

¡Departamento  
de Diseño!

# TRABAJO DE GRADO

**Isabella Idárraga Arrubla**  
**Diego Alejandro Guerra**

Tecnología en Diseño Industrial  
Departamento de Diseño  
Medellín 2023



**DISPOSITIVO DE ASISTENCIAS,  
DISEÑADA PARA REALIZAR  
FLEXIONES EN DISTINTOS  
ÁNGULOS PARA EJERCITAR  
DISTINTOS MÚSCULOS**

Isabella Idarraga Arrubla  
Diego Alejandro Guerra

Asesor (es):  
Daniela Jaramillo Hoyos  
Andres Felipe Montoya Tobon

Instituto Tecnológico Metropolitano  
Facultad de Artes y humanidades  
Departamento de Diseño  
Medellín 2023

# AGRADECIMIENTOS

“Recordemos que la investigación es una tarea en equipo”. Daniel Cassany (2012, 19).

Agradecemos a los miembros del laboratorio de tecnología y diseño de materiales de la Universidad Nacional por su colaboración e interés en este proyecto. En segundo lugar, agradecemos a Luz Mery Arrubla, que nos dio de su tiempo y su cooperación para ayudarnos en el proceso de elaboración del dispositivo de asistencia, su apoyo y consejos fueron fundamentales para la elaboración del prototipo.

Isabella Idarraga Arrubla y Diego Alejandro Guerra

## ESTUDIANTE

Cédula 1007054392 - 1000897222

Correo [isabellaidarraga310341@itm.edu.co](mailto:isabellaidarraga310341@itm.edu.co) – [diegojaramillo307814@correo.itm.edu.co](mailto:diegojaramillo307814@correo.itm.edu.co)



# RESUMEN

---

Primero que todo, antes de comenzar el proceso de idealización del prototipo, se estableció un contexto con el cual se procedería a trabajar. Este consistía en desarrollar un dispositivo de asistencia para realizar flexiones adaptado a una persona con una discapacidad transradial. Luego de tener claro este contexto, se procedió a trabajar en todo el tema de investigación, con el objetivo de establecer las problemáticas y consecuencias que presenta el deporte en Colombia para estas situaciones.

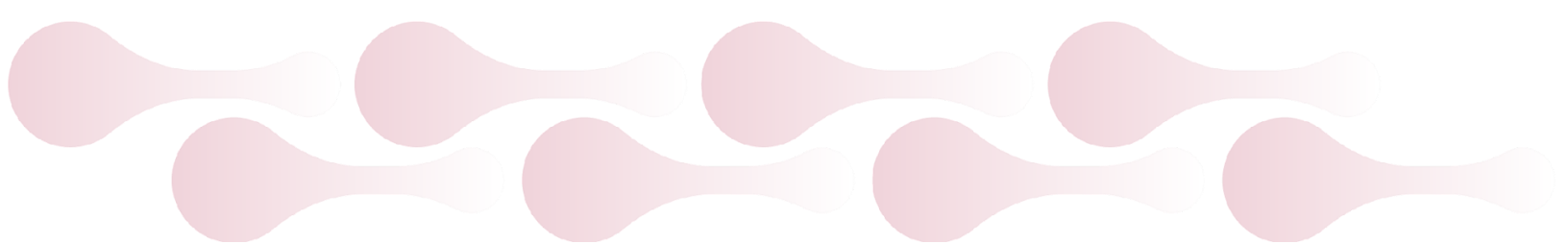
Una vez identificadas las problemáticas, se buscó establecer y proponer soluciones adecuadas. Para ello, se construyeron propuestas de diseño y se elaboraron estrategias para estructurar la funcionalidad del dispositivo. También se estudiaron los posibles sistemas que habría que incorporar en el producto, así como los materiales y procesos de manufactura más adecuados.

Después de este proceso de investigación y diseño, se formuló una idea concreta y se elaboró un prototipo que fue evaluado por los docentes encargados del proyecto. El objetivo era garantizar que el producto final fuera óptimo para el usuario.

Una vez seleccionada una propuesta de diseño, se procedió a realizar un render y a elaborar planos detallados del dispositivo. En esta etapa, se realizaron múltiples mejoras al prototipo, siguiendo las indicaciones y evaluaciones del docente.

En cuanto a la fabricación del prototipo, se comenzó por la carcasa externa, la cual se imprimió en 3D utilizando material PLA. Los pines de ajuste se fabricaron en material PET con fibra de carbono para brindar mayor resistencia y durabilidad. Por otro lado, para la chapa metálica se adquirió una lámina de acero A36, la cual se cortó utilizando una cortadora de plasma para metales y se dobló a 90 grados en una dobladora de metales. El resto de los materiales utilizados fueron tornillos y tuercas necesarios para el ensamble del dispositivo.

**Palabras claves:** Dispositivo de asistencia, Inclusión, flexo extensiones de codo, discapacidad transradial, Calistenia.



# ABSTRACT

---

First of all, before starting the process of idealizing the prototype, a context was established to work with. This consisted of developing an assistance device for performing push-ups adapted to a person with a transradial disability. After clarifying this context, the research topic was worked on with the aim of identifying the problems and consequences that sports present in Colombia for these situations.

Once the problems were identified, efforts were made to establish and propose appropriate solutions. To do this, design proposals were constructed and strategies were developed to structure the functionality of the device. Possible systems that needed to be incorporated into the product were also studied, as well as the most suitable materials and manufacturing processes.

After this research and design process, a concrete idea was formulated and a prototype was developed, which was evaluated by the project teachers. The objective was to ensure that the final product was optimal for the user.

Once a design proposal was selected, a render was made and detailed plans of the device were elaborated. In this stage, multiple improvements were made to the prototype, following the instructions and evaluations of the teacher.

Regarding the manufacturing of the prototype, it began with the external casing, which was 3D printed using PLA material. The adjustment pins were made from PET material with carbon fiber to provide greater resistance and durability. On the other hand, A36 steel sheet was acquired for the metal plate, which was cut using a plasma metal cutter and bent at a 90-degree angle using a metal bender. The rest of the materials used were screws and nuts necessary for assembling the device.

**Keywords:** Assistance device, Push-ups, Transradial disability, Inclusion, Calisthenics



# CONTENIDO

## INSERTAR TABLA DE CONTENIDO

### Capítulo 1. Fundamentación

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Descripción de la problemática..... | Pag 8  |
| Justificación.....                  | Pag 9  |
| Objetivo general.....               | Pag 13 |
| Objetivos específicos.....          | Pag 13 |
| Requerimientos de Diseño (PDS)..... | Pag 14 |

### Capítulo 2. Ejecución

|   |        |
|---|--------|
| Ideación.....                               | Pag 17 |
| Propuestas de diseño.....                   | Pag 23 |
| Evaluación de las propuestas de diseño..... | Pag 26 |
| Diseño de detalle.....                      | Pag 26 |
| Planimetría.....                            | Pag 26 |
| Carta de procesos.....                      | Pag 31 |
| Prototipo.....                              | Pag 32 |
| Validación de prototipo.....                | Pag 34 |

### Capítulo 3. Divulgación

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Infográfico final..... | Pag 36 |
|------------------------|--------|




**FUNDAMENTACIÓN**

**01**

## Descripción de la problemática

Se propone desarrollar un dispositivo de asistencia para personas con discapacidad, específicamente para aquellos amputados de manos, Este proyecto busca proporcionar una solución práctica y útil para que estas personas puedan ejercitar diferentes músculos a través de flexiones en distintos ángulos.

La problemática central se concentra en varios aspectos interrelacionados; La adaptación a la discapacidad, el dispositivo debe abordar la ausencia de ambas manos, ofreciendo una interfaz y un diseño que se ajusten a las necesidades específicas del usuario. La adaptabilidad es esencial para asegurar que el dispositivo pueda ser utilizado cómoda y eficazmente, siendo así un reto como diseño ergonómico y de seguridad, se requiere un diseño ergonómico para minimizar el esfuerzo físico adicional y prevenir lesiones durante el uso del dispositivo. La seguridad es una prioridad absoluta para garantizar que el usuario pueda ejercitarse sin riesgos teniendo en cuenta el control y precisión donde implementar un sistema de control intuitivo y preciso es crucial. Esto permitirá al usuario ajustar los ángulos y la resistencia del dispositivo según sus necesidades individuales, brindando una experiencia personalizada. El dispositivo debe ser versátil y adaptable, permitiendo que personas con diferentes niveles de habilidad y contextos puedan utilizarlo sin dificultad. La accesibilidad es fundamental para su aceptación y uso generalizado creando así una inclusión y aceptación, llegando a superar las barreras sociales y promover la aceptación de este tipo de dispositivos es un desafío significativo. Además del diseño funcional, se necesitan estrategias educativas y de concienciación para fomentar la inclusión de personas con discapacidad en la sociedad y en entornos de ejercicio.





En el diseño e implementación del dispositivo transradial se debe tener presente posibles retos como lo sería la falta de adaptación precisa, si el dispositivo no se ajusta correctamente a las necesidades del usuario con amputación de manos, podría resultar incómodo, ineficaz o incluso causar lesiones debido a la falta de ergonomía llevando así a la complejidad de control. Un sistema de control complicado podría ser un obstáculo, especialmente para personas con discapacidades. Esto podría resultar en una falta de aceptación del dispositivo si no se logra una interfaz intuitiva y fácil de manejar. Otro aspecto a tener en cuenta sería la inseguridad durante el ejercicio, si el dispositivo no proporciona estabilidad suficiente o no cuenta con medidas de seguridad adecuadas, podría generar riesgos de lesiones durante su uso.

## **Justificación**


Contexto de la disciplina deportiva

(Aleix Serra, 2020) indico:

La calistenia es un sistema de entrenamiento con ejercicios físicos que se realizan con el propio peso corporal. En su concepto más puro la calistenia se practica sin cargas adicionales. El ejercicio con el cual se está enfocado este trabajo es la calistenia, ejercicio que se basa principalmente en trabajar la fuerza utilizando el peso corporal, para el fortalecimiento de los músculos en determinadas partes del cuerpo, un ejercicio clave de esta disciplina son las flexiones.

(PUVA, s.f.) concluyo:

La flexión es el acto de doblar alguno de los miembros del cuerpo de manera que se aproximen diferentes partes del cuerpo gracias a la acción de los músculos y al



movimiento de la articulación. Posteriormente, se lleva a cabo el movimiento opuesto, es decir, la extensión. Al volver a la posición inicial se habrá completado una repetición, es decir, una flexión. Existen diferentes tipos de flexiones, pero en todas, el punto de apoyo son los pies y palmas de la mano, que han de colocarse en posición separada. según lo dicho por ... las flexiones son un ejercicio repetitivo, con el cual favorece en temas de la articulación y la resistencia del mismo cuerpo para cargas de un alto peso.

Indicadores del deporte en Colombia:

(Bogota, 2022) indica

Las políticas públicas en Colombia presentan avances en su diseño e implementación en relación con discapacidad, específicamente las relacionadas con el derecho a la salud, la educación y el trabajo, en términos de inclusión. No obstante, en relación con la actividad física y el deporte se presentan deficiencias en su implementación. Por tanto, se hace

necesario reconocer cuales son las percepciones de los deportistas con discapacidad, acerca del proceso de inclusión deportiva, los facilitadores, las barreras y las políticas públicas que se han diseñado e implementado.

Según este estudio quiere afirmar que en Colombia a pesar de que se ha trabajado procesos de inclusión para personas con discapacidad en temas de salud, educación y trabajo existe una deficiencia en el tema deportivo, esto conlleva a una gran problemática social afectada poblaciones las cuales se encuentran vulnerables teniendo afectaciones.



La calistenia en Colombia se conoce por ser un deporte callejero que ha venido tomando fuerza en Colombia, por ello el gobierno ha venido apoyando este deporte por medio de eventos, torneos, presupuestos participativos, entre otros.

#### Discapacidad en Colombia

(Pereira gobierno de la ciudad, 2023) Asegura:


“En Colombia los organismos políticos han implementado políticas con las cuales fortalecen la inclusión con personas con discapacidad para la realización de deportes.”

Los organismos que integran el Sistema Nacional del Deporte fomentarán la participación de las personas con limitaciones físicas, sensoriales y psíquicas en sus programas de deporte, recreación, aprovechamiento del tiempo libre y educación física orientándolas a su rehabilitación e integración social, para lo cual trabajarán conjuntamente con las organizaciones respectivas. Además, promoverán la regionalización y especialización deportivas, considerando los perfiles morfológicos, la idiosincrasia y las tendencias culturales de las comunidades (Cons. 1991, art94)

(DANE, 2022) explica: “La población en situación de discapacidad en Colombia se estima en 2,65 millones de personas, que representan el 5,6% de las personas de 5 años y más. De ellas el 54,6% son mujeres y el 45,4% son hombres.” Según el DANE se realizó un estudio para dar a conocer toda la población con discapacidad que se encuentra en Colombia.

#### Causas y consecuencias

Causa: Discriminación a discapacidad por tener menos oportunidades de participación en los deportes



Consecuencia: (Saludemia, s.f.) indica: “El hecho de practicar actividad física no solo trae beneficios de salud, sino también para socializar, tener convivencia sana con demás personas y el hecho de no poder practicarlo de la misma manera, crea una barrera de diferencia bastante notable que podría llegar a ser un tapujo para las personas discapacitadas”

*Causa: El alto costo de las prótesis que requieren las personas con discapacidad transradial*


*Consecuencia:* (Colombia, 2016) indica: “Actualmente, el precio de una prótesis para una persona que carece de la parte inferior del brazo puede variar entre 3.000 y 5.000 USD si es estética, pero si se requiere una prótesis que sea funcional, es decir, que tenga movimiento, el costo puede subir a 10.000 USD.”



### **Objetivo general**

Desarrollar un dispositivo de asistencia para personas con amputación transradial que permita realizar flexoextensiones de codo en un rango de 0 a 180 grados.

### **Objetivos específicos**

- Establecer especificaciones de diseño de producto con el fin de realizar ejercicios como la calistenia, las cual es una disciplina enfocada en implementar el propio peso corporal.
  - General alternativas de diseño que evidencien una solución a la problemática planteada.
  - Validar el diseño seleccionado a través de un plan de pruebas en un prototipo funcional.
- 



## Requerimientos de Diseño (PDS)

Tabla 1

Requerimientos del diseño (PDS), elaboración propia

| ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO     |                         |   |                                      |                        |             | Departamento<br>de Diseño  |
|--|-------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|-------------|--|
| PROYECTO: Prótesis para realizar flexiones |                         |   |                                      |                        |             |  |
| Nro.                                       | Aspecto                 | Requerimiento   | Métrica                              | Valor - Rango          | Importancia | Observaciones  |
| 1  | Vida Útil               | Emplear materiales resistentes ,ya que se trabaja con una gran carga de peso ,esto con el fin de garantizar una durabilidad del el producto                         | Meses y años.                        | Menor a 8 meses        | 5           |  |
| 2  | Instalación             | En tema de sujecion,debe de ser facil ,no tener sistemas complejos con la finalidad de que el usuario pueda ponerse el producto ajilmente.                          | Minutos.                             | Menor a 5 m.           | 4           |  |
| 3  | Calidad                 | El producto debe de contar con buenos acabados estéticos en los materiales implementados,con el fin de garantizar una calidad aceptable para el usuario.            | Encuesta de calidad .                | Aprobado               | 4           |  |
| 4  | Peso                    | Para tema de peso ,el producto debe de ser liviano para un mejor trasporte tanto en uso o almacenado.   | Kg.                                  | Menor a 3 kg.          | 5           | Se puede usar polimeros,metales livianos,para garantizar dureza y bajo peso. |
| 5  | Salud y Seguridad       | El producto debera de contar con una prueba de uso antes de su produccion para verificar que el usuario no valla a presentar afectaciones tanto fisicas o de salud. | Por ensayo de compresion y flexion . | Aprobado.              | 5           |  |
| 6  | Procesos de Manufactura | El producto debera de llevar procesos de manufacturas sencillos , los cuales garantizan una mejor optimizacion en la produccion a mayor escala.                     | Por investigacion .                  | Aprobado.              | 4           | Impresion 3D,corte laser,soldadura,tornilleria                               |
| 7  | Ergonomia               | Garantizarle al usuario un producto comodo para que lo pueda usar y no presente incomodidad durante lo usa para evitar talones cortaduras ,ampollas.                | Pruebas de comodidad .               | Aprobado.              | 4           | Implemetar espumas ,cojineria etc.   |
| 8  | Partes Estándar         | Implementar partes estandar que hay en el mercado para optimizar el proceso de diseño y produccion a futuro.  | Unidad .                             | manor a 5.             | 3           |  |
| 9  | Cuestiones Ambientales  | Pensar en la implemetacion de las ODS   | Calculadora de huella de carbono.    | Bajo porcentaje.       | 4           |  |
| 10   | Dimensiones             | Contar con dimensiones medianas para facilitar el transporte del producto.  | Centímetros,milmetro.                | Menor a 20 cm.         | 3           |  |
| 11   | Otros                   | Garantizarle al usuario un proceso facil y rapido de mantenimiento.   | Tiempo,minutos .                     | Menor a 5 m.           | 4           |  |
| 12   | Usabilidad              | El producto contara con ofrecer variaciones de ejercicio para el usuario desarrollar difenrtes tecnicas.  | Unidad.                              | Mayor a 2 ejercicios . | 3           | Variedades en el ejercicio de flexion.                                       |
| 13   | Transporte              | Contara con un volumen adecuado (extandar) para el facil transporte en maletas ,bolsos,etc.   | cm3                                  | Menor a 23.000 cm3     | 3           |  |
| 14   | Otros                   | Establecer un facil ensamble de piezas de estructura del producto.  | Minutos .                            | Menor a 5 m.           | 3           |  |
| 15   | Usabilidad              | Debara contar con un manual de uso.   | Unidad.                              | 1                      | 5           | Explicacion clara de funcinamiento.  |
| 16   | Procesos de Manufactura | Contar con materiales de alta calidad y resistencia mecanica para garantizar un mayor uso.  | Por ensayo.                          | Aprobado.              | 5           | Aceros,Polimeros(ABS),ceramicos.   |

*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

Crear requerimientos del diseño antes de inventar un dispositivo de asistencia proporciona una base sólida para el desarrollo y optimización del producto, asegurando que cumpla con las necesidades de los usuarios y las regulaciones establecidas. Esto a su vez permite diseñar una prótesis más efectiva, funcional y de mayor calidad. Esta es de gran importancia sirve específicamente para dar una posible guía detallada de cómo se va a desarrollar el producto final, se establece criterios claros para asegurar una consistencia concisa durante el proceso, establece un control de calidad para evaluar todo el rendimiento y calidad de producto conociendo sus posibles problemas a futuro ,ayuda a definir requisitos



específicos reduciendo cambios a último momento y por ultimo garantiza un desarrollo eficiente ,preciso y exitoso del proyecto .



EJECUCIÓN

02

## Ideación

Para el proceso de Ideación se empleó la metodología de Nigel Cross pues esta se caracteriza por ser funcional y permite a los diseñadores identificar entradas y salidas, además de cada una de las acciones que el producto tendría en su interior.

El desarrollo de la caja negra fue primordial para para identificar las entradas y salidas esperadas del sistema, así como su función principal.

### Figura 1

*Caja negra*



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

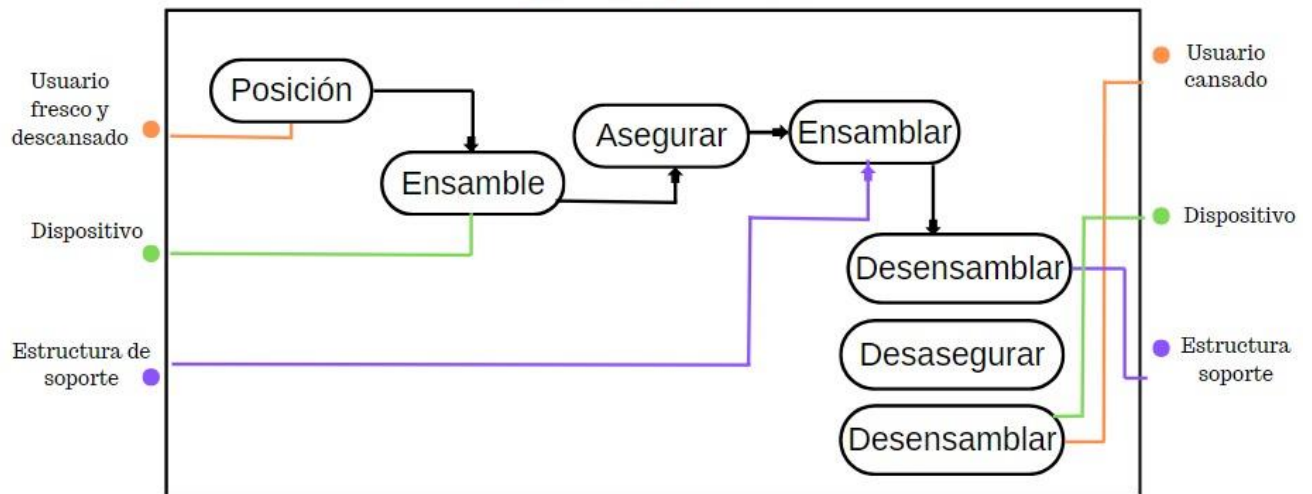
La caja transparente fue esencial para comprender el funcionamiento que tendría el dispositivo de asistencia, mejorar su diseño, comunicar y facilitar la innovación que realizaríamos en este campo tan importante para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades.

### Figura 2

*Caja transparente, elaboración propia*



## Caja transparente



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*




A partir de la matriz morfológica que se realizó antes de inventar la propuesta final del dispositivo de asistencia, fue importante porque proporciona una guía sistemática y estructurada para el diseño, identifica características clave, fomenta la exploración de alternativas, evalúa factores críticos y ayuda a tomar decisiones informadas para desarrollar una prótesis efectiva y exitosa.

### Tabla 1

*Requerimientos del diseño (PDS), elaboración propia*





|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| <b>Ensamblar</b><br>Dispositivo            |  Rosca                |  Iman       |  ABRASADERA  |  Tornilleria con rosea  |
| <b>Asegurar</b><br>Usuario-Dispositivo     |  Agarraderas de patin |  Hebillas   |  Velero      |  Pieza a medida         |
| <b>Ensamblar</b><br>Dispositivo Soporte    |  Sistema de prensa    |  ABRASADERA |  ABRASADERA  |  Sistema de prensado    |
| <b>Desensamblar</b><br>Dispositivo Soporte |  Sistema de prensa    |  ABRASADERA |  ABRASADERA  |  Sistema de prensado    |
| <b>Desasegurar</b><br>Persona-Dispositivo  |  Agarraderas de patin |  Hebillas   |  Velero      |  Pieza a medida         |
| <b>Desensamblar</b><br>Dispositivo         |  Rosca               |  Iman      |  ABRASADERA |  Tornilleria con rosea |

*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*


A partir de la matriz morfológica que se realizó antes de inventar la propuesta final del dispositivo de asistencia, fue importante porque proporciona una guía sistemática y estructurada para el diseño, identifica características clave, fomenta la exploración de alternativas, evalúa factores críticos y ayuda a tomar decisiones informadas para desarrollar una prótesis efectiva y exitosa.

Para buscar inspiración, nos sumergimos en la investigación de varios productos ya existentes que compartían características relevantes para nuestro producto en desarrollo. Estos productos incluían prótesis similares, cinturones y sistemas de seguridad, telas suaves y espumas amortiguadoras, así como una amplia gama de materiales.

Comenzamos explorando diferentes tipos de prótesis para entender cómo se adaptan y se integran con el cuerpo humano. Observamos las características ergonómicas y de ajuste, los sistemas mecánicos y eléctricos utilizados, así como los materiales utilizados en su fabricación. Esta investigación nos proporcionó ideas valiosas sobre cómo diseñar una prótesis que fuera cómoda, segura y funcional para el usuario. También estudiamos cinturones y sistemas de seguridad para entender cómo se pueden utilizar para garantizar la estabilidad y protección del usuario. Analizamos diferentes tipos de cinturones y materiales de sujeción, como correas ajustables y sistemas de cierre seguro. Esto nos ayudó a incorporar características de seguridad en el diseño de nuestro producto. Además, investigamos una amplia variedad de telas y espumas suaves para evaluar su eficacia en términos de comodidad y amortiguación. Observamos las propiedades de absorción de impactos, transpirabilidad y durabilidad de estos materiales. Esto nos permitió seleccionar los mejores materiales para proporcionar una experiencia cómoda y segura al usuario.

Finalmente, exploramos diferentes materiales disponibles en el mercado, como plásticos, metales, resinas y compuestos, para determinar el más adecuado para nuestro producto. Tomamos en cuenta factores como resistencia, flexibilidad, peso y costo para seleccionar los materiales que cumplieran con nuestros requisitos de diseño y fabricación.

El desarrollo de un dispositivo de asistencia para realizar flexiones ha requerido de una cuidadosa investigación y diseño, en base a una amplia gama de imágenes que nos han servido de inspiración. Para poder plasmar nuestras ideas e inspiraciones, hemos creado un moodboard, un panel donde se reúnen todas estas imágenes. También hemos explorado imágenes de conceptos de diseño y productos relacionados, para nutrirnos de



nuevas ideas y enfoques creativos. Nos hemos inspirado en la estética y la ergonomía de otros dispositivos de fitness, así como en elementos de tecnología y biomecánica. Estas imágenes nos han ayudado a visualizar diferentes posibilidades para nuestro propio dispositivo de asistencia, tanto en términos de forma y diseño, como en la elección de materiales y colores.

### Figura 3

*Moodboard,*



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

El moodboard se divide en 4 partes, cada una de las cuales representa una etapa del proceso de diseño del dispositivo. En la primera parte (1), se exploraron diferentes ideas para el ensamble entre el dispositivo y la barra de ejercicio. Se buscaba una opción viable y sencilla, y se seleccionó la idea que presentaba la mejor combinación de funcionalidad y facilidad de uso. En la segunda parte (2), se puso énfasis en la comodidad y facilidad de manipulación para el usuario, especialmente teniendo en cuenta su discapacidad. Se

consideraron diferentes opciones de pasadores, y se decidió utilizar seguros retractiles de cuero y plástico que garantizaban la seguridad del usuario sin comprometer su comodidad. En la tercera parte (3), se exploraron distintos materiales que pudieran proporcionar amortiguación y comodidad al usuario durante el ejercicio. Se tuvieron en cuenta materiales como espuma de memoria y gel para garantizar una experiencia cómoda y segura. Por último, en la cuarta parte (4), se buscó inspiración en prótesis ya existentes que cumplían funciones similares a las que se iban a realizar con el dispositivo. Se examinaron diferentes opciones y se tomó la decisión de qué material se utilizaría para fabricar la carcasa externa del dispositivo, teniendo en cuenta la durabilidad, resistencia y estética.

El moodboard fue una herramienta clave en el proceso de diseño, pues permitió explorar diferentes ideas y opciones en cada etapa del desarrollo del dispositivo, asegurando que se tuvieran en cuenta las necesidades y preferencias del usuario, así como la funcionalidad y estética del producto final.



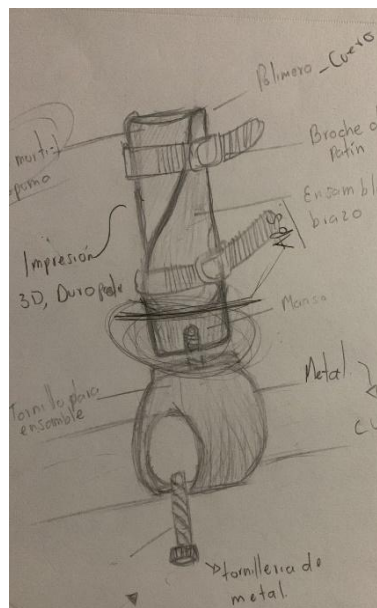
## Propuestas de diseño

- Propuesta 1 (Propuesta seleccionada)

Se creó un diseño revolucionario que se aleja de las prótesis convencionales al utilizar la idea de ensamblar como una pieza de LEGO, inspirándose en el popular juguete. El dispositivo de asistencia presentaba una pieza genérica que podía acoplarse a las barras del gimnasio, siendo lo suficientemente versátil para adaptarse sin problemas a barras de gimnasio o parques. Para garantizar la seguridad del usuario sin comprometer su comodidad, se utilizarían pasadores retráctiles de cuero y plástico. Además, la carcasa exterior sería fabricada mediante impresión 3D, comenzando en el muñón y finalizando justo antes del codo. Este diseño innovador prometía una mayor funcionalidad y confort para los usuarios de prótesis.

### Figura 4

#### Alternativa de diseño #1



Nota: Elaborado por Isabella Idárraga.



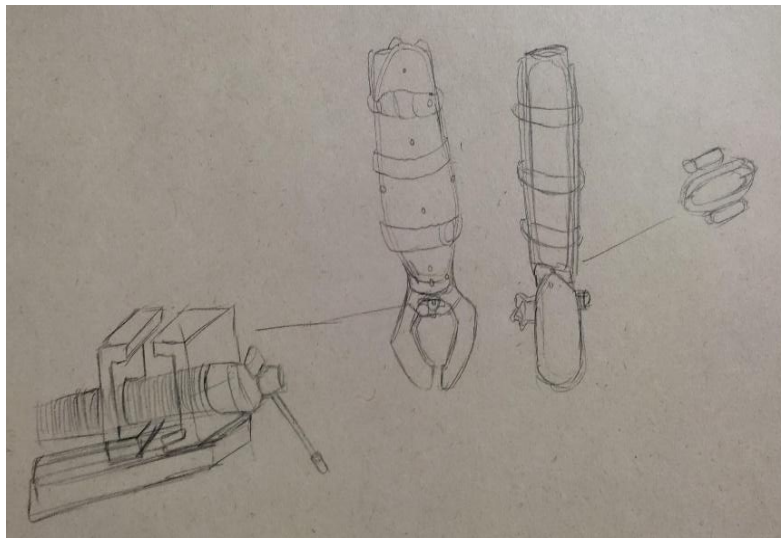


- Propuesta 2

Se pensaba utilizar un sistema de prensa con unas tensas para poder realizar el ajuste en barras paralelas, para el ajuste del usuario se pensaba utilizar velcro de 3m para generar una mayor firmeza en el momento de entrar el brazo en la carcasa y para el sistema de acople entre piezas era con dos tornillos internos en la base de la carcasa.

### Figura 5

*Alternativa de diseño #2*



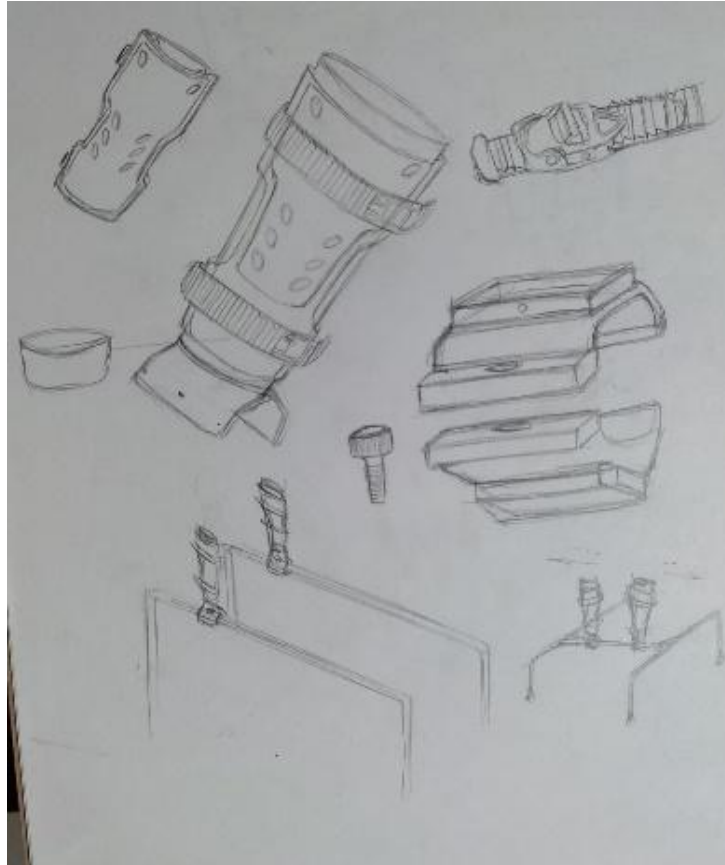
*Nota: Elaborado por Alejandro Guerra.*

- Propuesta 3

En la segunda se pensaba hacer una carcasa dividida con perforaciones para generar una mayor oxigenación y evitar que hubiera exceso de sudoración, para el usuario asegurase se pensaba implementar sistemas de acoples de ajuste como el usado en los patines en línea (genera mayor firmeza) por último el sistema de acoples a la barra de ejercicio es similar a la caña del manubrio de una bicicleta debido a que permite ajustarse a una tubería.

Figura 6

Alternativa de diseño #3




Nota: Elaborado por Alejandro Guerra.



## **Evaluación de las propuestas de diseño**

Se presentaron tres propuestas que buscaban cumplir con la misma función, pero que se distinguían entre sí por sus mecanismos. Aunque cada una de las tres propuestas de diseño presentadas tenía la misma función principal, se diferenciaban por los distintos mecanismos utilizados. Cada diseño ofrecía ventajas, desventajas y posibles fallas que habría que mejorar en el diseño. La elección final del diseño dependió de consideraciones como la usabilidad, la eficiencia, la comodidad y tiempo de fabricación.

Los docentes, tras realizar una evaluación exhaustiva y un estudio detallado de todas las propuestas, determinaron que la opción más viable sería la propuesta 1. Considerando innovador diseño para el dispositivo de asistencia que promete ofrecer una mayor funcionalidad y confort al usuario, gracias a su inspiración en la idea de ensamblar como una pieza de LEGO, que sería sencilla y eficaz de elaborar, su adaptabilidad a diferentes tipos de barras de gimnasio o parques, y su fabricación mediante impresión 3D para garantizar resistencia y durabilidad.




## **Diseño de detalle**

Después de realizar varias modificaciones en el prototipo, la apariencia del diseño planificado sufrió un cambio radical, resultando en la propuesta final del prototipo. Las alteraciones fueron necesarias para mejorar la funcionalidad y estética del producto, y se tomaron en cuenta diferentes factores como la retroalimentación de los docentes. El resultado final fue un diseño más atractivo y moderno, que cumplía con todas las especificaciones requeridas y superaba las expectativas iniciales. Este nuevo aspecto del prototipo captó la atención de potenciales clientes y generó un mayor interés en el producto. Sin duda, las modificaciones realizadas fueron clave para el éxito del proyecto y contribuyeron a su diferenciación en el mercado.

## **Planimetría**

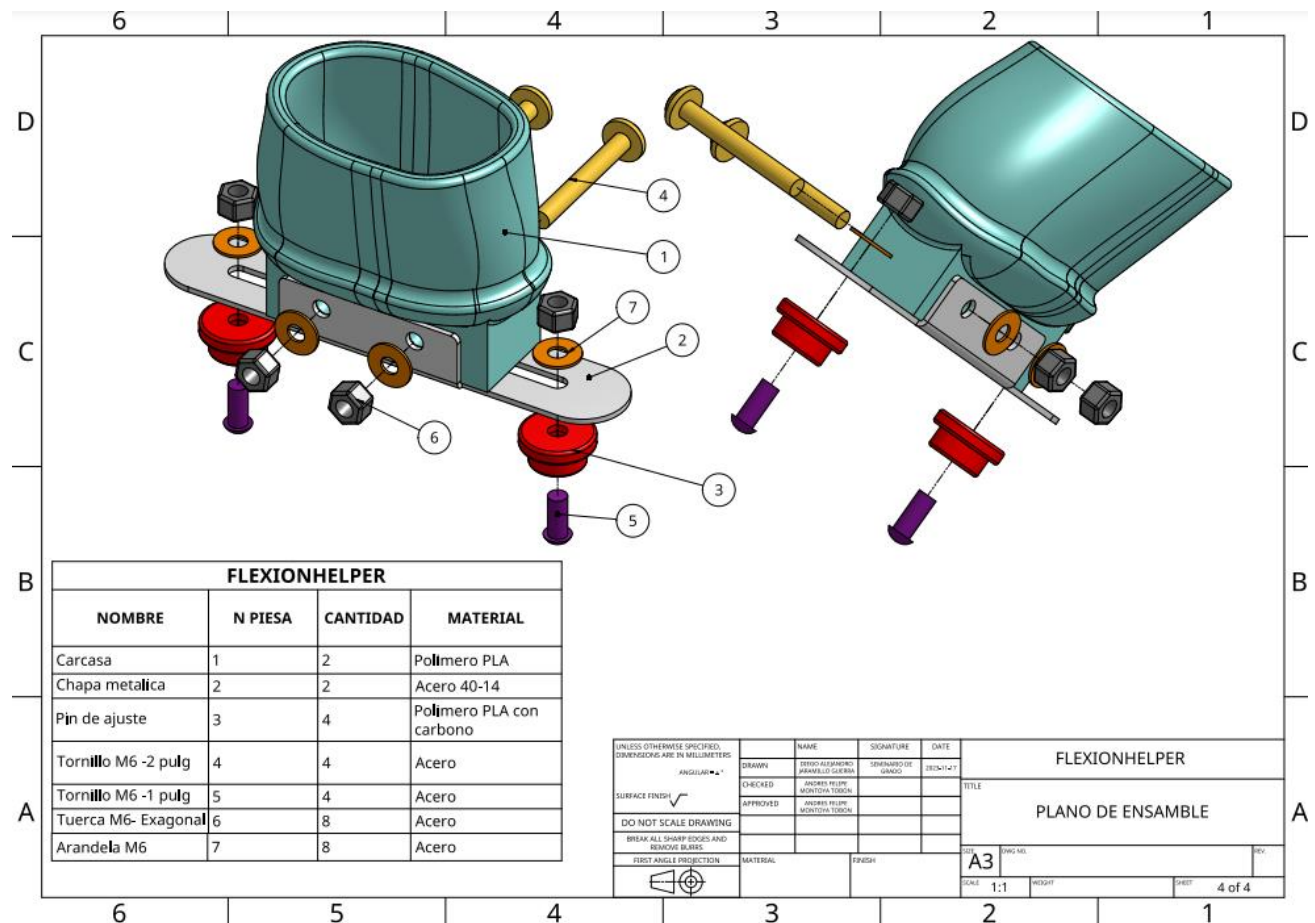
El renderizado tridimensional y los planos técnicos del dispositivo de asistencia para flexiones se llevaron a cabo en Onshape, una plataforma de diseño colaborativo basada en la nube. En esta herramienta, se realizaron las pertinentes modificaciones y ajustes requeridos en el diseño del dispositivo de asistencia para flexiones. Una vez finalizadas todas las modificaciones, se generaron los planos técnicos detallados, incluyendo todas las medidas y especificaciones necesarias para la correcta fabricación del dispositivo. Posteriormente, utilizando tecnología de impresión 3D, se imprimieron las piezas necesarias para ensamblar el dispositivo de asistencia para flexiones. La impresión 3D es un proceso de fabricación aditiva que permite crear objetos tridimensionales a partir de un modelo digital. Esta tecnología presenta numerosas ventajas, como la posibilidad de fabricar piezas complejas con gran precisión y rapidez. Además, gracias a la



versatilidad de los materiales utilizados en la impresión 3D, se pueden obtener piezas resistentes y duraderas, adecuadas para su uso en dispositivos de asistencia para ejercicios físicos como el mencionado.

**Figura 7**

*Plano de ensamble del producto*



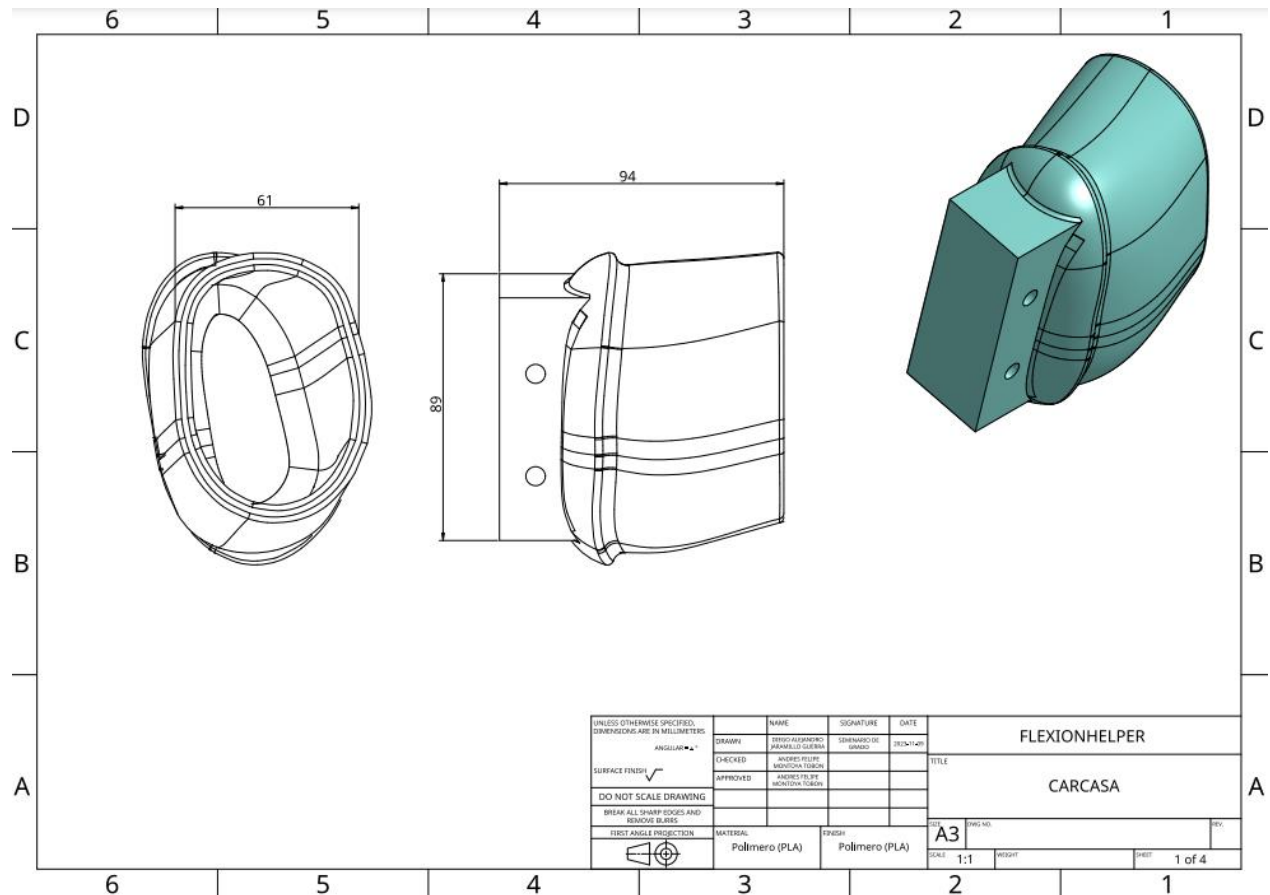
*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

En este despiece se puede evidenciar la cantidad de componentes del dispositivo de asistencia, el cambio radical a partir de la primera propuesta de diseño y las mejoras que experimentó. El despiece revela detalladamente la variedad de piezas y elementos que conforman el dispositivo de asistencia. El despiece del dispositivo de asistencia revela la complejidad técnica en su construcción y la evolución que sufrió desde su etapa inicial

de diseño hasta su versión final, evidenciando las mejoras significativas implementadas para su óptimo rendimiento y funcionalidad.

**Figura 8**

*Plano de soporte*



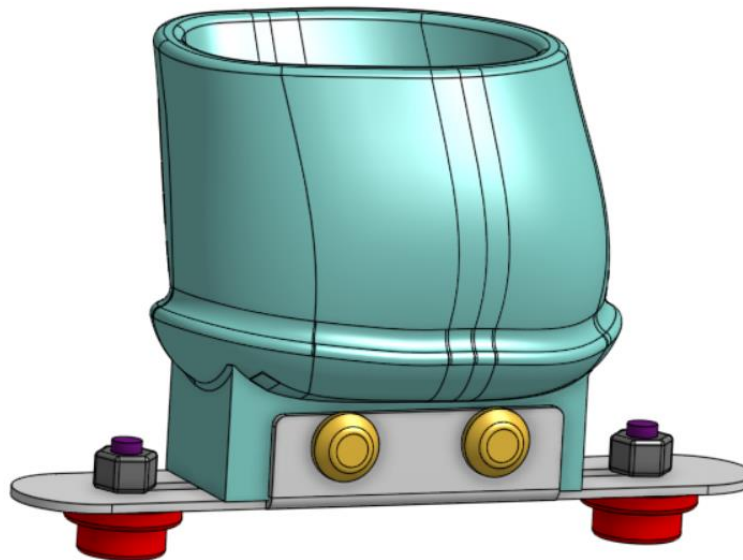
*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

La carcasa externa, conocida como el exoesqueleto, es el componente clave del dispositivo de asistencia en el que el usuario introduce su muñón para llevar a cabo el ejercicio. Esta pieza ha sido objeto de diversas modificaciones de diseño con el objetivo de evitar cualquier tipo de rotura durante el ejercicio. Específicamente, se ha llevado a cabo una modificación en su parte inferior, donde se realiza el ensamblaje con una resistente chapa metálica. Además, se ha realizado un refuerzo significativo en la zona

de los lados de la carcasa externa y se ha incrementado su grosor con el fin de prevenir cualquier posible fallo en el dispositivo de asistencia. Es importante destacar que, como parte del proceso de fabricación en impresión 3D, se ha optado por imprimir la carcasa con un relleno al 100%, garantizando así que responda como un elemento totalmente macizo y robusto.

### **Figura 9**

*Render final del producto*



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

El proceso de renderizado del rediseño del dispositivo de asistencia ha sido completado después de llevar a cabo todas las modificaciones y correcciones necesarias. Esto ha permitido mejorar la resistencia, comodidad, funcionamiento y definición de los materiales del dispositivo, lo que nos brinda una base sólida para comenzar a trabajar en la realización del prototipo.



## Carta de procesos

Tabla 2

Carta de procesos del prototipo

| <b>Carta de procesos</b><br>Proyecto: <b>DISPOSITIVO DE ASISTENCIAS, DISEÑADA PARA REALIZAR FLEXIONES EN DISTINTOS ÁNGULOS PARA EJERCITAR DISTINTOS MÚSCULOS</b> |  |                          |                                   |                           |                                       |   |               |
|--|--|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|---------------|
|  |  |                          |                                   | Departamento<br>de Diseño |                                       |  Institución<br>Universitaria<br><small>Reacreditada en Alta Calidad</small> |               |
| Pieza #  | Descripción  | Material(es)             | Insumo(s)                         | Proceso(s)                | Máquina(s) y herramienta(s)           | Acabado(s)  | Observaciones |
| Carcasa externa<br><br>   | Carcasa diseñada en Fusion360, impresa en 3D, con relleno completamente macizo y pulida con lija 2000 para mejor acabado | PLA                      | Rollo de PLA                      | Impresión 3D              | Impresora3D, ENDER 3                  | Su patrón de relleno es de subdivisión cubica   |               |
| Pieza chapa metálica<br><br>   | Diseñada en onshape, cortada y perforada en cortadora plasma, con dos dobleces de 90° en una dobladora de metal          | Acero 40-14              | Lamina de acero                   | Corte plasma y doblado    | Cortadora plasma y dobladora de metal | Liso y pintado con aerosol negro  |               |
| Enganche para la tabla push up<br><br>  | Carcasa diseñada en onshape, impresa en 3D, con relleno completamente macizo y pulida con lija 2000 para mejor acabado   | PET con fibra de carbono | Rollo de PET con fibra de carbono | Impresora 3D              | Impresora3D, ENDER 3                  | Su patrón de relleno es de subdivisión cubica   |               |

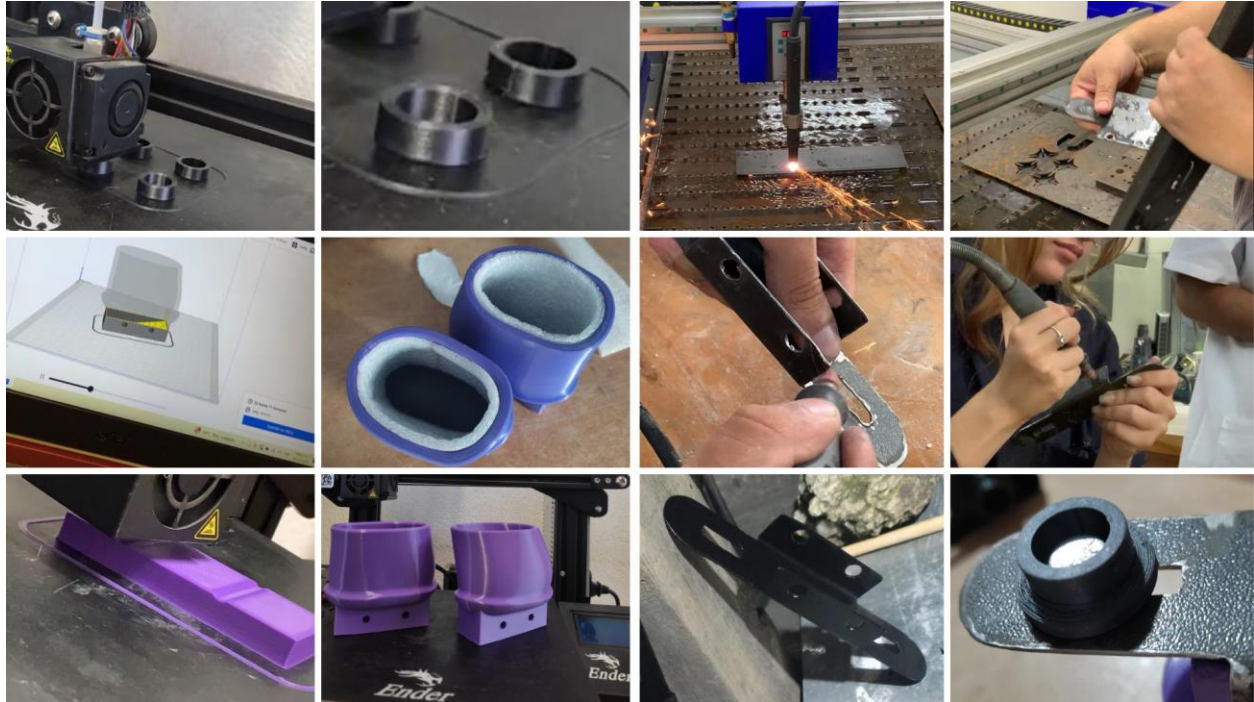
*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

Hacer una carta de procesos antes de inventar un dispositivo de asistencia es esencial para garantizar una organización eficiente, identificar y solucionar problemas, controlar la calidad, mejorar constantemente y transferir conocimientos. Todo esto contribuye a la creación de un dispositivo de asistencia seguro, funcional y de alta calidad.

## Prototipo

### Figura 10

#### Proceso de Fabricación del prototipo



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

Se llevó a cabo un moodboard con el objetivo de evidenciar de manera visual todo el proceso filmado que realizamos. Este moodboard se divide en columnas donde se pueden apreciar diferentes etapas del proceso de fabricación del dispositivo.

En la primera columna se muestra la impresión en 3D que se realizó para crear las carcasas externas. Estas carcasas se imprimieron en material PLA, el cual es conocido por sus propiedades de resistencia y durabilidad. Además, los Pin de seguridad, que son los soportes que unen la base "push up" al dispositivo de asistencia, se imprimieron con material PET con fibra de carbono. Este material fue seleccionado debido a su alta

resistencia y rigidez, ya que estos soportes son más propensos a quebrarse. Ambas piezas fueron impresas en alta calidad y en una sola pieza para garantizar su solidez.

En la segunda columna se pueden apreciar las impresiones ya lijadas y pulidas. Estas impresiones incluyen la carcasa externa ya ensamblada con la espuma de polietileno, que funciona como amortiguador para los muñones durante el ejercicio. La superficie de las impresiones ha sido cuidadosamente trabajada para garantizar un acabado liso y estético. En las columnas tres y cuatro, se enfocó en el corte utilizando una cortadora de metal y el doblado realizado en una dobladora de metales. También se llevó a cabo el proceso de pulido y limpieza de la escoria del material. Una vez finalizados estos pasos, se pintó la chapa metálica de color negro utilizando un primer y aerosol para lograr un acabado profesional y resistente.

Este moodboard nos permite tener una visión clara y detallada de todo el proceso de fabricación del dispositivo, destacando las técnicas y materiales utilizados en cada etapa.



## Validación de prototipo

### Figura 11

*Prototipo fabricado*



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*

El prototipo final, luego de diseñarlo y renderizarlo, pudimos imprimir en 3D la carcasa externa y el PIN de ajuste, cortar y doblar la lámina para realizar la chapa metálica. Luego, con ayuda de la "base para hacer ejercicio flexiones foldable push up board", que adecuamos para que las flexiones se realicen en ella y aprovechando que ya cuenta con las indicaciones de qué posiciones puede realizar para ejercitar determinado músculo, solo fue ensamblar las piezas con tornillos y tuercas.

**DIVULGACIÓN**

**03**

## Infográfico Final

Para realizar la promoción del prototipo se elabora un infográfico para comunicar el paso a paso de su funcionamiento.

### Figura 12

#### Infográfico del producto



*Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.*



El infográfico fue esencial a la hora de exponer de manera visual y concisa la finalidad, la operatividad, el procedimiento de utilización y los componentes empleados del dispositivo de asistencia. El uso de este recurso gráfico permitió transmitir de forma clara y efectiva los conceptos técnicos asociados al dispositivo, facilitando así la comprensión de los usuarios y destacando aspectos relevantes de su diseño, funcionalidad y especificaciones técnicas. Además, la utilización del infográfico brindó una representación visual de la estructura interna del dispositivo, lo cual resultó de vital importancia para ilustrar la interacción entre los diferentes elementos y componentes mecánicos que componen su sistema.

### Figura 13

*Exposición del producto en La Escuela Internacional de Diseño y Creación.*



Nota: Elaborado por Isabella Idárraga y Diego Alejandro Guerra.



En el ITM se presentó el prototipo del dispositivo de asistencia, así como también se exhibió un infográfico detallado que mostraba todas las características y funcionalidades del mismo. Además, se proporcionó un QR, el cual permitía a los asistentes acceder de manera rápida y sencilla a toda la información relevante sobre el dispositivo. Esto incluía datos técnicos, especificaciones, materiales utilizados y manuales de uso. La presentación del prototipo, el infográfico y el QR fue crucial para transmitir de manera efectiva la propuesta de valor de este novedoso dispositivo de asistencia.



# CONCLUSIONES

- El proceso de desarrollo del dispositivo de asistencia para realizar flexiones adaptado a una persona con discapacidad transradial ha seguido un enfoque metodológico en el que se estableció un contexto de trabajo y se realizaron investigaciones para identificar las problemáticas y consecuencias que enfrentan estas personas en el deporte en Colombia. A través de propuestas de diseño y la elaboración de estrategias, se logró establecer soluciones adecuadas y se estudiaron los sistemas, materiales y procesos de manufactura más adecuados para el dispositivo. Una vez formulada la idea concreta, se elaboró un prototipo que fue evaluado por los docentes encargados del proyecto, con el objetivo de garantizar su óptimo funcionamiento para el usuario.
- En cuanto a la fabricación del prototipo, se utilizó impresión en 3D para la carcasa externa, material PLA, y se empleó material PET con fibra de carbono para los pines de ajuste, con el fin de brindar mayor resistencia y durabilidad. La chapa metálica se cortó utilizando una cortadora de plasma para metales y se dobló a 90 grados en una dobladora de metales. Además, se utilizaron tornillos y tuercas necesarios para el ensamble del dispositivo.
- Durante el proceso de diseño, se realizaron múltiples mejoras siguiendo las indicaciones y evaluaciones de los docentes. Lo que fue muy interesante conocer que el diseño industrial está situado en el ADN de todo producto, en este caso es muy gratificante el haber experimentado con la fabricación de una prótesis como un ejercicio “real de diseño”, el cual puede mejorar fácilmente la vida de una persona con relación a que pueda realizar un ejercicio fácilmente en su estado de discapacidad.
- Con este proceso completo de investigación, diseño, evaluación y fabricación, se logró desarrollar un dispositivo de asistencia de flexiones adaptado a personas con discapacidad transradial, que cumple con los requerimientos funcionales y duraderos para mejorar su experiencia en el deporte. Al terminar el dispositivo de asistencia y terminar por completo el prototipo y saber que la persona logra obtener una mayor funcionalidad, mejorar su calidad de vida, adaptarse y superar los desafíos, y experimentar la emoción de la innovación tecnológica en el campo de las prótesis.

# BIBLIOGRAFÍA

Aleix Serra. (26 de febrero de 2020). *webrun sport*. Obtenido de <https://www.sport.es/labolsadelcorredor/calistenia-definicion-beneficios-y-ejercicios-para-principiantes/>

Bogota, S. d. (23 de Diciembre de 2022). <https://www.gobiernobogota.gov.co/>. Obtenido de <https://www.gobiernobogota.gov.co/noticias/nivel-central/calistenia-la-vida-la-iniciativa-presupuestos-participativos-mejora-la-salud>

Cárdenas, D. A. (8 de Abril de 2016). *revistas.usantotomas.edu.co*. Obtenido de [revistas.usantotomas.edu.co](http://revistas.usantotomas.edu.co)

Colombia, U. N. (26 de febrero de 2016). <https://minas.medellin.unal.edu.co/>. Obtenido de <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/521-protesis>

DANE. (7 de Abril de 2022). [://www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co). Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas/abr\\_2022\\_nota\\_estadistica\\_Estado%20actual\\_de\\_la\\_medicion\\_de\\_discapacidad\\_en%20Colombia\\_presentacion.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas/abr_2022_nota_estadistica_Estado%20actual_de_la_medicion_de_discapacidad_en%20Colombia_presentacion.pdf)

Pereira gobierno de la ciudad, c. d. (26 de Abril de 2023). <https://www.pereira.gov.co/>. Obtenido de <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/6658/en-pereira-se-desarrollo-el-campeonato-de-calistenia/>

PUVA. (s.f.). *PUVA por una vida activa*. Obtenido de <https://porunavidaactiva.es/vida-saludable-y-deporte/rutina-8-tipos-de-flexiones-y-como-realizarlas/>

*Saludemia*. (s.f.). Obtenido de <https://www.saludemia.com/-/vida-saludable-discapacidad-de-interes-deporte>

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE DEL PROYECTO DE AULA EN TECNOLOGÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL.**

Medellín, Antioquia  
Señores  
Departamento de Diseño  
ITM  
Estimados:

Yo/ Nosotros Isabella Idarraga Arrubla identificado con la cédula N° 1007054392 de Caldas y Diego Alejandro Guerra Jaramillo identificado con la cédula N° 1000897222 de Medellín, autores del proyecto de aula titulado “Flexionhelper”, presentado y aprobado en el semestre sexto como requisito para aprobar la asignatura (código) Trabajo de grado perteneciente al programa de Tecnología en Diseño Industrial.

Por medio de la presente, autorizamos al Departamento de Diseño del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín para que, con fines académicos, divulgue y promueva la apropiación social del conocimiento, la producción intelectual de los estudiantes ITM, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web, de la Biblioteca General y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio el ITM.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en el formato vigente declarado por la institución desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

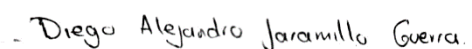
Cordialmente,

Isabella Idarraga Arrubla  
C.C. 1007054392  
De: Caldas, Antioquia

Diego Alejandro Guerra Jaramillo  
C.C1000897222  
De: Medellín, Antioquia



Isabella



Diego Alejandro Guerra Jaramillo