividades básicas, esenciales para un correcto desarrollo, formación educativa e integración del niño en la sociedad. Posteriormente, se realizó una contextualización teórica, en la cual se definen términos base relacionados altema que se está tratando.

Además, se presentó la revisión de antecedentes, la cual se basó en el reconocimiento de dispositivos y tecnologías existentes aplicadas a facilitar tareas específicas de personas con discapacidad visual; estos están destinados a diferentes áreas donde se presentan dificultades, como es la orientación espacial, el desplazamiento, reconocimiento de objetos o acciones, entre otros. Seguido del proceso investigativo y de contextualización respecto a los niños con baja visión, se establecieron los objetivos de desarrollo de este trabajo, con los cuales se espera ofrecer una solución a la problemática presentada.

Para ello, se diseñó y fabricó un atril que facilita la lectura y escritura de los niños con baja visión, en donde el diseño se vio influenciado por características tales como la facilidad de poder transportarlo, la altura a la cual puede fijarse, el ángulo que se le puede definir al atril y la multifuncionalidad y versatilidad del atril. Debido a esto se diseñó un atril el cual está incorporado en un maletín tipo portafolio, en donde al poner el atril a la altura y ángulo mínimo, se convierte en maletín.

INTRODUCCIÓN

Los niños con discapacidad visual tienen como problema su seguridad a la hora de aprender a utilizar el bastón blanco y a desarrollar mejor su habilidad espacial para enfrentarse a su entorno. Este problema surge, debido a que los niños al iniciar su proceso de aprendizaje no cuentan con la confianza de realizar actividades sin poder ver, dado que carecen de conocimiento respecto a lo que están haciendo y a lo que van a enfrentar, pero, a medida que se desarrollan en el entorno, adquieren esta confianza y habilidad para realizar sus actividades diarias. [1][2].

Por ello, el trabajo está enfocado en facilitar la lectura y escritura de niños con discapacidad visual, refiriéndonos a baja visión como un problema que dificulta la realización de actividades cotidianas y que no puede ser solucionado con gafas, tratamientos médicos o cirugía. Los tipos de baja visión pueden ser pérdida de visión central o periférica, ceguera nocturna o visión borrosao difusa y se deben a enfermades como cataratas, retinopatía diabética, glaucoma u otras [29].

Debido a esta baja visión que pueden presentar algunos niños se buscó diseñar y fabricar un atril que facilite la lectura y escritura, este atril permite regular su altura e inclinación para mejorar la postura y comodidad al realizar dichas actividades. Además, se buscó que fuera innovador y tuviera funciones adicionales a las de un atril convencional.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, el censo general realizado por el DANE en 2018 estableció que 3 065 361 personas han registrado algún tipo de discapacidad, y determinó que para la discapacidad visual se registraron a 573 222 personas, donde la mayor cantidad de población se encuentra en Bogotá, seguido por los departamentos de Valle del Cauca, Antioquia y Santander. En esta población se encuentra que 52,13% son mujeres y que 47,82% son hombres [3].

Los rangos de edad con mayor número de personas con discapacidad visual son las personas de edades superiores a 80 años, con un total de 141 748 personas, seguido por adultos entre los 50 y 79 años y, luego, personas que se encuentran entre los 20 y 29 años. Sin embargo, estos datos son elevados para población adulta debido a que la perdida visual se relaciona con el envejecimiento y es degenerativa, pero en los jóvenes es usualmente una condición congénita [3].

Se determina que hay 29 635 personas entre los 10 y 19 años, y 7225 de 0 a 9 años (observar la Tabla 1) [3], que presentan discapacidad visual; rangos de edad considerado como el periodo de desarrollo académico. Sin embargo, de esta población, solo el 29,2%, (que equivale a 8 654 personas) están matriculadas en una institución educativa, en donde es posible tener el apoyo por parte de tutores o asistentes para su orientación y formación. Por tanto, los que no se encuentran vinculados a una institución tendrán una mayor posibilidad de presentar dificultades en sus actividades de la vida diaria.

TABLA.I *CONTEO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL POR EDAD.*

Edad	Conteo de personas con discapacidad visual	PORCENTAJE
De 0 a 09 años	7 225	1,4%
De 10 a 19 años	29 635	5,7%
De 20 a 29 años	44 052	8,5%
De 30 a 39 años	34 825	6,7%
De 40 a 49 años	35 613	6,9%
De 50 a 59 años	56 950	11,0%
De 60 a 69 años	79 691	15,4%
De 70 a 79 años	83 289	16,1%
De 80 años o más	141 748	27,5%
No Definido	220	0,0%
No reportado	2895	0,6%
TOTAL	516 143	100%

Por tal motivo, para este proyecto se decide abarcar la población de niños y jóvenes, debido a que en la infancia se desarrollan habilidades cognitivas y motrices necesarias para disminuir las limitaciones causadas por la discapacidad visual [4].

En los niños con discapacidad visual se han identificado dificultades al momento de realizar actividades de la vida diaria; éstas se perciben en el ámbito psicosocial y físico. Como dificultades en el ámbito psicosocial, se resalta una tendencia a aislarse, a evitar el contacto con otras personas (ya que no saben cómo interactuar respecto a lo gestual), también presentan tensión acumulada y problemas para expresar sus sentimientos. Adicionalmente, en el ámbito físico, se hallan complicaciones respecto a la cognición espacial, el reconocimiento de objetos, la coordinación visomotriz (que va ligada a la coordinación y entrenamiento de los músculos del ojo), la asociación visual, desplazamiento a nivel general y correcta postura, todo esto relacionado con actividades básicas como caminar, escribir, leer, comer, entre otras [5]. Sin embargo, los desarrollos tecnológicos existentes, enfocados en personas con discapacidad visual, en su mayoría no son adaptables a niños, presentan, limitaciones de uso por su diseño o tecnología y son de difícil accesopor su alto costo [6].

CAPÍTULO 2

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de este trabajo se basa en facilitar las actividades diarias de los niños con discapacidad visual que, como se mostró anteriormente, es una población significativa. Así mismo, el diseño de un producto con este objetivo tiene importancia para la población de niños y jóvenes, ya que permitiría aumentar su nivel de independencia, facilitando la inclusión social y posibilitandola reducción de limitaciones físicas frente a diferentes actividades de la vida diaria. Como se observó en el trabajo de campo, durante una visita realizada al INCS, se identificó que las alternativas de apoyo existentes para esta población objetivo son instituciones educativas y desarrollos tecnológicos. Esta institución se encarga de cumplir con la formación educativa legal exigida por el Ministerio de Educación y brindar una orientación formativa para desarrollar habilidades básicas necesarias que ayuden a disminuir las diferentes limitaciones y dificultades ligadas a su discapacidad visual. Esta institución llega hasta un nivel de escolaridad de educación primaria. Adicionalmente, no cuenta con apoyo o patrocinio económico que le permita realizar investigación o desarrollos tecnológicos enfocados en las necesidades o problemáticas identificadas en su entorno.

Existen dispositivos y sistemas para el apoyo en Actividades de la Vida Diaria (AVD) de niños con discapacidad visual, que abarcan campos o funciones como la detección de objetos orientados al apoyo en la cognición espacial, reconocimiento de objetos y colores con ayuda de inteligencia artificial y sistemas de retroalimentación háptica. Estos dispositivos y sistemas cumplen con la necesidad del usuario, ya que se ha encontrado que facilitan la detección de zonas del campo visual; además, pueden trabajar con el apoyo de otro artefacto para poder cumplir su función, logran tener una actividad independiente, presentan diseños sofisticados que pueden llegar a ser alternativas de solución para el usuario, además, su manufactura y desarrollo tecnológico intentan reducir su costo para que sea accesible. La importancia de estos desarrollos tecnológicos como apoyo para las personas con discapacidad visual radica en facilitar la realización de actividades, aumentar su seguridad a la hora de realizar tareas en específico, permitir aumentar su nivel de independencia y apoyar en la inclusión social [5] [4].

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

III.I Discapacidad visual

La discapacidad visual es una condición que afecta el órgano ocular de manera total o parcial [5], generalmente asociada a una enfermedad que se presenta en la etapa prenatal o postnatal, o inconvenientes en el desarrollo del órgano de la función visual [7]. Esto provoca la disminución de la agudeza o campos visuales, que impide realizar actividades de la vida diaria. Entre las causas más comunes se encuentran la atrofia óptica, toxoplasmosis, cataratas, glaucoma, tracoma, opacidad de la córnea y la retinopatía diabética [8].

A continuación, se muestra el tipo de reducción visual de acuerdo con el grado de afectación en la función visual señalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). El grado de afectación se mide por medio del nivel de Agudeza Visual (AV) el cual involucra las siguientes variables para el cálculo, ver la Eq. 1 [7].

$$Fracción\ de\ Snellen = \frac{Distancia\ del\ test}{\text{Distancia a la que la letra más pequeña pueda leerse subtienda un ángulo de 5 minutos de arco}}$$

Eq. 1. Fracción de Snellen en unidad de metro [9].

- **Leve:** $AV < (6/12)$ y $AV \geq (6/18)$ puede corregirse con el uso de lentes.
- **Moderado:** $AV < (6/18)$ y $AV \geq (6/60)$ visión limitada.
- **Grave:** $AV < (6/60)$ y $AV \geq (3/60)$ considerada una visión casi ciega, aunque tiene la capacidad para percibir bultos y la luz.
- **Ceguera:** $AV < (3/60)$ pérdida total y permanente de la función visual.

III.I.I Discapacidad visual en niños

Padecer de una discapacidad visual en el periodo de infancia genera una barrera en el desarrollo de la autonomía del niño para desenvolverse en diversos entornos, como lo es la obtención de información para el aprendizaje, la interacción social o cognición social (que al ser insuficiente puede provocar inestabilidad emocional), y la realización de actividades que requieren una buena coordinación visomotora [8]. Cabe resaltar que la seguridad del infante también dependerá la mayor parte del tiempo de un tercero, el cual tiene que estar capacitado para poder asistirlo correctamente [7].

III.II Cognición espacial

La cognición espacial abarca el procesamiento espacial de los cuerpos y la memoria de la localización de estos en un lugar. A través de un paneo, la persona puede reconocer a que distancia se encuentran unos objetos de los otros o de él mismo e, igualmente, por medio de la rotación mental, determinar su posición; es decir, reconocer si los objetos están arriba, abajo, a la derecha o izquierda. A partir de esta información, la persona será capaz de construir una imagen y codificar un mapa temporal de todo lo que lo rodea, para poder orientarse cuando necesite realizar

sus AVD [10].

III.II.I Háptica

Ésta es la disciplina que estudia la capacidad que tiene el sentido del tacto o contacto corporal para percibir diversas sensaciones como presiones, temperaturas o texturas y, así, poder identificar a través de un proceso de recolección de información, las características o comportamientos de personas u objetos, sin depender de la función visual. La percepción háptica combina la percepción táctil que se reduce al sentido cutáneo y la percepción kinestésica a través de los músculos y tendones [11].

Uno de los avances más grandes que han brindado los estudios realizados por esta disciplina fue la creación del lenguaje braille. Este es el lenguaje universal de las personas que padecen de ceguera y se basa en puntos de relieve que siguen un sistema de numeración binario, con el cual se pueden identificar objetos, señales o comunicarse entre individuos.

III.III Tecnologías asistidas

Se entiende como tecnología asistida todo aquel recurso técnico, software o servicio destinado y diseñado para potencializar las habilidades funcionales de personas con discapacidad, mejorando los procesos de reinserción social, calidad de vida e independencia funcional [12][13].

Entre las tecnologías asistidas se encuentran las siguientes:

III.III.I Tecnología de detección de obstáculos

Mecanismo o servicio capaz de reconocer y avisar la presencia de objetos a una distancia específica, con el fin de prevenir colisiones o notificar a un usuario de ello. Este tipo de tecnologías normalmente se encuentra a nivel industrial, principalmente en sistemas de seguridad activos, los cuales se ven en la industria automotriz, aeroespacial, procesos de manufactura, industrias mineras o petroleras, siempre con la finalidad de prevenir o notificar posibles colisiones que pongan en peligro el proceso, actividad o usuario. Actualmente, se identifica también como una rama de las tecnologías asistidas con participación en diferentes mecanismos o dispositivitos diseñados para personas con discapacidad, un ejemplo de esto es el bastón blanco para ciegos [14].

III.III.II Audio descripción

Es una modalidad de narración o traducción inter semiótica que transforma un recurso visual en un contenido auditivo, beneficiando a consumidores con discapacidad visual a acceder a muestras audiovisuales con estándares del español, avalados en la norma UNE 153020. Esta norma instaura los requisitos elementales que se deben utilizar en las producciones audio - escritas y estas condiciones son adjudicables para películas, series, documentales, espectáculos en directo, espacios públicos, entre otros [15][16].

III.III.III. Aditamentos

Alude a todo dispositivo mecánico de adición funcional, que tiene la finalidad de ser empleado para la ayuda del usuario en procesos de adaptabilidad de la práctica cotidiana, como puede ser fijar, estabilizar y facilitar una acción o movimiento, con o sin presencia de prótesis o

férulas. Este tipo de dispositivos son usados por personas con discapacidad motora [17].

III.IV Rehabilitación para niños con discapacidad visual

La rehabilitación para niños con discapacidad visual se enfoca en mejorar su desempeño frente a diferentes AVD, fortaleciendo sus habilidades y capacidades, con la finalidad de disminuir sus limitaciones. La rehabilitación trata de lograr la inclusión del niño, por lo cual trabaja sobre su vida familiar, contexto social, parte emocional, educativa y lúdica [5].

III.IV.I Actividades de la vida diaria

Las AVD hacen referencia al conjunto de actividades cotidianas que se enfocan en el desarrollo de la persona y de la persona con el entorno, permitiendo al individuo vivir de forma autónoma. Las AVD se pueden clasificar en los siguientes tipos [5]:

- **Actividades básicas de la vida diaria:** fundamentales para vivir, están enfocadas al cuidado del cuerpo como el aseo personal, dormir y alimentarse.
- **Actividades instrumentales de la vida diaria:** necesarias para interactuar con el entorno, por ejemplo, cocinar o usar el medio de transporte.
- **Actividades avanzadas de la vida diaria:** permiten el desarrollo personal del individuo, aquí se encuentran actividades relacionadas con la interacción social, laboral o educativa.

III.IV.II Instrumentos para el diagnóstico

Para la evaluación de la rehabilitación y obtención de un diagnóstico se utilizan diferentes instrumentos con un enfoque cualitativo y cuantitativo con la finalidad de reconocer la perspectiva real del usuario. Entre los instrumentos de método cuantitativo se reconocen las estadísticas espaciales avanzadas útiles para la evaluación del usuario; también, el método de ruta comentada, el cual se apoya en el uso de tecnologías como sensores, GPS o videos, recoge diferentes datos y variables, para posterior análisis, estudio y la evaluación del usuario frente al entorno urbano.

Como instrumentos de método cualitativo existe el método de caminos comentados, el cual, por medio de entrevistas y cuestionarios de profundidad, logra evaluar el uso del bastón en un contexto urbano. Dicho método implica continuamente a las partes interesadas en las fases de desarrollo con interacción dialógica, entre acciones y reacciones, estimulados por las pruebas de utilidad y uso: lenguaje, raciocinio, pensamiento, percepción, imaginación, memoria, atención y pensamiento. Es decir, basándose en todos los procesos cognitivos [18].

Otro instrumento para la valoración funcional de las actividades de la vida diaria es la escala de Lawton y Brody; ésta evalúa la capacidad de realizar de forma independiente actividades básicas presentes en el diario del usuario. Este método permite categorizar y reconocer el nivel de independencia o dependencia frente a dichas actividades, se puede realizar por medio de entrevista personal o mediante cuestionarios [19].

III.V Revisión de antecedentes

A continuación, se presentan algunos prototipos y tecnologías implementadas para facilitar las AVD, entre las cuales se encuentran movilizarse, aprender, comunicarse y ubicar objetos en el espacio.

III.V.I Guante inteligente para personas con discapacidad visual mediante sistema de retroalimentación háptica

Prototipo funcional que usa la tecnología Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM por sus siglas en ingles). Éste fue diseñado para disminuir las dificultades presentadas en las personas con ceguera total a la hora de comunicarse y se enfoca en la respuesta de Servicio de Mensajes Cortos (SMS por sus siglas en ingles), ya que se considera una de las actividades más frecuentes y comunes en la sociedad. El prototipo se compone de motores de vibración, un sensor de flexibilidad, un microcontrolador y un panel de braille. Estos componentes permiten leer el mensaje del dispositivo móvil y transmitir la señal a los puntos de vibración (localizados en el guante, como se pueden observar en la Figura 1), para que la persona pueda entender el mensaje a través de estímulos hápticos que serán percibidos como patrones de braille fáciles de interpretar por la persona con discapacidad, para luego, con el panel braille, dar una respuesta y enviar el mensaje con ayuda del sensor deflexión [20].

Fig. 1. Guante de lenguaje braille con motores de vibración [20].

III.V.II Sistema de detección de obstáculos para mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual

Una de las principales actividades diarias de las personas es la de movilizarse de un lugar a otro o en un mismo espacio. Para las personas con discapacidad visual es una de las tareas más difíciles, ya que deben ser capaces de percibir el entorno y saber orientarse para poder llegar a su lugar destino; esta actividad, a su vez, puede llegar a poner a la persona en peligro dependiendo de la complejidad del lugar; por ejemplo, cruzar la calle. Por tal motivo, se diseñó un artefacto portátil que se compone de tres partes: una manilla vibratoria, un sensor ultrasonido y una unidad de procesamiento. Este sistema es capaz de detectar objetos a 45 cm de distancia, únicamente en el plano frontal superior; la persona con discapacidad visual al realizar la actividad de desplazarse será avisada por medio de una vibración emitida a la manilla y de esta forma tendrá tiempo para hacer evasión del obstáculo. Para este prototipo se encontró necesario el complemento de un bastón debido a que el dispositivo, como se mencionaba anteriormente, solo abarca el plano frontal superior; es decir, que también se necesita abarcar el plano frontal inferior para brindar una mayor seguridad a la persona [21].

III.V.III Sistema háptico de detección de obstáculos para invidentes

Dispositivo para dar solución a la problemática presente en el sistema convencional de detección manual de objetos por medio del uso de bastón, el cual solo abarca la percepción frontal inferior, dejando en riesgo la zona superior a objetos suspendidos en el aire o estructuras altas. El artefacto está compuesto por seis sensores, tres infrarrojos y tres de ultrasonido, tanto para detección por proximidad y medición de profundidad; éstos fueron integrados a un sombrero en la parte frontal, tratando de abarcar el mayor campo visual posible, se usó un sombrero ya que es un objeto liviano y cómodo para las personas. Con la información captada por los sensores, se le envía una señal a un microcontrolador Arduino que está programado para emitir diferentes señales de vibración dependiendo de los datos obtenidos. Se destaca que al tener varios sensores instalados en el sombrero (estructura utilizada para el dispositivo, como se puede ver en la Figura 2), se logra abarcar un mayor campo visual que no se reduce solo al frontal, permitiendo simular las rotaciones que el órgano visual puede realizar en condiciones normales [22].

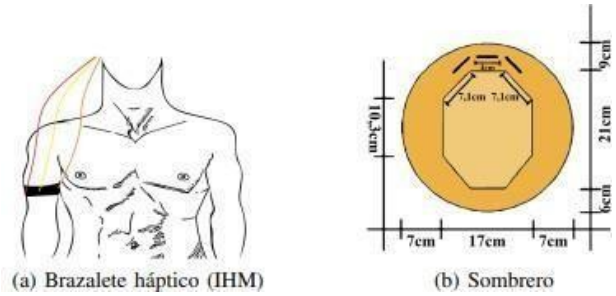


Fig. 2. Componentes de Sistema asistencial para personas con discapacidad visual [22]

III.V.IV Desarrollo de la cognición espacial en invidentes congénitos con apoyo de dispositivos tecnológicos

Implementación de un dispositivo tecnológico basado en lógica difusa y visión artificial para distinguir y asistir los procesos de representación espacial en personas invidentes del Centro de Rehabilitación del Adulto Ciego (CRAC) de Bogotá, buscando anexar conocimiento espacial a su modelo mental para facilitar sus actividades diarias, por medio de la codificación de dirección y relaciones de distancia entre los objetos, sin importar las trayectorias que los sujetos decidan tomar [23]. Utilizando la metodología de análisis de protocolos de reportes verbales, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Evolución de la representación espacial:** con la ayuda del diseño y usos de sistemas mecatrónicos, se elaboró un mapeo espacial para los procesos de orientación de los sujetos en entornos cerrados.
- **La dimensión color en la representación:** por medio del dispositivo tecnológico DMREI (Dispositivo Mecatrónico de Representación Espacial para Invidentes), se potencializó la cognición espacial e identificación de colores de los objetos.
- **Convergencia de señales en la representación espacial:** la distinción de señales hápticas simultáneas por medio del dispositivo DMREI permite incorporar, procesar e identificar en un campo espacial de 180º objetos de forma sincrónica.

Este referente ayuda a reconocer diferentes tecnologías, que, al ser integradas en un mismo dispositivo, logran satisfacer la problemática y, así mismo, presenta posibles metodologías de

implementación para el trabajo planteado, puede ser útil, sin embargo, al no contar con la tecnología del dispositivo sé limita su uso.

III.V.V Dispositivos para personas con discapacidad visual: Dispositivos de alta tecnología con baja aceptación por parte del usuario y nula adaptabilidad para los niños

En este trabajo se presenta un análisis de neurocientíficos e ingenieros sobre el desarrollo de dispositivos tecnológicos para personas con discapacidad visual, argumentando que la falta de visión está relacionada con diversos retrasos motores y sensoriales. A su vez, presentan soluciones tecnológicas contemporáneas, destacando las principales características de estos sistemas y sus límites. Estos sistemas tienen como objetivo proporcionar la información visual ausente a través de sistemas de conversión visual a táctil o de visual a auditivo como [24]:

- **Dispositivos de sustitución sensorial (SSD por sus siglas en inglés):** transforman los estímulos a los que se accede usualmente por medio de una modalidad sensorial, en estímulos accesibles para otra modalidad sensorial.
- **Dispositivo de imagen de sustitución sensorial visual táctil (TVSS por sus siglas en inglés):** trasmite datos de vídeo a una unidad de visualización en donde estimula los sensores táctiles de la lengua del sujeto.
- **Unidad de visualización de la lengua (TDU por sus siglas en inglés)**: crea imágenes táctiles en tiempo real del lenguaje. Consiste en una pantalla táctil que traduce la información visual proporcionada por una computadora.
- **Interfaz Singer-Braille:** interfaz con dedos mecánicos que se utilizan para trasmitir símbolos Braille. Desarrollada en una versión portátil para fines de navegación.
- **Navegación exterior táctil Kahru:** pantalla de arnés táctil portátil para instrucciones de navegación direccional, comunicándose a través de un receptor de infrarrojos que se lleva en el cinturón.

Pueden evidenciarse múltiples dispositivos tecnológicos que apoyan a personas con discapacidad visual en diferentes áreas en las que presentan problemas, como la dificultad de percibir el espacio, imágenes, sonido, navegación y dirección, revelando diferentes alternativas para el problema planteado.

III.VI Atril

El atril es un soporte o estructura diseñada para sostener libros, documentos u otros objetos de lectura o visualización. Es especialmente útil para las personas con baja visión, ya que les proporciona un apoyo estable y ajustable para colocar sus materiales de lectura a una altura y ángulo adecuado. La importancia del atril para las personas con baja visión radica en que les permite tener un mejor acceso a la información escrita, facilitando su lectura y evitando la fatiga visual. Al proporcionar una posición ergonómica para los materiales de lectura, el atril reduce el esfuerzo físico y la tensión ocular, lo que permite una lectura más cómoda y prolongada. Además, el atril ofrece la posibilidad de ajustar la inclinación y la altura de los materiales, adaptándolos a las necesidades y preferencias de cada persona. Esto es especialmente útil para los usuarios con problemas de movilidad o postura, ya que pueden colocar el atril a una altura adecuada para leer sin tener que agacharse o forzar su postura [25].

Sin embargo, existen diferentes tipos de atriles diseñados para adaptarse a diversas necesidades y contextos. Estos incluyen atriles de suelo, de mesa y apilables, cada uno con características y funciones particulares.

Los atriles de suelo son estructuras independientes y autónomas que se apoyan directamente en el suelo. Estos atriles suelen tener patas ajustables en altura para adaptarse a las preferencias del usuario. Proporcionan estabilidad y soporte para libros grandes, partituras, documentos o cualquier objeto de lectura que necesite ser colocado a una altura cómoda. Estos atriles también pueden tener estantes adicionales para almacenar materiales adicionales.

Mientras que los atriles de mesa son más pequeños y diseñados para ser colocados sobre una superficie plana, como una mesa o escritorio. Estos atriles son ideales para sostener libros de menor tamaño, documentos o incluso dispositivos electrónicos. Por lo general, cuentan con un ángulo ajustable para adaptarse a la posición de lectura preferida del usuario, los atriles de mesa son portátiles y pueden ser utilizados tanto en el hogar como en entornos de trabajo.

Y por último, están los atriles apilables, que son especialmente útiles cuando se necesita almacenar o transportar múltiples atriles de manera conveniente. Estos atriles suelen estar diseñados para encajar uno encima del otro, lo que permite apilarlos y ahorrar espacio cuando no están en uso. Son comunes en entornos donde se realizan presentaciones o eventos, ya que facilitan el transporte y la organización de varios atriles al mismo tiempo [26].

Los atriles tienen varias variaciones en colores, tamaños, accesorios o materiales, pero todos cumplen con la misma función de ajustar una altura y ángulo para su uso.

CAPÍTULO 4

OBJETIVOS

IV. I Objetivo general

Diseñar un aditamento que facilite al menos una actividad de la vida diaria a un niño con discapacidad visual.

IV. II Objetivos específicos

1. Definir la AVD específica para el diseño de aditamento.
2. Establecer el diseño conceptual para el aditamento que cumpla con los requerimientos y restricciones definidos en el trabajo de campo.
3. Realizar el diseño de materialización para la selección de los parámetros y especificaciones del aditamento.
4. Crear el diseño de detalle que permita la manufactura de un prototipo.
5. Evaluar, a través de pruebas con usuario, el desempeño y viabilidad técnica del aditamento.

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA

Este diseño está enfocado en los niños con discapacidad visual entre los 3 y 12 años de edad, donde los niños no solo se preparan para ingresar más adelante en otra institución de educación media y superior, sino que también se preparan para enfrentarse a la vida diaria en autonomía.

V.I Objetivo 1. Definir la AVD específica para el diseño de aditamento

Para la selección de la AVD se realizó una observación no participante del usuario en donde se evaluó cómo se desempeña el niño en su entorno; por ello, se buscaron patrones de comportamiento en actividades que realizan a diario, como: la llegada al INCS, las clases (donde se relaciona con los profesores), en los descansos (donde realizan actividades según sus intereses e interactúan con otros niños), en la cafetería, en la sala de cómputo y en el simulador de hogar (donde adquieren habilidades para realizar labores del hogar como lavar los platos, cocinar, limpiar y organizar la casa, entre otras). Además, la selección de la AVD fue influenciada por las necesidades y actividades que realizan los niños del INCS, por ello se buscó mejorar y facilitar una actividad que ellos realizaban, también se conoció al usuario y sus dificultades, y se establecieron los problemas existentes de la realización de la actividad para darle solución y facilitarla sin que el niño tenga accidentes o complicaciones mientras la realiza.

A partir de la observación que se realizó en el INCS a los niños, se definieron las condiciones del niño al que se le diseñó el aditamento, por ello se creó un arquetipo de usuario donde se definió su enfermedad visual y las necesidades que tiene respecto a su condición.

V.I Objetivo 2. Establecer el diseño conceptual para el aditamento que cumpla con los requerimientos definidos en el trabajo de campo

Se estableció el diseño conceptual en coherencia a la población foco, donde se emplearon técnicas de clasificación recomendadas por la metodología de diseño de Nigel Cross [27] para definir prioridades relativas de diseño y se definieron las características de este.

V.I.I *Establecimiento de funciones*

Las funciones establecidas son aquellas esenciales que debe satisfacer el dispositivo, en donde van acompañadas de niveles, que son los límites establecidos para que las funciones sean coherentes respecto al objetivo que cumple el atril. Para realizar este establecimiento de funciones se comenzó por lo que el diseño del atril debe lograr y sus propósitos para facilitar una AVD de los niños con discapacidad visual del INCS, por ello se realizó la caja transparente para definir las condiciones que debe cumplir.

V.I.II *Fijación de requerimientos*

Para el levantamiento de requerimientos se realizaron entrevistas de usuario para reconocer de una forma más directa problemáticas o información de utilidad; además, se implementó una investigación del comportamiento de usuario para reconocer patrones de comportamiento en la AVD específica, esto fue de utilidad para la creación del arquetipo de usuario para definir las características comunes. La ejecución de estas actividades también son base para la identificación de los límites de diseño, como fue el tamaño y peso del aditamento, complejidad de uso por las diferentes condiciones físicas, motoras o cognitivas las cuales el niño puede presentar, y también reconocer posibles limitantes en el costo final del aditamento.

V.I.III *Determinación de características*

Se implementó un método de selección de características del diseño y su importancia, siendo coherentes a las necesidades y requerimientos anteriormente definidos; como técnica para llevar a cabo se utilizó la "Casa de la calidad", esta permitió reconocer los atributos del producto, cualidades ingenieriles y valorar productos externos, ya existentes, frente al propio.

V.I.IV *Generación de alternativas*

A partir de las funciones se establecieron soluciones secundarias y se realizó una matriz para presentar todas las posibles soluciones o ideas que satisfacen los requerimientos del aditamento. Al tener dicha matriz, se buscó identificar soluciones generales a partir de la combinación de soluciones secundarias, pero teniendo en cuenta las restricciones y criterios del atril para los niños con baja visión.

V.I.V *Evaluación de alternativas*

Al tener las alternativas preseleccionadas, se optó por aquella que mejor se alineara con los objetivos, asegurando el cumplimiento de las características y requerimientos del diseño final. Esta elección se realizó por un procedimiento lógico donde se ponderaron los objetivos, para evaluarlos con escalas numéricas, y así seleccionar la que tenga mayor puntuación.

V.II **Objetivo 3. Realizar diseño de materialización para la selección de los parámetros y especificaciones del aditamento**

Para el diseño de materialización del prototipo se realizaron las siguientes actividades:

V.II.I *Cálculos*

Se realizó un análisis teórico para llevar a cabo el cálculo de características específicas necesarias para la realización del prototipo. Además, se determinaron las dimensiones generales del prototipo a partir de las condiciones necesarias para los niños, entonces se definieron las relaciones de tamaño de piezas para el ensamble, se estimó el peso y se hizo un análisis de esfuerzos para conocer sus límites.

V.II.II *Normas*

Se realizó la búsqueda de normas o leyes existentes que rigen el campo de acción para el cual fue diseñado el aditamento, éstas se tuvieron en cuenta para el diseño del prototipo.

V.III **Objetivo 4. Crear el diseño de detalle que permita la manufactura de un prototipo**

Se basó en el modelado completo 3D del prototipo, realización de planos de fabricación y planos de ensamble. Además, se generaron los respectivos archivos para la fabricación de piezas con corte láser e impresión 3D.

V.III.I ***Planos de fabricación***

Se implementó el software CAD "Solidworks" (Dassault Systemes, Velizy-Villacoublay, Francia) para modelar el aditamento y poder realizar el prototipo. En él se especificaron las dimensiones de las piezas, sus geometrías, materiales, procesos de manufactura, etc. Con esto se buscó tener el diseño final a partir del diseño de la materialización.

V.III.II ***Planos de ensamble***

Al tener el diseño de las piezas, se realizó un ensamble. En este se añadieron los acoples y demás elementos comerciales, necesarios para su correcto funcionamiento. Estos planos tienen la lista de materiales y vistas de corte, para otorgar mayor claridad. El plano de ensamble se usó como guía para ensamblar las piezas fabricadas y comerciales que conforman el producto final.

V.III.III ***Fabricación del prototipo***

La fabricación del prototipo se realizó con los equipos que cuenta el Laboratorio de Control de Automatización de Procesos (CAP) de la Pontifica Universidad Javeriana Cali. En los equipos utilizados se encuentran las impresoras 3D, Dremel 3D40 (Dremel, Wisconsin, Estados Unidos) y la XY-3 SE (Tronxy, Shenzhen, China), las cuales, teniendo en cuenta las limitaciones en propiedades mecánicas que se pueden encontrar en el material de uso, fue útil para la fabricación de piezas específicas de difícil manufactura y de geometrías complejas. También se hizo uso de las herramientas manuales con las que cuenta el laboratorio, que fueron útiles para procesos sencillos de manufactura y ensamble del prototipo.

V.IV **Objetivo 5. Evaluar, el desempeño y viabilidad técnica del aditamento**

Se realizaron evaluaciones con enfoques cualitativos para conocer la perspectiva real del usuario. Primero, se llevaron a cabo pruebas de usuario para evaluar el desempeño y recibir retroalimentaciones del prototipo fabricado, se utilizaron diferentes instrumentos de enfoque cualitativo que permita cumplir con el objetivo. Como instrumento para la valoración funcional de uso del prototipo aplicado en AVD, se aplicó la escala de Lawton y Brody [19]. También se utilizó el método de caminos comentados, el cual por medio de entrevistas y cuestionarios a profundidad, permite conocer la interacción dialógica de utilidad y uso [18]. Estas pruebas de usuario se basaron en usuarios capaces de operar el atril. Además, se realizaron búsquedas adicionales de instrumentos útiles y que se comercializan para personas con baja visibilidad.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

Realizando el levantamiento de requerimientos, se buscó garantizar la seguridad frente al uso del aditamento y en caso de tener un mal funcionamiento u operación, no genere lesiones, molestias o accidentes causados por el atril; además éste debía ser de bajo costo para que todos los niños del INCS pudieran acceder a él y pudieran utilizarlo en sus viviendas y no solo en el instituto; también que su uso fuera intuitivo y que no requiriera capacitaciones para usarlo, por último, que el niño al utilizarlo no experimentará un rechazo mientras se adapta a usar el atril, ya que debe ser amigable con el usuario, es decir, que sea cómodo y que no sea invasivo en su operación.

La AVD es desarrollada por niños entre los 3 y 12 años, en este rango de edad es donde los niños adquieren las habilidades básicas para su desarrollo, entre estas está leer y escribir [5], ya que es algo esencial para luego desempeñar actividades más complejas en su vida. Para identificar el grupo de usuarios comunes y sus características, se estableció un arquetipo de usuario, con la finalidad de contextualizar y definir la AVD. El arquetipo de usuario establecido fue el siguiente:

Arquetipo de usuario: Daniel Álvarez es un niño de siete años con baja visión debido a enfermedades degenerativas: glaucoma, que afecta el nervio óptico por la alta presión ocular, y cataratas, que es un área nublada en el cristalino del ojo. El niño cursa primaria en un instituto especial. A él le cuesta desarrollar algunas actividades educativas de forma correcta por falta de materiales y herramientas que le brinden ayuda en su realización, como iluminación, cartillas de alto contraste y orientación o asientos ergonómicos. Daniel presenta dificultades para leer y escribir durante su jornada académica, lo que genera problemas secundarios de concentración y físicos por mala postura.

A partir de la visita al INCS se logró detectar, por medio de la docente encargada en el área de Baja Visión, que los niños y niñas con patologías de baja visión tienen problemas para realizar actividades esenciales en su formación como leer y escribir. Este problema lo han solucionado con la implementación de atriles de pupitre, donde el niño lo instala en su puesto. Sin embargo, estos atriles presentan limitaciones en cuanto a la cantidad disponible en el INCS y que son de fabricación artesanal, por lo cual se sugiere un rediseño para mejorar la funcionalidad que tienen y la accesibilidad a estos, teniendo en cuenta que son para niños pequeños. Adicionalmente, la baja visión se debe a alguna enfermedad o deterioro degenerativo, por lo cual la principal necesidad es que el atril sea pluripatológico.

Dicho esto, los atriles son de suma importancia para los niños ya que ayudan a mejorar la postura corporal, evitando la inclinación excesiva de la espalda sobre el texto al acercarse a éste [29] y posturas inadecuadas que pueden traer consecuencias a futuro. Existe diferentes tipos de atriles, donde varían los materiales y la manera de cómo se realiza la función principal, pero el atril convencional es como lo muestra la Fig.3.

Fig. 3. Atriles AVS de baja visión [30]

Se realizó el árbol de objetivos a partir del planteamiento del problema definido por el cliente, donde se crearon los objetivos principales del aditamento y los objetivos secundarios, para así definir qué condiciones debe cumplir el atril. A partir de este se definieron como objetivos principales la ergonomía, portabilidad, funcionalidad y durabilidad, ver Fig.4.

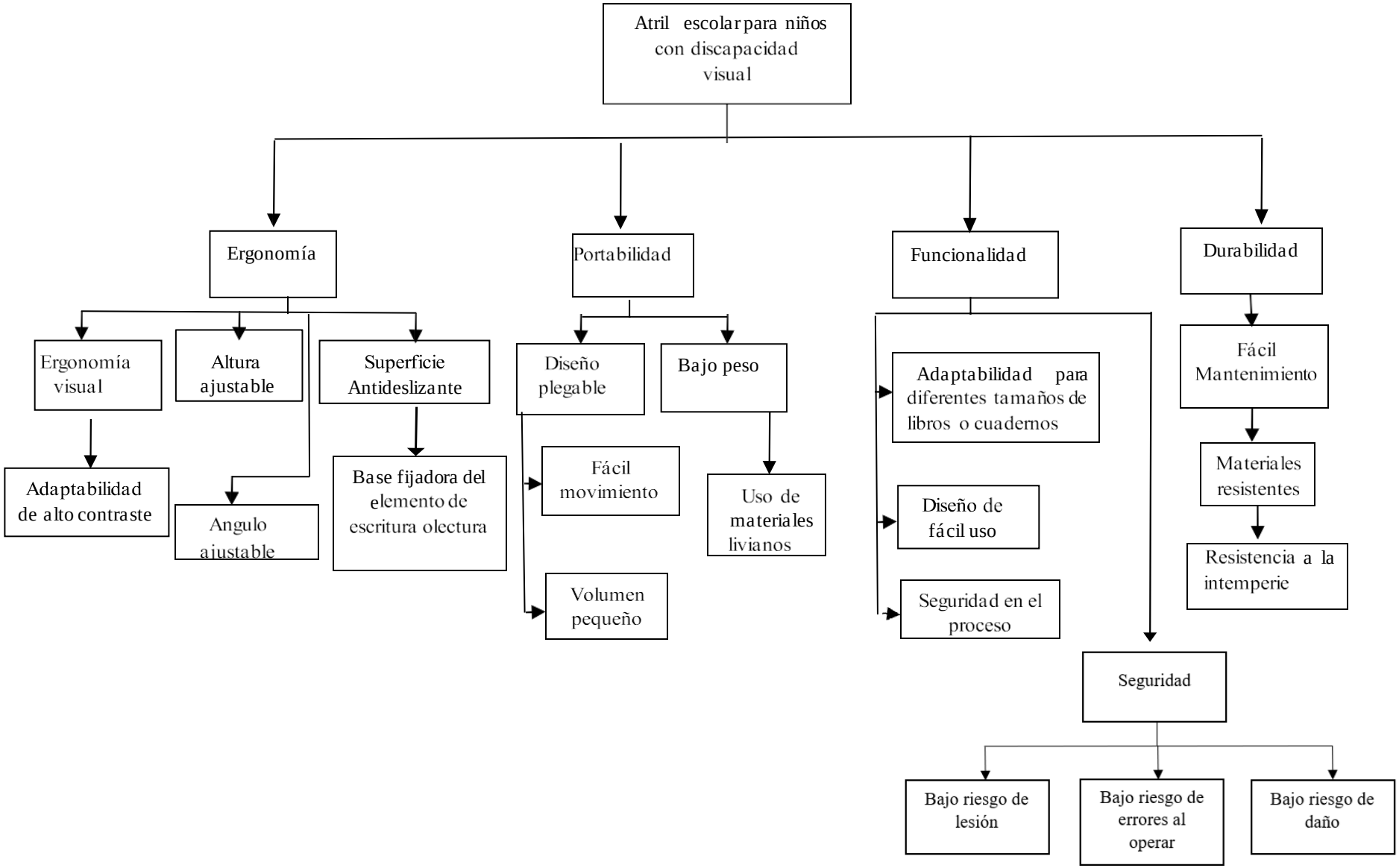


Fig. 4. Árbol de objetivo

Con base a los objetivos anteriormente descritos, se construyó la caja negra, para definir las entradas y salidas del diseño, y establecer la función general, ver Fig.5.

Fig. 5. Caja negra

Además, se creó la caja transparente para clarificar las funciones secundarias de la caja negra, con el fin de cumplir la función principal, que es poder leer y escribir con ergonomía visual y física a partir de las dimensiones comunes de los atriles convencionales, ver Fig.6. En las funciones secundarias se empieza por el ensamble del atril, en donde según la actividad a realizar por el usuario y sus parámetros de uso, se continuará con los ajustes de altura y ángulo para lograr una postura ergonómica; y por último, según el elemento de escritura o lectura, fijar su tamaño.

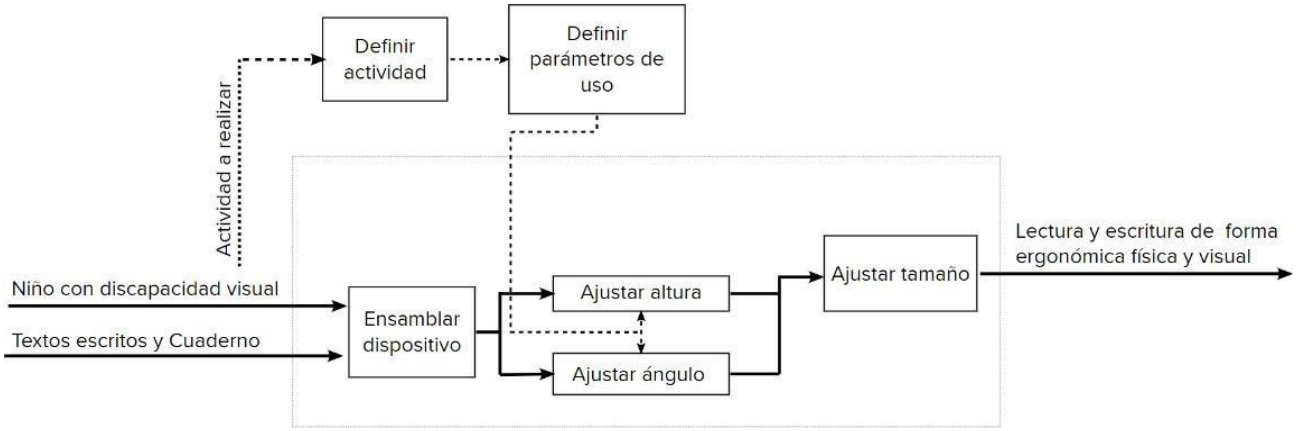


Fig. 6. Caja transparente

Se definieron los requerimientos del atril y cuales son aquellas condiciones de dichos requerimientos; estos requerimientos pueden ser demandados por el cliente, ya que son necesarias, o deseos, que le gustaría al cliente tener en el diseño, ver TABLA II.

TABLA.II *FIJACIÓN DE REQUERIMIENTOS.*

Demanda	Deseo	Requerimiento	Magnitud [Unidades]
X		Fácil operación para niños	N/A
X		Ajuste de altura	0-20 cm
X		Ajuste de inclinación	20-90°
X		Bordes seguros (No afilados)	N/A
X		Fácil limpieza	N/A
	X	Fácil mantenimiento	N/A
	X	Reparación sencilla	N/A
	X	Durabilidad de materiales	5 años
X		Ligereza	500 g
	X	Multifuncional	3 funciones
	X	Plegable	40 segundos
	X	Adaptabilidad de contraste	N/A
	X	Adición de accesorios	2 accesorios

Los rangos de operación se definieron con base a referencias comerciales, las cuales son 13 centímetros de elevación y ajuste multinivel con 6 niveles entre los 0 y 80°, además se complementaron los rangos con el trabajo de campo realizado en el instituto, con la finalidad de cumplir con las necesidades específicas de los niños con discapacidad visual. Se destaca también que los requerimientos clasificados como deseos nacen directamente de los colaborares del instituto quienes plantean un valor agregado para el atril desde su posición como expertos en el campo y relacionados a las dificultades que presentan en su día a día.

Dichos rangos de los requerimientos sean de demanda o de deseo se validaron con las normas de ergonomía ISO 9241 [35] y la ISO/TR 16982 [36]. En donde se establece posiciones ergonómicas como: el tronco en una posición entre 0 y 20° de inclinación, los brazos apoyados en una posición entre 45 y 90° de flexión respecto al hombro, las muñecas a menos de 15° de flexión respecto al antebrazo y el cuello en una posición entre 0 y 20° de inclinación. Estas posiciones ergonómicas son fundamentales para asegurar un correcto uso del atril en los usuarios.

En la casa de la calidad se realizan las relaciones entre las características ingenieriles del diseño y las necesidades o deseos que tienen los usuarios respecto al diseño del atril. Además, se define la importancia a cada atributo, el cual servirá para priorizarlo en las alternativas, ver Fig.7.

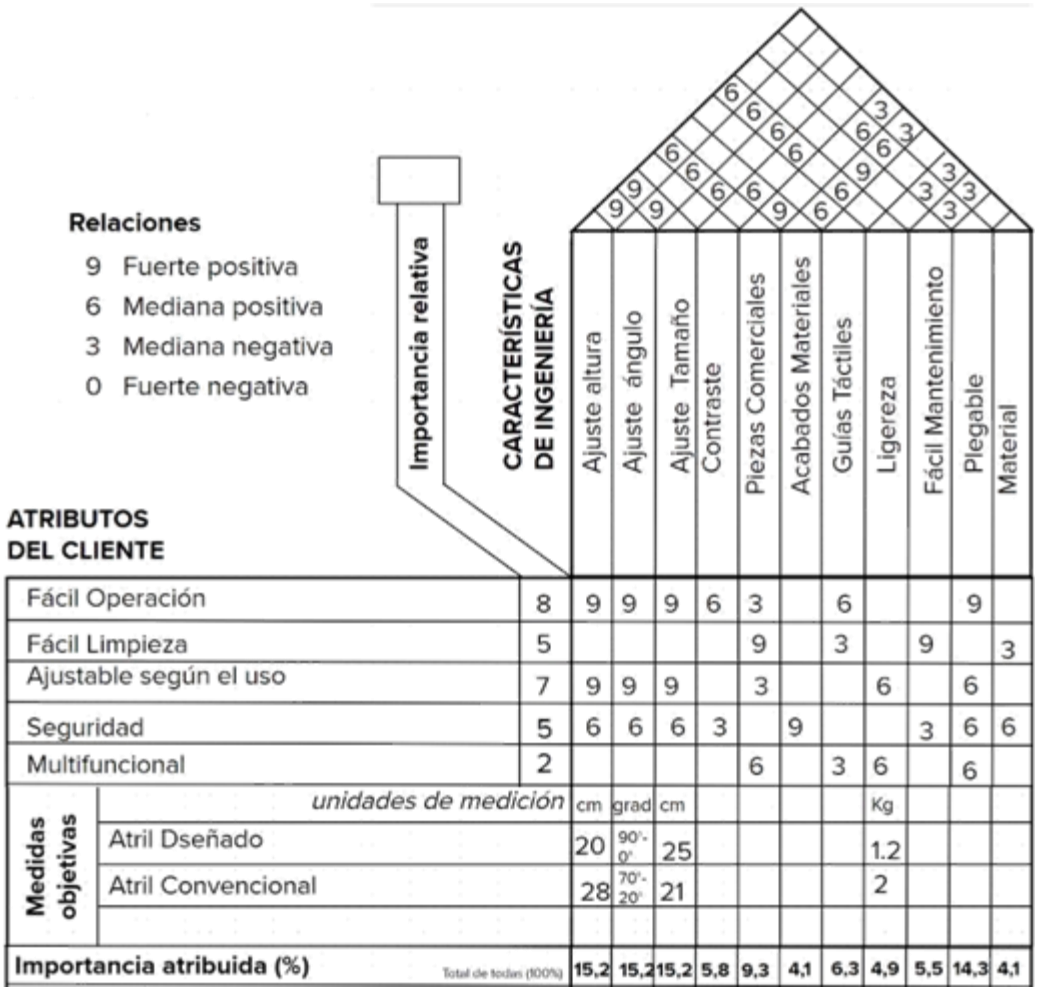


Fig.7. Determinación de características

Luego se generaron las posibles alternativas de solución para cada función, ver TABLA III, y se combinaron estas soluciones para crear los posibles atriles a partir de las alternativas generadas, ver TABLA IV.

TABLA.III *GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS.*

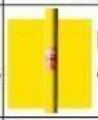
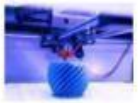
SOLUCIONES / FUNCIONES	1	2	3	4	5	6
Angulo ajustable	Brazo hidráulico	Manual con niveles	Reclinador de asiento	Tornillo y tuerca de presion		
Altura ajustable	Pinzas para papel	Cinta magnética	Ajuste de silla	Ajuste de patas	Ajuste por posicion	Pinzas plegables
Adaptabilidad de alto contraste	Filtro de contraste	 Papel amarillo	Iluminación			
Ligero y duradero	Hoja de aluminio	Hoja de acrilico	PLA	Madera		
Multifuncional	Cartuchera	Maletín	Parlante			

TABLA.IV *SOLUCIONES.*

Alternativas	Atril 1	Atril 2	Atril 3
Angulo ajustable	Reclinador de asiento	Tornillo y tuerca de presion	Brazo hidráulico
Altura ajustable	Ajuste de patas	Pinzas plegables	Ajuste de silla
Adaptabilidad de alto contraste	Iluminación	Papel amarillo	Filtro de contraste
Ligero y duradero		Hoja de acrilico	Hoja de aluminio
Multifuncional	Parlante	Maletín	Cartuchera

Por último, se evaluaron los atriles a partir de unos objetivos concretos con diferente peso, el

cual ayudó a obtener una calificación y poder escoger el mejor atril y las mejores alternativas que serán incluidas en el diseño del atril, ver TABLA V.

TABLA.V *EVALUCIÓN DE ALTERNATIVAS.*

Objetivo	Peso	Parametro	Atril 1			Atril 2			Atril 3		
			Magnitud	Calificación	Valor	Magnitud	Calificación	Valor	Magnitud	Calificación	Valor
Facilidad ajuste de angulo	0,3	Facilidad de servicio	Sencillo	5	1,5	Sencilla	5	1,5	Promedio	3	0,9
Facilidad ajuste de altura	0,3	Facilidad de servicio	Promedio	3	0,9	Sencilla	5	1,5	Complicado	2	0,6
Contraste	0,1	Funcionabilidad	Buena	4	0,4	Buena	4	0,4	Muy Buena	5	0,5
Ligereza	0,2	Gramos	900	4	0,8	1200	3	0,6	2300	2,5	0,5
Facilidad de multifuncionalidad	0,1	Facilidad de servicio	Complicado	2	0,2	Sencilla	3	0,3	Muy sencilla	5	0,5
Valor de utilidad					3,8			4,3			3

A partir de la evaluación se seleccionó que los mejores componentes para diseñar el atril son, para ajustar el ángulo una tuerca de presión, para ajustar altura unas pinzas plegables, para el contraste papel amarillo, para que sea ligero y duradero una hoja de acrílico como material y para que el atril sea multifuncional se implementará que sea un maletín, es decir la configuración del atril 2, ver TABLA.V.

Posterior a la selección de los componentes, se investigó que tipo de material era el ideal para su realización, debido a que el atril iba a ser expuesto a esfuerzos por el apoyo del usuario durante su uso, se seleccionó la hoja de acrílico de 10 mm, la cual tiene un coeficiente de ruptura a tensión de $6{,}86*10^7$ Pa y de elasticidad de $2{,}74*10^{10}$ Pa [31], temperatura de distorsión de calor es 100°C, lo cual favorece ante una situación donde el sol pueda afectar el atril si es olvidado a la intemperie. Debido a que no fue posible encontrar normativas para el diseño y usabilidad de un atril, se realizó un análisis estático de sus componentes más críticos, con la finalidad de comprobar teóricamente la resistencia frente a los esfuerzos que se vería expuesto y su seguridad de uso.

Inicialmente se calculó el factor de seguridad que presenta el elemento más crítico del atril. Como elemento más crítico en el diseño se determinó el brazo que permite darle el ángulo a la base donde se apoya el niño (es decir el perfil que actúa como brazo fijo a la base de apoyo del elemento de escritura o lectura, ver Fig.14). Para ello se comenzó determinando la fuerza que puede generar un niño entre los 6 y 8 años. Según la OMS [32] un niño en condiciones estándar en estas edades puede tener masa de 35kg. Posterior, se calculó la fuerza que podía ejercer el niño sobre el atril según su peso y partes del cuerpo que podrían participar teniendo en cuenta la posición de uso, para dicho calculo se tuvo en cuenta sus extremidades superiores (Manos, cabeza y tronco) [33].

Se expresa de la siguiente manera:

$$F_{niño} = 0{,}678 * 35kg * 9{,}81\ m/s^2 = 232{,}79\ N.$$

Eq. 2 . Fuerza del niño respecto a la fracción de peso.

Al tener la fuerza producida por el niño se realizó el diagrama de cuerpo libre donde se ilustra como actúan las reacciones en el perfil de 175 mm, teniendo en cuenta un ángulo de uso de $40°$, ver Fig. 8.

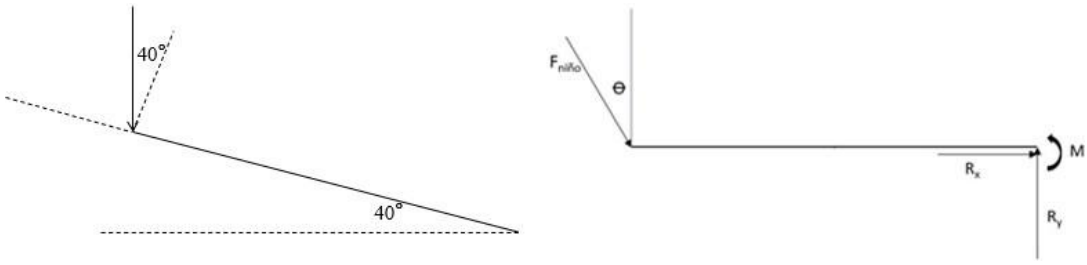


Fig. 8. Diagrama de cuerpo libre

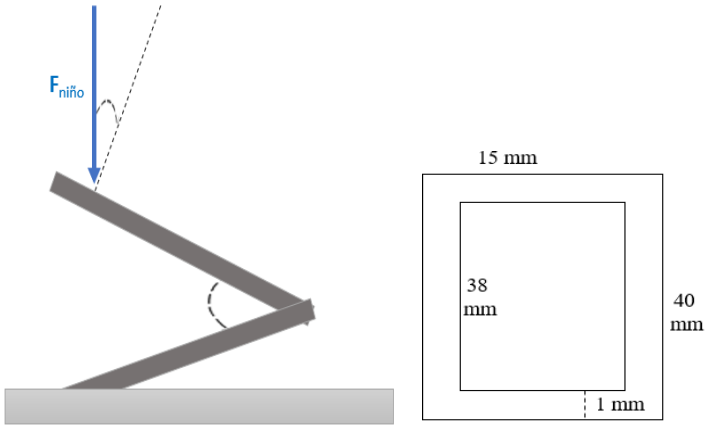


Fig. 9 Dimensión del perfil

Al realizar el diagrama de cuerpo libre, la fuerza del niño se descompone en el eje X y Y, lo cual define las fuerzas:

$$Fx = Fniño * \text{sen}\,\theta$$

$$Fy = Fniño * \cos\theta$$

Eq. 3. Fuerza en X y Y.

Se realizo la validación de la fuerza en un rango de ángulos de 40° a 90° con un intervalo de 10°, con la finalidad de reconocer como actúa la fuerza según su posición, ver Anexo A Calculos.xlsx. Dicho rango fue seleccionado ya que son los ángulos posibles de uso para el atril según sea la actividad del niño (Lectura o escritura). Se continuó calculando el momento y las reacciones en el otro extremo del perfil a partir de la sumatoria de momentos, y dimensiones del perfil ver Fig.9.

$$\Sigma M = 0$$

Eq. 4. Sumaria de momentos.

$$Mr = Fy * \mathrm{L}$$

$$\Sigma Fy = 0 \qquad \Sigma Fx = 0$$
$$\mathrm{Ry} - \mathrm{Fy} = 0 \qquad \mathrm{R}x - Fx = 0$$
$$\mathrm{Ry} = Fy \qquad \mathrm{R}x = Fx$$

Se calculó la cortante:

$$\tau v = \frac{v * \emptyset}{I * t}$$

Eq. 5 . Cortante τv.

donde el momento de área es

$$\emptyset = \Sigma Ay$$

Eq. 6 . Momento de área.

el espesor t es

$$t = 2mm$$

la fuerza cortante determinada v es

$$v = Fy$$

Eq. 7 . Fuerza cortante.

Y el momento de inercia es

$$I = \frac{b * h^3}{12} - \frac{b_1 * {h_1}^3}{12}$$

Eq. 8 . Momento de inercia.

Entonces calculando el momento de área $\emptyset$ y el momento de inercia I, teniendo en cuenta las dimensiones que se observan en la Fig. 9. obtenemos:

$$\emptyset = b * h * l + 2 * b_2 * h_2 * l_2$$

$$\emptyset = 15\ \mathrm{mm} * 1\ \mathrm{mm} * 19{,}5\ \mathrm{mm} + 2 * 1\ \mathrm{mm} * 19\ \mathrm{mm} * 9{,}5\ \mathrm{mm}$$

$$\emptyset = 653{,}3\ mm^3$$

$$I = \frac{15 * 40^3}{12} - \frac{13 * 38^3}{12}$$

$$I = 20555\ mm^4$$

Luego se calculó el esfuerzo normal σP:

$$\sigma P = Fx/A$$

Eq. 9 . Esfuerzo normal.

Seguido se calculó el σM:

$$\sigma M = -\frac{Mr * y}{I}$$

Eq. 1 0 . Esfuerzo a la flexión.

Donde σx es la sumatoria entre σP y σM,

$$\sigma x = \sigma \mathrm{P} + \sigma \mathrm{M}$$

Realizando la ecuación de Von Mises donde σ':

$$\sigma' = \sqrt{\sigma x^2 + \sigma y^2 - \sigma \mathrm{x} * \sigma \mathrm{y} + 3 * \mathrm{r} x y^2}$$

Eq. 1 1 . Esfuerzo de Von Mises.

Con esto pasamos a calcular el factor de seguridad (N) del diseño, para este se utilizó la Tabla A-22 de Resultados de propiedades a la tensión de algunos metales del libro de Shigley novena edición [34] para determinar la resistencia a la fluencia (Sy) del aluminio.

Donde el factor de seguridad (F.S) es:

$$N = \frac{Sy}{\sigma'}$$

Eq. 1 0 . Factor de seguridad.

El factor de seguridad más crítico nos indica que la fuerza generada por el niño no afectará el perfil, aunque se podría reducir su área y/o cambiar el material si se desea reducir su costo de fabricación. Se asumió la condición más crítica de uso posible en donde la fuerza ejercida por del niño se localiza en un solo punto y soporte de uno de sus perfiles en voladizo, considerando esto es posible disminuir su margen de seguridad, ver Anexo A Calculos.xlsx. Sin embargo, en este escenario, no se realizaron ajustes en dicho margen, ya que el atril será utilizado por niños con discapacidades, y la seguridad es una prioridad, por eso el atril fue diseñado con un factor de seguridad de 5,25. Además, es importante destacar que no estamos considerando cargas que generen fatiga en el material.

Al tener las dimensiones y el factor de seguridad definido se realizó un primer prototipo conceptual a escala 1:1/3 de cómo sería el atril, ver Fig. 10a, 10b. En este prototipo se logró identificar cuáles serían los grandes retos de dicho atril, como el mecanismo que permitiera regular la altura y ángulo del atril para de esta forma añadir el mecanismo al maletín, también se evaluó el peso, estabilidad de las uniones entre los eslabones para garantizar el correcto funcionamiento, así mismo se buscó validar las dimensiones del diseño, el proceso de manufactura y ensamble del prototipo.

Fig. 10 a. Primer prototipo funcional

Fig. 10 b. Primer prototipo funcional

Al determinar que el mecanismo era uno de los mayores retos se diseñó bajo el principio del trinquete, que permite girar un elemento respecto a otro 360°, aunque para el atril solo es necesario solo un giro entre 0° y 90°. Este mecanismo se diseñó en SolidWorks y se imprimió en 3D para incorporarlo a un nuevo prototipo, ver Fig. 11a, 11b. Con este mecanismo se buscó generar un movimiento seguro, preciso, que aportará a la estabilidad general de todo el dispositivo y que fuera de fácil funcionamiento.

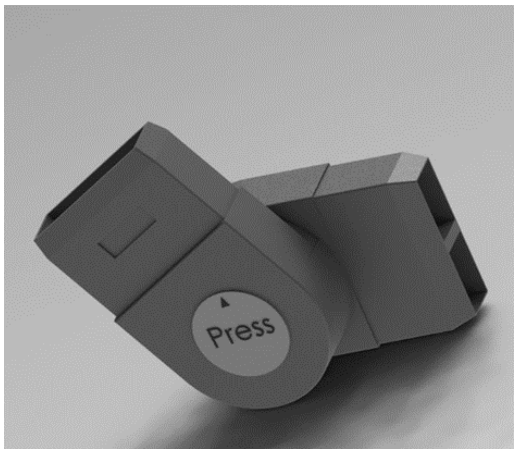


Fig. 11 a. Mecanismo de giro

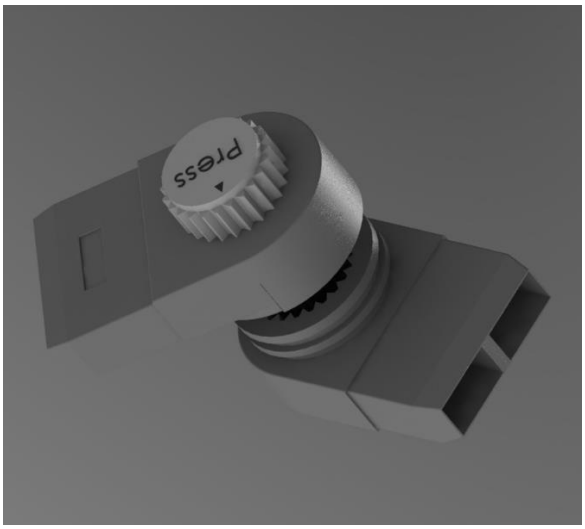


Fig. 1 1 b. Mecanismo de giro

Al tener este mecanismo se realizó el atril a tamaño real 1:1, usando como principales materiales aglomerado, aluminio y PLA (Poliácido Láctico), ver Fig. 12a, 12b. Al tener el atril materializado, se identificaron problemas en la tapa trasera que debido a su altura interfiere en la apertura del sistema; en la precisión del mecanismo giratorio diseñado ya que el material con el uso cede y crea un movimiento generando la sensación de inestabilidad ; en la tapa delantera, debido que al incorporarle una bisagra se crea un espacio entre la tapa y la base debido al espesor de la bisagra, lo cual podría representar un riesgo durante el uso para el usuario; también se identificó dificultad en la apertura, dado que la superficie de contacto es limitada y se requiere destreza para operar el atril, así como para acceder al mecanismo de ajuste del ángulo cuando el atril está cerrado.

Fig. 12a Prototipo a escala

Fig. 12b. Prototipo a escala

Al tener un prototipo a escala, se realizó el diseño a detalle, ver Fig.13, donde se realizaron los planos de fabricación, ver ANEXOS, del atril funcional teniendo en cuenta las mejoras de los anteriores prototipos. Con ello se obtuvieron las siguientes piezas que componen el atril, ver Fig. 14 y TABLA VI.

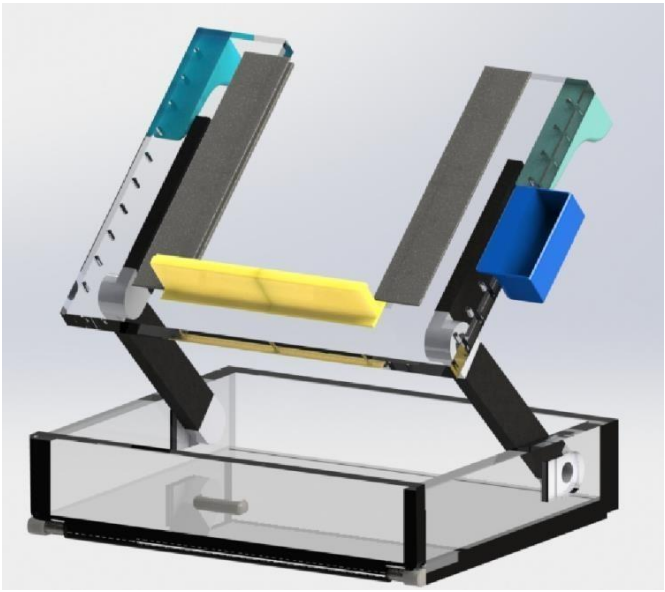


Fig. 13. Modelo final

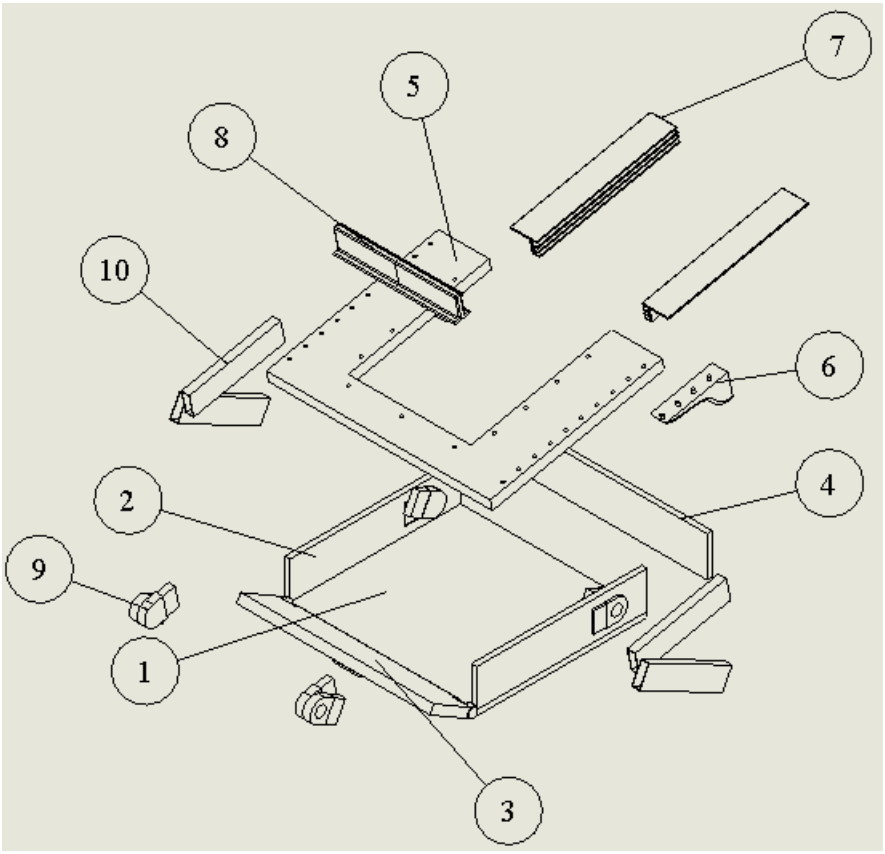


Fig. 14. Piezas del atril

TABLA.VI *DIEZ PIEZAS DEL ATRIL.*

Numero de pieza	Cantidad de piezas	Nombre de pieza	Material de la pieza	Manufactura
1	1	Tapa base	Acrilico	Corte laser
2	2	Tapa lateral	Acrilico	Corte laser
3	1	Tapa frontal	Acrilico	Corte laser
4	1	Tapa trasera	Acrilico	Corte laser
5	1	Tablero de accesorios	Acrilico	Corte laser
6	2	Accesorio de apoyo	PLA	Impresión 3D
7	2	Accesorio tipo riel	PLA	Impresión 3D
8	1	Accesorio apoyo de libro	PLA	Impresión 3D
9	4	Mecanismo para ajuste de atura y ángulo	PLA	Impresión 3D
10	4	Perfiles	Aluminio	Comercial

A partir de los planos, se construyó el atril, ver Fig. 15a, 15b, 15c. Uno de los objetivos de este atril es ser personalizable dependiendo la necesidad o gusto del usuario por ello se diseñaron diferentes accesorios que son elementos de ayuda y de ergonomía.

Fig. 15a. Prototipo funcional

Fig. 15b. Prototipo funcional

Fig. 15c. Prototipo funcional

Como primer accesorio está el elemento que facilita la apertura del atril cuando se acciona el mecanismo de giro, es esencial debido a que ayuda a que la apertura sea mucho más fácil, cómoda y no se necesite la ayuda de alguien más, ver Fig.16.

Fig. 16. Accesorio apoyo de apertura

En los accesorios más fundamentales para el atril están los rieles que permiten intercambiar la superficie (base de apoyo) de trabajo dependiendo la necesidad del usuario, dependiendo del nivel de contraste deseado, con la opción de modificar tanto el color como la textura de la superficie deseada simplemente deslizándola a lo largo de los rieles, ver Fig. 17.

Fig. 17 Rieles intercambio de contraste

La propuesta para respaldar el material educativo (como libros o cuadernos) en el atril consiste en estos soportes que permiten mantenerlo en su lugar sin riesgo de caídas, independientemente del ángulo en el que se encuentre. Además, dado que son desmontables, brindan la flexibilidad de transformar el atril en una superficie plana y más amplia si así se desea, ver Fig.18.

Fig. 18. Apoyo de libro

Otro accesorio disponible es una caja diseñada para contener lapiceros, colores y demás utensilios académicos mientras se utiliza el atril. Esta caja tiene como función realizar el rol de una cartuchera, evitando que el usuario tenga los lapiceros en la mano o tenga que dejarlos en la mesa. Este resulta altamente útil ya que puede ser complicado recogerlos nuevamente cuando se necesite, debido a la percepción del espacio, ver Fig.19.

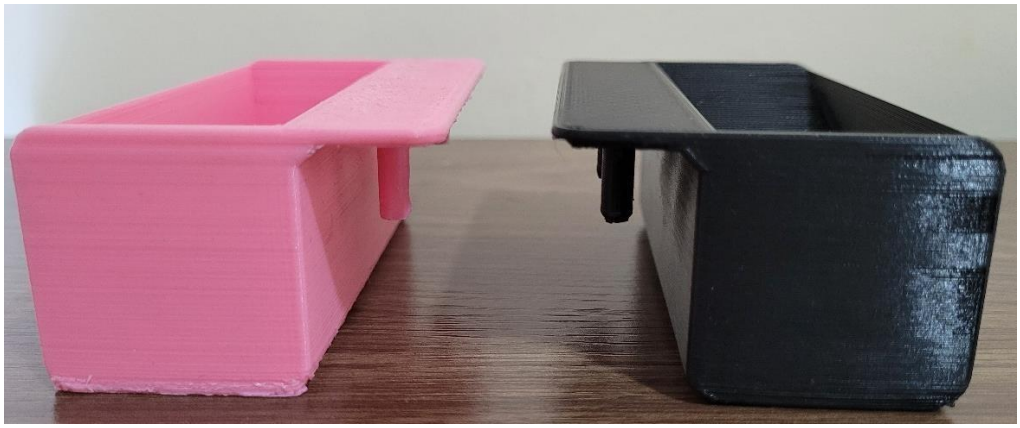


Fig. 19. Caja de utensilios

El último accesorio realizado es una plantilla, que les ayuda a las personas con baja visión a orientarse mientras escriben ya que pierde la percepción del espacio y a través de esta guía pueden escribir de manera más precisa, evitando extraviar la posición de las palabras previamente escritas, ver Fig.20.

Fig. 20. Plantilla

Teniendo el atril ensamblado y pre validado con la metodología de *Design Thinking*, en donde a partir de prototipos se buscó mejorar y encontrar nuevas formas de ejecutar una misma función, se continuó evaluando el prototipo final con usuarios indirectos debido a la complejidad de validarlo con usuarios directos, que serían niños del INCS. Estos usuarios indirectos son niños entre los 6 y 9 años y adultos entre los 20 y 22 años, pero no tienen discapacidades visuales, por lo cual se validó la utilización más no la funcionalidad.

En dicha validación se encontró que a menor edad del usuario mayor puede ser la dificultad para operar el atril en función del tiempo que necesita para abrir y cerrar el atril en su totalidad, ver Tabla II, y esto se debe al tamaño de los elementos y la destreza necesaria. Para obtener los tiempos, se realizaron tres mediciones, los cuales se promediaron. Estos datos se obtuvieron a partir de una explicación verbal de cómo se debe operar el atril, es decir, que no se adquirió alguna habilidad para operarlo. En la validación se observó que al tercer intento los tiempos de operación se reducían y que la habilidad para acomodar el atril se adquiría con facilidad sin importar la edad.

TABLA.VII *OPERACIÓN DELATRIL RESPECTO AL TIEMPO.*

Edades (años)	Tiempo (segundos)
6	54
7	42
8	42
9	30
20	24
21	18
22	24

Sin embargo, la utilización de los accesorios fue mayor y más creativa en los usuarios de baja edad ya que buscaban ubicarlos en distintas posiciones a la ubicación intuitiva. Mientras que los usuarios con mayor edad eran quienes les daban mayor importancia a los accesorios, ya que para los de menor edad era algo insignificante.

Respecto a la percepción del atril, todos los usuarios resaltaron lo innovador de tener dentro de un maletín un atril o "soporte" como muchos niños lo llamaron; por otro lado, resaltaron que, aunque necesitaran destreza para usarlo, el mecanismo que le da la altura y el ángulo es de fácil utilización, ya que es solo presionar un botón y desplazarlo. Otro aspecto a destacar es el material utilizado, ya que algunos usuarios encontraron interesante y distintivo el hecho de ver un maletín en acrílico que se transforma en un atril, y esto, porque normalmente los maletines suelen ser de tela o cuero, y los atriles de madera o metal.

CAPÍTULO 7

CONCLUSION

En conclusión, se logró con éxito la realización del diseño concebido del aditamento que facilita las AVD de niños con baja visión, gracias a un proceso adecuado que permitió la fabricación exitosa del atril deseado. Los objetivos establecidos al comienzo del proyecto se cumplieron de manera satisfactoria, marcando un hito significativo en su desarrollo. Primero, se llevó a cabo la definición de la actividad de la vida diaria que requería una solución específica, lo que fue fundamental para comprender en profundidad las necesidades y desafíos cotidianos de estos niños con baja visión. A partir de esta selección, se procedió a establecer un diseño conceptual innovador y eficiente, explorando diversas ideas y conceptos existentes de atriles. Una vez que se tenía un diseño conceptual sólido, se avanzó hacia la fase de materialización del objeto, seleccionando cuidadosamente los materiales y considerando aspectos técnicos y de ingeniería para su correcto funcionamiento debido a que la población implicada requiere estar segura y no tener dificultades. Tras completar la materialización del objeto, se creó un diseño detallado para su manufactura, prestando con atención con detalles y garantizando altos estándares de calidad. Finalmente, se llevaron a cabo pruebas y análisis para evaluar el desempeño y viabilidad de lo creado, asegurando su correcto funcionamiento y utilidad.

Por otra parte, el prototipo final se realizó con los equipos, herramientas y materiales con los que contaba la Pontifica Universidad Javeriana, durante su proceso de validación se reconocieron aspectos de calidad que se vieron implicados por su uso, estos ligados a los materiales utilizados, por lo cual se plantea como una posible mejora, el cambio a diferentes materiales de algunos de sus componentes más críticos como el mecanismo rotor y las piezas estructurales, esto con la finalidad de brindar mayor calidad, precisión, durabilidad, ligereza, estabilidad y con la posibilidad de ser modificado según la necesidad o gusto del niño.

De igual forma frente a las condiciones presentadas por los materiales y su manufactura, se obtiene una retroalimentación positiva de las validaciones hacia su diseño, destacando su plegabilidad, de bajo costo, resistente y que fuera multipropósito por su variedad de accesorios que lo hacen versátil frente a las necesidades presentadas por los niños con discapacidad visual, cumpliendo con el objetivo de facilitar sus AVD y mejorar sus condiciones respecto a las herramientas tradicionales con las que cuentan INCS. Adicionalmente se considera mejorar algunos componentes en su diseño, que aun cumpliendo con su objetivo podrían ajustarse para mayor facilidad en su operación o uso, entre estos se encuentra el mecanismo rotor, que al funcionar de forma independiente presenta en algunas ocasiones dificultad.

Como validación futura, se esperar conocer si a los niños de baja visión les resulta realmente útil el atril como a las personas con visión sana, dicha validación no pudo ser realizada por permiso legales del INCS al ser dirigida a menores de edad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] S. M. Pérez, "MI AUTONOMÍA, EL BASTÓN Y YO", San José, Costa Rica, 2012. https://www.foal.es/sites/default/files/docs/ponencia%20Foal.%20Mi%20autonomia%2C%20 el%20bast%C3%B3n%20y%20yo.%20Licda.%20Samar%C3%AD%20Vega%20Salas_0.pdf

[2] OMS, "Informe mundial la sobre discapacidad", Biblioteca de la OMS, 2011. [En línea]. Disponible: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INTOR/informe-mundial-discapacidad-oms.pdf

[3] INSTITUTO NACIONAL PARA CIEGOS, "Caracterización de grupos de valor y otros de interés", Bogotá D.C, 2022. [En línea]. Disponible: https://inci.gov.co/sites/default/files/transparenciaok/8-contratacion/8.%20Información%20grupos%20interés/8.3/CARACTERIZACION%20DE%20USUAR IOS.docx

[4] M. E. Arias Roura, "Relaciones interpersonales entre niños con discapacidad visual y sus compañeros videntes en el contexto educativo regular", Universidad de Cuenca, Cuenca, 2010. [En línea]. Disponible: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2835/1/te4148.pdf

[5] Consejo Nacional de Fomento Educativo. (2010). *Discapacidad visual: Guía didáctica para inclusión en educación inicial y básica*. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106810/discapacidad-visual.pdf.

[6] "Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual", Organización Nacional de Ciegos Españoles, Madrid, 2003. [En línea]. Disponible: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=1f52cb9c-5861-415d-95f3-2d0c710d4dc4&groupId=7294824

[7] James A. Weddell, Brian J. Sanders y James E. Jones. *McDonald y Avery. Odontología pediátrica y del adolescente*. Capítulo 25,513-539.

[8] OMS. (2021, febrero 26). Ceguera y discapacidad visual. [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment

[9] Matilde Rodríguez Méndez, E., & Guarnizo Martínez, N. (2016). *Test de agudeza visual Snellen y Logmar, comparaciónde diseñoy uso clínico*. https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/265

[10] Carreiras, M., & Codina, B. (1993). *Cognición espacial, orientación y movilidad: consideraciones sobre la ceguera*. Número 11.

[11] Ballesteros, S. (1993). Percepción háptica de objetos y patrones realzados: una revisión. *Psicothema, 5*, 311–321. [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/727/72705209.pdf

[12] Chen, S. Bodine, C. Lew, H. Braddom. Medicina física y rehabilitación, 19, 374-388

[13] OMS. (2018, mayo 18). Tecnología de asistencia. [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology

[14] Begirale. (n.d.). *Estudio comparativo de tecnologías para la detección de obstáculos en pasos a nivel*. [En línea]. Disponible en: http://begiralerailway.com/wp-content/uploads/2019/06/Estudio-comparativo-de-tecnolog%C3%ADas-para-la-detecci%C3%B3n-de-obst%C3%A1culos-en-pasos-a-nivel-v2.pdf

[15] Fernández, E.I., Martínez, S.M., Núñez, A.J.C. (2015). Cross-fertilization between Reception Studies in Audio Description and Interpreting Quality Assessment: The Role of the Describer's Voice. In: Piñero, R.B., Cintas, J.D. (eds) Audiovisual Translation in a Global Context. London: Palgrave Macmillan UK, 2015, pp. 72 -95.

https://doi.org/10.1057/9781137552891_5 .

[16] Ayuso, M. J. M., & Ríos, A. (2022). The pleasantness of audio describers' voices: acoustic and perceptual study. *Boletin de La Academia Peruana de La Lengua*, *71*(71), 271–299. https://doi.org/10.46744/bapl.202201.009

[17] Mayer, S. *Rehabilitación de las personas con cáncer*. Abeloff. Oncología clínica, 48, 725-731.

[18] Campisi, T. Ignaccolo, M. Inturri, G. Tesoriere, G. Torrisi, V. Evaluation of walkability and mobility requirements of visually impaired people in urban spaces, Research in Transportation Business & Management, Volume 40, 2021,ISSN 2210-5395,https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100592

[19] R. García Pérez, G. García Pino, D. González Ballester y R. García Moreno, "Modelo de regresión logística para estimar la dependencia según la escala de Lawton y Brody", *SEMERGEN - Medicina de Familia*, vol. 36, n.º 7 , pp. 365 –371, agosto de 2010. Accedido el 24 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: https://doi.org/10.1016/j.semerg.2010.03.004

[20] Neela Harish, M. (2020). Intelligent glove for visually impaired people using haptic feedback system. *Materials Today: Proceedings*,*33*,2854–2857.https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.729

[21] Cely Callejas, J. D., Institute of Electrical and Electronics Engineers. Colombia Section, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Andean Council, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *2018 IEEE ANDESCON : conferenceproceedings : 22ndAug- 24thAug 2018, Cali, Colombia*.

[22] Vargas Fajardo, J. V. Barrera Campo, J. F. (2021). Sistema Háptico de Detección de Obstáculos para Invidentes. *2021 22nd Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision, STSIVA 2021 - Conference Proceedings*. https://doi.org/10.1109/STSIVA53688.2021.9592020

[23] Sánchez Ilabaca, Jaime. LOM Ediciones. (2005). *Desarrollo de la Cognición Espacial en Invidentes Congénitos con Apoyo de Dispositivos Tecnológicos*.[s.n.]

[24] Gori, M.. Cappelli, G. Tonelli, A. Baud-Bovy, G.bFinocchietti, S. (2016). Devices for visually impaired people: High technological devices with low user acceptance and no adaptability for children. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 69, pp. 79–88). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.043

[25] Valero Gargallo, M. (2020). Diseño de un atril compacto para la sujeción de documentos y dispositivos electrónicos. Universitat Jaume I.

[26] Tipos de atriles y sus usos. (2019, noviembre 12). Grupo OG. http://www.ogacrilicos.com/post/tipos-de-atriles-y-sus-usos

[27] N. Cross, *Métodos de Diseño, Estrategias para el Diseño de Productos*. Limusa Wiley

[28] E. Ochaita y J. A. Huertas, "Conocimiento del espacio, representación y movilidad en las personas ciegas", *Infancia y Aprendizaje*, vol. 11, n.º 43, pp. 123–138, enero de 1988. Accedido el 22 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: https://doi.org/10.1080/02103702.1988.10822213

[29] Dr E. Usón González, Dra P. Sobrado Calvo y M. López López, "Baja visión y rehabilitación visual: una alternativa clínica", Clínica Universitaria de Visión Integral, Murcia, 2007. [En línea]. Disponible: https://www.laboratoriosthea.com/medias/thea_superficie_ocular_38.pdf

[30] *Atriles de Avs* (2022) *AVS Baja Visión*. Available at: https://avsbajavision.com/atriles-de-avs/

[31] De Acrílico, H. (s/f). FICHA TÉCNICA. Corporacionlimatambo.com., de https://www.corporacionlimatambo.com/wp - content/uploads/2020/06/FICHA-TECNICA-DE-ACRILICO.pdf

[32] (S/f). Saludinfantil.org. Recuperado el 26 de julio de 2023, de http://www.saludinfantil.org/Programa_Salud_Infantil/Programa_Salud_Infantil/Anexo%203.pdf

[33] Winter, D. A. (s/f). BIOMECHANICS AND MOTOR CONTROL OF HUMAN MOVEMENT fourth edition. Usp.br. Recuperado el 26 de julio de 2023, de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4174628/mod_resource/content/2/David%20A.%20Winter-Biomechanics%20and%20Motor%20Control%20of%20Human%20Movement-Wiley%20(2009).pdf

[34] Guest. (2019, octubre 27). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición - Richard G. Budynas. Pdfcoffee.com. https://pdfcoffee.com/diseo-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-9na-edicion-richard-g-budynas-2-pdf-free.htm

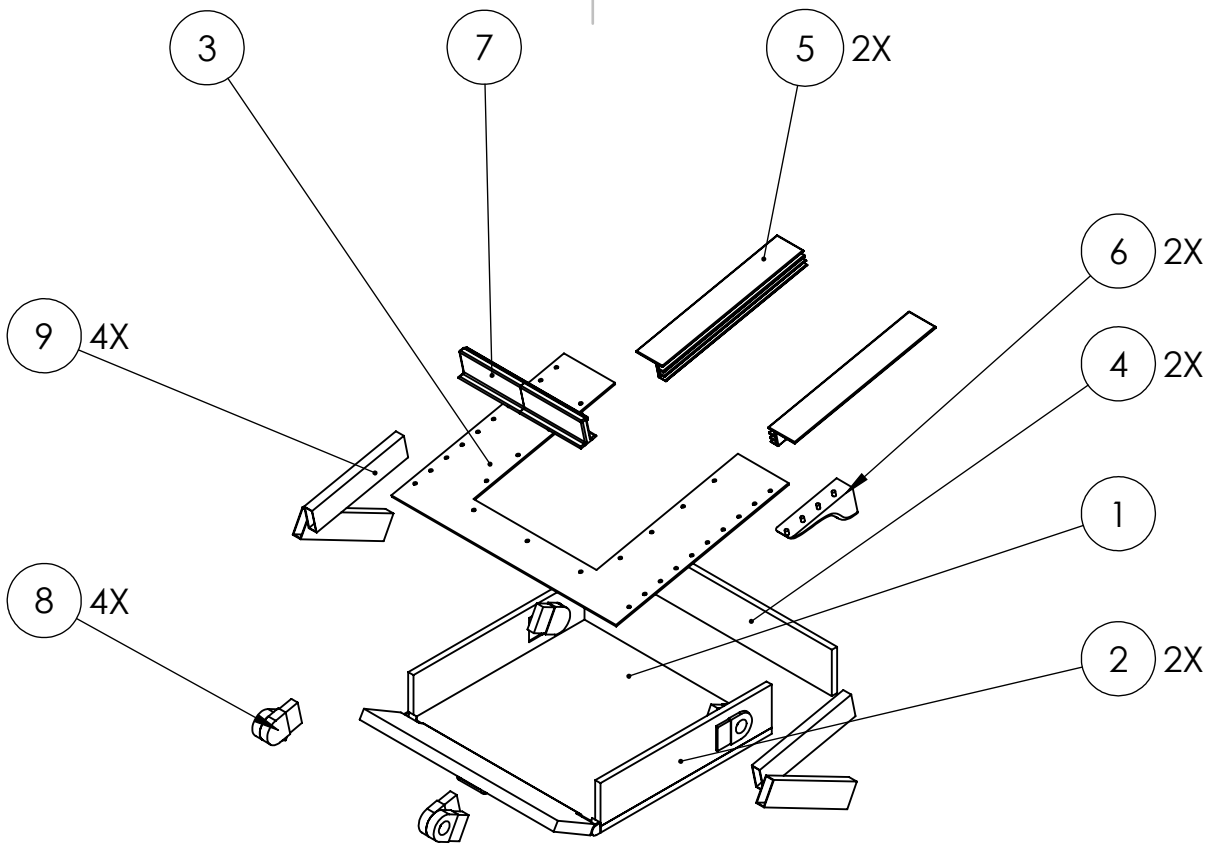
[35] ISO 9241-210:2010. Ergonomía de la interacción hombre-sistema

[36] ISO/TR 16982:2002. Ergonomics of human-system interaction -- Usability methods supporting human-centred design.

ANEXOS

Anexo A. Cálculos de factor de seguridad, Calculos.xlsx

Anexo B. Planos



No	Plano ref.	Cantidad	Material	Manufactura	Observaciones
9	Comercial	4	Aluminio	Comercial	
8	Mecanismo rotor	4	PLA	Impresión 3D	
7	Accesorio apoyo librol	1	PLA	Impresión 3D	
6	Accesorio apoyo	2	PLA	Impresión 3D	
5	Accesorio riel	2	PLA	Impresión 3D	
4	Plano Tapa trasera	2	Acrilico	Corte láser	
3	Plano Tablero accesorios	1	Acrilico	Corte láser	
2	Plano Tapa Latera	2	Acrilico	Corte láser	
1	Plano Tapa Base	1	Acrilico	Corte láser	

	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Plano de ensamble

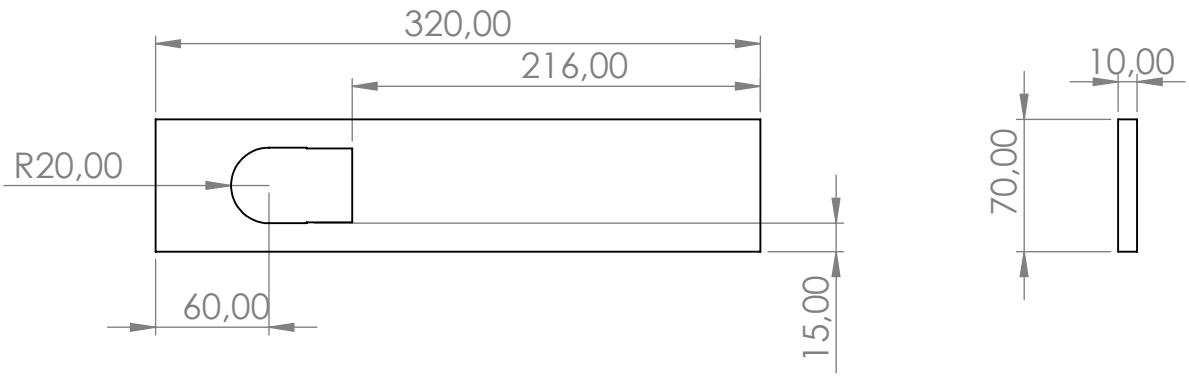
Tamaño DIN A4

Angulo de proyección:

Escala: 1:10

Hoja: 1 de 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

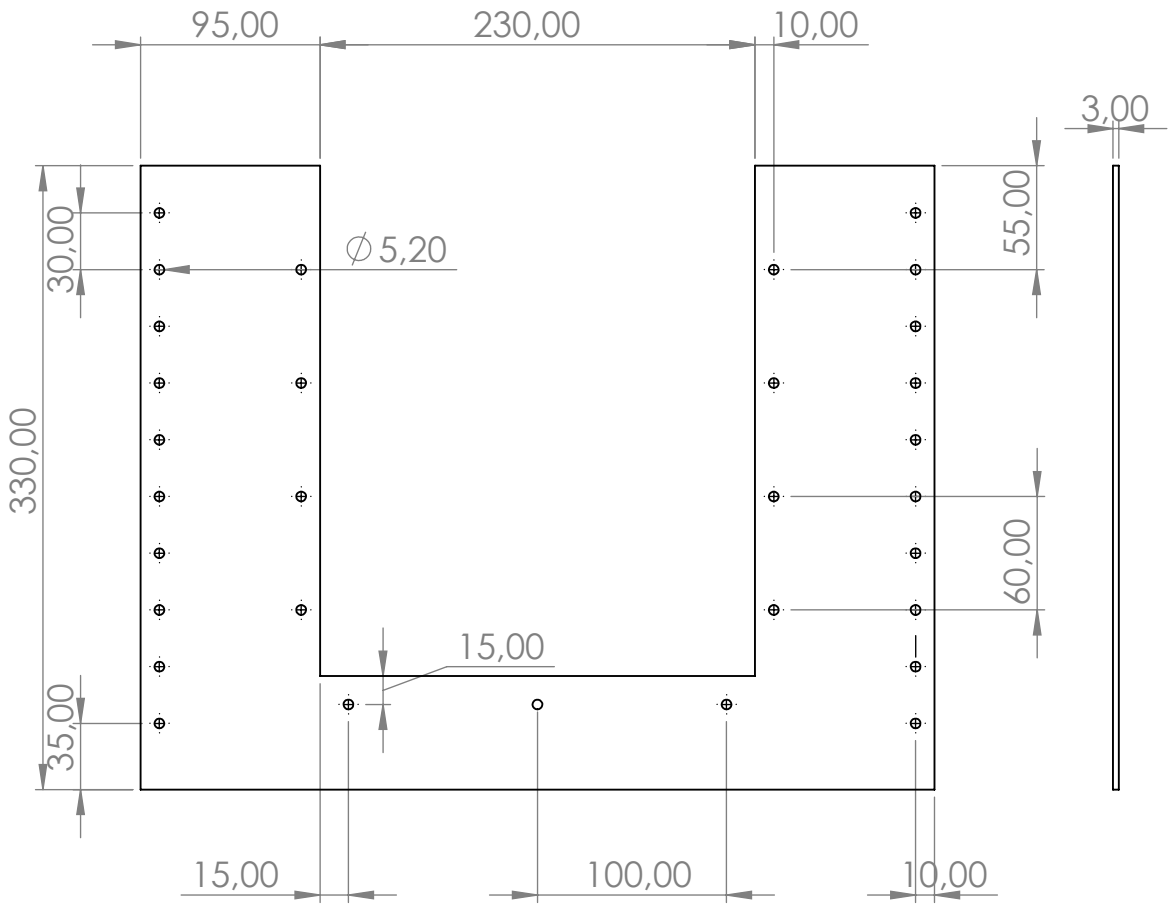
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Tapa lateral

Tamaño DIN A4	Angulo de proyección:	
Material: Acrilico	Escala: 1:4	Hoja: 1 de 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

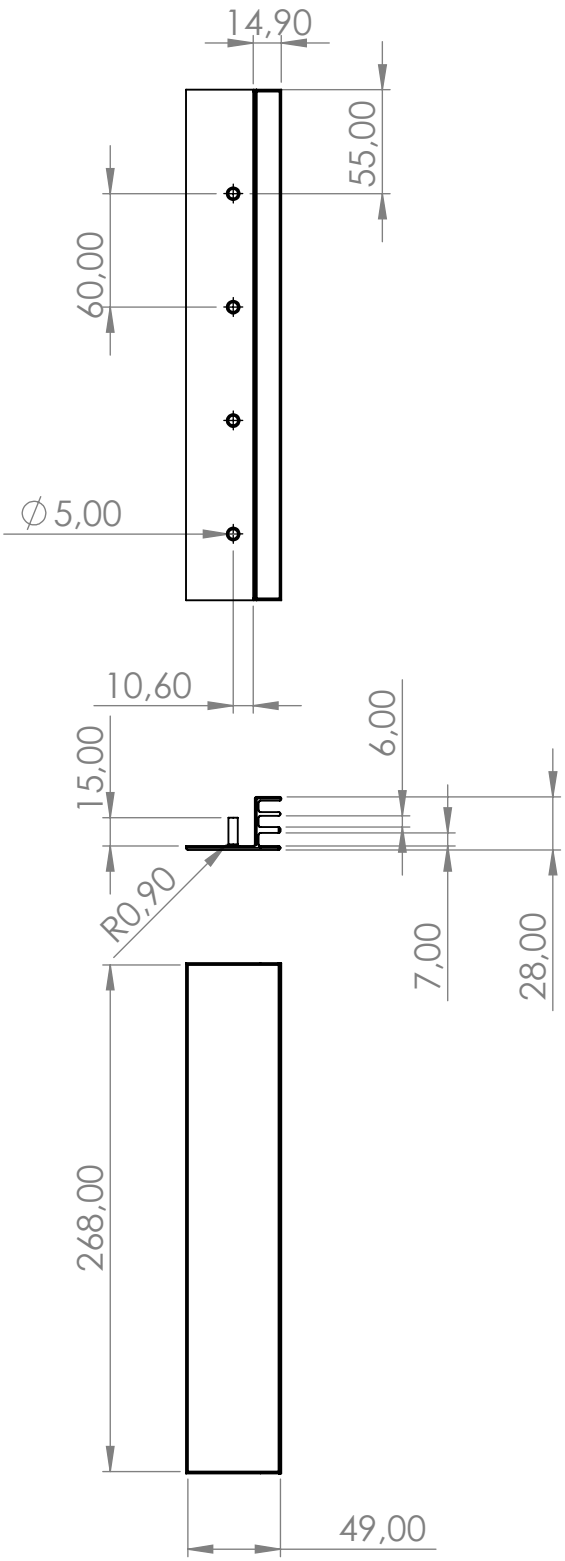
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Tablero de accesorios

Tamaño DIN	Angulo de proyección:		
A4			
Material: Acrilico	Escala: 1:4	Hoja: 1 de 1	

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

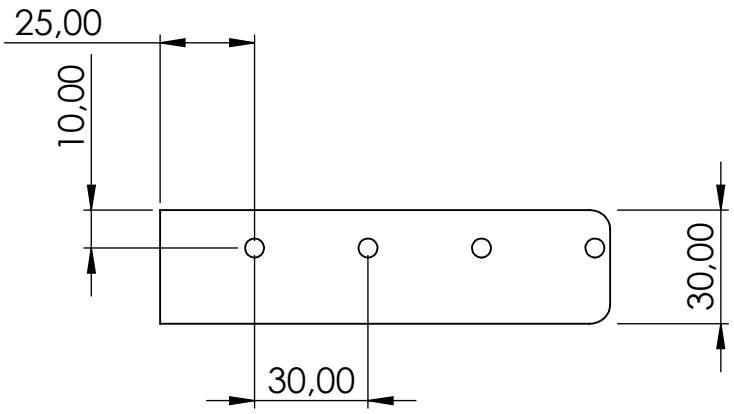
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

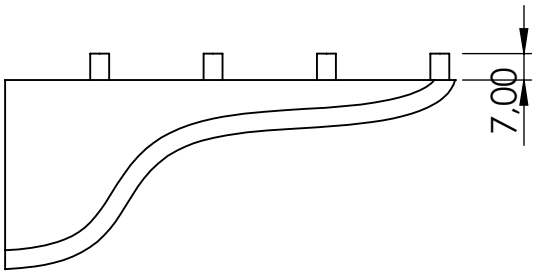
Referencia

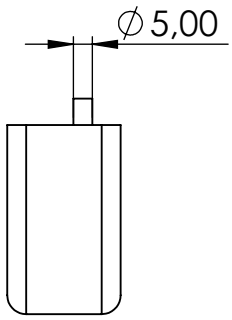
Accesorio tipo riel

Tamaño DIN A4	Angulo de proyección:	
Material: PLA	Escala: 1:4	Hoja: 1 de 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.







	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

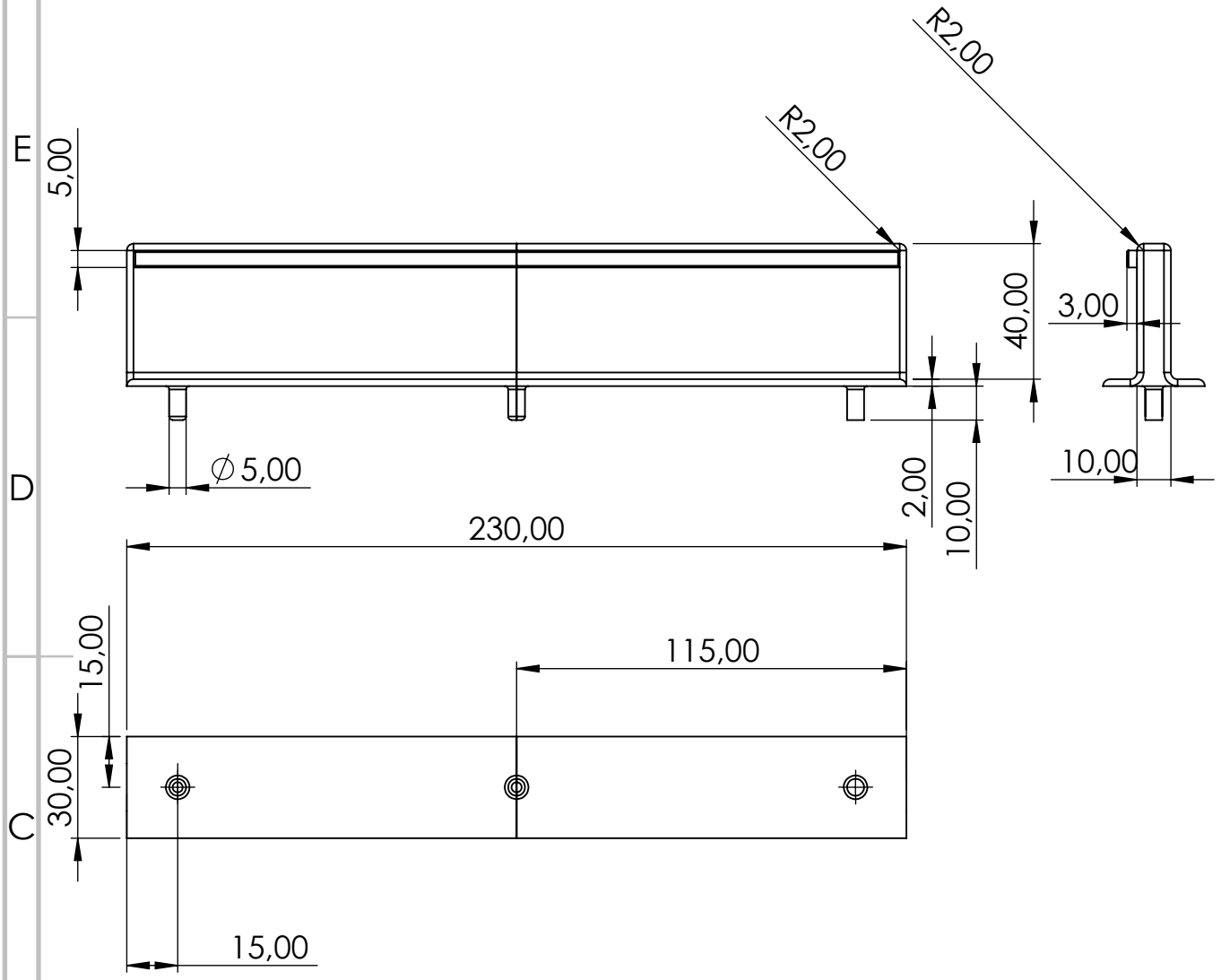
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Accesorio de apoyo

Tamaño DIN	Angulo de proyección:		
A4			
Material: PLA	Escala: 1:4	Hoja: 1 de 1	

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

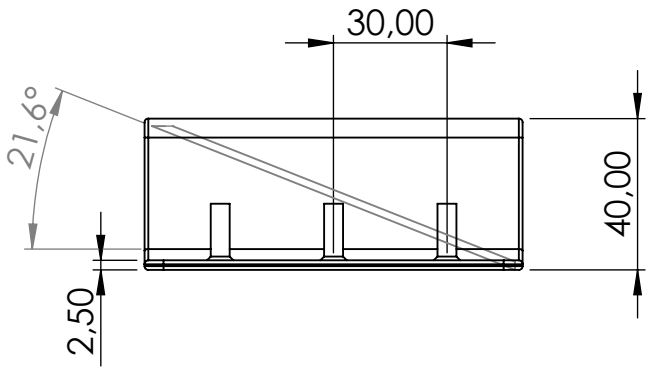
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

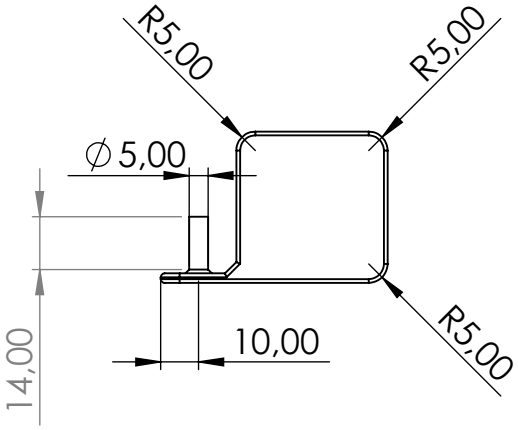
Referencia

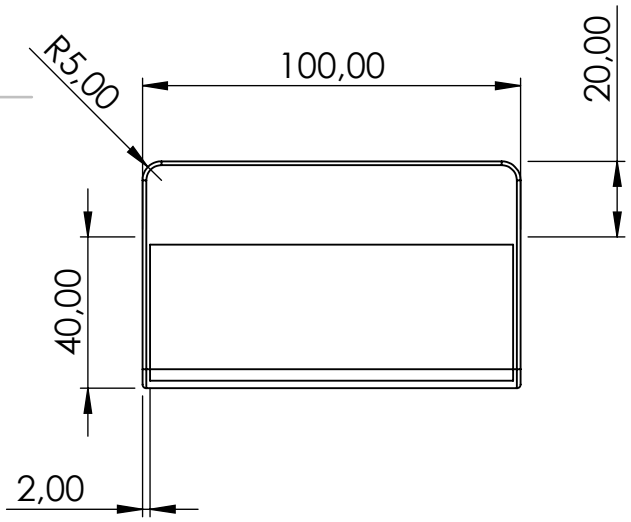
Accesorio de apoyo libro

Tamaño DIN	Angulo de proyección:		
A4			
Material: PLA	Escala: 1:2	Hoja: 1 de 1	

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.







	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

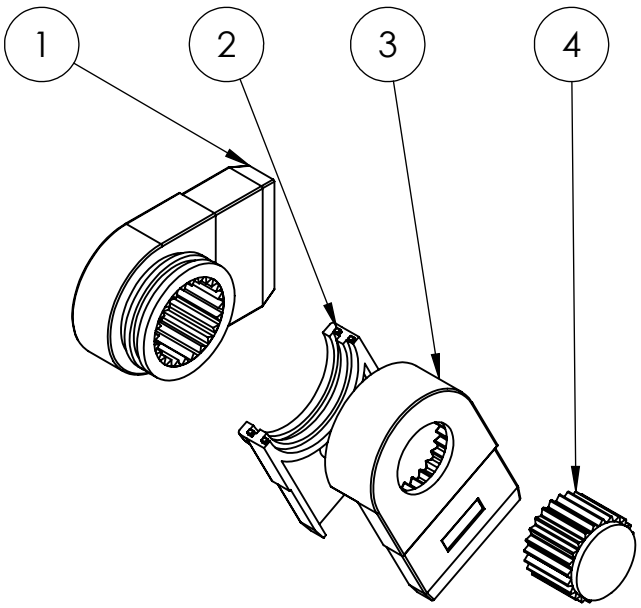
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Caja de utensilios

Tamaño DIN	Angulo de proyección:	
A4		
Material: PLA	Escala: 1:2	Hoja: 1 de 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



No	Plano ref.	Cantidad	Material	Manufactura	Observaciones
4	Rueda dentada	1	PLA	Impresión 3D	
3	Rot dentado 2	1	PLA	Impresión 3D	
2	Rot base	1	PLA	Impresión 3D	
1	Rot dentado 1	1	PLA	Impresión 3D	

	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Mecanismo rotor

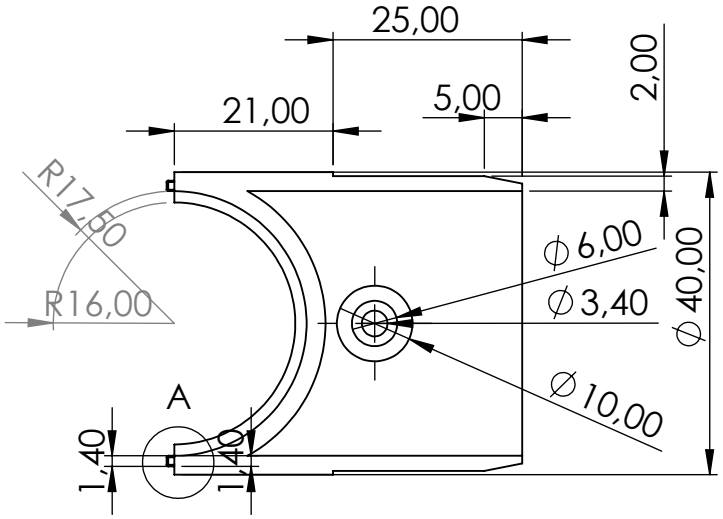
Tamaño DIN A4

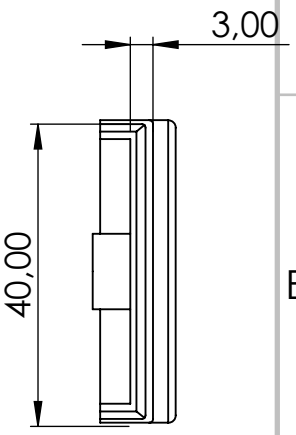
Angulo de proyección:

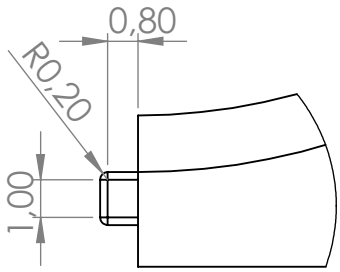
Escala: 1:2

Hoja: 1 de 1

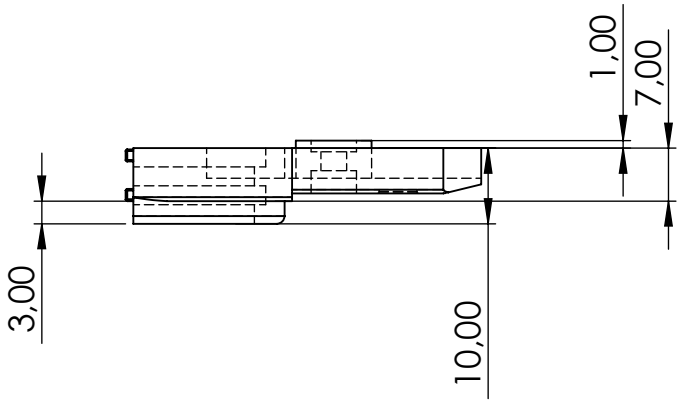
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.







DETALLE A
ESCALA 5 : 1



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

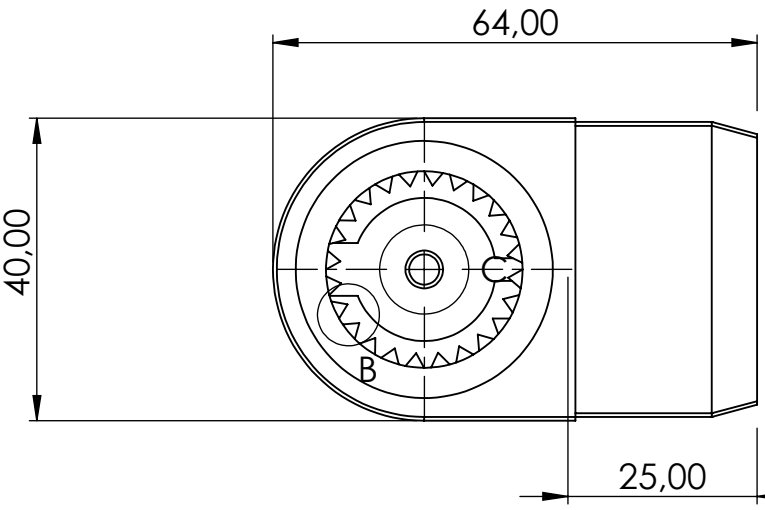
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

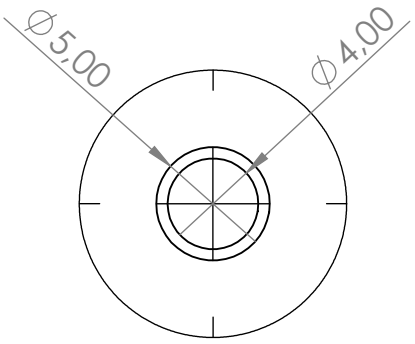
Referencia

Rot base

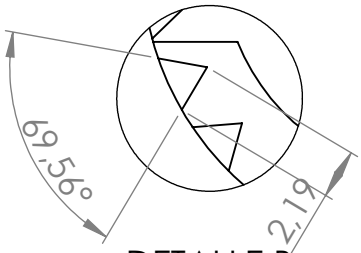
Tamaño DIN	Angulo de proyección:		
A4			
Material: PLA	Escala: 1:1	Hoja: 1 de 1	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

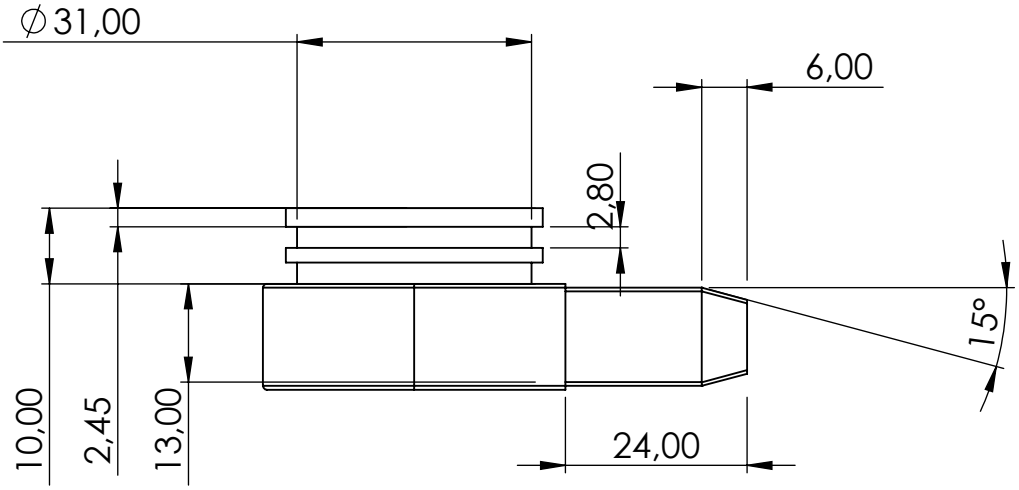




DETALLE C
ESCALA 3 : 1



DETALLE B
ESCALA 3 : 1



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

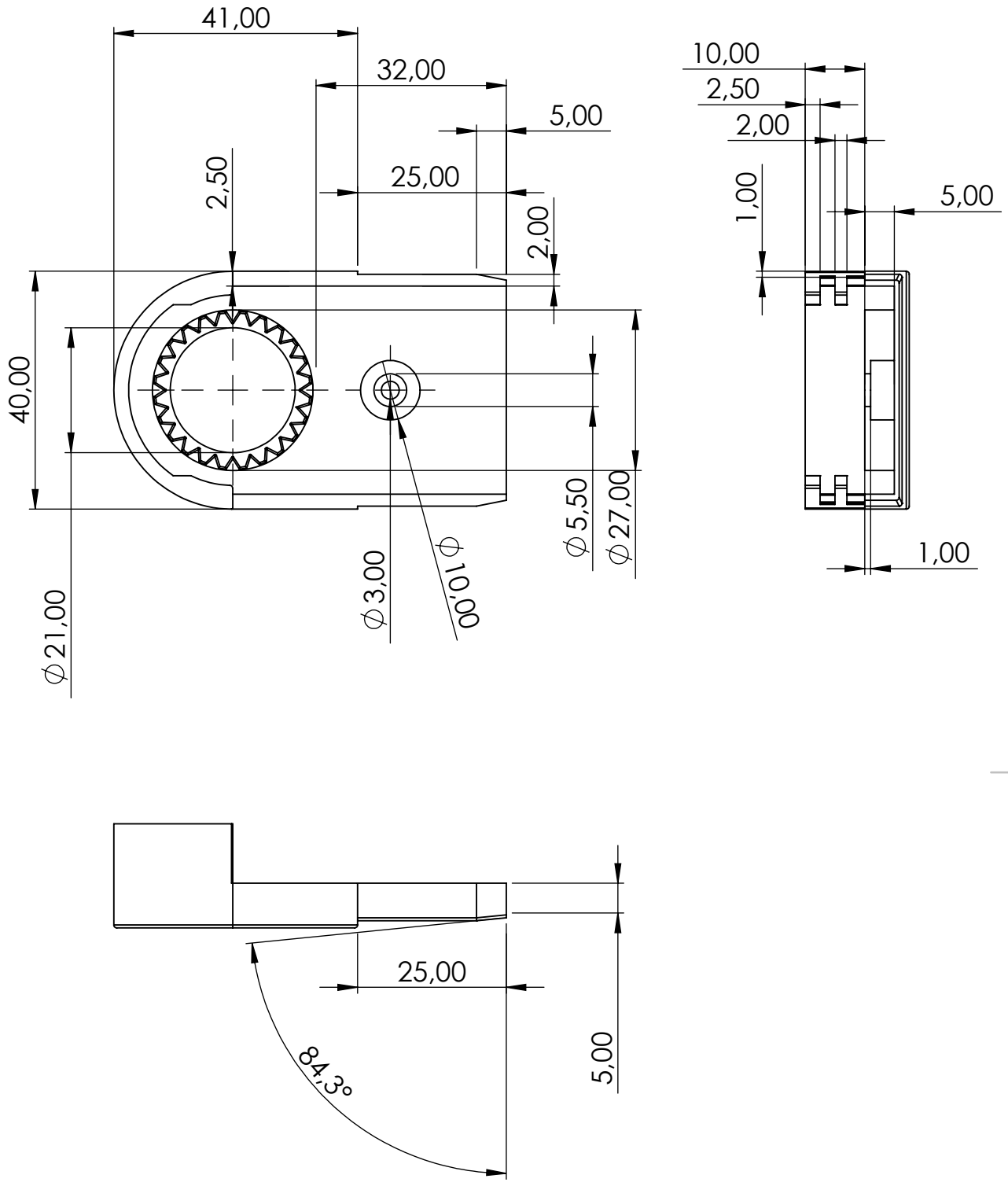
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Rot Dentado 1

Tamaño DIN A4	Angulo de proyección:		
Material: PLA	Escala: 1:1	Hoja: 1 de 1	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

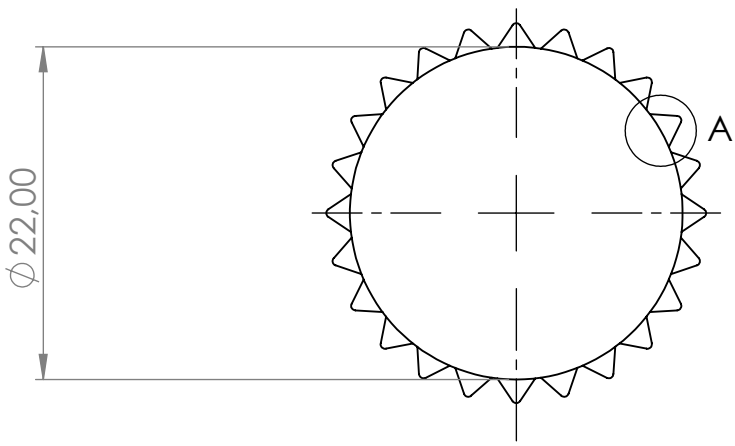
Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

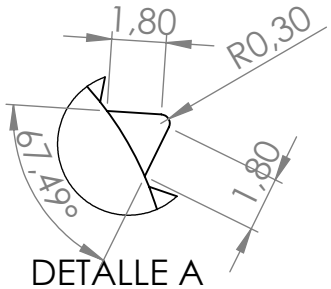
Referencia

Rot Dentado 2

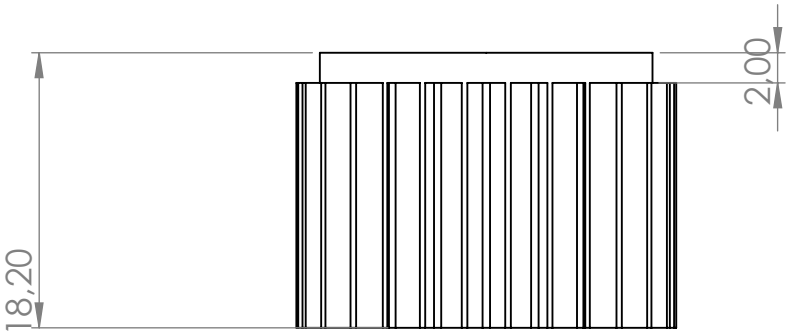
Tamaño DIN	Angulo de proyección:		
A4			
Material: PLA	Escala: 1:1	Hoja: 1 de 1	

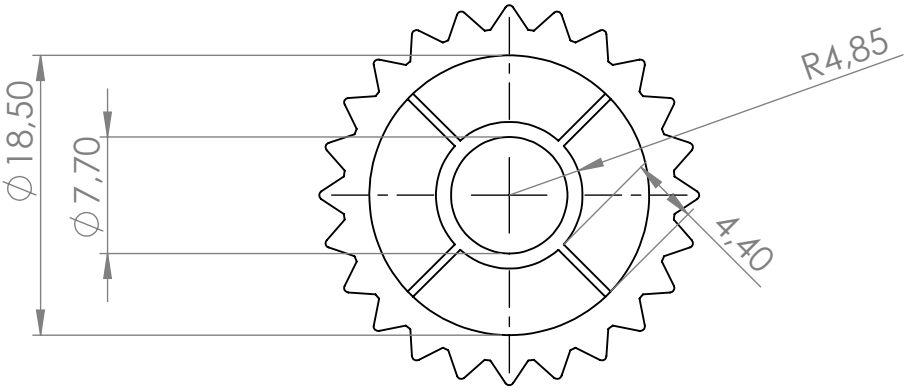
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.





DETALLE A
ESCALA 4 : 1





	Nombre
Dibujado	Juan Pablo García V
Dibujado	Juan Andres Rivera C
Comprobado	Sofía Catalina Henao A

Salvo indicaciones contrarias las cotas se miden en milimetros (mm), ángulos en grados (°) y tolerancia general de (±)0.5 y (±)1°

Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Referencia

Rueda dentada

Tamaño DIN	Angulo de proyección:		
A4			
Material: PLA	Escala: 1:1	Hoja: 1 de 1	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.