

## **Trabajo Fin de Grado**

**Estudio y rediseño de la canaleta para mejorar la autonomía de los jugadores de Boccia con parálisis cerebral y discapacidades afines en el contexto de ASPACE Huesca.**

**Study and redesign of the ramp to improve the autonomy of Boccia players with cerebral palsy and related disabilities in the context of ASPACE Huesca**

Autora  
Belén López Torres

Director  
Ángel Carrasquer Poy

Titulación  
Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA,  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

2025

**Estudio y rediseño de la canaleta para mejorar la autonomía  
de los jugadores de Boccia con parálisis cerebral y discapacidades afines  
en el contexto de ASPACE Huesca.**

**Study and redesign of the ramp to improve the autonomy of Boccia players  
with cerebral palsy and related disabilities in the context of ASPACE Huesca**

# RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado describe el proceso completo de análisis, diseño, prototipado y validación de una canaleta de Boccia adaptada a las necesidades de los deportistas BC3 de ASPACE Huesca. Tras un estudio inicial de la tarea (Boccia BC3), del usuario (jugadores con parálisis cerebral) y de la herramienta existente (canaleta base), se identificaron problemas críticos en geometría, materiales, mecanismos y acabados, así como limitaciones ergonómicas y reglamentarias.

En la fase de conceptual se definieron las Especificaciones de Diseño del Producto (EDP) basadas en la normativa BISFed 2021–2024 y en los requisitos de ergonomía y accesibilidad.

Durante la fase de desarrollo se definió el producto: se diseñaron la geometría definitiva y los mecanismos, se seleccionaron los materiales y los acabados, y se fabricó un prototipo para su evaluación funcional en sesiones reales con jugadores y auxiliares de ASPACE. Esta evaluación confirmó mejoras significativas en estabilidad, facilidad de ajuste, reducción del esfuerzo postural y precisión de lanzamiento, y aportó nuevas ideas para iterar el diseño.

Sobre el diseño final se elaboró un presupuesto, teniendo en cuenta los materiales seleccionados, los procesos de fabricación y todas las piezas y semielaborados necesarios para su producción.

Finalmente, la rúbrica de validación BISFed y el Formulario de Aprobación de Dispositivos oficial del BocciaWorld certifica la elegibilidad del dispositivo para competición oficial.

Las conclusiones destacan el impacto positivo de este rediseño en la autonomía y el rendimiento de los usuarios, y se proponen futuras mejoras en modularidad, sostenibilidad de materiales y personalización de punteros.

# ÍNDICE

<b>1.</b>	Justificación	3
<b>2.</b>	Metodología	6
<b>3.</b>	FASE DE INVESTIGACIÓN	7
	3.1. TAREA	
	3.2. USUARIO	
	3.3. HERRAMIENTA	
	3.4. ANÁLISIS PREVIOS	
<b>4.</b>	FASE CONCEPTUAL	18
	4.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA	
	4.2 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	
	4.3 PROBLEMAS DE LA CANALETA ACTUAL	
	4.4 SOLUCIONES - SOLUCIÓN FINAL	
<b>5.</b>	FASE DE DESARROLLO	27
	5.1 PROTOTIPADO	
	5.2 EVALUACIÓN FUNCIONAL	
<b>6.</b>	PRODUCTO FINAL	32
	6.1 MECANISMOS INCORPORADOS	
	6.2 LISTA DE PIEZAS	
	6.3 MATERIALES	
	6.4 PROCESOS DE FABRICACIÓN	
	6.5 PRESUPUESTO	
<b>7.</b>	Validación según BISFed	38
<b>8.</b>	Conclusiones, reflexión y propuestas de mejora futura	40

# 1. Justificación

## INTRODUCCIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado surge de una necesidad concreta detectada en ASPACE Huesca, donde distintos usuarios con parálisis cerebral (PC) y discapacidades afines practican la Boccia, utilizando canaletas que se les han cedido desde otras asociaciones.

Actualmente, las soluciones comerciales disponibles presentan elevados costes, escasa adaptabilidad a distintos grados de movilidad y un diseño que no siempre tiene en cuenta la participación activa de los propios jugadores ni de sus auxiliares de juego. En este contexto, se plantea el rediseño de una canaleta que favorezca la autonomía, precisión y ergonomía, mejorando sustancialmente la experiencia de juego y la accesibilidad.

La Boccia es un deporte paralímpico que permite la inclusión social y el desarrollo personal de personas con discapacidad motriz. Sin embargo, para muchos jugadores, el uso de dispositivos no adaptados a sus características físicas limita su participación y rendimiento.

Este proyecto pretende atender estas necesidades reales desde una perspectiva de diseño centrado en el usuario, aplicando principios de ergonomía y accesibilidad. Además, el objetivo es garantizar que el producto final cumpla con el Reglamento BISFed 2021-2024 (v.2.2), de manera que pueda utilizarse en competiciones oficiales.

La propuesta busca desarrollar una canaleta modular, funcional y económicamente viable, que pueda ser utilizada por distintos jugadores de la asociación, ajustándose a sus capacidades motoras mediante personalizaciones. Para ello, se realizará un proceso iterativo de observación, análisis de tareas, co-diseño con terapeutas ocupacionales, auxiliares de juego y jugadores, prototipado y validación mediante pruebas reales.

Este enfoque no solo permite diseñar un producto útil y funcional, sino que también promueve la inclusión, la participación activa de los usuarios y el uso responsable de recursos.



Figura 1: Logotipo ASPACE Huesca

## **VALOR DEL PROYECTO**

Este proyecto responde a una necesidad real y concreta detectada en ASPACE Huesca: la falta de canaletas de Boccia que se adapten a las necesidades específicas de usuarios con parálisis cerebral y discapacidades afines. El rediseño propuesto no solo pretende mejorar la accesibilidad y el rendimiento deportivo de los usuarios, sino también su autonomía y participación en igualdad de condiciones con el resto de participantes. Esto lo convierte en un proyecto con impacto social, enfocado en la mejora del bienestar, la inclusión y la dignidad de las personas con diversidad funcional a través del diseño.

Desde el punto de vista técnico, el trabajo incorpora herramientas y métodos propios del diseño industrial, como el estudio ergonómico centrado en el trinomio usuario-herramienta-tarea, el desarrollo iterativo mediante prototipado y el co-diseño con usuarios tanto primarios como secundarios. Se realizará un estudio de mercado para comparar precios y funcionalidades de productos existentes, así como un análisis de materiales y procesos que permitan una fabricación optimizada, duradera y económica.

El trabajo incluye una evaluación funcional con usuarios, probando distintas iteraciones del diseño mediante prototipado y testeo en condiciones reales. Esta aplicación directa y el contacto continuo con los beneficiarios del producto garantizan que el diseño final cumpla tanto con los requisitos funcionales como con los emocionales y contextuales. Además, se plantea alcanzar la certificación conforme al Reglamento BISFed, lo que abre la posibilidad de que el producto sea utilizado en competiciones oficiales de Boccia, como los juegos paralímpicos.

Este TFG representa una oportunidad para integrar de manera transversal competencias técnicas y humanas propias del grado en Ingeniería en Diseño Industrial, tales como el desarrollo de producto, la adaptación ergonómica, el diseño asistido por ordenador, los diferentes procesos de fabricación y la comprensión de la dimensión social del diseño. Se fomenta así una práctica profesional comprometida, crítica y orientada al bien común.

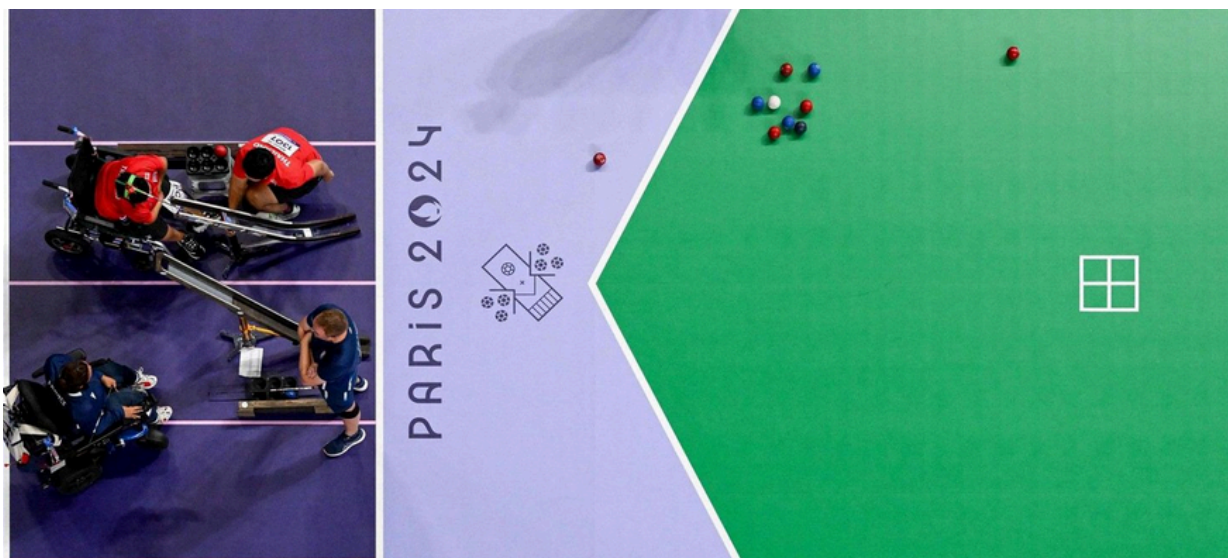


Figura 2: Partida de Boccia en los Juegos Olímpicos París 2024.

## **OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

Este proyecto contribuye de forma directa a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la ONU. En primer lugar, se alinea con el ODS 3 (Salud y Bienestar), ya que promueve estilos de vida activos y saludables para personas con discapacidad, garantizando el acceso a un deporte adaptado que mejore su calidad de vida. El diseño de la canaleta busca asegurar su bienestar físico y emocional durante la práctica deportiva.

Por otro lado, se contribuye al ODS 4.a mediante la adaptación de infraestructuras deportivas a las necesidades de personas con discapacidad, asegurando entornos inclusivos, seguros y eficaces para el aprendizaje y el desarrollo personal. Asimismo, el proyecto impulsa el ODS 9.1 al desarrollar un equipamiento técnico fiable y de calidad, priorizando el acceso equitativo a soluciones funcionales y asequibles para los usuarios de ASPACE Huesca.

Desde una perspectiva social, se promueven los ODS 10.2 y 10.3 al trabajar por la inclusión de personas con discapacidad, reduciendo desigualdades a través del diseño y fomentando su participación activa en actividades recreativas y competitivas. Además, en todo el proceso se aplicará el ODS 12.2, buscando la sostenibilidad en el uso de materiales como madera, metales y polímeros para prototipado, y promoviendo decisiones responsables en cuanto al diseño, la fabricación y la reutilización.



Figura 3: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

## 2. Metodología

El trabajo se abordará aplicando métodos de Ergonomía, utilizando un enfoque de adaptabilidad y accesibilidad, teniendo en cuenta una triple dimensión de estudio: usuario, herramienta y tarea. En particular, se intentará cumplir los requisitos para conseguir la pegatina de certificación del Reglamento BISFed de los juegos paralímpicos.

Se aplicará la metodología de Ergonomía, abordando la interacción entre el trinomio para comprender en profundidad la actividad que realizan los jugadores de Boccia. Esto permitirá identificar barreras y necesidades, y guiará el rediseño del producto hacia una mayor adaptabilidad, accesibilidad y usabilidad.

El enfoque se centrará en el análisis de casos reales y en la observación directa, considerando además los requisitos técnicos del Reglamento BISFed para garantizar la certificación del dispositivo.

Fase 0: Justificación del proyecto

Fase 1: Fase de Investigación (análisis de usuario, herramienta y tarea)

Fase 2: Fase Conceptual (extracción de EDP, desarrollo de conceptos y selección)

Fase 3: Fase de Desarrollo (modelado, prototipado, iteraciones y producto final)

Fase 4: Validación según BISFed 2021-2024 (testeo)

Fase 5: Conclusiones, reflexión y propuestas de mejora futura.

## 3. FASE DE INVESTIGACIÓN

Con el objetivo de abordar el rediseño de la canaleta utilizada por jugadores BC3 en Boccia desde una perspectiva centrada en el usuario, esta fase de investigación se ha estructurado en torno a los tres pilares básicos del análisis ergonómico: la tarea, el usuario y la herramienta. Este enfoque permite identificar no solo las necesidades funcionales, sino también las limitaciones físicas, cognitivas y contextuales que condicionan el uso del dispositivo.

El análisis detallado de cada uno de estos tres elementos permite obtener una visión sistémica y precisa del problema de diseño, sirviendo de base para definir especificaciones, detectar problemas reales y desarrollar soluciones ajustadas a la realidad de uso.

### 3.1 TAREA

La disciplina deportiva analizada es la Boccia, una modalidad paralímpica dirigida a personas con distintos niveles de discapacidad. El objetivo del juego es lanzar las bolas para posicionarlas lo más cerca posible de una bola diana, conocida como “bola blanca” o jack.

En la categoría BC3 los jugadores presentan un alto grado de parálisis cerebral u otra discapacidad motriz grave, lo que les impide lanzar la bola con las manos. Para ello, hacen uso de una **canaleta** o rampa, con la asistencia de un auxiliar de juego (ramp operator), que actúa siguiendo únicamente las instrucciones del jugador.

La tarea, por tanto, implica una coordinación precisa entre el jugador y el asistente, dentro de un espacio físico limitado (box de 2,5 x 1 metros) y en condiciones de competición reguladas por la normativa BISFed.

Los movimientos implicados en el juego son mínimos pero muy estratégicos, y cualquier interacción no permitida con el entorno o entre el asistente y la bola conlleva la anulación del punto. Esto hace que el diseño de la canaleta y sus mecanismos asociados sea crítico para garantizar el éxito deportivo, la accesibilidad, y el cumplimiento reglamentario.

Para más información consultar en ANEXO 1: ESTUDIOS PREVIOS,  
1.1 Contextualización de la Boccia y 1.2 ¿Cómo se juega?



Figura 4: Alejandro Morillas utilizando su puntero para lanzar la bola por la canaleta, junto a Laura (su auxiliar de juego).

### 3.2 USUARIO

Hay dos usuarios principales en este proyecto, dos jugadores de la categoría BC3 (a los que nos referiremos a partir de ahora como USUARIO 1.1. Y USUARIO 1.2.) ya que es este grupo el que debido a su nivel de afectación motriz, hace uso de canaletas asistidas para la práctica de Boccia.

Desde el punto de vista del diseño, se enfrentan a limitaciones físicas que afectan a la postura, la estabilidad, el campo visual y la capacidad de manipulación fina. La tarea de empujar una bola mediante un puntero acoplado a la cabeza debe poder realizarse sin esfuerzo postural excesivo y con el máximo control posible.

Además, el usuario secundario – el auxiliar, USUARIO 2– debe poder adaptar rápidamente la canaleta según las instrucciones del jugador, sin posibilidad de visualizar la trayectoria (ANEXO Q - 1.2. ¿Cómo se juega?), manteniendo una postura ergonómica y sin interferencias con el entorno.

Durante el trabajo se ha recabado información clave a través de observaciones en ASPACE Huesca, entrevistas con profesionales (terapeutas ocupacionales, entrenadores, auxiliares de juego, médicos, enfermeras...) y documentación clínica. Esto ha permitido entender tanto las necesidades individuales como las dinámicas sociales y terapéuticas en las que se inserta la práctica del deporte.

A través de la observación directa, la recopilación de información sobre su contexto, capacidades y desafíos, y entrevistas cara a cara, se han elaborado las siguientes fichas persona.

Esta caracterización permite comprender mejor sus necesidades particulares y aporta una base sólida para orientar el diseño hacia soluciones accesibles, funcionales y que se adapten a sus necesidades personales específicas.



Figura 5: Ficha Personas Usuario 1.1.

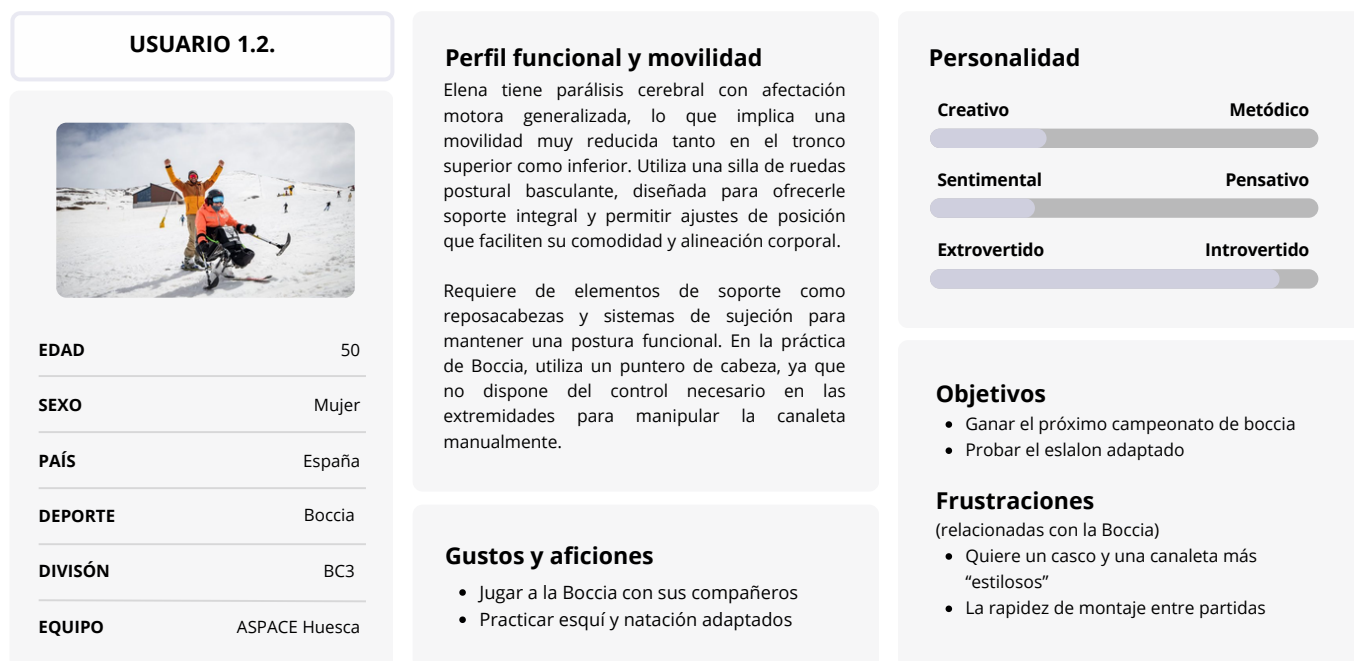


Figura 6: Ficha Personas Usuario 1.2.

Para más información consultar en ANEXO 2: ANÁLISIS DE USUARIO

### 3.3 HERRAMIENTA

La canaleta es la herramienta esencial que permite la participación de los jugadores BC3 en Boccia. En este trabajo, se ha partido de una canaleta base, la utilizada en ASPACE Huesca, cuyo análisis ha permitido detectar numerosos problemas ergonómicos, técnicos y funcionales.



Figura 7: Canaleta actual de ASPACE Huesca

Se trata de un dispositivo auxiliares que se permiten en este deporte compuesto por un cuerpo principal rígido, extensiones modulares para aumentar su altura o longitud, y una base estructural que le da soporte. A pesar de cumplir su función básica, el dispositivo presenta dificultades en cuanto a accesibilidad desde la silla de ruedas, seguridad en las uniones, movilidad, mantenimiento de posturas forzadas, transporte y visibilidad durante el juego.

El análisis se ha realizado a través de observación directa en sesiones de entrenamiento y competiciones (ANEXO 3: ANÁLISIS DE SECUENCIA DE USO), documentación fotográfica, mediciones en contexto real y evaluación con usuarios.

Este diagnóstico ha permitido establecer una serie de problemas críticos de diseño, clasificados en una tabla específica, los cuales serán abordados posteriormente en la fase conceptual.



Figura 8: Partes de la canaleta.

El análisis detallado de la canaleta de ASPACE se ha complementado con un análisis de mercado, correspondiente al ANEXO 4, que recoge una muestra representativa de canaletas existentes utilizadas en categoría BC3.

Actualmente, existen numerosos modelos comerciales con distintas configuraciones, precios, materiales y niveles de complejidad técnica.

A pesar de estas diferencias, todas comparten una estructura básica común compuesta por un **cuerpo principal/rampa en forma de "J"**, que canaliza el recorrido de la bola hasta su liberación, y una **base o soporte estructural**, cuya función es mantener la estabilidad del conjunto durante su uso.

Este estudio comparativo ha permitido identificar puntos fuertes y carencias recurrentes en el diseño de canaletas comerciales, sirviendo como referencia para establecer oportunidades de mejora en el producto desarrollado.

Se observa una clara relación entre:

precio, complejidad estructural y calidad de materiales.

Los modelos de gama alta destacan por incorporar

- más grados de libertad
- modularidad y
- materiales ligeros o reforzados,

lo que se traduce en una mayor

adaptabilidad, durabilidad y precisión en el juego.



Figura 9: Rampa de boccia BASHTO X-clusive, 3 499,00 €(PVP).

En contraste, los modelos más económicos

- simplifican la geometría,
- limitan los ajustes posibles y
- utilizan materiales más pesados o de menor calidad,

comprometiendo la portabilidad y la facilidad de uso.

Asimismo, la validación oficial por parte de BISFed es más frecuente en las soluciones premium, consolidando su valor en contextos competitivos. Estos hallazgos han sido clave para orientar las decisiones de rediseño del dispositivo, priorizando una solución equilibrada en funcionalidad, ergonomía y coste, adecuada a las necesidades reales del entorno ASPACE

Además de las canaletas, el Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2, publicado por BISFed (Boccia International Sports Federation), contempla otros dispositivos auxiliares utilizados en la categoría BC3, como punteros, guantes, férulas y sistemas de comunicación asistida. Para más información consultar ANEXO 1- 1.3. Clasificación del material recogido en el Reglamento BISFed.

Este Reglamento establece los requisitos técnicos, físicos y funcionales que debe cumplir todo el equipamiento auxiliar, con el objetivo de asegurar la equidad deportiva y la validez del juego en competiciones oficiales. Cabe destacar que no está pensado para ser leído por los jugadores de de esta disciplina, es todo lo contrario al la [Lectura Fácil](#)\*.

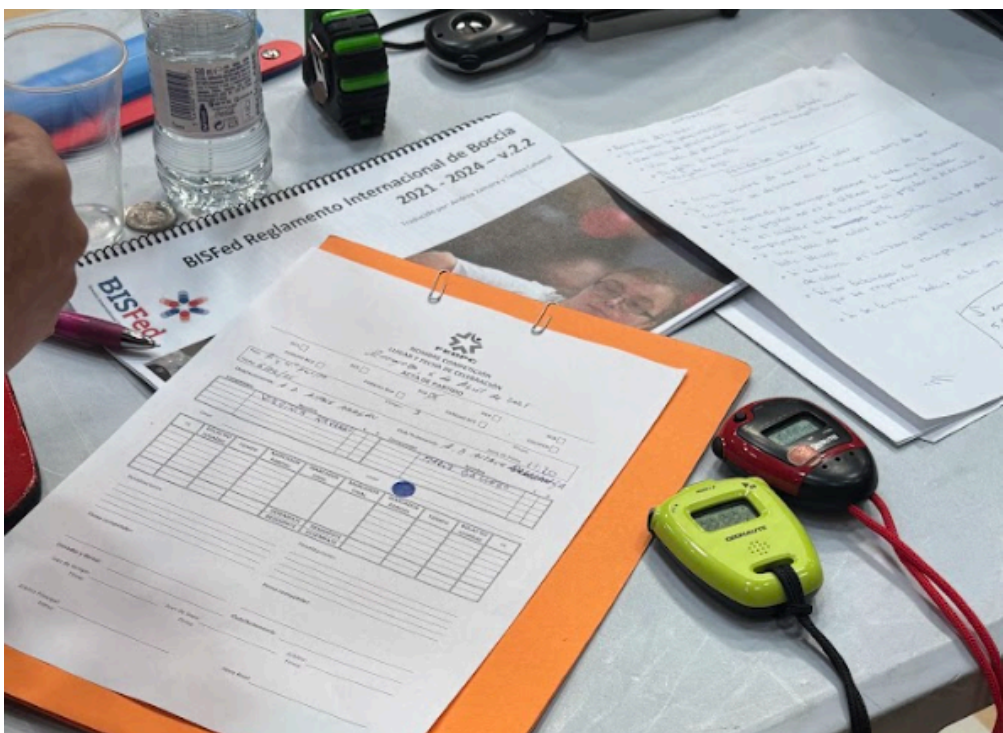


Figura 10: Mesa de competición con el Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2 y otras herramientas utilizadas durante las partidas.

En el contexto de este proyecto, dicho Reglamento no solo ha servido de base para la definición de especificaciones de diseño (EDP), sino que también se ha utilizado como rúbrica de validación para comprobar la viabilidad del rediseño.

La canaleta desarrollada debe ser susceptible de pasar el proceso de clasificación de material previo a la competición, en el cual los jueces evalúan si los dispositivos cumplen los criterios reglamentarios para ser homologados y utilizados en torneos oficiales.

\*En el ANEXO 1, 1.5.4. Apoyos Humanos y Terapéuticos se encuentra la explicación de lo que es la Lectura fácil.

A continuación, se presenta una tabla que sintetiza las especificaciones técnicas obligatorias para la canaleta extraídas del Reglamento en el apartado 1.3.3. Especificaciones técnicas extraídas del reglamento del ANEXO 1.

Estas especificaciones se han agrupado en distintas categorías:

1. Dimensiones máximas
2. Manipulación
3. Prohibiciones mecánicas
4. Ubicación durante el lanzamiento
5. Balanceo obligatorio

#	ID	Requisito técnico según BISFed	Restricción máx	VALIDACIÓN
1		La canaleta (con todas sus extensiones) cabe dentro de las dimensiones del box.	2,5 m x 1 m	<input type="checkbox"/>
2		Cualquier riel lateral u otra protuberancia no debe exceder la altura (diámetro) de la bola.	270 mm de circunferencia. (Ø= 82 mm)	<input type="checkbox"/>
3		La canaleta no contiene elementos mecánicos que ayuden al lanzamiento.	resortes, motores o sistemas de aceleración o frenado.	<input type="checkbox"/>
4		No contiene dispositivos de orientación	niveles, punteros láser o mecanismos de visión.	<input type="checkbox"/>
5		La bola debe tocar la canaleta en el momento de ser soltada.	Ancho de la canaleta > 82 cm (Ø= 82 mm)	<input type="checkbox"/>
6		El jugador (o su puntero/accesorio) debe estar en contacto con la canaleta al soltar la bola.	-	<input type="checkbox"/>
7		El dispositivo se puede reparar en menos de 10 minutos en caso de rotura.	-	<input type="checkbox"/>
8		Puede desmontarse y montarse, cumpliendo los tiempos y condiciones de cambio.	6 mins ( individual - división BC3) 7 mins ( individual - división BC3)	<input type="checkbox"/>
9		Todos los elementos del dispositivo permanecen dentro del box del jugador durante el uso.	2,5 m x 1 m	<input type="checkbox"/>
10		"balanceo a ambos lados"	al menos 20 cm a la izquierda y 20 cm a la derecha	<input type="checkbox"/>

Figura 11: Tabla de verificación basada en los requisitos técnicos del Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2.

\* según el Reglamento el "balanceo a ambos lados": "(Two-way swing) Mover claramente la canaleta al menos 20 cm a la izquierda y 20 cm a la derecha."

### 3.4 ANÁLISIS PREVIOS

Para fundamentar el rediseño de la canaleta y garantizar su adecuación a las necesidades reales de uso, se han llevado a cabo diversos análisis que abordan la actividad, el contexto y los usuarios implicados.

#### **Análisis de mercado** (Anexo 4):

El estudio comparativo de canaletas existentes evidenció una correlación entre coste y complejidad técnica (materiales, grados de libertad, modularidad). Se detectaron carencias recurrentes en ergonomía, visibilidad del recorrido de la bola y facilidad de ajuste, que se han tomado como puntos de mejora clave para el rediseño.

#### **Stakeholders y análisis de usuarios** (Anexo 1.4 y Anexo 2):

Se identificaron necesidades específicas de los usuarios BC3 con parálisis cerebral, así como de sus auxiliares, destacando la importancia de la ergonomía, la portabilidad del sistema y la facilidad de uso en el montaje y ajuste. La interacción usuario-auxiliar fue considerada clave en todo el proceso de diseño.

#### **Materiales auxiliares del día a día** (Anexo 1.5):

El análisis del entorno ASPACE y de los materiales que rodean a los usuarios permitió entender el contexto sensorial y funcional del producto. Se priorizó el uso de materiales cálidos, ligeros y fácilmente manipulables, acordes al entorno terapéutico y no hospitalario en el que se utilizará el dispositivo.

#### **Análisis de la secuencia de uso y tareas** (Anexo 3.1 y Anexo 3.2):

La descomposición detallada de las fases de uso de la canaleta (montaje, ajuste, posicionamiento, lanzamiento, transporte) permitió detectar momentos críticos en los que el diseño actual generaba sobreesfuerzo, falta de precisión o inseguridad estructural. Este análisis aportó también información clave para determinar los puntos de intervención del rediseño.

#### **Análisis postural** (Anexo 3.3):

Mediante observación directa y registros fotográficos de usuarios reales, se identificaron desviaciones posturales provocadas por limitaciones del producto actual. Estos hallazgos han justificado la necesidad de una mejor alineación entre silla, jugador y dispositivo, así como de un soporte visual más efectivo.

Cada uno de estos estudios ha aportado información relevante desde una perspectiva ergonómica, funcional, técnica y normativa, permitiendo establecer una base sólida para la definición de las Especificaciones de Diseño del Producto (EDP).

Por ejemplo de este último se han obtenido varias conclusiones.

### Análisis postural (Anexo 3.3)

Este análisis se ha elaborado a partir de observaciones directas realizadas durante sesiones de entrenamiento y competiciones de Boccia con los usuarios de ASPACE Huesca. Se han registrado y analizado imágenes que reflejan diferentes momentos de la secuencia de uso del producto actual, poniendo especial atención en las tareas en las que jugador y auxiliar interactúan de forma continua con la canaleta.

El objetivo principal del análisis postural es detectar situaciones de sobrecarga física, posiciones mantenidas inadecuadas o esfuerzos innecesarios durante el uso del producto, ya que estos aspectos tienen un impacto directo en la experiencia, seguridad y autonomía del usuario. Las observaciones han permitido extraer las siguientes conclusiones clave:

- Se detectan posturas forzadas y mantenidas tanto en jugadores como en auxiliares, principalmente durante las tareas de preparación del lanzamiento, ajuste de altura y posicionamiento de la bola.
- En el caso de los jugadores, se observa que una mala alineación entre silla, canaleta y cuerpo obliga a realizar extensiones articulares innecesarias o posturas compensatorias que pueden afectar a la precisión y al control.
- Para los auxiliares, se identifican momentos de sobrecarga postural en el tronco, cuello y hombros, especialmente al tener que sostener la bola en el aire durante varios segundos o realizar ajustes finos sin puntos de apoyo estables.
- Se evidencia la necesidad de mejorar el ajuste de altura entre canaleta y jugador, así como de facilitar el acceso lateral y posterior del auxiliar, permitiendo una postura más ergonómica durante el uso.



Figura 12: Una de las posturas del análisis postural de la tarea del auxiliar(U2) T 2.2. Ajustar altura

De estos análisis se desprenden múltiples frentes de mejora que afectan directamente al rediseño de la canaleta, como:

- la estabilidad y modularidad del conjunto,
- la ergonomía del uso compartido,
- la visibilidad durante el juego o
- la reducción del esfuerzo postural.

Estas conclusiones, junto con

- la rúbrica técnica establecida según el Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2,

constituyen la base para formular las Especificaciones de Diseño del Producto (EDP).

Estas EDP definen de manera concreta los objetivos de rendimiento, calidad, accesibilidad, normativa y experiencia de uso que van a guiar el desarrollo del nuevo modelo de canaleta.

## 4. FASE CONCEPTUAL

De los análisis realizados en la fase anterior podemos encontrar varios frentes de mejora para el rediseño de la canaleta. Desde la perspectiva de la ergonomía, es esencial optimizar la interacción usuario-producto.

Estas conclusiones, junto los distintos análisis y la rúbrica técnica establecida con el Reglamento Internacional de Boccia 2021-2024 - v.2.2, constituyen la base para formular las Especificaciones de Diseño del Producto (EDP) del proyecto.

Las EDP definen los objetivos concretos de rendimiento, calidad, ergonomía y normativa que van a guiar el proceso de desarrollo del nuevo modelo de canaleta.

### 4.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA

Algunos de los puntos críticos detectados en los análisis realizados que nos servirán de base para las EDP son los siguientes:

La **adaptabilidad y modularidad** deben potenciarse sin perder robustez. Se puede explorar minimizar la altura y el volumen del cuerpo añadiendo extensiones de diferentes largos que permitan su intercambiabilidad dependiendo de las necesidades individuales de cada usuario. Esto aumentaría la versatilidad del producto, al tiempo que permite personalizar la inversión (el usuario podría adquirir solo los módulos adicionales que necesite/le interesen).

Revisar el diseño de manetas y soportes para reducir el esfuerzo físico necesario al acomodar la canaleta. Implementar **mecanismos de ajuste intuitivos y que no requieran de una fuerza excesiva**. Utilizar empuñaduras antideslizantes facilitará el uso por parte de los auxiliares y dará la oportunidad de colaborar a personas con limitaciones motrices. También se puede contemplar incorporar sistema de bloqueo rápido en caso de que se detecte que el cuerpo de la canaleta se vuelca hacia delante.

En cuanto a **accesibilidad económica**, se destaca la importancia de un diseño de “bajo coste” que no comprometa funcionalidad ni calidad. Así los usuarios con menor poder adquisitivo podrían acceder a ella, en este caso el equipo de Boccia de ASPACE Huesca. Esto implica seleccionar procesos productivos eficientes y materiales económicos que reduzcan costes sin afectar la seguridad del producto. De este modo igualamos las condiciones de juego de unos clubs y otros.

La **facilidad de montaje** es otro punto crítico. Las canaletas con muchas piezas ofrecen versatilidad, pero pueden ser complicadas de ensamblar, sobre todo bajo presión de tiempo en competiciones. Aquí resulta conveniente simplificar los sistemas de unión y reducir el número de piezas móviles sin sacrificar la modularidad esencial y los movimientos necesarios para las partidas. Asimismo, se deberían estandarizar y reducir los componentes (como encajes, tornillería o rótulas) para agilizar movimientos, reparaciones y garantizar la fiabilidad.

## 4. 2 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

A continuación, se recogen las Especificaciones de Diseño del Producto (EDP) agrupadas por ámbito (TÉCNICAS, FÍSICAS, FUNCIONALES y OTRAS).

Estas han sido extraídas a partir de los análisis realizados, observaciones directas durante entrenamientos y competiciones, entrevistas con usuarios y profesionales, así como el estudio del dispositivo actual.

	EDP	EDP prioritaria	Justificación / fuente
TÉCNICAS	Normativa*	Cumplir íntegramente el Reglamento BISFed 2021-2024 v2.2	Garantizar la homologación y evitar sanciones. → TABLA DE VERIFICACIÓN
	Montaje y mantenimiento	Ensamblaje completo en $\leq 2$ min sin herramientas especiales,  Mecanismos y sistemas de unión iguales en toda la canaleta.	Tiempo de partida limitado por el Reglamento (máx 6 min de juego). Simplificar el mantenimiento, tiempo de arreglo determinado por el Reglamento (10 min).
	Ajuste rápido y seguro	Mecanismos de ajuste intuitivos Sistema de bloqueo rápido	Reduce el tiempo de ajuste de canaleta (máx 6 min de juego).
	Estabilidad y seguridad	Tope <u>delantero</u> integrado que impida que la rampa toque el suelo o sobresalga del box en caso de deslizamiento accidental.	Evita penalizaciones y aumenta la seguridad pasiva.
FÍSICAS	Altura mínima	Altura mínima $\leq 850$ mm (desde el suelo al punto de carga) y altura máxima $\geq 1450$ mm, ajustables en pasos rápidos.	Mejora de accesibilidad para sillas eléctricas voluminosas y usuarias de baja altura.
	Geometría	Cuerpo en "J" ranurado en la parte posterior-inferior para permitir al jugador introducir el puntero desde una posición baja, sin elevar los hombros.	Reducción de esfuerzo postural (T2.1, T3.1-T3.2).
	Peso y portabilidad	Peso total $\leq 10$ kg; módulos desensamblados no superan 7 kg cada uno; posibilidad de separar las distintas partes de la canaleta.	Transporte y montaje por un solo auxiliar, reducción de fatiga.
	Interacción auxiliar-jugador	Soporte de bola regulable que mantenga la posición y libere al auxiliar de sostenerla en una postura forzada.	Elimina posturas forzadas prolongadas y mejora la fluidez de juego.

Figura 13: Tabla resumen de las Especificaciones de Diseño TÉCNICAS Y FÍSICAS.

	EDP	EDP prioritaria	Justificación / fuente
FUNCIONALES	Modularidad	Extensiones acoplables mediante sistema sencillo, sin herramientas; instalación y retirada en $\leq 3$ s por módulo.	Disminuye movimientos repetitivos y agiliza ajustes y partidas (T2.2-T2.3).
	Ajustabilidad	$\geq 3$ grados de libertad (altura, inclinación, dirección) con bloqueos rápidos	Adaptación táctica y reducción de tiempos entre lanzamientos (máx 6 min de juego).
	Agarres	Puntos de agarre ergonómicos con recubrimiento antideslizante;  altura de manipulación lateral 800-1 100 mm.	Reduce flexión lumbar y ciclos de levantarse/agacharse.
	Materiales	Material ligero sin comprometer la estabilidad,  Buen acabado	Compromiso peso-rigidez, durabilidad y mantenimiento sencillo. estética
OTRAS	Economía	Coste objetivo de fabricación $\leq 300$ € sin comprometer seguridad ni Reglamento.	Facilita la adquisición por clubes/usuarios con recursos limitados.
	Estética y personalización	Acabado personalizable (colores o gráficas) sin comprometer la visibilidad de pegatinas BISFed; diseño "profesional" y moderno.	Demandas expresas de los usuarios por un dispositivo "más estiloso".

Figura 14: Tabla resumen de las Especificaciones de Diseño FUNCIONALES y OTRAS.

Para garantizar el cumplimiento de la **normativa vigente\***, se ha incorporado una EDP específica orientada a validar los requisitos establecidos por el Reglamento BISFed 2021–2024, los cuales han sido identificados previamente en el apartado 3.3 HERRAMIENTA, concretamente en la Figura 11: Tabla de verificación basada en los requisitos técnicos del Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2.

Separar los EDP de esta manera nos proporciona un marco claro para diseccionar los problemas detectados y plantear soluciones de forma organizada, permitiendo seleccionar la opción más adecuada en cada caso.

#### 4.3 PROBLEMAS DE LA CANALETA ACTUAL

Una vez definidas las EDP, es necesario contrastarlas con los problemas detectados en la canaleta actual. Este análisis cruzado permite identificar qué aspectos del diseño no están siendo satisfechos y qué soluciones potenciales pueden proponerse para cada uno de ellos.

##### **Canaleta actual** - Rampa base del trabajo

Para llevar a cabo este rediseño, se ha tomado como punto de partida la canaleta actualmente utilizada por las usuarias, las jugadoras de Boccia categoría BC3 en ASPACE Huesca. Este dispositivo será la base sobre la que se construirá la nueva propuesta de diseño, aprovechando su experiencia de uso y las situaciones reales en las que se emplea.

A partir de toda la información recopilada -entrevistas con usuarias y auxiliares, observación directa durante los entrenamientos, y el análisis técnico del dispositivo- se procede a detectar los principales problemas del diseño actual.

Este estudio tiene como objetivo **identificar oportunidades de mejora y proponer soluciones óptimas**, siempre alineadas con las Especificaciones de Diseño del Producto definidas previamente, y garantizando el cumplimiento de la normativa BISFed vigente.



Figura 15: Canaleta actual de ASPACE Huesca.

## **Problemas detectados**

Durante la fase de análisis se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva del funcionamiento del diseño actual de la canaleta, observando su uso en situaciones reales, en entrenamientos y competiciones de Boccia y mediante entrevistas con los usuarios, auxiliares y otros profesionales como terapeutas ocupacionales y médicos. Este análisis ha permitido detectar una serie de problemas que afectan a la funcionalidad, la seguridad, la accesibilidad, la ergonomía o la percepción del dispositivo.

Para estructurar y facilitar la comprensión de estos problemas, se han clasificado siguiendo los mismos bloques utilizados para definir las Especificaciones de Diseño del Producto (EDP): Geometría, Materiales, Mecanismos y Estética. Esta organización permite identificar de forma clara en qué área del diseño se localiza cada problemática y qué implicaciones tiene su resolución.

Inicialmente, se valoró la opción de agrupar los problemas por ámbito técnico, físico o funcional; sin embargo, esta clasificación se demostró poco efectiva para guiar la toma de decisiones durante el desarrollo (consultar el ANEXO 5, 5.1 PROBLEMAS DETECTADOS). Por ello, se ha optado por una agrupación según categoría de diseño, lo que permite establecer un flujo de trabajo coherente y jerarquizado.

Este orden se ha determinado también en función de la importancia media asignada a cada categoría, en una escala de 1 a 3. El resultado define un orden de intervención que prioriza los aspectos más críticos para el buen funcionamiento del dispositivo:

- Mecanismos (2,78/3): fundamentales para garantizar la funcionalidad del sistema, la seguridad durante el uso y la capacidad de regulación por parte del auxiliar.
- Geometría (2,25/3): directamente relacionada con la ergonomía, tanto del jugador como del asistente, y con la adaptación del producto a la silla de ruedas o al espacio de juego.
- Materiales (2,00/3): clave para la ligereza, durabilidad y percepción del dispositivo, así como para su fabricación y mantenimiento.
- Estética (1,00/3): aporta valor añadido, pero debe abordarse una vez resueltos los elementos funcionales y estructurales.

A continuación, se presenta la tabla resumen con los problemas detectados organizados por categoría, que servirá como punto de partida para proponer y justificar las soluciones desarrolladas en el apartado siguiente.

ID	Problema	Categoría	Ámbito	Detección	#	Importancia
<b>Categoría: Estético</b>						
Recuento: 1		Recuento: 1	100%	Con relleno: 100%	Prom.: 1	
21	Producto poco estético	Estético	Funcional	Entrevistas	1	
<b>Categoría: Geometría</b>						
Recuento: 8		Recuento: 8	100%	Con relleno: 100%	Prom.: 2,25	
1	Altura mínima no adaptada	Geometría	Técnica	Secuencia de uso	3	
2	Forma recta inadecuada	Geometría	Física	Secuencia de uso	2	
3	Baja portabilidad (volumen)	Geometría	Funcional	Observación	2	
5	Base voluminosa	Geometría	Funcional	Secuencia de uso	2	
6	Repetición de agachamientos	Geometría	Física	Secuencia de uso	2	
7	Visibilidad limitada (altura)	Geometría	Física	Secuencia de uso	2	
9	Opciones limitadas de lanzamiento	Geometría	Funcional	Secuencia de uso	2	
10	Base inestable	Geometría	Física	Estudio de la canaleta	3	
<b>Categoría: Materiales</b>						
Recuento: 3		Recuento: 3	100%	Con relleno: 100%	Prom.: 2	
4	Baja portabilidad (peso)	Materiales	Física	Secuencia de uso	2	
8	Visibilidad limitada (opacidad)	Materiales	Técnica	Estudio de la canaleta	2	
11	Deslizamiento de la base	Materiales	Física	Secuencia de uso	2	
<b>Categoría: Mecanismos</b>						
Recuento: 9		Recuento: 9	100%	Con relleno: 100%	Prom.: 2,78	
12	Punta toca el suelo	Mecanismos	Técnica	Entrevistas	3	
13	Movimiento abrupto	Mecanismos	Física	Secuencia de uso	2	
14	Movimientos repetitivos del auxiliar	Mecanismos	Física	Secuencia de uso	3	
15	Sobreesfuerzo físico requerido	Mecanismos	Física	Estudio de la canaleta	3	
16	Restricción de giro	Mecanismos	Funcional	Secuencia de uso	3	
17	Sistema de anclaje inseguro	Mecanismos	Técnica	Estudio de la canaleta	3	
18	Postura forzada del auxiliar	Mecanismos	Física	Observación	3	
19	Postura forzada del jugador	Mecanismos	Física	Secuencia de uso	3	
20	Falta de grados de libertad	Mecanismos	Funcional	Observación	2	

Figura 16: Tabla problemas ordenados en función de la categoría.

#### 4.4 SOLUCIONES

Tras una fase de análisis detallado, en la que se identificaron y clasificaron los principales problemas del dispositivo actual mediante observación directa, entrevistas y estudio normativo (consultar Anexo 5, 5.2 POSIBLES SOLUCIONES), se ha desarrollado un concepto final. Este concepto da respuesta a las Especificaciones de Diseño del Producto previamente definidas.

El rediseño propuesto parte como base de la canaleta empleada actualmente por ASPACE Huesca (ver figura 17), tomando sus limitaciones como punto de partida y transformándolas en oportunidades de mejora. Considerando criterios como:

- Ergonomía y accesibilidad (peso, altura, visibilidad)
- Robustez y estabilidad del conjunto
- Facilidad de uso para jugador y auxiliar
- Viabilidad técnica y económica de fabricación
- Cumplimiento de la normativa

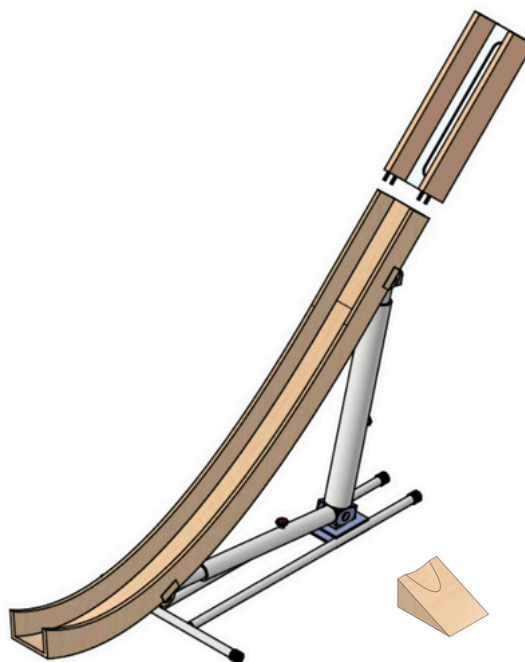


Figura 17: Canaleta de ASPACE Huesca y rediseño de la misma.

# **solución FINAL**

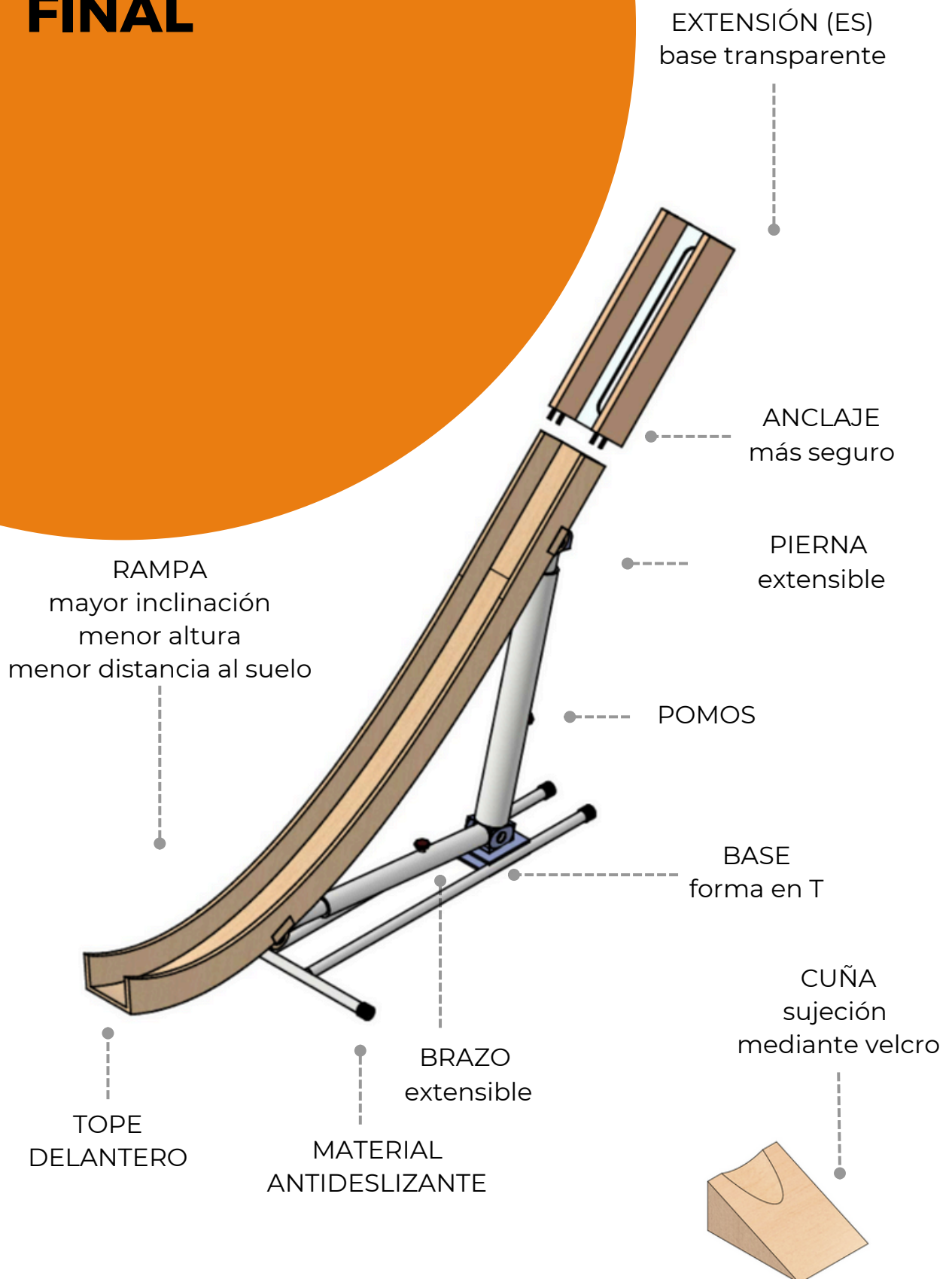


Figura 18: Soluciones implementadas en el rediseño de la canaleta.

# **solución FINAL**

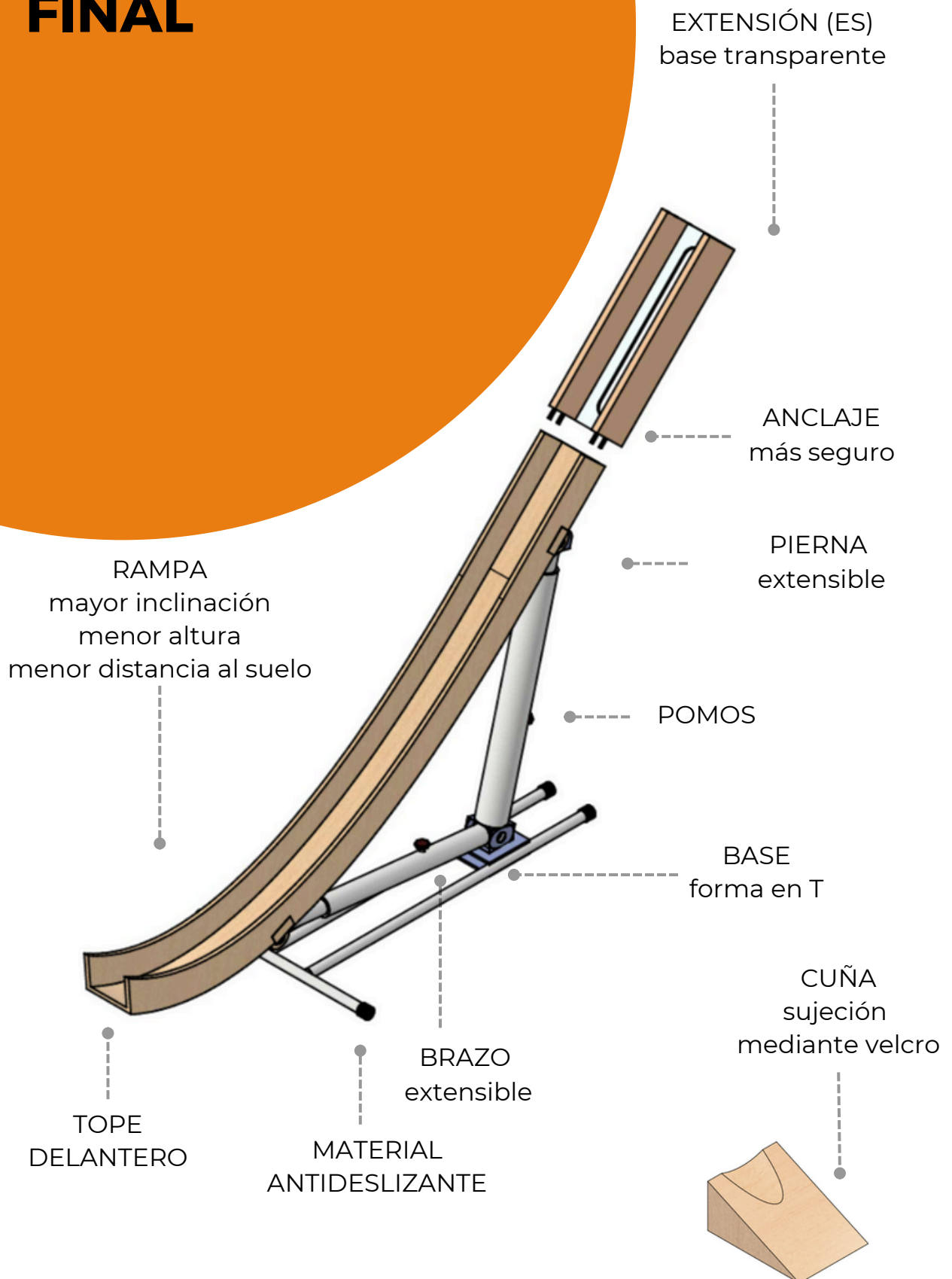


Figura 18: Soluciones implementadas en el rediseño de la canaleta.

## 5. FASE DE DESARROLLO

Durante la fase de desarrollo se han tomado decisiones clave que han definido la viabilidad, usabilidad y calidad del diseño final del dispositivo. Estas decisiones se fundamentan en la resolución de los problemas detectados previamente, así como en los criterios técnicos, ergonómicos y normativos establecidos en las EDP.

Entre las medidas adoptadas destacan la sustitución de los **tetones** de madera por piezas metálicas mecanizadas, mejorando así la durabilidad, precisión del encaje y resistencia al desgaste.

También se ha optado por redondear todos los **cantos expuestos** de las piezas en contacto con los usuarios, con el fin de garantizar la seguridad durante la manipulación y aportar un acabado más cuidado.

Además, uno de los avances más relevantes ha sido la modificación del **mecanismo** de unión entre la base y el brazo articulado, lo que ha permitido introducir una pierna móvil integrada que habilita el movimiento de balanceo lateral reglamentario sin necesidad de desplazar toda la estructura. Esta evolución refleja una mejora sustancial tanto en términos funcionales como ergonómicos.

Esta fase ha servido como base para el desarrollo de los apartados siguientes:

- el diseño del mecanismo principal,
- la fabricación del primer prototipo,
- la evaluación funcional con usuarios reales, y finalmente
- la iteración del producto hasta llegar a la solución optimizada y validada

Para una descripción detallada del proceso y las decisiones técnicas tomadas, se puede consultar el ANEXO 6: DESARROLLO DE CONCEPTO.

## 5.1 PROTOTIPADO

La fabricación de un primer prototipo ha sido una fase clave dentro del desarrollo del rediseño de la canaleta. Contar con una versión física funcional del producto ha permitido validar a escala real aspectos ergonómicos, funcionales y técnicos detectados durante la fase de análisis, y verificar que las decisiones tomadas durante el diseño responden correctamente a las necesidades reales de uso de los usuarios concretos.

Este prototipo no se concibe únicamente como una maqueta visual o de validación dimensional, sino como un modelo funcional operativo, que se utilizará en sesiones reales de entrenamiento en las instalaciones de ASPACE Huesca durante varias sesiones para realizar todas las adaptaciones y/o modificaciones necesarias para ellos. A través de estas pruebas se podrá iterar el diseño con mayor precisión, contrastando directamente con jugadores, auxiliares y profesionales del entorno cuáles son las mejoras a implementar de cara al modelo definitivo.

Durante el proceso de fabricación se han empleado distintos procesos de fabricación, para madera, chapa y tubo. Los materiales utilizados en esta primera versión son materiales reciclados: un patinete de mi infancia, el carrito de bebés que usaban mis primos, un caballete de pintura antiguo, unas protecciones de tableros buenos de carpintería y unas chapas reutilizadas. También he adquirido algunos elementos comerciales como: pomos, palometas y conteras.

El objetivo final de esta etapa es doble: comprobar el ajuste del diseño a las especificaciones definidas y recoger feedback directo durante su uso en contexto real, lo que permitirá realizar una evaluación funcional rigurosa y completar la iteración del diseño con mejoras fundamentadas. Por tanto, el prototipo se convierte en el puente entre la fase de desarrollo técnico y la de validación empírica, dando paso al siguiente apartado: Evaluación funcional.



Figura 19: Fotos del proceso de fabricación del prototipo.

Para ver un paso a paso del proceso de fabricación del prototipo, se puede consultar el ANEXO 7: PROTOTIPO - EVALUACIÓN FUNCIONAL

## 5.2 EVALUACIÓN FUNCIONAL

Como parte esencial del proceso iterativo del rediseño, se ha llevado a cabo una evaluación funcional en el entorno real con algunos de los usuarios de ASPACE Huesca y sus auxiliares de juego.

Esta fase contempla la prueba directa del prototipo en situaciones de uso representativas:

- posicionamiento dentro de un box oficial de Boccia,
- ajuste respecto a las sillas de ruedas eléctricas utilizadas por los jugadores,
- interacción con los auxiliares de juego y
- manipulación del dispositivo en condiciones reales de entrenamiento, mantenimiento y transporte.

El objetivo principal es comprobar la idoneidad de las dimensiones, alturas y mecanismos de ajuste, así como observar posibles dificultades ergonómicas o técnicas que puedan surgir durante el uso conjunto.

A partir de esta evaluación se procederá a iterar el diseño con base en el feedback directo de jugadores y auxiliares y la observación pertinente. Se atenderán especialmente aspectos relacionados con el transporte del dispositivo, la estabilidad durante el juego, la seguridad en los mecanismos de unión y la agilidad operativa del conjunto.



Figura 20: Evaluación funcional en contexto de entrenamiento.

**Sistema de anclaje lateral más accesible y rápido:** Se ha identificado la necesidad de rediseñar el mecanismo de anclaje entre la base y el cuerpo de la rampa. El sistema actual, basado en tornillos, resulta poco práctico para un uso ágil. No está diseñado para realizar ajustes frecuentes, pero podría tenerse en cuenta.

**Posicionamiento del anclaje a mayor altura:** Se propone situar el punto de unión con la canaleta lo más alto posible, reduciendo la altura lo máximo posible, mejorando la ergonomía del lanzamiento en la mayoría de las jugadas. Desde ahí se pueden calcular las dimensiones de las extensiones de manera más eficiente para ese caso.

**Reducción de la altura del encaje base-suelo:** Se plantea situar más abajo el rebaje de acoplamiento entre la base y la rampa, minimizando así la distancia al suelo.



Figura 21: Posible mejora detectada - Bajar el rebaje.

**Mejora del ajuste entre cuerpo y extensiones:** Actualmente, la holgura entre piezas transmite inseguridad al usuario, dando la impresión de que las extensiones podrían soltarse durante el juego.

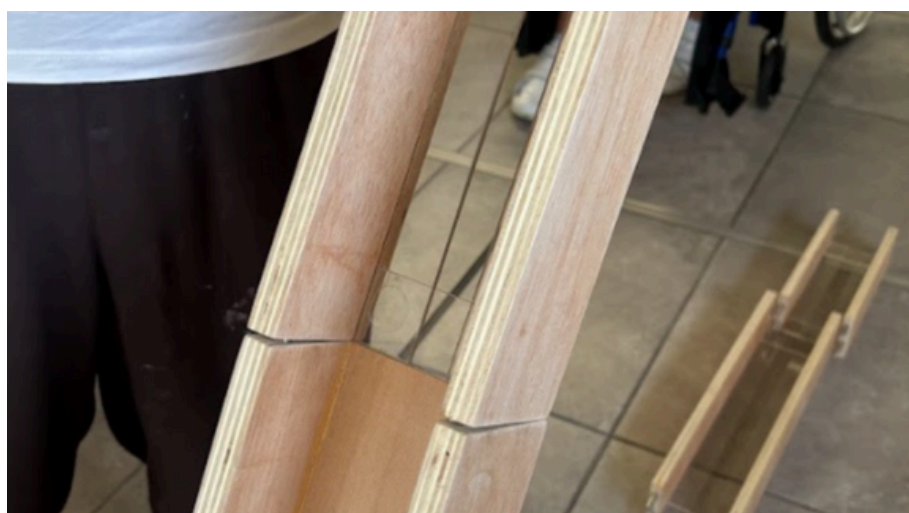


Figura 22: Posible mejora detectada - Estudiar sistema de anclaje.

# **solución**

## **FINAL ITERADA**

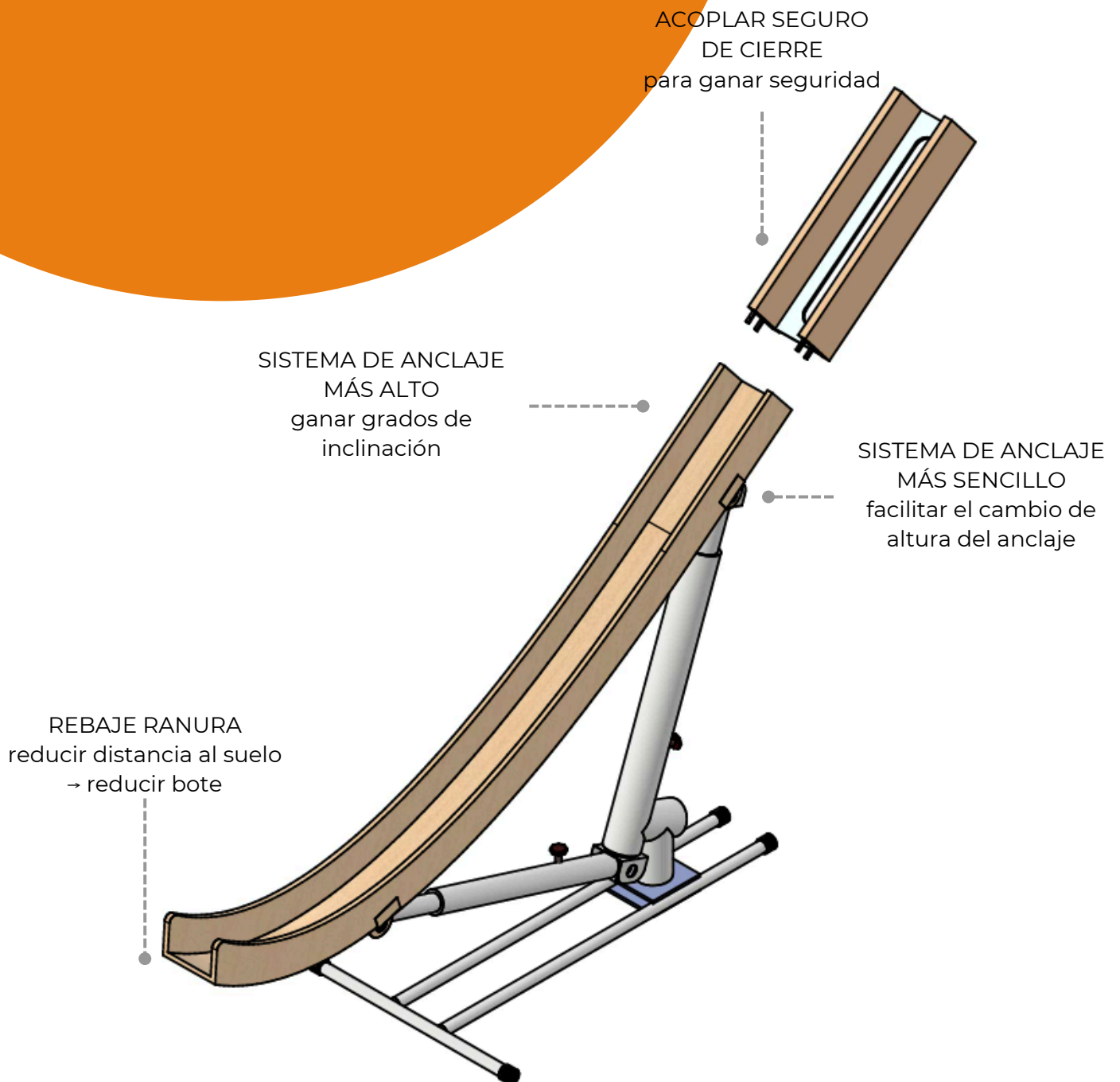


Figura 23: Solución final iterada de la canaleta tras la evaluación funcional.

## 6. PRODUCTO FINAL

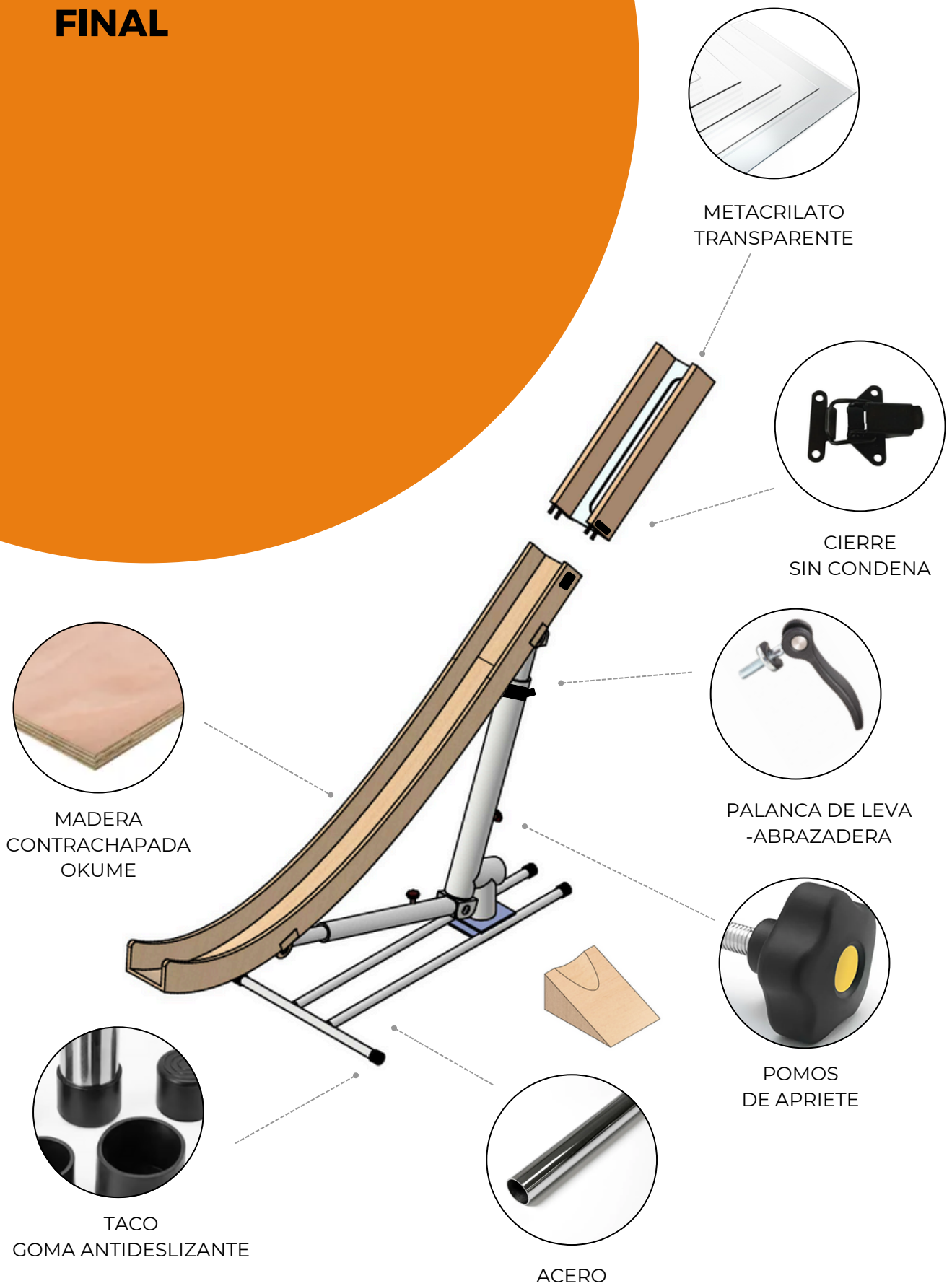


Figura 23: PRODUCTO FINAL - Rediseño de la canaleta.

## 6.1 MECANISMOS INCORPORADOS

El diseño final de la canaleta incorpora una serie de mecanismos orientados a mejorar la ergonomía, la autonomía de uso y el cumplimiento normativo.

La estructura incluye una pierna móvil articulada mediante dos rodamientos de bolas, que permiten realizar el balanceo lateral reglamentario de hasta 20 cm a cada lado sin mover toda la base. Este movimiento se transmite directamente al brazo extensible, anclado a la parte móvil, garantizando un desplazamiento coordinado y fluido.

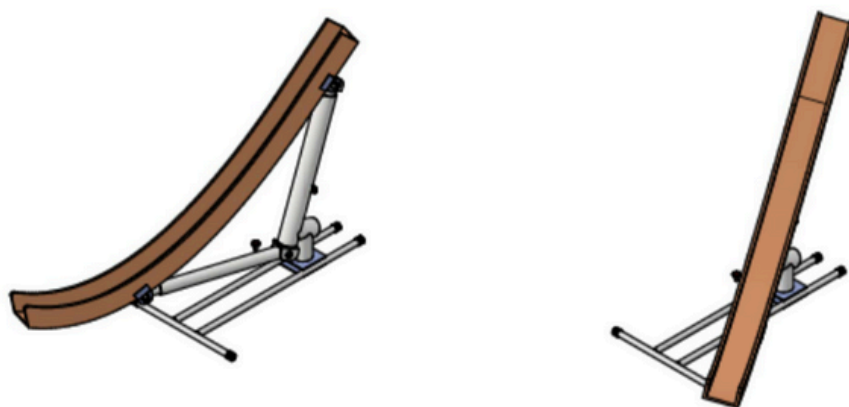


Figura 24: Balanceo a ambos lados.

El conjunto brazo y el conjunto pierna cuentan con un sistema de regulación mediante pomos, que permite ajustar o bloquear el movimiento según las necesidades del usuario.



Además, se ha incorporado una palanca de leva tipo abrazadera para regular la altura del sistema telescópico y facilitar el desmontaje rápido de la estructura. El resto de uniones mecánicas se resuelven mediante palometas, facilitando el transporte y la adaptabilidad del dispositivo a distintos contextos de uso.



Por otro lado, se ha desarrollado una cuña regulable con fijación mediante velcro, que permite posicionar la bola en el punto deseado por el jugador sin esfuerzo sostenido por parte del auxiliar, mejorando la precisión y reduciendo la carga postural. Asimismo, se incorporan topes frontales de seguridad que impiden que la canaleta toque el suelo en caso de caída, asegurando el cumplimiento del reglamento BISFed.

Estos mecanismos, junto con los materiales seleccionados y las geometrías estudiadas, se integran en una solución técnica robusta y accesible, diseñada para optimizar el rendimiento deportivo y la experiencia de uso de personas con parálisis cerebral en el contexto de Boccia BC3.

## 6.2 LISTA DE PIEZAS

Nº	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIONES
1.00	C_CANALETA	SE	1	
01.01	C_BASE	SE	1	
01.01.01	TUBO_1	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.02	TUBO_2	PERFIL	2	EN PLANO
01.01.03	CHAPA_BASE	CHAPA	2	EN PLANO
01.01.04	TUBO_BASE_UNION	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.05	TACO	COMERCIAL	4	25 mm (ø)
01.01.06	C_PIERNA	SE	1	
01.01.06.01	PIERNA_ART_1	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.06.02	PIERNA_ART_2	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.06.03	UNION_BASE_PIERNA_ART	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.06.04	AGUJERO_EJE_PIERNA	CHAPA	2	EN PLANO
01.01.06.05	UNION_AGUJERO_PIERNA_BR	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.06.06	EJE	COMERCIAL	1	
01.01.06.07	POMO DE APRIETE	COMERCIAL	1	M8
01.01.06.08	RODAMIENTO	COMERCIAL	2	
01.01.06.09	ABRAZADERA	COMERCIAL	1	
01.01.07	C_BRAZO	SE	1	
01.01.07.01	BRAZO_ART_1	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.07.02	BRAZO_ART_2	PERFIL	1	EN PLANO
01.01.07.03	AGUJERO_EJE_BRAZO	CHAPA	1	EN PLANO
01.01.07.04	EJE	COMERCIAL	1	
01.01.07.05	POMO DE APRIETE	COMERCIAL	1	M8
01.02	C_CUERPO	SE	1	
01.02.01	RAMPA_BASE	MADERA	1	EN PLANO
01.02.02	RAMPA_LATERAL_IZQ	MADERA	1	EN PLANO
01.02.03	RAMPA_LATERAL_DCH	MADERA	1	EN PLANO
01.02.04	C_ANCLAJE	SE	2	
01.02.04.01	ANCLAJE_1	CHAPA	1	EN PLANO
01.02.04.02	ANCLAJE_2	CHAPA	1	EN PLANO
01.03	EXTENSIÓN_1	SE	1	
01.03.01	LATERAL_1	MADERA	2	EN PLANO
01.03.02	BASE_1	METACRILATO	1	EN PLANO
01.03.03	TETON	COMERCIAL	4	M6
01.04	EXTENSIÓN_2	SE	1	
01.04.01	LATERAL_2	MADERA	2	EN PLANO
01.04.02	BASE_2	METACRILATO	1	EN PLANO
01.04.03	TETON	COMERCIAL	4	M6
01.05	EXTENSIÓN_3	SE	1	
01.05.01	LATERAL_3	MADERA	2	EN PLANO
01.05.02	BASE_3	METACRILATO	1	EN PLANO
01.05.03	TETON	COMERCIAL	4	M6
01.06	C_SEGURO	SE	1	
01.06.01	SEGURO_CUERPO	COMERCIAL	3	
01.06.02	SEGURO_EXTENSIÓN	COMERCIAL	3	
01.07	C_CUÑA	SE	1	
01.07.01	CUÑA	MADERA	1	EN PLANO
01.07.02	VELCRO	COMERCIAL	2	

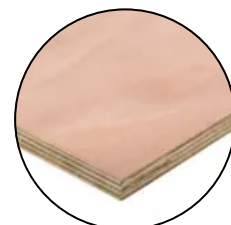
Figura 25: Lista de piezas del conjunto canaleta.

## 6.3 MATERIALES

La decisión sobre qué material utilizar en cada componente del producto responde a criterios clave de diseño: ergonomía, ligereza, resistencia, estabilidad, sostenibilidad y estética. Asimismo, se ha buscado que el resultado final mantenga coherencia con los valores y el entorno terapéutico de ASPACE, donde el producto será utilizado en el día a día de los jugadores y auxiliares.

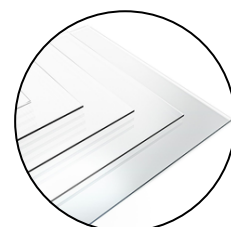
- Madera contrachapada de okume para el cuerpo principal y las extensiones:

aporta una combinación ideal entre ligereza, resistencia y calidez visual y táctil. Se ha optado por un grosor de 15 mm para los laterales y 3 mm para la parte inferior curvada, favoreciendo el fresado, el ranurado, el ensamblaje y la manipulación cómoda del dispositivo por parte del usuario y del auxiliar.



- Metacrilato transparente en la base de las extensiones:

permite mantener la visibilidad total del recorrido de la bola, reduciendo errores y facilitando la comunicación entre jugador y asistente. Sus propiedades ópticas, resistencia y facilidad de mecanizado lo convierten en el material idóneo para estas zonas críticas.



- Acero tratado (estructura base):

seleccionado por su robustez y estabilidad, garantiza una base sólida que soporta correctamente el peso de la canaleta y evita desplazamientos accidentales durante el juego. Se han utilizado tubos circulares de 25 mm y chapas de 4 mm para los elementos de apoyo inferior, favoreciendo un centro de gravedad bajo y estable.



- Goma antideslizante (tacos):

mejora la adherencia de la base al suelo del pabellón, minimizando el riesgo de deslizamiento y aumentando la sensación de control durante el uso, especialmente en fases intensas del juego.



- Elementos comerciales :

estandarizados como pomos de apriete, tuercas tipo palometa, rodamientos de bolas y tornillería unificada han sido seleccionados para facilitar el mantenimiento, los ajustes rápidos y la transportabilidad del producto sin necesidad de herramientas complejas.



CONSULTAR ANEXO 8: PRODUCTO FINAL, 8.3. MATERIALES.

## 6.4 PROCESOS DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación del rediseño de la canaleta ha implicado el uso de materiales y técnicas diversas, adaptadas a cada componente del sistema. Se han empleado equipos de taller como sierra de cinta, fresadora CNC, taladro de columna, cortadora láser, soldador MIG y plegadora manual, además de herramientas manuales para acabado y montaje.

### **Cuerpo de canaleta – C\_CUERPO**

Fabricado en contrachapado fenólico de Okume, el cuerpo principal consta de tres piezas laterales mecanizadas. Se realiza un corte inicial con sierra de cinta, seguido del ranurado y mecanizado con fresadora CNC para integrar la base de metacrilato y alojar los tetones. Los orificios para tetones y tornillos se practican con taladro de columna. Las piezas se ensamblan con cola de carpintero y se pulen los cantos antes de aplicar barniz protector. Los anclajes metálicos se fabrican con chapa cortada con láser, plegada y soldada, y se atornillan al cuerpo.

### **Extensiones – 01.03, 01.04, 01.05**

Siguen la lógica de fabricación del cuerpo: los laterales se mecanizan en Okume (corte, ranurado y taladrado), mientras que las bases se realizan en metacrilato transparente cortado por láser o fresado CNC, según el espesor. Se emplean adhesivos especiales para unir la base acrílica con los laterales. Los bordes se pulen con llama o disco de fieltro para lograr transparencia y seguridad. Los tetones metálicos se instalan mediante inserción en los orificios mecanizados.

### **Base estructural – C\_BASE**

Fabricada en acero, combina perfil tubular y chapas planas. Los tubos y planchas se cortan mediante cortadora láser o cortadora de tubos, se perforan con taladro de columna, y se ensamblan mediante soldadura MIG, aplicando una secuencia controlada para evitar deformaciones. Las superficies se liján y desbarban con amoladora. Posteriormente se instalan los rodamientos, topes antideslizantes y otros componentes comerciales, además de atornillar la estructura metálica a las partes de madera y metacrilato.

### **Anclajes – SE 01.02.04**

Fabricados en chapa de acero, se cortan con láser, se pliegan con prensa y se suelda la estructura. Una vez terminados, se fijan al cuerpo de canaleta mediante tornillos, sirviendo como punto de unión del brazo y pierna articulada, a través de los ejes mecanizados.

Equipamiento y herramientas

A lo largo del proceso se han utilizado máquinas de taller como sierra de cinta, fresadora CNC vertical, taladro de columna, soldador MIG/TIG, plegadora manual, además de herramientas auxiliares (limas, lijadoras, brocas helicoidales, machos de roscar, etc.). Cada pieza se ha fabricado individualmente y ensamblado posteriormente, siguiendo un orden lógico de montaje para garantizar la precisión y la calidad final del producto.

Este proceso ha sido clave para materializar el diseño final, asegurando que las piezas y uniones cumplan con los requisitos ergonómicos, normativos y funcionales definidos en fases anteriores del proyecto.

CONSULTAR ANEXO 8: PRODUCTO FINAL, 8.4. PROCESOS DE FABRICACIÓN

## 6.5 PRESUPUESTO

El presente presupuesto estima el coste de fabricación del producto final, una canaleta de Boccia diseñada específicamente para jugadores con parálisis cerebral del grupo BC3 en ASPACE Huesca. Se han considerado materiales definitivos, piezas comerciales, procesos industriales y mano de obra especializada, con el objetivo de obtener un dispositivo funcional, resistente, transportable y homologable para uso en competiciones oficiales.

El coste total asciende a **331,33 €**, distribuidos en tres capítulos:

- Piezas a fabricar (176,69 €): corresponde a todos los elementos diseñados a medida, entre ellos: el cuerpo principal y las extensiones en madera contrachapada de okume y metacrilato; la estructura metálica de la base; las piezas articuladas del brazo y la pierna móviles, y los anclajes mecanizados. Las piezas han sido optimizadas para su producción en talleres convencionales, combinando procesos de fresado CNC, corte láser, taladrado, soldadura MIG y ensamblado manual.
- Piezas comerciales (28,53 €): incluye componentes normalizados como rodamientos, pomos de apriete, tornillería, topes de goma, palometas y adhesivos industriales. Estos elementos han sido seleccionados por su durabilidad, compatibilidad con los materiales base y facilidad de mantenimiento.
- Mano de obra (126,00 €): cálculo estimado para la fabricación completa del producto en taller, incluyendo mecanizado de madera y metal, soldadura, ensamblaje, lijado, barnizado y verificación funcional. Se ha estimado en función del número de operaciones y herramientas necesarias para cada conjunto.

Este presupuesto muestra la viabilidad económica del rediseño, con un equilibrio entre funcionalidad, ergonomía, calidad percibida y coste, lo que lo convierte en una solución accesible, duradera y ajustada a las necesidades reales de los usuarios. Además, permite su fabricación en pequeña serie o bajo demanda, facilitando futuras adaptaciones individualizadas.

ID	CAPÍTULO	IMPORTE (€)
1	Piezas a fabricar en -	176,69
2	Piezas comerciales	28,53
3	Mano de obra	126
	<b>TOTAL</b>	<b>331,33</b>

Figura 26: Tabla Resumen Presupuesto de Ejecución Material.

## 7. Validación según BISFed

La validación del rediseño de la canaleta según el Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2 es un paso clave en este proyecto, ya que garantiza que el dispositivo sea elegible para ser homologado y utilizado en competiciones oficiales a nivel internacional. La normativa de BISFed establece criterios claros y restrictivos para todos los dispositivos auxiliares utilizados por los jugadores, especialmente en la clase BC3, donde el equipamiento puede influir directamente en el desarrollo del juego.

Dicha validación se centra en asegurar que el dispositivo no otorgue ventaja mecánica, ni interfiera con la naturaleza del deporte o con la influencia de la discapacidad del jugador en el rendimiento. En consecuencia, todo diseño debe pasar por un proceso de evaluación reglamentaria y técnica, cuya superación es imprescindible para la aprobación previa a competición. Este procedimiento se gestiona mediante la plataforma de World Boccia, a través del “Formulario de aprobación de dispositivos” que debe enviarse antes de ser utilizado en torneos oficiales.

En este proyecto, se ha diseñado una rúbrica específica basada en los criterios establecidos por BISFed, que permite verificar visual y analíticamente el cumplimiento de todos los puntos clave de la normativa. Dicha rúbrica (ver figura x) confirma que el dispositivo cumple todas las condiciones exigidas.

ID	Requisito técnico según BISFed	Restricción máx	VALIDACIÓN
1	La canaleta (con todas sus extensiones) cabe dentro de las dimensiones del box.	2,5 m x 1 m	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Cualquier riel lateral u otra protuberancia no debe exceder la altura (diámetro) de la bola.	270 mm de circunferencia. ( $\varnothing = 82$ mm)	<input checked="" type="checkbox"/>
3	La canaleta no contiene elementos mecánicos que ayuden al lanzamiento.	resortes, motores o sistemas de aceleración o frenado.	<input checked="" type="checkbox"/>
4	No contiene dispositivos de orientación	niveles, punteros láser o mecanismos de visión.	<input checked="" type="checkbox"/>
5	La bola debe tocar la canaleta en el momento de ser soltada.	Ancho de la canaleta > 82 cm ( $\varnothing = 82$ mm)	<input checked="" type="checkbox"/>
6	El jugador (o su puntero/accesorio) debe estar en contacto con la canaleta al soltar la bola.	-	<input checked="" type="checkbox"/>
7	El dispositivo se puede reparar en menos de 10 minutos en caso de rotura.	-	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Puede desmontarse y montarse, cumpliendo los tiempos y condiciones de cambio.	6 mins ( individual - división BC3) 7 mins ( individual - división BC3)	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Todos los elementos del dispositivo permanecen dentro del box del jugador durante el uso.	2,5 m x 1 m	<input checked="" type="checkbox"/>
10	“balanceo a ambos lados”	al menos 20 cm a la izquierda y 20 cm a la derecha	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 27: Tabla de verificación basada en los requisitos técnicos del Reglamento Internacional de Boccia 2021–2024 - v.2.2. completada.

Las preguntas clave del formulario oficial de World Boccia (ver formulario en el ANEXO 10. Validación según BISFed 2021-2024) son:

**Si la respuesta es SÍ a CUALQUIERA de las preguntas 1 - 4, el dispositivo NO está permitido:**

1. ¿Este dispositivo ayuda en la aceleración de la pelota? **NO**
2. ¿Este dispositivo ayuda a guiar la dirección de la pelota? **NO**
3. ¿Este dispositivo tiene algún mecanismo que ayude en la liberación de la pelota? **NO**
4. ¿El uso de este dispositivo elimina el efecto de la discapacidad en el juego del atleta?  
**NO**

**Si todas las respuestas a las preguntas 1 - 4 son NO, pero puedes responder SÍ a las preguntas 5 - 7, el dispositivo está permitido.**

5. ¿El dispositivo ayuda con el control estático del tronco del atleta? **NO**
6. ¿Este dispositivo ayuda con la estabilidad de la silla de ruedas? **NO**
7. ¿Este dispositivo estabiliza los otros miembros que no se utilizan para impulsar la pelota? **NO**

Tras responder al formulario oficial con las condiciones del diseño propuesto, se concluye que cumple todos los requisitos del Reglamento vigente, por lo que estaría en disposición de presentar la solicitud oficial de validación a World Boccia. Al no vulnerar ninguno de los puntos críticos de la normativa, el diseño es susceptible de ser aprobado y certificado para su uso en competición.

## 8. Conclusiones, reflexión y propuestas de mejora futura

El rediseño de la canaleta para jugadores BC3 de Boccia con parálisis cerebral, desarrollado en colaboración con ASPACE Huesca, ha permitido transformar un producto funcional pero limitado en un dispositivo más ergonómico, accesible y preciso, adaptado a las necesidades reales de los usuarios y validado bajo normativa oficial.

Desde el punto de partida, el diseño original presentaba importantes limitaciones relacionadas con la portabilidad, estabilidad, precisión del lanzamiento y accesibilidad postural. Gracias al proceso de investigación, observación directa, entrevistas, análisis técnico y validación con usuarios, el nuevo diseño introduce una serie de mejoras clave que repercuten positivamente en la experiencia de uso, la autonomía y el rendimiento deportivo.

Principales aportaciones del nuevo diseño:

- **Mejora en la accesibilidad:** La nueva geometría de la base, rediseñada para permitir el acceso frontal de la silla de ruedas sin interferencias, garantiza que el jugador pueda colocarse en una posición óptima de lanzamiento sin adoptar posturas forzadas. Esto reduce la carga postural y mejora la ergonomía general.
- **Aumento de la precisión del juego:** La modificación de la curvatura del cuerpo principal en forma de "J" permite realizar lanzamientos más controlados y adaptados a las trayectorias deseadas. Este ajuste ha sido validado por jugadores y auxiliares durante las pruebas funcionales.
- **Incorporación del tope frontal:** El añadido de un tope en el extremo inferior del cuerpo impide que la canaleta toque el suelo accidentalmente durante el juego, garantizando el cumplimiento de la normativa BISFed y aportando tranquilidad a jugadores y asistentes.
- **Libertad de movimiento:** El nuevo sistema con pierna móvil y mecanismos de ajuste permite un balanceo reglamentario de 20 cm hacia ambos lados sin tener que desplazar todo el dispositivo. Esto, unido a los ajustes en los puntos de giro y anclaje, otorga al conjunto una libertad de movimientos cercana a la plena, cumpliendo los requisitos funcionales sin comprometer la seguridad.
- **Materiales seleccionados con criterio:** Se ha logrado un equilibrio entre ligereza, resistencia, durabilidad y calidad percibida. La combinación de contrachapado fenólico para el cuerpo, metacrilato para la visibilidad de las extensiones, acero para la base y elementos metálicos en los mecanismos garantiza un producto robusto pero fácilmente manipulable, coherente con los valores de ASPACE.
- **Facilidad de transporte y montaje:** El diseño desmontable mediante palometas, y la mejora en los sistemas de anclaje, hacen que el producto sea más fácil de almacenar y transportar, un requisito clave para un contexto competitivo itinerante.

## **REFLEXIÓN PERSONAL**

Este proyecto no ha sido únicamente un ejercicio de rediseño técnico, sino también una experiencia profundamente humana. Trabajar con usuarios reales ha permitido entender la importancia del diseño como herramienta de inclusión.

La canaleta no es sólo es un producto deportivo, es un medio de expresión, competencia y autonomía para quienes tienen limitaciones motoras severas. Incorporar esa perspectiva en cada decisión ha enriquecido no solo el resultado final, sino también el proceso de diseño.

Propuestas de mejora futura:

Aunque el prototipo ha superado los estándares establecidos y ha sido validado en entorno real, se abren nuevas oportunidades para su evolución:

- Optimización del sistema de sujeción de extensiones: Se propone desarrollar un sistema de enganche lateral rápido, que combine facilidad de uso, seguridad y mínima interferencia espacial para facilitarle el trabajo a los auxiliares.
- Ajuste fino del encaje entre piezas: Explorar soluciones alternativas a los tetones del rediseño, incorporar una guías deslizantes que refuercen la estabilidad sin comprometer la modularidad o un sistema más seguro.
- Estudio de nuevos materiales sostenibles o reciclados que puedan sustituir parcial o totalmente los actuales, manteniendo las propiedades mecánicas y estéticas.
- Diseño de punteros personalizados como accesorio complementario, adaptado a las capacidades y estilos de juego de distintos usuarios.
- Aplicación de color o elementos visuales accesibles para mejorar la usabilidad por parte de personas con discapacidad visual leve o moderada.

En definitiva, este proyecto demuestra cómo el diseño industrial, cuando se realiza desde una perspectiva empática, rigurosa y centrada en el usuario, puede generar productos que transforman la experiencia de vida y participación social de las personas con discapacidad.

La canaleta rediseñada es solo un ejemplo, pero abre el camino a seguir diseñando con propósito.