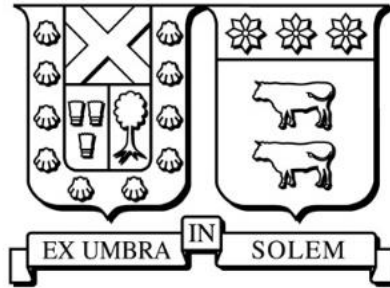


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
INGENIERIA EN DISEÑO DE PRODUCTOS
SANTIAGO – CHILE



MONITOREO DE RENDIMIENTO PARA JUGADORES DE RUGBY CON TECNOLOGÍA
INALÁMBRICA PARA RECOPIACIÓN DE DATOS.

GABRIELA GONZÁLEZ ULLOA
MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN DISEÑO DE PRODUCTOS

PROFESOR GUIA – LEONARDO MADARIAGA
PROFESORA CORREFERENTE – VALERIA BRAVO
OCTUBRE – 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Monitoreo De Rendimiento Para Jugadores De Rugby Con Tecnología Inalámbrica Para Recopilación De Datos.

Nombre del candidato(a): Gabriela González Ulloa

Carrera / Grado: Ingeniero/a en Diseño de Productos

Campus: San Joaquín

Departamento: Departamento de ingeniería en Diseño

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, LEONARDO MADARIAGA, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses

☐ 12 meses

☐ 2 años

☐ 3 años

☐ 5 años

☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo): _____

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 10/10/2025

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 10/10/2025

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a **mi profesor guía, Leonardo Madariaga**, por su paciencia, orientación y motivación a lo largo de este proyecto. Su apoyo constante y claridad en los momentos de mayor dificultad fueron fundamentales no solo para avanzar en esta investigación, sino también para crecer como profesional y mantener la confianza en el proceso.

Agradezco también a la **institución académica** que me brindó el espacio y las herramientas necesarias para completar este ciclo, permitiéndome desarrollar mis capacidades y concretar esta etapa tan significativa de mi formación.

Un reconocimiento especial a mis compañeros del **Equipo 4 de PMM 2024**, quienes compartieron conmigo este desafío multidisciplinario. El trabajo colaborativo, la diversidad de miradas y el compromiso colectivo hicieron posible un resultado enriquecedor que trasciende lo individual y se transforma en un esfuerzo conjunto.

En el plano personal, quiero agradecer a **Fernanda Reed**, compañera de toda la carrera, amiga y apoyo incondicional durante estos años, con quien compartí aprendizajes, experiencias y motivaciones que sin duda marcaron mi recorrido académico. También a mi pareja, **Brian Jara**, por su constante

aliento, apoyo en todo momento, compañía emocional y celebrar conmigo cada logro, y a mi **familia**, por la paciencia, el cariño y la comprensión que me entregaron en cada etapa de este proceso.

Finalmente, me agradezco a mí misma por haber tenido la **determinación y perseverancia** necesarias para llegar hasta aquí, cerrando con orgullo y satisfacción este ciclo académico que representa no solo una meta cumplida, sino también el inicio de nuevos desafíos profesionales y personales.

RESUMEN

En este trabajo de titulación se presenta el **diseño de un dispositivo portátil para el monitoreo de rendimiento en rugby**, orientado a mejorar la preparación física y táctica de los jugadores mediante el uso de sensores corporales. El objetivo principal fue desarrollar una solución que cumpliera de manera óptima con los requisitos de estabilidad, protección, comodidad y funcionalidad, integrando la tecnología sin comprometer el desempeño deportivo.

El proceso de diseño se abordó a través de una metodología estructurada, que incluyó una revisión del estado del arte, la identificación de zonas corporales expuestas al impacto, la ideación de propuestas físicas, la selección de materiales y la fabricación de prototipos. Finalmente, se realizó una validación práctica en terreno con jugadores, instancia que permitió evaluar el desempeño del dispositivo en situaciones reales de juego.

Como resultado, se determinó que la **zona entre las escápulas** es la más adecuada para la integración del sistema, desarrollando prototipos funcionales —en formato de peto y arnés— que fueron testeados y validados positivamente por los usuarios. Este proyecto representa un aporte al campo del **diseño deportivo**, sentando bases para la incorporación de tecnologías wearables en el rugby y proyectando un futuro en el que el análisis de datos potencie el alto rendimiento.

Palabras clave: Wearable, Ergonomía, Sensores, Diseño Deportivo, Rugby.

ABSTRACT

This thesis presents the design of a portable device for rugby performance monitoring, aimed at improving players' physical and tactical preparation through the use of body sensors. The main objective was to develop a solution that optimally met the requirements of stability, protection, comfort, and functionality, integrating technology without compromising athletic performance.

The design process was approached through a structured methodology, which included a review of the state of the art, identification of body areas exposed to impact, development of physical proposals, selection of materials, and prototype manufacturing. Finally, practical field validation was conducted with players, allowing the device's performance to be evaluated in real-world game situations.

As a result, it was determined that the area between the shoulder blades was the most suitable for system integration. Functional prototypes—in the form of a chest protector and harness—were developed and positively validated by users. This project represents a contribution to the field of sports design, laying the groundwork for the incorporation of wearable technologies into rugby and projecting a future in which data analysis enhances high performance.

Keywords: Wearable, Ergonomics, Sensors,
Sports Design, Rugby.

GLOSARIO

Wearable: Dispositivo tecnológico portátil diseñado para ser usado en el cuerpo con fines de monitoreo, asistencia o comunicación.

Ergonomía: Disciplina que estudia la adaptación de los productos, sistemas o entornos al ser humano, buscando optimizar su comodidad, seguridad y eficiencia.

Monitoreo de rendimiento: Proceso de recopilación y análisis de datos fisiológicos y de movimiento de los deportistas, con el fin de optimizar su desempeño.

Acelerómetro: Sensor que mide cambios en la velocidad o dirección de un objeto, utilizado en deportes para registrar desplazamientos y esfuerzos físicos.

Doble Diamante: Metodología estructurada de diseño que organiza el proceso creativo en cuatro fases: descubrir, definir, desarrollar y entregar.

Estado del arte: Revisión sistemática de los antecedentes, referentes y desarrollos actuales relacionados con un área de investigación específica.

Prototipo: Versión preliminar de un producto que permite evaluar su funcionamiento, materiales y usabilidad antes de llegar al diseño final.

Carcasa: Cubierta externa rígida que protege los componentes internos de un dispositivo contra impactos, roces y factores ambientales.

Scrum: Formación de juego en rugby donde los jugadores de ambos equipos se agrupan y empujan entre sí para disputar la posesión del balón.

Tackle: Acción defensiva en rugby que consiste en derribar al portador del balón mediante contacto físico controlado.

La dureza de la indentación: mide la capacidad de resistir la indentación de la superficie (deformación plástica localizada) y la resistencia de una muestra a la deformación del material debido a una carga de compresión constante de un objeto afilado.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	5
GLOSARIO.....	7
ÍNDICE.....	9
1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 Contexto del Proyecto	11
1.2 Rol del monitoreo en el rendimiento deportivo.....	12
1.3 Dispositivos portátiles y su integración en el cuerpo	13
1.4 Problemática en el rugby: ergonomía y exposición al impacto.....	13
1.5 Análisis de tendencias en wearables deportivos	14
1.6 Análisis de mercado y validación inicial	15
2 OBJETIVOS	17
2.0 Objetivo Global	17
2.1 Objetivo general	17
2.3 Objetivos específicos	17
3 METODOLOGÍA.....	19
3.0 Metodología Doble Diamante aplicada al diseño del dispositivo	19
3.1 Descubrir	20

3.2 Definir	20
3.3 Desarrollar	21
3.4 Entregar	22
4 EJECUCIÓN METODOLOGÍA Etapa Descubrir	24
4.1 Estado del arte y referentes de dispositivos deportivos	24
4.2 Definición del usuario	25
4.3 Indagación contextual	26
4.4 Identificación de zonas del cuerpo y riesgos de impacto	27
4.5 Zonas del cuerpo a evaluar	28
4.6 Primeros componentes	28
4.7 Normas	29
5 EJECUCIÓN METODOLOGÍA Etapa Definir	32
5.1 Diagrama de definición de requisitos ...	32
5.2 Zona elegida y primeras opciones de integración	33
5.3 Definición de materiales carcasa	34
6 EJECUCIÓN METODOLOGÍA Etapa Desarrollar	36
6.1 Bocetos y Diseño	36
6.2 Fabricación	37
6.3 Testeo	38
6.4 Iteraciones finales	41

7 EJECUCIÓN METODOLOGÍA Etapa Entregar	43
Prototipo Final	43
Pruebas y Validación	44
Entrega y Testeo final	45
Plan de Implementación / Producción	46
Mejoras a futuro	47
8 CONCLUSIONES	48
Objetivos	48
Principales hallazgos	49
Contribuciones del proyecto	49
Limitaciones y proyecciones:	50
9 REFERENCIAS	51
10 ANEXO	54
ANEXO A	54
A.1. Ubicación	54
A.2. Diseños	54
A.3. Materiales	55
A.4. Parámetros	56
A.5. Encuesta	58
A.6. Registro	61
A.7. Analisis de costo	66
A.8. Plan de mejora	68

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto del Proyecto

Desde el año 2022, el equipo de rugby de Santiago, Chile, All Brads, (AllBrads, 2025) equipo semiprofesional ha incorporado herramientas tecnológicas como la cámara Veo, que les permite registrar sus partidos con el fin de analizar y mejorar sus tácticas. Siguiendo esta línea de innovación, y en sintonía con las tendencias de uso de sensores y visión por computador en el rugby profesional —como se evidenció en el reciente mundial—, nace el presente proyecto: el diseño de un sistema tecnológico integral para el monitoreo de rendimiento en jugadores del club All Brads.

El objetivo general de este desarrollo multidisciplinario ejecutado como memorias dentro de la Universidad Federico Santa María es implementar una solución que permita medir y analizar parámetros clave del rendimiento físico mediante sensores inalámbricos incorporados al cuerpo del jugador. Esta información será complementada por el análisis audiovisual de los partidos, buscando una mejora continua del rendimiento colectivo e individual.

El proyecto fue encargado por el mismo equipo All Brads, y se desarrolló en el transcurso de un año por un equipo compuesto por cuatro integrantes: tres

estudiantes de ingeniería civil telemática (encargados del desarrollo de software y hardware, análisis de datos y análisis visual del juego mediante cámara) y una estudiante de ingeniería en diseño de productos responsable del diseño físico del soporte que contendrá los sensores. Esta estructura debía cumplir con criterios funcionales específicos para ser lo más discreta posible, idealmente imperceptible durante el uso.

El rugby fue elegido como caso de estudio por afinidad directa del equipo: uno de los integrantes es jugador activo de los All Brads, lo cual facilitó la observación en terreno, la validación de requerimientos y la realización de pruebas reales. Además, el contexto del rugby impone exigencias particulares como la constante exposición a golpes, fricción y el dinamismo de los movimientos, lo que convierte el diseño físico del soporte en un elemento crítico para el éxito del sistema.

Este proyecto no solo apunta a entregar valor al club en términos de rendimiento, sino que también explora las posibilidades de integración tecnológica en el deporte amateur con estándares cercanos al nivel profesional.

1.2 Rol del monitoreo en el rendimiento deportivo

El monitoreo en el alto rendimiento deportivo cumple un rol fundamental en la optimización del desempeño de los atletas, la prevención

de lesiones y la toma de decisiones basadas en datos objetivos.(Ambler, 2024). En disciplinas como el rugby, donde el contacto físico es constante y las exigencias físicas son elevadas, la posibilidad de medir variables como la carga de impacto, la aceleración o la frecuencia cardíaca permite adaptar entrenamientos de forma personalizada, evaluar la recuperación de los jugadores y anticipar posibles lesiones. La incorporación de sensores corporales combinados con cámaras inteligentes permite registrar datos que anteriormente solo podían estimarse de forma subjetiva, aportando una base científica para mejorar tanto la preparación física como las estrategias del juego. Por ejemplo, los sensores portátiles, como los acelerómetros y giroscopios, se utilizan para monitorear parámetros biomecánicos y fisiológicos en tiempo real, proporcionando datos precisos sobre la carga de trabajo y la fatiga muscular de los deportistas . Además, la combinación de estos sensores con sistemas de captura de video permite una evaluación más completa del rendimiento, al analizar simultáneamente la cinemática del movimiento y las respuestas fisiológicas durante la actividad física .

Esta sinergia tecnológica ofrece una base científica sólida para optimizar la preparación física y las estrategias de juego, al proporcionar datos objetivos que respaldan la

toma de decisiones en el entrenamiento y la competición. (Lee, 2025)

Así, el monitoreo se posiciona como una herramienta esencial para elevar el nivel competitivo del equipo, alineándose con los métodos utilizados por organizaciones deportivas profesionales. (Appl. Sci, 2023)

1.3 Dispositivos portátiles y su integración en el cuerpo

A nivel global, los dispositivos portátiles han experimentado un crecimiento exponencial en diversas áreas, especialmente en el ámbito de la salud, el deporte y la tecnología personal. (Global Growth Insights, 2025).

Estos dispositivos, conocidos como **wearables**, abarcan desde relojes inteligentes y bandas de actividad hasta sensores biométricos integrados en la ropa o en el cuerpo. Su desarrollo ha estado impulsado por el avance de la miniaturización electrónica, la conectividad inalámbrica y la necesidad de contar con información en tiempo real sobre el estado físico y rendimiento de las personas. (Berg et al, 2023)

En el deporte de alto rendimiento, su integración en el cuerpo ha pasado de ser externa y visible, a incorporarse de forma ergonómica y discreta, utilizando textiles

inteligentes, adhesivos o estructuras adaptadas al movimiento del cuerpo humano. («Advancements In Wearable Smart Textiles: Transforming Health, Sports, And Beyond», 2025)

Esta evolución responde a la necesidad de minimizar la interferencia con el desempeño deportivo, aumentar la comodidad y asegurar que los datos recopilados sean precisos y constantes durante la actividad.

A nivel global, equipos de élite y federaciones deportivas ya utilizan dispositivos portátiles para monitorear cargas de trabajo, variables fisiológicas, patrones de movimiento y riesgos de lesión, integrando esta información con software de análisis y cámaras de seguimiento para generar estrategias basadas en evidencia. Así, los wearables han dejado de ser simples accesorios tecnológicos y se han transformado en herramientas esenciales en la gestión del rendimiento y bienestar físico.

1.4 Problemática en el rugby: ergonomía y exposición al impacto

En el rugby, la integración de dispositivos en el cuerpo del jugador presenta una problemática particular debido a la combinación de exigencia física, contacto constante e impacto repetitivo. Este deporte

implica colisiones frecuentes, caídas y fricción, lo que convierte al cuerpo del jugador en un entorno desafiante para incorporar tecnología. A su vez, la ergonomía es clave, ya que cualquier elemento mal adaptado puede afectar el rendimiento o la seguridad. (Comunicación, 2024) Esta dualidad entre comodidad y resistencia al impacto plantea una compleja barrera para el desarrollo de soluciones

tecnológicas efectivas en este contexto.

1.5 Análisis de tendencias en wearables deportivos

El mercado de los **wearables** deportivos ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, consolidándose como una herramienta esencial para atletas y entusiastas del fitness. Estos dispositivos, que incluyen desde relojes inteligentes hasta sensores integrados en la indumentaria, permiten monitorear en tiempo real diversas métricas fisiológicas y de rendimiento.

Crecimiento y Adopción: Según el American College of Sports Medicine (ACSM), la tecnología portátil ha encabezado consistentemente las tendencias de fitness, ocupando el primer lugar en 2025. Este liderazgo refleja la creciente demanda y confianza en estos dispositivos para el

seguimiento de la actividad física y la salud. (American College of Sports Medicine, 2025)

Avances Tecnológicos: Las mejoras en sensores, duración de la batería y conectividad han potenciado la precisión y usabilidad de los wearables. Estas innovaciones no solo optimizan el rendimiento deportivo, sino que también enriquecen la experiencia del usuario. (Singh S & Singh A, 2024)



Imagen 1: Sport wearable market value 2024 - 2032

Democratización de la Tecnología: La accesibilidad creciente de los wearables y herramientas de análisis de video ha nivelado el campo de juego, permitiendo que equipos y atletas de diversos niveles aprovechen

tecnologías antes reservadas para la élite. (Tambler, 2024)

Impacto en el Rendimiento Deportivo: La integración de wearables en el entrenamiento ha revolucionado la forma en que los atletas ajustan y personalizan sus programas, facilitando un análisis detallado que anteriormente solo estaba al alcance de deportistas de alto nivel con acceso a laboratorios especializados. (EDUSport, 2025)

Tendencias Emergentes: Se observa una evolución hacia dispositivos que no solo rastrean actividad, sino que también ofrecen análisis avanzados de salud y bienestar, incorporando sensores y algoritmos sofisticados para monitorear múltiples métricas de salud. (Extentia, & Extentia, 2025)

1.6 Análisis de mercado y validación inicial

Análisis de Mercado: Según un informe de Global Market Insights, el mercado de wearables deportivos fue valorado en 1.750 millones de dólares en 2023 y se proyecta que crezca a una tasa compuesta anual (CAGR) superior al 15% entre 2024 y 2032. Este crecimiento está principalmente impulsado por la creciente

demanda de dispositivos de monitoreo de fitness. (Singh S & Singh A, 2024).

Por otro lado, Mordor Intelligence estima que el mercado de dispositivos portátiles en deportes alcanzará los 90,39 mil millones de dólares en 2024, con una proyección de crecimiento a una CAGR del 4,18% hasta 2029. Esta diferencia en las estimaciones puede deberse a variaciones en las definiciones de mercado y metodologías utilizadas en cada informe. (Mercado de wearables inteligentes, 2023)

Validación Inicial del Mercado

La validación inicial del mercado de wearables deportivos se refleja en la adopción creciente de estos dispositivos tanto por consumidores individuales como por profesionales del deporte. Estos dispositivos destacan por su doble funcionalidad en el deporte profesional: análisis del rendimiento y prevención de lesiones. Por ejemplo, un pequeño dispositivo incorporado en la ropa puede incluir un mini GPS, un acelerómetro para medir paradas y arrancadas, un giroscopio que mide la flexión y torsión del cuerpo, y un microprocesador que recopila y analiza hasta 1.000 referencias de datos por segundo, transmitiéndolos a una pantalla en tiempo real. (Johan Cruyff Institute, 2024)

Además, empresas líderes en tecnología, como Apple y Samsung, han invertido

significativamente en el desarrollo de wearables, integrando funciones avanzadas de monitoreo de salud y fitness en sus dispositivos, lo que indica una fuerte validación del mercado y su potencial de crecimiento.

Ejemplos de Empresas en el Mercado

 Fitbit: Pionera en tecnología wearable, ofrece rastreadores de actividad física y relojes inteligentes diseñados para monitorear métricas de salud como frecuencia cardíaca, sueño y niveles de actividad. (*Fitbit Versa*, 2025)

 **GARMIN** Garmin Ltd.: Conocida por sus dispositivos GPS, ha expandido su línea de productos para incluir wearables deportivos que ofrecen monitoreo avanzado para atletas. (*Garmin*, 2025)

 **CATAPULT** Catapult Sports Pty Ltd.: Especializada en tecnología wearable para deportes de equipo, proporciona datos en tiempo real para optimizar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones. (Catapult, 2025)

2 OBJETIVOS

2.0 **Objetivo** **Global**

Desarrollar un Sistema de monitoreo de rendimiento de jugadores de rugby, que identifique datos de interés para el usuario, y momentos que puedan inducir a lesiones de los jugadores.

2.1 **Objetivo** **general**

Diseñar estructura que contenga los sensores usados por los jugadores

2.3 **Objetivos específicos**

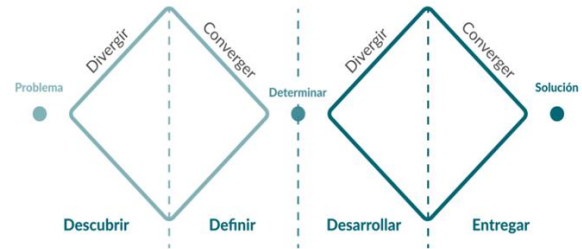
1. **Analizar las zonas del cuerpo humano más adecuadas** para integrar un dispositivo portátil en el contexto del rugby, considerando criterios de ergonomía, exposición al impacto y estabilidad durante el juego.
2. **Definir los requerimientos técnicos, funcionales y contextuales** que debe cumplir la estructura contenedora de sensores, tales como comodidad, resistencia, compacidad y compatibilidad con el hardware.
3. **Explorar y comparar materiales de fabricación** que permitan obtener una cubierta resistente, liviana y adecuada para impresión 3D, incluyendo

opciones de amortiguación interna y protección externa.

sujeción para optimizar el desempeño final del producto.

4. **Diseñar una solución estructural adaptable al cuerpo del jugador**, con énfasis en la integración discreta del sistema y mínima interferencia con el rendimiento físico.
5. **Desarrollar prototipos físicos funcionales** mediante fabricación aditiva (impresión 3D) u otras tecnologías, para evaluar la factibilidad del diseño propuesto.
6. **Realizar pruebas de uso en condiciones reales** con jugadores del equipo All Brads para evaluar el ajuste, la comodidad, la estabilidad y la percepción del dispositivo durante entrenamientos.
7. **Recolectar retroalimentación mediante encuestas u observaciones directas**, comparando distintas alternativas, con el fin de seleccionar la opción más adecuada para continuar con el desarrollo.
8. **Refinar el diseño estructural en función de los resultados obtenidos**, incorporando mejoras en forma, materialidad o sistema de

3 METODOLOGÍA



3.0 Metodología Doble Diamante aplicada al diseño del dispositivo

La metodología de desarrollo **Doble Diamante** es un modelo que organiza el proceso de diseño en **cuatro etapas secuenciales**: **Descubrir**, **Definir**, **Desarrollar** y **Entregar**. Esta metodología se representa visualmente como dos diamantes, donde el primero se enfoca en la **expansión y análisis del problema**, y el segundo en la **exploración y definición de la solución**. Su carácter iterativo permite transitar entre momentos de **divergencia** (explorar ampliamente) y **convergencia** (enfocar y concretar), promoviendo una comprensión profunda del usuario, el contexto y las necesidades reales.

Para este proyecto, la metodología Doble Diamante se considera adecuada, ya que permite estructurar un desarrollo multidisciplinario de forma **clara y eficiente**. Su aplicación facilita la integración entre áreas como el diseño físico, la ingeniería de

sensores y el análisis de datos, asegurando que la solución final, en este caso, una estructura ergonómica que contenga sensores en jugadores de rugby, surja de un proceso validado, empático y orientado al usuario. Esta metodología ofrece, además, flexibilidad para probar, ajustar y mejorar el diseño en base a retroalimentación real, lo cual es fundamental en entornos deportivos de alta exigencia.

3.1 Descubrir

La **etapa de Descubrir** corresponde al primer proceso del modelo Doble Diamante y tiene como propósito **comprender a fondo el problema**, el contexto de uso y las necesidades reales del usuario antes de proponer soluciones. En esta fase, la investigación se orienta a observar, analizar y recolectar información cualitativa y cuantitativa que permita construir una base sólida para el diseño.

Dentro del marco de este proyecto, la etapa de Descubrir se estructura en cinco acciones clave. Primero, se realiza un **estado del arte y análisis de referentes**, lo que permite conocer tecnologías existentes, identificar estándares de la industria y extraer buenas prácticas del diseño de dispositivos deportivos actuales. A continuación, se lleva a cabo una **indagación contextual**, basada en

entrevistas y observación directa en terreno, con el objetivo de recoger información desde la experiencia real de los jugadores, su entorno de uso y sus interacciones físicas durante el juego.

Posteriormente, se efectúa una **identificación de zonas del cuerpo y riesgos de impacto**, determinando áreas factibles y seguras para incorporar el dispositivo sin interferir con el rendimiento ni poner en riesgo al usuario. Esta información alimenta la construcción de un **diagrama de funciones del sistema físico**, en el que se desglosan las funciones principales y secundarias que debe cumplir el diseño estructural del dispositivo. Finalmente, se elabora un **diagrama de procesos y conceptos**, que permite visualizar las relaciones entre las distintas etapas de diseño, los componentes involucrados y los objetivos del sistema.

Esta primera etapa permite que las decisiones de diseño se basen en evidencia, necesidades reales y un conocimiento profundo del contexto de uso, asegurando así que el desarrollo avance desde una perspectiva centrada en el usuario y alineada con los desafíos del entorno deportivo.

3.2 Definir

La **etapa de Definir** corresponde al segundo proceso del modelo Doble Diamante y tiene

como objetivo **delimitar con claridad el problema de diseño**, estructurando los hallazgos previos en necesidades concretas y oportunidades de solución. A partir del análisis de la información recolectada durante la fase de Descubrir, esta etapa permite establecer criterios objetivos que guíen el desarrollo posterior.

En el contexto de este proyecto, se identificaron las **necesidades clave del sistema físico**, tales como comodidad durante el uso, estabilidad en el cuerpo del jugador, protección de los sensores, resistencia a impactos y compacidad. Con base en estos requerimientos, se definieron los **requisitos técnicos y funcionales del dispositivo**, así como los **criterios de evaluación** necesarios para comparar y validar los prototipos fabricados.

Asimismo, se construyó un **arquetipo de usuario** que representa al jugador de rugby al que se orienta la solución, lo cual permitió enfocar el diseño en un perfil realista y contextualizado. Este perfil fue clave para la **selección de la zona óptima del cuerpo** para posicionar el dispositivo.

Finalmente, se realizara una **validación preliminar con usuarios**, recogiendo observaciones y retroalimentación directa de los jugadores. Esta etapa resulta esencial para confirmar decisiones de diseño iniciales

y detectar **oportunidades de mejora**, como ajustes en los sistemas de sujeción, materiales o formas del dispositivo. Así, la etapa de Definir permite establecer una base sólida y coherente para avanzar hacia la generación y desarrollo de soluciones funcionales.

3.3 Desarrollar

La **etapa de Desarrollar** representa el tercer proceso del modelo Doble Diamante y corresponde al proceso en el cual se generan, materializan y ponen a prueba las posibles soluciones al problema previamente definido. Esta fase se caracteriza por un enfoque exploratorio, donde se fomenta la creatividad, la iteración y la experimentación para transformar requerimientos funcionales en propuestas concretas y testeables.

En este proyecto, la etapa de Desarrollar se inicia con un proceso de **ideación y generación de conceptos físicos**, donde se propondrán distintas alternativas para integrar el dispositivo en el cuerpo del jugador de rugby, considerando el contexto real de uso, la interacción física con el entorno y la morfología corporal.

Paralelamente, se realizara la **selección de materiales adecuados** para la estructura externa e interna del sistema, así como también interna llevaran a cabo **pruebas de**

resistencia y amortiguación sobre distintos materiales, garantizando que el dispositivo soporte las condiciones de uso propias del rugby.

Luego, se desarrollaran los primeros **prototipos funcionales** tanto del **sistema de sujeción**, como de la **carcasa protectora**, ajustada a las dimensiones del hardware electrónico definido por el área técnica del proyecto. Esta etapa culminara con **pruebas de campo reales**, realizadas durante entrenamientos del equipo All Brads, donde los jugadores utilizaran ambos sistemas y se evaluaran aspectos clave.

Además de la manufactura, un componente esencial de esta etapa es la **documentación visual y técnica** de los prototipos, lo que permite registrar el proceso, justificar decisiones de diseño y dejar bases para futuras iteraciones. También se aplicaran criterios de factibilidad, mantenimiento y escalabilidad, fundamentales para pensar en una posible producción posterior a nivel equipo o club.

La etapa de Desarrollar permite así transformar los requerimientos abstractos en soluciones físicas, comparables y validadas parcialmente en contexto real, sentando las bases para definir una propuesta final sólida en la siguiente fase del proceso.

3.4 Entregar

La **etapa de Entregar** constituye la fase final del modelo Doble Diamante y tiene como objetivo **consolidar, evaluar y formalizar la solución desarrollada**, a partir de la selección de la **propuesta más efectiva y su validación en contexto real**. En esta etapa, el diseño debe responder no solo a los requisitos funcionales y ergonómicos establecidos, sino también a los aspectos de fabricación, replicabilidad y sostenibilidad del producto.

En el caso de este proyecto, el proceso comenzó con la aplicación de una **encuesta de validación de prototipo**, en la cual jugadores del equipo All Brads evaluarán los dos sistemas físicos desarrollados. A través de esta herramienta, se recopilarán datos cualitativos y cuantitativos sobre criterios establecidos. Esta retroalimentación será esencial para el siguiente paso: el **análisis de resultados y elección del diseño final**.

El análisis de las respuestas permite identificar fortalezas y debilidades de cada propuesta, con lo cual se tomara una decisión informada sobre cuál sistema debía continuar como **prototipo final**, sujeto a ajustes menores. En base a esta selección, se realizarán los **ajustes finales del diseño físico**, incorporando mejoras en materiales,

formas o puntos de contacto con el cuerpo, para asegurar un uso más eficiente y confortable del dispositivo.

Además, esta etapa integrará una mirada prospectiva a través de **consideraciones de manufactura y escalabilidad**, donde se evaluarán aspectos como la viabilidad de replicar el diseño con tecnologías accesibles, la selección óptima de materiales para producción en pequeñas series, y la adaptabilidad del sistema a diferentes tipos de cuerpo o contextos deportivos.

La etapa de Entregar también implica una **evaluación integral** del proceso completo, reconociendo el valor del enfoque iterativo, la importancia de validar con usuarios reales y la necesidad de integrar diseño, tecnología y experiencia de uso en una solución coherente. Así, esta fase no solo cierra el ciclo de desarrollo, sino que también generó aprendizajes claves para futuras aplicaciones y mejoras del sistema.

4 EJECUCIÓN METODOLOGÍA

Etapa Descubrir

4.1 Estado del arte y referentes de dispositivos deportivos

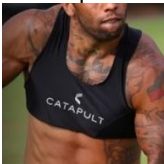
Dispositivo / Marca	Tipo de integración	Zona del cuerpo	Variables medidas	Forma/Estructura física	Resistencia al impacto	Público Objetivo
Catapult Sports  CATAPULT	Chaleco de compresión	Entre las escapulas 	Aceleración, impacto, GPS, carga total	Modulo rígido con carcasa ligera	Alta	Equipos profesionales
Polar Team Pro 	Banda elástica + Modulo	Torso frontal o espalda 	Frecuencia cardiaca, GPS, velocidad, distancia	Banda textil + modulo ovalado	Media	Equipos semiprofesionales
Smart Tracks sensor 	Banda elástica ajustable	Parte baja de la espalda 	Velocidad, zancada, tiempo de contacto	Modulo pequeño en carcasa plástica	Baja	Atletas individuales
Zephyr BioHarness 	Correa de pecho elástica	Tórax 	Frecuencia cardiaca, respiración, aceleración, temperatura	Banda elástica ajustable + modulo central	Media	Militares / Atletas

Tabla 1: Tabla comparativa de referente de dispositivos wearable en distintas zonas del cuerpo

El análisis del estado del arte permitió comprender las **distintas soluciones tecnológicas existentes** en el ámbito del monitoreo deportivo, identificando patrones de diseño, zonas corporales comunes y materiales utilizados según el tipo de usuario. Este estudio evidenció la tendencia a integrar los sensores en prendas ajustadas y zonas seguras del tronco superior, priorizando la ergonomía y la protección del dispositivo. A partir de esta revisión, fue posible establecer criterios técnicos y funcionales que orientaran el desarrollo del propio diseño, adaptándolo a las exigencias específicas del rugby y a un contexto de uso real.

4.2 Definición del usuario

Usuario 1: Entrenador Deportivo

El entrenador es el responsable de planificar, supervisar y evaluar el rendimiento del equipo. Su papel implica diseñar sesiones de entrenamiento que mejoren las habilidades técnicas, tácticas y físicas de los jugadores. Además, debe analizar datos de rendimiento para tomar decisiones estratégicas que optimicen el desempeño del equipo. La incorporación de tecnología wearable le permite acceder a información en tiempo real sobre la condición física de los jugadores, facilitando la gestión de la carga de trabajo y la prevención de lesiones.

Usuario 2: Jugador de Rugby con Wearable

El jugador es quien utiliza directamente el artículo wearable durante entrenamientos y partidos. Su función principal es ejecutar las estrategias del equipo mientras se monitorean sus métricas de rendimiento, como la velocidad, la distancia recorrida y la intensidad de las colisiones físicas. Además, el jugador puede utilizar los datos recopilados para evaluar su desempeño y colaborar con el entrenador en la mejora continua de su rendimiento.

En el desarrollo de mi proyecto, me centraré en el **usuario 2: el jugador de rugby que utiliza el artículo wearable**. El enfoque estará en la interacción física del jugador con el dispositivo durante su uso en cancha. El objetivo es identificar y satisfacer las necesidades específicas del jugador, asegurando que el diseño del peto no interfiera con su rendimiento y proporcione los beneficios esperados en términos de monitoreo y seguridad.

4.3 Indagación contextual

Observación en campo



Imágenes de 2 -7: Practica y campeonato julio 2024

4.4 Identificación de zonas del cuerpo y riesgos de impacto

Uno de los factores más críticos en el diseño de dispositivos portátiles para deportes de contacto, como el rugby, es la correcta identificación de la zona del cuerpo donde el dispositivo será ubicado, ya que de esta decisión dependen tanto la integridad física del jugador como el funcionamiento seguro del sistema.

En este proyecto, se realizó un análisis anatómico y contextual para identificar zonas viables del cuerpo que permitieran incorporar una estructura contenedora de sensores, minimizando la exposición a golpes directos, el roce constante y la interferencia con la movilidad del deportista. Este estudio se basó en la observación directa en entrenamientos y la experiencia de jugadores del equipo All Brads.

Zona del cuerpo	Estabilidad	Riego de impacto	Comodidad	Movilidad libre	Viabilidad de integración
Pecho 	Media	Alta	Media	Media	Media
Parte baja de la espalda 	Media	Media	Alta	Baja	Media
Entre las escapulas 	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta
Muñeca 	Baja	Media	Baja	Alta	Baja
Hombro 	Media	Alta	Media	Media	Media

Tabla 2: Tabla comparativa de zonas de integración según requerimientos

4.5 Zonas del cuerpo a evaluar



Pecho Entre escapulas Hombros

En rugby, el **hombro** es una zona de alta incidencia lesional: diversos estudios identifican que es “la parte del cuerpo más lesionada” en jugadores tanto de rugby union como league, con tasas de lesión de hasta el 10–28 % por temporada debido a contactos y caídas repetidas (*Shoulder injuries in rugby players*, 2009). El **pecho**, aunque podría ofrecer una lectura estable, sin embargo, presenta el inconveniente del impacto ventral frecuente durante placajes y caídas, lo que podría afectar la integridad del dispositivo y la calidad de los datos (*Impact of sensor/reference*, 2019). En contraste, la región **entre las escápulas** ha sido adoptada en sistemas de tracking y wearables por EPTS (Electronic Performance and Tracking Systems) como punto de referencia para sensores GPS y de movimiento, debido a su estabilidad relativa y menor exposición a impactos directos.

4.6 Primeros componentes

Dentro del desarrollo del proyecto, el compañero encargado del área electrónica entregó un primer acercamiento al diseño del sistema, detallando los **componentes electrónicos que formarán parte del dispositivo**. Estos elementos, que acompañarán al deportista en cancha, deberán ser **debidamente protegidos por la estructura física**, ya que estarán expuestos a movimiento constante, impactos y condiciones propias del entorno deportivo. Esta información fue clave para orientar las decisiones de diseño en cuanto a forma, materialidad y ubicación del sistema.

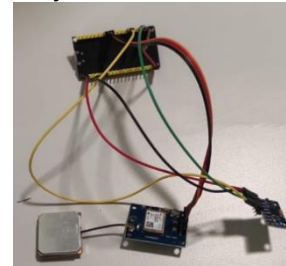


Imagen8: Primer circuito electrónico Agosto 2024

Para dejarlo más limpio y ordenado paso los componentes a esta protoboard.

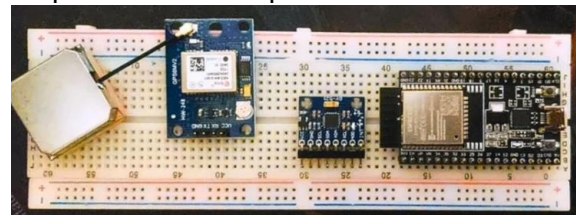


Imagen 9: Mismo circuito y componentes puestos en una protoboard, Agosto 2024

4.7 Normas



1. World Rugby

Este artículo (Worldrugby.org, 2021) establece los requisitos que deben cumplir los **dispositivos de monitoreo usados por jugadores de rugby**, priorizando la **seguridad, ergonomía y resistencia**. Es crucial para asegurar que estos dispositivos no afecten el rendimiento ni representen riesgo de lesiones. Define normas de **diseño físico, materiales permitidos, sistemas de sujeción, tamaño, forma y peso**, además de los métodos de **prueba de impacto y compresión**. También detalla el proceso para la **aprobación por World Rugby**, incluyendo ensayos en laboratorios certificados. Su cumplimiento es obligatorio para que el dispositivo pueda ser usado en competencias oficiales.

Normas específicas a tener en cuenta a la hora de realizar este proyecto:



1. Diseño físico y mecánico

- Peso $\leq 0,09$ kg, incluyendo batería.
- Tamaño dentro de los límites especificados por World Rugby (ver Tabla 1 de la norma).
- Ningún borde o superficie con **radio de curvatura < 12 mm** (excepto excepciones permitidas).

- Dispositivo debe tener **forma ergonómica**, sin bordes filosos o zonas que causen lesiones.
- El sistema de sujeción mantiene el dispositivo entre las **vértebras T2 y T6, alineado verticalmente** con la columna.



2. Sistema de retención

- Se sujeta mediante:
 - Bolsa integrada en la camiseta
 - Arnés con bolsa interna que cumpla la Regla 4 y Regulación 12 de World Rugby.
- El acolchado alrededor del dispositivo es:
 - Máx. **2 mm** de espesor.
 - **Homogéneo** (misma densidad, textura y dureza que el del oponente).
 - No es de tipo "espuma sándwich".

3. Materiales y resistencia

- Carcasa resistente a: **agua, sudor, UV, detergentes**, etc.
- No provoca reacciones cutáneas.

- Superficie y estructura resistentes a impactos y compresión:
 - No se rompe con **impacto de 6,2 kg desde 0 a 150mm**.
 - No falla bajo compresión **< 1 kN**. Si rompe entre 1–2,5 kN, se evalúa tolerancia.
 - No genera bordes afilados al romperse.
- *Probado en **laboratorio independiente aprobado por World Rugby (ISO 17025)**.

5. Ensayos

- Se entregan **20 carcasas vacías y 5 dispositivos completos** para pruebas.
- Las muestras se acondicionan y prueban a temperaturas entre **0 °C y 23 °C**.
- Se cumple con:
 - Prueba de **carga de impacto** (ver Sección 7.5).
 - Prueba de **carga de compresión** (ver Sección 7.6).

- Verificación del **radio de curvatura** (ver Sección 7.7).

<https://www.world.rugby/the-game/facilities-equipment/equipment/specifications/pmds>

2. ISO 7250-1:2008

Basic human body measurements for technological design

Es un documento fundamental para cualquier persona involucrada en el diseño que considere las **dimensiones del cuerpo humano**, proporcionando un marco de referencia internacional para la obtención y el uso de **datos antropométricos**.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/65246/62a635ff31234ed5a84e76a2296fde70/ISO-7250-1-2017.pdf>

3. ISO 9241-210:2019

Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems

Énfasis en comprender el **"contexto de uso"** del jugador. Esto implica analizar detalladamente las tareas, el entorno (campo, vestuario), y los objetivos de los usuarios (entrenadores, jugadores) para asegurar que

el dispositivo y la información que proporciona sean relevantes y se integren de manera efectiva en su rutina y necesidades específicas.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/77520/33cc3cf17e5e4f1894ee872ed4f54fb6/ISO-9241-210-2019.pdf>

4. ISO 868:2022

Plastics and rubber – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)

Especifica un método estándar para determinar la **dureza de indentación** de plásticos y ebonita, utilizando durómetros (dureza Shore). Define los procedimientos de ensayo, los equipos necesarios (durómetros Shore A y D), y la forma de expresar los resultados. Su objetivo principal es asegurar un método consistente para el control de calidad y la comparación de la dureza de estos materiales. Es crucial utilizar esta versión actualizada para asegurar la aplicación de las mejores prácticas en los métodos de ensayo.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/34804/a84cf1ebb91149e39513cc01c9e01050/ISO-868-2003.pdf>

Todas las normas **ISO** previamente mencionadas se encuentran aplicadas y adaptadas específicamente al contexto del rugby en el documento normativo “World Rugby”.

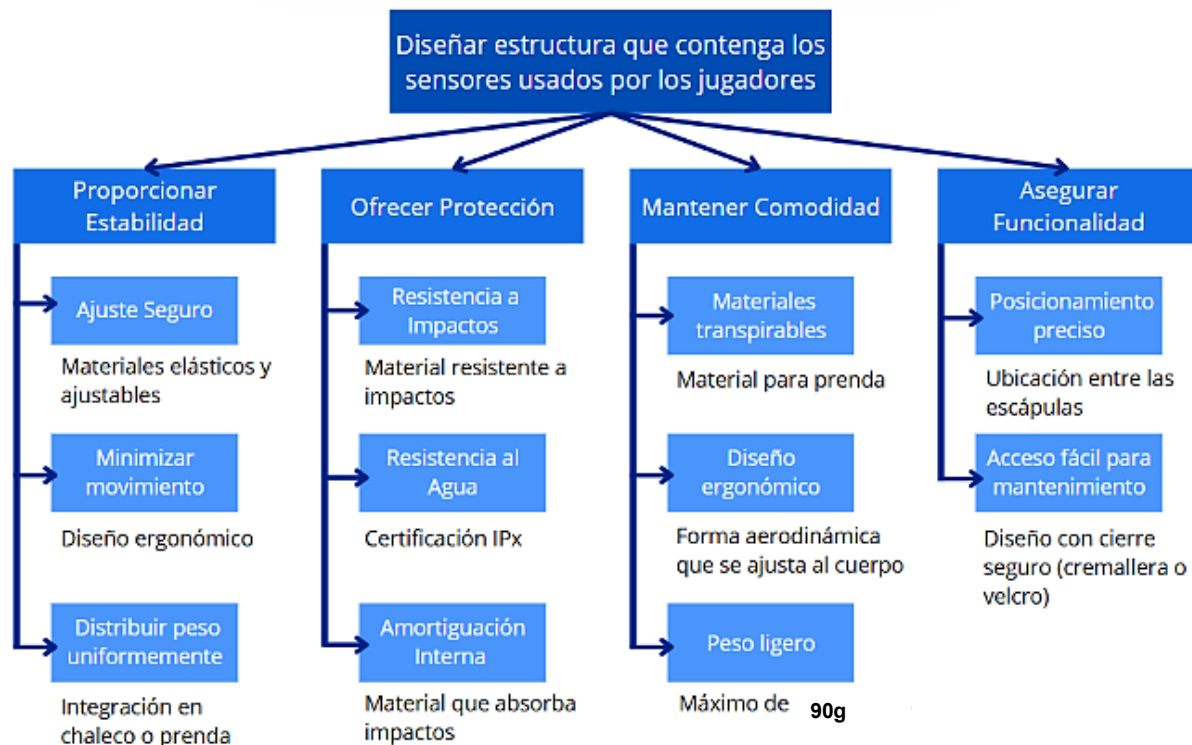
5 EJECUCIÓN METODOLOGÍA

Etapas Definir

5.1 Diagrama de definición de requisitos

En el desarrollo del sistema de monitoreo para jugadores de rugby, se establecieron cuatro requisitos fundamentales que guiarán tanto el diseño del soporte físico del dispositivo como la integración del sensor. En primer lugar, se debe **proporcionar estabilidad**, asegurando que el sistema se mantenga fijo durante movimientos intensos y contacto físico. En segundo lugar, es necesario **ofrecer protección**, tanto al dispositivo como al jugador, frente a impactos, caídas y fricción. A su vez, el sistema debe **mantener la comodidad**, adaptándose ergonómicamente al cuerpo sin generar molestias durante el uso prolongado. Finalmente, debe **asegurar la funcionalidad**, garantizando que el sensor opere correctamente en todo momento, sin interferencias causadas por el entorno o el propio soporte físico. Estos criterios permiten abordar de forma integral el diseño, sin restringirse aún a una solución específica como un peto u otro tipo de estructura.

A continuación, se presentará un diagrama del desglose y los parámetros para asegurar el cumplimiento de estos requisitos.



Organigrama 1: Requerimientos clave

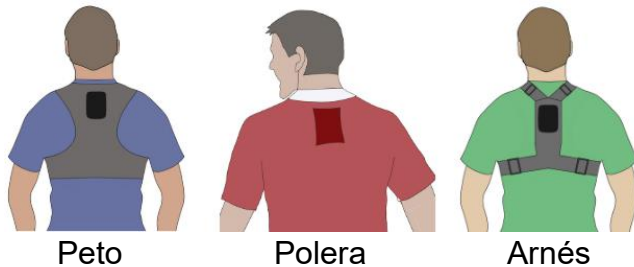
5.2 Zona elegida y primeras opciones de integración

Como se mencionó anteriormente, la zona entre las escápulas fue seleccionada para la implementación del sistema de monitoreo debido a las ventajas que presenta en términos de diseño y funcionalidad. Esta área ofrece una **superficie relativamente estable**, que facilita la fijación del dispositivo sin

desplazamientos durante la actividad física. Además, permite mantener una **buena alineación con el eje del cuerpo**, lo que favorece tanto la ergonomía como la precisión de los datos registrados por el sensor. También se trata de una zona que **no interfiere con la movilidad natural del jugador**, lo que contribuye significativamente

a la comodidad y aceptación del sistema en contexto real de uso.

Siguiendo con esta misma línea se presentarán 3 diferentes formas de incorporar este diseño. Estas son un Peto deportivo con un bolsillo, un bolsillo incorporado en la polera y un estilo arnés que tenga un bolsillo, todos estos compartimientos acolchados para que no sea una incomodidad al cuerpo.



A partir de la evaluación de las tres opciones propuestas, y considerando los criterios previamente definidos, se determinó que la polera ajustada podría no adherirse correctamente al cuerpo durante el juego, lo que generaría movimiento indeseado del dispositivo y posibles molestias para el jugador. Por este motivo, se descartó esa alternativa y se avanzará en la prototipación y testeo de las otras dos opciones: el peto de lycra, por ser una solución ampliamente utilizada en el mercado deportivo, y el arnés, que presenta la ventaja de adaptarse

fácilmente a distintas tallas, un aspecto relevante en rugby dado que la complexión corporal varía considerablemente según la posición del jugador.

5.3 Definición de materiales carcasa

En el diseño de la carcasa del dispositivo, se consideraron tres aspectos fundamentales: **ventilación**, **ergonomía** y **ligereza**. La **ventilación** es clave para evitar el sobrecalentamiento de los componentes electrónicos durante el uso en condiciones de alta exigencia física. Por su parte, la **ergonomía** busca asegurar que la forma de la carcasa se adapte al contorno del cuerpo del jugador, evitando puntos de presión o molestias durante el movimiento. Finalmente, la **ligereza** es esencial para no añadir peso innecesario al sistema, manteniendo la comodidad y el rendimiento del deportista en la cancha. Estas consideraciones guiaron la selección de materiales y el enfoque del diseño estructural.

La cubierta externa del dispositivo cumple un rol esencial, ya que **protege los componentes electrónicos** frente a impactos, humedad y fricción constantes durante el juego. Además, su diseño debe contribuir a la **estabilidad del sistema sobre el cuerpo** y permitir una integración

ergonómica que no interfiera con el movimiento natural del jugador.

La cubierta externa del dispositivo cumple un rol esencial, ya que **protege los componentes electrónicos** frente a impactos, humedad y fricción constantes durante el juego. Además, su diseño debe contribuir a la **estabilidad del sistema sobre el cuerpo** y permitir una integración ergonómica que no interfiera con el movimiento natural del jugador. Para esto se evaluaron como opciones:

- **Policarbonato**
- **TPU**
- **Fibra de carbono**
- **ABS**
- **PLA**

Todas estas opciones son imprimibles en 3D. Se optará por el proceso de **impresión 3D** como método de fabricación, ya que permite la creación de prototipos funcionales de forma rápida, precisa y accesible dentro de las instalaciones disponibles en la universidad. Si bien la **inyección de plástico** representa una alternativa viable para producción en masa, su elevado costo y la necesidad de moldes específicos la hacen poco adecuada para las etapas iniciales del desarrollo, donde se requiere flexibilidad para iterar el diseño.

Así mismo, la amortiguación interna es crucial para **proteger los componentes electrónicos** del dispositivo frente a golpes y vibraciones, especialmente en un deporte de alto impacto como el rugby. Además, actúa como una capa de confort entre el dispositivo y el cuerpo del jugador, **evitando molestias o lesiones por fricción o presión prolongada** durante su uso. Para esto se evaluaron como opciones:

- **Goma Eva**
- **Silicona**
- **Goma espuma de poliuretano**

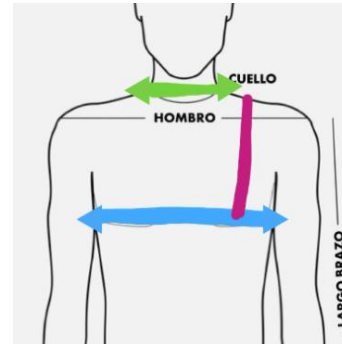
6 EJECUCIÓN METODOLOGÍA

Etapa Desarrollar

6.1 Bocetos y Diseño

Peto y Arnés

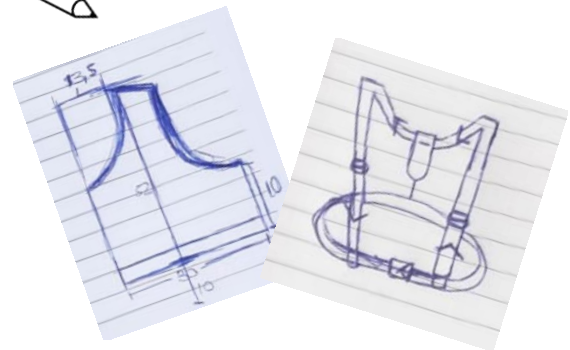
En base a distintas referencias se bocetaron modelos de un peto de lycra y un arnés de nylon siguiendo las medias dadas por nuestro compañero y rugbista Juan Pablo



Contorno
cuello: 53 cm

Contorno
pecho: 120 cm

Medida
hombro: 52 cm

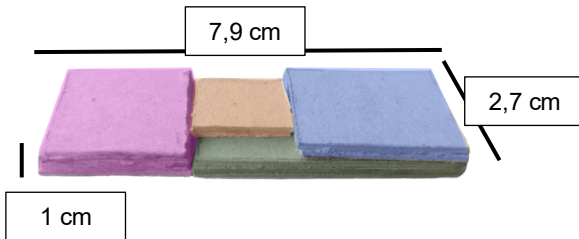
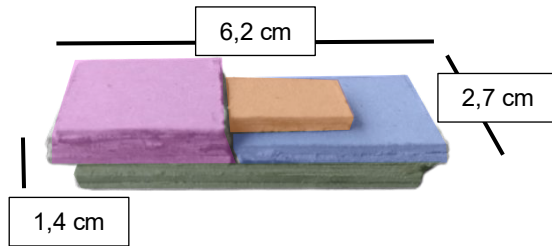


Imágenes 10 – 12: Toma de medidas y Patronaje para confección de prototipos, septiembre 2024

Componentes

Distribución de los componentes **sin contar con la batería en modelos de cartón**

Peso: 35g



Imágenes 13 y 14: distintas distribuciones de componentes para maximizar el espacio, Octubre 2024

Primeros bocetos de opciones

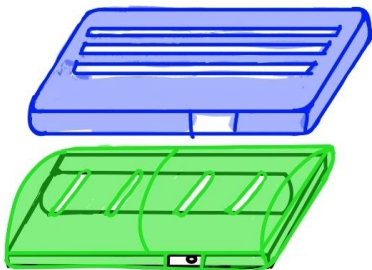


Imagen 15: ideación de formas de carcasa, octubre 2024

6.2 Fabricación

Peto y Arnés

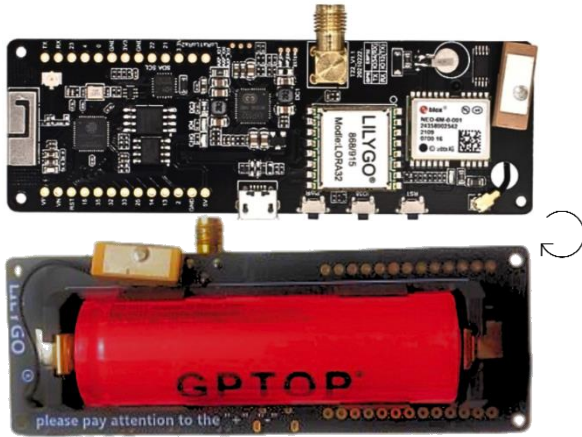


Imágenes de 16 – 19: Corte y confección de los prototipos de Peto de lycra y arnés de correa, octubre 2024

Carcasa

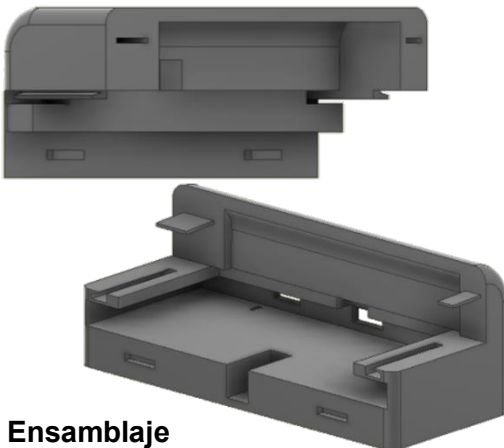
Actualización de los componentes a placa ya con batería

58.3g 10cm x 3.2cm x 5 cm



Imágenes 20- 21: Placa más batería, noviembre 2024

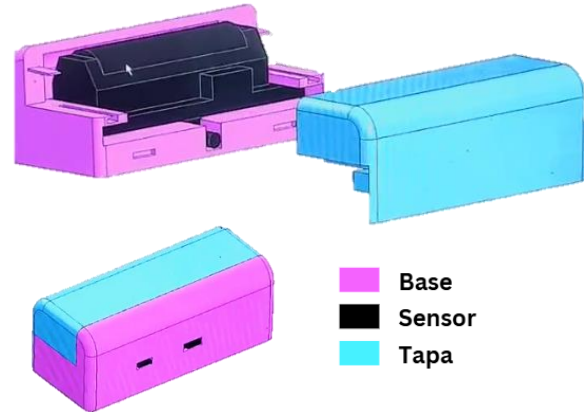
Diseño de carcasa



Ensamblaje

Imágenes 22- 23: Render de diseño de carcasa 1
noviembre 2024

10,4 x 3,9 x 4,4 cm



Imágenes 24- 25: Render de ensamblaje, noviembre 2024

6.3 Testeo

Peto y Arnés

Se testearon ambas propuestas en Juan pablo del valle



Imágenes 26- 27: prueba de calce y testeo de
prototipo, noviembre 2024

También se probaron en distintos compañeros de equipo y se realizó posteriormente una encuesta para evaluar y comparar distintos parámetros

ENCUESTA

<https://forms.gle/cA8Yvz423HHYDgUk9>

Criterios de evaluación y comparación:

- Comodidad
- Mantener su lugar
- Libertad de movimiento
- Protección del sensor
- Facilidad de equipar
- Durabilidad
- Preferencia general

Resultados

Ventajas del Peto de Lycra

- Más cómodo y fácil de poner/quitar (como una camiseta).
- Menor roce o incomodidad durante el movimiento.
- Mayor libertad de movimiento y sensación de ligereza.
- Mejor integración con la ropa deportiva habitual.

Desventajas del Arnés de Correa:

- Puede raspar o incomodar en ciertos ejercicios.
- Mayor complejidad al colocarlo.
- Las partes plásticas son duras y duelen en al ser golpeadas

Insights de la encuesta

- Las partes duras dificultan la comodidad
- Mayor preferencia por lo más conocido y usado
- Preferencia a la sencillez de uso

Como preferencia prácticamente unánime de los 23 encuestados del equipo el ganador es el **peto de lycra**



Imagen 28: Peto de lycra ganador encuesta, noviembre 2024

Carcasa

Se imprimió el diseño previamente desarrollado utilizando filamentos de **PLA** y **ABS**, con el objetivo de evaluar comparativamente ambas opciones en términos de calidad, resistencia y facilidad de fabricación. Si bien existen otros materiales potencialmente adecuados para el proyecto,

su uso se ve limitado por las capacidades disponibles en la universidad, ya que no se cuenta con impresoras 3D compatibles con filamentos más técnicos o especializados.

10,4 x 3,9 x 4,4 cm

PLA



Imagen 29: Impresión en 3D PLA

ABS

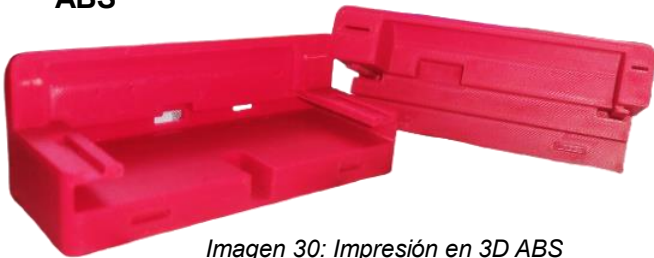


Imagen 30: Impresión en 3D ABS

Insights

El ajuste es mejor en ABS

EL acabado es mejor en ABS (con pos procesado)

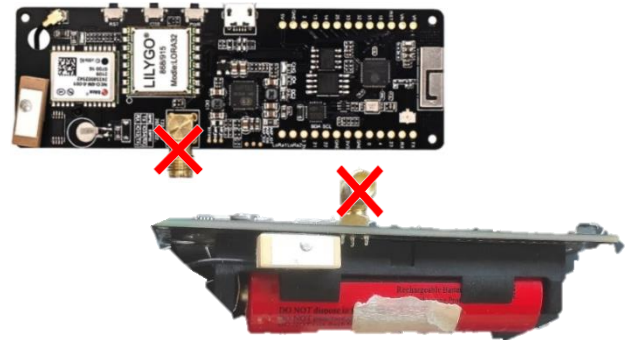
El ABS tiene mayor dureza que el PLA

Ver cierre mecánico

Se tomó la decisión de **remover la antena de la placa electrónica** tras un análisis conjunto con el compañero encargado del área técnica.

Si bien la antena podría tener utilidad en

futuras versiones del sistema, para los fines de esta etapa del proyecto no era funcional y representaba una **ocupación innecesaria de espacio**. Además, durante las pruebas de campo y observación directa en situaciones reales de juego —como scrums, mauls y tackles— se evidenció que la zona de la espalda experimenta **un alto nivel de roce y contacto**, lo que hacía inviable mantener el dispositivo con las dimensiones actuales sin comprometer la comodidad y seguridad del jugador. Ante estos antecedentes, se acordó eliminar este componente con el fin de optimizar el diseño físico para su uso en cancha.



Imágenes 31- 32: Visualización de la reducción de dimensiones removiendo la antena

Por todo, esto paso por un rediseño teniendo en cuenta el nuevo cierre a base de tornillos y el cambio de dimensiones sin la antena. También se le agrego la capa de goma eva para proteger los componentes.





Imágenes 33- 34: Nuevo rediseño más cierre tornillos, diciembre 2024

Peso: 98.2 g con placa

Dimensiones: 10.8 x 3.7 x 3,1 cm

- 2 de ancho y -6 profundo

6.4 Iteraciones finales

Peto

Se adquirieron a través de Aliexpress petos deportivos profesionales específicamente diseñados para este tipo de uso, los cuales incorporan bolsillos acolchados destinados a alojar el dispositivo, así como una banda antideslizante en la parte inferior que mejora su fijación durante el movimiento. Se compraron dos unidades por cada talla, ocho en total, siguiendo las especificaciones físicas del equipo. Posteriormente, estos petos fueron probados en campo y validados por los deportistas, quienes confirmaron su

comodidad y funcionalidad para la práctica del rugby.



Imágenes 35- 36: Peto deportivo con bolsillo incorporado



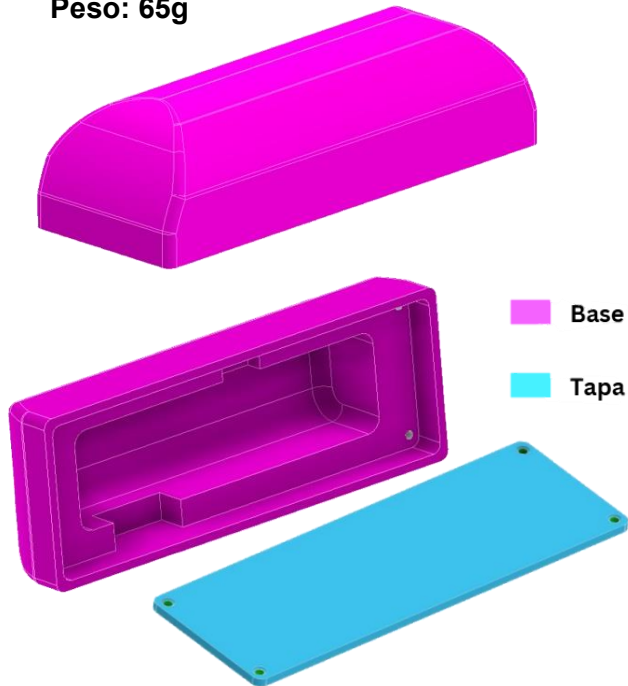
Imágen 37: Validacion de la compra y testeo 2 con dos jugadores del equipo, diciembre 2024

Carcasa

Se realizó un **rediseño de la carcasa** con un enfoque en la **simplicidad estructural**, optimizando su forma para reducir complejidad y volumen. Este nuevo diseño aprovecha los **agujeros incorporados en la propia placa electrónica** como puntos de anclaje, tanto para fijarla internamente como para facilitar el cierre del conjunto de manera funcional y eficiente.

Dimensiones: 10,6 x 3,9 x 2,5 cm

Peso: 65g



Imágenes 38- 39: render del nuevo diseño de carcasa, marzo, 2025



Imagen 40: Impresión PLA de la nueva carcasa con la placa electrónica incluida, Abril 2025

7 EJECUCIÓN METODOLOGÍA

Etapa Entregar

Prototipo Final

Descripción Técnica

El prototipo final corresponde a una **carcasa impresa en 3D en material PLA**, cuyas dimensiones son **10,6 x 3,9 x 2,5 cm**. El diseño consta de **dos piezas principales**:

Base: estructura que sostiene la placa electrónica, integrando alojamientos y puntos de anclaje.

Tapa: componente superior que permite cerrar el conjunto de manera segura y firme.

El ensamblaje se realiza mediante la fijación directa en los **orificios incorporados en la placa electrónica**, eliminando la necesidad de estructuras adicionales. Esto permite que la placa se mantenga firmemente en su posición, reduciendo la complejidad constructiva y facilitando el armado.

El prototipo cuenta con accesos exteriores para el encendido, carga y luz indicadora de encendido, lo que asegura su **usabilidad en terreno** sin necesidad de desmontar la carcasa. Su forma compacta y ergonómica está pensada para integrarse al equipamiento deportivo de los jugadores sin generar incomodidad.

Relación con el Rediseño Simplificado

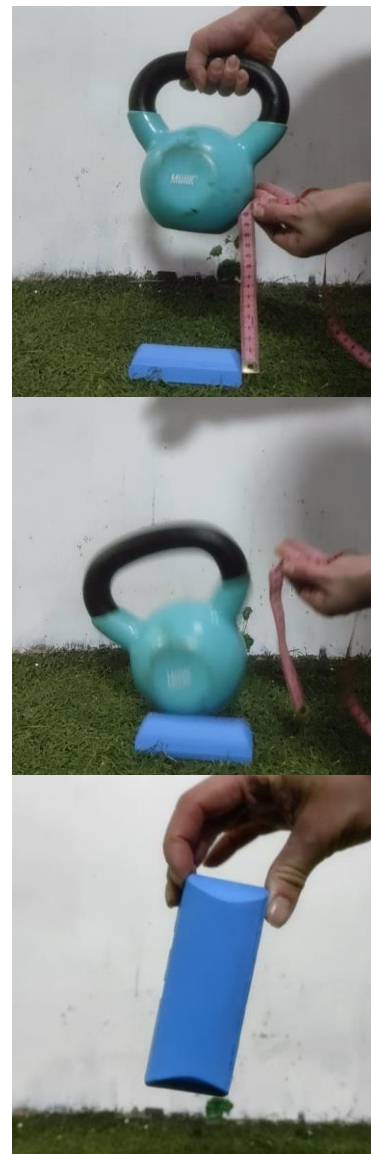
El prototipo responde a un proceso de **rediseño con enfoque en la simplicidad estructural**. A diferencia de versiones anteriores, en las que la fijación requería piezas extra, esta versión aprovecha al máximo la propia geometría de la **placa como elemento funcional**, utilizándola como parte activa del sistema de anclaje.

Esta decisión reduce tanto el **volumen total del dispositivo** como el número de piezas involucradas, logrando un conjunto más **eficiente, liviano y fácil de producir**. El uso de PLA permite fabricar el prototipo rápidamente y con bajo costo, facilitando iteraciones y pruebas de campo.

Pruebas y Validación

Prueba de Impacto con Peso Controlado

Para evaluar la resistencia de la carcasa frente a impactos, se llevó a cabo una prueba en la que se utilizó un peso de **6kg**, el cual se dejó caer desde una altura de **15 cm** sobre la carcasa del dispositivo. A lo largo de varias repeticiones, se observó que la carcasa no presentó grietas ni deformaciones significativas, lo que demuestra su capacidad para resistir impactos moderados.



Imágenes 41-43: Prueba de impacto a 15cm con 6kg, junio 2025

Prueba de Compresión

Con el objetivo de medir la resistencia de la carcasa a fuerzas de compresión, se colocó el dispositivo entre dos superficies planas y se aplicó una carga gradual. La carcasa soportó una presión de hasta **30 kilogramos** sin presentar signos de deformación, lo que confirma que el material elegido proporciona una resistencia adecuada para las condiciones del juego.



Imagen 44: Prueba de compresión 30Kg, junio 2025

Entrega y Testeo final

Finalmente, el prototipo resultante fue entregado al encargado del equipo All Brads de rugby, quien junto con los jugadores llevó a cabo la validación en condiciones reales de entrenamiento. Se testearon 2 dispositivos durante una sesión completa de práctica, que se extendió por aproximadamente **dos horas**, el dispositivo fue utilizado desde el calentamiento inicial, pasando por los distintos ejercicios de preparación, hasta el desarrollo de un juego de práctica formal. Esta prueba permitió evaluar no solo la resistencia y el ajuste del sistema en situaciones de movimiento continuo, sino también su desempeño en contextos de alta exigencia física y de contacto, propios de este deporte.



Imágenes 45: Testeo 3 en dos dispositivos en entrenamiento de rugby, agosto 2025

El dispositivo fue utilizado en conjunto con la placa de sensores diseñada por el equipo de

trabajo, la cual se mantuvo encendida durante toda la sesión. Gracias a ello, se logró realizar un trackeo efectivo de variables de interés, recopilando datos de aceleración y posición de los jugadores a lo largo de la práctica. Estos registros confirman la factibilidad de integrar la tecnología en situaciones reales y de mantener la estabilidad del sistema sin comprometer el rendimiento del usuario.

La retroalimentación verbal entregada por los deportistas fue positiva, destacando la **comodidad, la seguridad y la no interferencia** del prototipo en sus movimientos. Asimismo, tanto los jugadores como el encargado del equipo validaron que el dispositivo cumplía con los criterios de ergonomía, estabilidad y protección establecidos al inicio de este proyecto. En consecuencia, el diseño fue **aprobado en su primera fase de implementación**, abriendo la posibilidad de continuar con su perfeccionamiento y proyectando su futura integración en entrenamientos y competencias oficiales del club.



Imagen 46: Testeo 3, jugador de Rugby All Brads, agosto 2025

Plan de Implementación / Producción

En términos de factibilidad técnica, la producción del sistema resulta económicamente accesible. El peto deportivo tiene un costo aproximado de 15.000 pesos chilenos por unidad, mientras que la fabricación de la carcasa mediante impresión 3D se estima en torno a 5.000 pesos. Estos valores permiten concluir que la parte física del proyecto es considerablemente económica, lo que facilita su escalabilidad y abre la posibilidad de implementar el dispositivo en un mayor número de jugadores sin que ello implique una inversión elevada.

Mejoras a futuro

Actualmente, se está trabajando en la implementación de una nueva placa electrónica de dimensiones reducidas (2,5 x 3 x 0,5 cm), lo que permitirá disminuir significativamente el tamaño total del sistema. Esta reducción impacta directamente en el diseño de la carcasa, que podrá ser fabricada en un formato más compacto y ergonómico, aumentando la comodidad para los jugadores. Asimismo, el menor volumen facilita su correcta integración en el bolsillo del chaleco deportivo, asegurando un mejor ajuste y una experiencia de uso menos invasiva durante los entrenamientos y partidos.



Imagen 47: Nueva placa de menores dimensiones que se está trabajando, septiembre 2025

8 CONCLUSIONES

Objetivos

En este trabajo de titulación de Ingeniería en Diseño de Productos se cumplió con el objetivo general de diseñar una estructura que contuviera los sensores utilizados por los jugadores de rugby, logrando un dispositivo ergonómico, resistente y validado en condiciones reales de juego. De esta manera, se alcanzaron los objetivos planteados y se obtuvieron resultados relevantes que contribuyen tanto al campo del diseño de productos como a la innovación en el ámbito deportivo. En relación con los objetivos específicos;

Objetivo 1 (Analizar zonas del cuerpo): Se evaluaron hombros, pecho y zona entre escápulas. Se concluyó que esta última es la más adecuada, ya que ofrece estabilidad, comodidad y menor exposición a impactos.

Objetivo 2 (Definir requerimientos técnicos y funcionales): Se establecieron parámetros de estabilidad, protección, comodidad y funcionalidad, aplicados en el diseño y testeado de prototipos.

Objetivo 3 (Explorar materiales de fabricación): Se trabajó con PLA y ABS mediante impresión 3D. Se identificó que son viables en prototipado, para industrialización se requeriría inyección plástica o moldes.

Objetivo 4 (Diseñar solución estructural adaptable al jugador): Se desarrollaron propuestas en formato peto y arnés, logrando una integración discreta del sistema.

Objetivo 5 (Desarrollar prototipos físicos): Se fabricaron y evaluaron carcasas varias, petos y arneses todo en conjunto con pruebas con los jugadores.

Objetivo 6 (Pruebas en condiciones reales): Los prototipos fueron validados en entrenamientos reales con el equipo All Brads, recibiendo aprobación por parte de los jugadores en cuanto a comodidad y estabilidad.

Objetivo 7 (Recolectar retroalimentación): Se realizaron observaciones directas y encuestas, comparando alternativas y seleccionando el peto como la opción más viable y la carcasa como apta y cómoda.

Objetivo 8 (Refinar el diseño): Se implementaron mejoras en la carcasa y se retiraron elementos innecesarios (ej. antena de la placa), logrando un diseño más compacto y funcional. Cumplido, aunque continúa en proceso de optimización.

Principales hallazgos

La **zona entre las escápulas** es óptima para portar el dispositivo en rugby.

La **ergonomía y comodidad** fueron determinantes para la aceptación de los jugadores.

Los **prototipos fabricados en impresión 3D** fueron funcionales y permitieron pruebas reales, aunque no representan una solución industrial definitiva.

El **peto deportivo** resultó ser la opción más práctica y común en el mercado, validado por los usuarios.

Contribuciones del proyecto

Demuestra que es posible integrar tecnología de monitoreo al rugby a **bajo costo de manufactura**.

Sienta bases aplicables no solo al rugby, sino también a **otros deportes de alto rendimiento**.

Aporta un **ejemplo real de colaboración multidisciplinaria**, integrando diseño, telemática y experiencia de jugadores.

Limitaciones y proyecciones:

Validación realizada únicamente con el equipo All Brads.

Limitación tecnológica de fabricación a **impresión 3D universitaria**.

A futuro se recomienda **industrialización mediante moldes y reducción del tamaño de la placa y batería** para mejorar la integración.

Actualmente el proyecto continúa en fase de rediseño, orientado a una mayor miniaturización y escalabilidad.

En resumen, este trabajo de titulación ha permitido avanzar en la comprensión y el desarrollo del diseño de dispositivos portátiles aplicados al rugby, integrando criterios de ergonomía, resistencia y comodidad en contextos de alto impacto. Los hallazgos obtenidos como la validación de la zona entre las escápulas, el diseño de prototipos funcionales y la aprobación directa de los jugadores entregan información valiosa tanto para profesionales del diseño como para el ámbito deportivo. Se espera que estas conclusiones sirvan como base para futuras investigaciones y que contribuyan al perfeccionamiento de tecnologías wearables orientadas a la mejora continua del rendimiento y la seguridad en el deporte.

9 REFERENCIAS

REFERENCIAS

Ambler, W. (2024, 7 junio). *Injury Prevention In Sports: The Benefit of Athlete Monitoring Systems*. Catapult.

<https://www.catapult.com/blog/injury-prevention-in-sports>

Lee, S. (2025, Marzo). *10 Data-Driven Ways Wearable Tech Enhances Athlete performance*.

https://www.numberanalytics.com/blog/10-data-driven-ways-wearable-tech-athlete-performance#google_vignette

Comunicación, P. (2024, 17 julio). *La importancia de la ergonomía en la ropa deportiva*. H SPORT WEAR.

<https://www.hsportwear.com/blogs/actualidad/la-importancia-de-la-ergonomia-en-la-ropa-deportiva>

American College of Sports Medicine. (2025, 19 febrero). *ACSM Fitness Trends*. ACSM.

<https://acsm.org/education-resources/trending-topics-resources/acsm-fitness-trends/>

Singh, S., & Singh, A. (2024). Mercado de wearables deportivos: por tipo de producto (pulseras de fitness, relojes inteligentes, ropa

inteligente, calzado, sombreros inteligentes, otros), por aplicación (salud y fitness, deportes y atletismo, entretenimiento y multimedia, otros), por usuario final, pronóstico 2024-2032. En *Global Market Insights Inc.* <https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/sports-wearables-market>

Tambler, W. (2024, 25 noviembre). *2025 Tendencias clave en el deporte: Entrenamiento y ventaja competitiva*. Catapulta. <https://www.catapult.com/es/blog/tendencias-en-el-deporte?>

EDUSport. (2025, 11 septiembre). Wearables y cómo influye su tecnología en deporte y salud. *Edusport*. <https://edusport.school/area-deportiva/blog/actualidad-deportiva/influencia-de-la-tecnologia-wearable-en-el-rendimiento-deportivo>

Extentia, & Extentia. (2025, 7 mayo). Let's Talk About: Wearable Technology Trends in 2024 - Extentia. *Extentia - IT Consulting Services and Solutions*. <https://www.extentia.com/lets-talk-about-wearable-technology-trends-in-2024/>

Mercado de wearables inteligentes - Tamaño y participación de la industria. (2023, 28 junio).

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/smart-wearables-market>

Johan Cruyff Institute. (2024, 17 diciembre). *Los wearables triunfan en la industria del deporte*. <https://johancruyffinstitute.com/es/blog-es/los-wearables-triunfan-industria-del-deporte/>

Fitbit Versa 2 | Health & Fitness smartwatch. (s. f.). <https://www.fitbit.com/sg/versa>

Garmin | Chile. (s. f.). <https://www.garmin.com/es-CL/>

Catapult. (2025, 8 agosto). *Catapult | Sports Technology | Unleash Potential*. <https://www.catapult.com/>

Shoulder injuries in rugby players. (2009, enero). ResearchGate. Recuperado 2 de junio de 2025, de https://www.researchgate.net/publication/45114455_Shoulder_injuries_in_rugby_players

worldrugby.org. (2021, 18 febrero). *Tackle, ruck and maul*. <https://www.world.rugby/the-game/beginners-guide/tackle>

Impact of sensor/reference position on player tracking variables: Center of scapulae vs center of pelvis. (2019, 23 enero). ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929018308832?via%3Dihub>

All Brads Rugby Club (2025) | Pasión por el Rugby y el Hockey.
<https://www.allbrads.com/es>

Appl. Sci. (2023). "Review on Wearable Technology in Sports: Concepts, Challenges and Opportunities." MDPI.
<https://www.mdpi.com/2076-3417/13/18/10399>

Global Growth Insights. (2025, 18 septiembre). *Wearable health devices market.*
<https://www.globalgrowthinsights.com/market-reports/wearable-health-devices-market-112278>

Berg, M. F., Døsvik, H., Skjølsvik, K. Ø., Pedersen, T. S., Aasan, V., Steinert, M., & Eikevåg, S. W. (2023). Wireless sensor system for real-time performance monitoring in sports. *Frontiers In Sports And Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1305117>

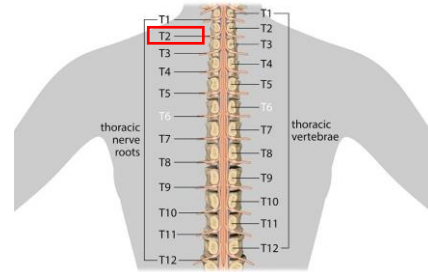
Advancements in Wearable Smart Textiles: Transforming Health, Sports, and Beyond. (2025). *International Journal For Multidisciplinary Research (IJFMR)*, E-ISSN: 2582-2160, www.ijfmr.com.

<https://www.ijfmr.com/papers/2025/1/33507.pdf>

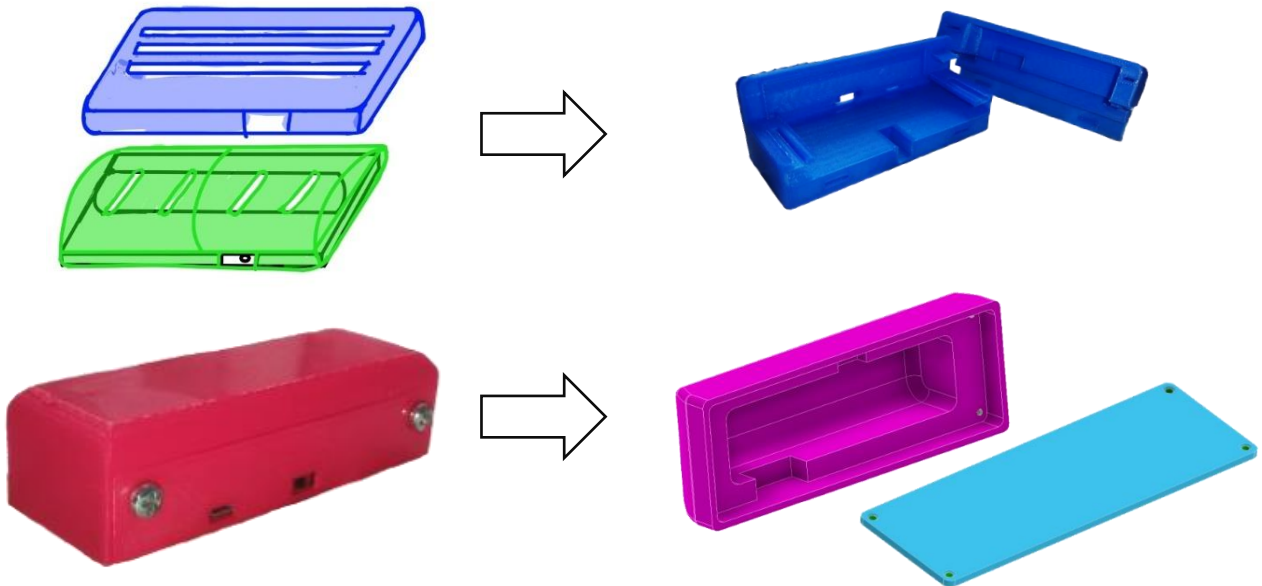
10 ANEXO

ANEXO A

A.1. Ubicación Ubicación del dispositivo en el cuerpo esquema visual de la elección final del área entre escápulas entre T2 y T6



A.2. Diseños Bocetos y evolución del diseño estructural Registro del proceso de diseño, desde las primeras ideas hasta las iteraciones finales del prototipo.



A.3. Materiales

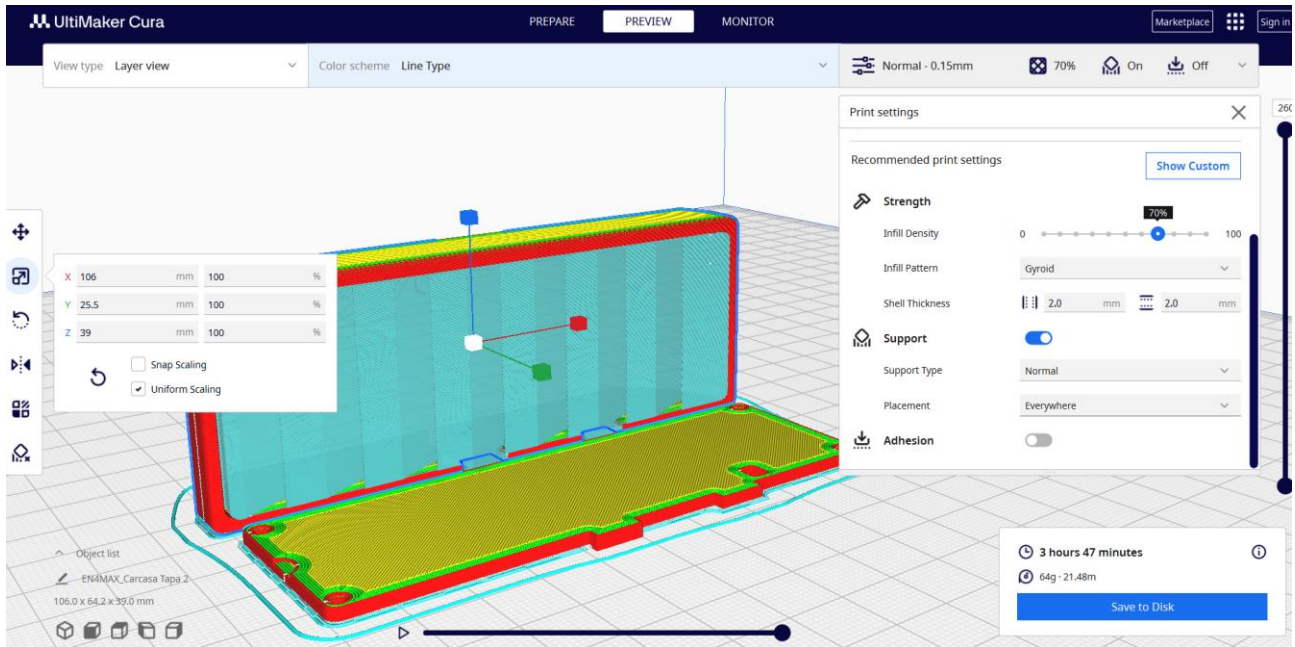
Ficha técnica de materiales utilizados

Propiedades mecánicas básicas y características de los materiales seleccionados (PLA, ABS, Lycras, correas).

Material	Descripción general	Propiedades mecánicas relevantes	Ventajas principales	Limitaciones / Consideraciones	Aplicación en el proyecto
PLA (Ácido Poliláctico)	Termoplástico biodegradable derivado del maíz, ampliamente usado en impresión 3D.	Dureza: alta / Densidad: 1,24 g/cm ³ / Resistencia a la tracción: 60 MPa / Temperatura de fusión: 180–220 °C	Buena rigidez, alta precisión de impresión, acabado limpio.	Frágil ante impactos y calor, poca flexibilidad.	Carcasa inicial del dispositivo, pruebas de forma y ajuste.
ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)	Termoplástico de ingeniería con buena tenacidad y resistencia térmica.	Dureza: media-alta / Densidad: 1,04 g/cm ³ / Resistencia a la tracción: 40 MPa / Temperatura de fusión: 220–250 °C	Alta resistencia al impacto, durabilidad, apto para postprocesado con acetona.	Más difícil de imprimir, puede deformarse sin cama caliente.	Carcasa final por su resistencia y capacidad de postprocesado.

Material	Descripción general	Propiedades mecánicas relevantes	Ventajas principales	Limitaciones / Consideraciones	Aplicación en el proyecto
Lycra (Spandex)	Fibra sintética de gran elasticidad usada en prendas deportivas.	Elongación: 500–700 % / Resistencia al desgarro: alta / Recuperación elástica: excelente	Comodidad, transpirabilidad, se adapta al cuerpo.	Sensible al calor y la fricción prolongada.	Base textil del peto, permite integración anatómica del dispositivo.
Correas de Nylon	Tiras tejidas de poliamida, resistentes y duraderas.	Resistencia a la tracción: 70–90 MPa / Densidad: 1,14 g/cm ³ / Alta tenacidad	Alta resistencia mecánica, buena estabilidad dimensional, bajo costo.	Poca elasticidad, puede retener humedad.	Sistema de sujeción tipo arnés, aporta estabilidad al conjunto.

A.4. Parámetros Parámetros de impresión 3D y proceso de fabricación
Configuración de impresión, temperatura, relleno, tiempos estimados y equipamiento utilizado.



A.5. Encuesta Encuesta de validación y retroalimentación de jugadores
Formulario aplicado y resultados obtenidos sobre la percepción de comodidad, ajuste y aceptación del dispositivo.

Comodidad General

¿Cuál opción te pareció más cómoda durante la práctica?

23 respuestas



● Peto de Lycra
● Arnés de Correa

Comentarios de la respuesta anterior

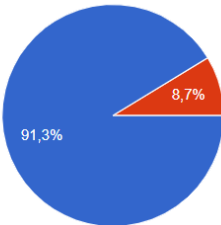
5 respuestas

- sin topes plasticos y es como una polera
- No apretaba, y la forma de ponérselo era mucho más fácil
- Ocupe el arnés y si bien no es incómodo raspa un poco
- No tiene plasticos que molestan al chocar
- Genera menos roce

Ajuste y Estabilidad

¿Cuál se mantuvo mejor en su lugar durante el entrenamiento sin moverse o causar molestias?

23 respuestas



● Peto de Lycra
● Arnés de Correa

Comentarios de la respuesta anterior

5 respuestas

- al ajustarse, la talla no importa
- ambos se mantenían bien, pero el peto gana por el mero hecho de ser más comodo
- Se mantuvo en su lugar pero no es 100% cómodo
- Los se mantuvieron bien
- No me di cuenta de que se haya desplazado

Libertad de Movimiento

¿Con cuál opción te sentiste con mayor libertad de movimiento durante los ejercicios?

23 respuestas



Comentarios de la respuesta anterior

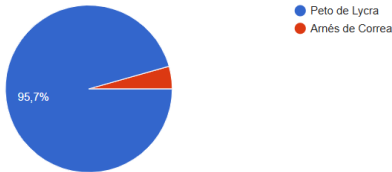
4 respuestas

es elastico
por ejemplo en el press banca, no podía hacerlo con el arnés ya que habían partes duras de plástico que me topaban el pecho y dolía
Me lo puse un rato y se apegó más a la piel
Peto al ser mas elastico

Sensación de Seguridad

¿Cuál te dio mayor confianza en cuanto a la protección del dispositivo durante el juego?

23 respuestas



Comentarios de la respuesta anterior

4 respuestas

los topes plasticos pueden causar daño
estaba mejor sostenido, en el otro simplemente estaba en un bolsillo
Tiene menos chance de salirse
Peto sin problemas, el arnes hay que tener ojo en que tan apretado queda

Facilidad de Uso

¿Cuál te resultó más fácil de poner y quitar antes y después de la práctica?

23 respuestas



Comentarios de la respuesta anterior

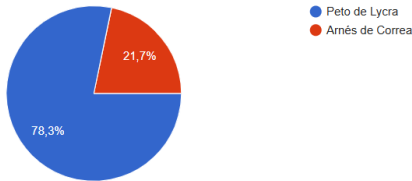
4 respuestas

nos demoramos en entender como se ponía el arnes
el otro era complicado de desenredar
No requiere ajustar
Peto se pone como polera el arnes me demore un poco en entenderlo

Sugerencias de Mejora

¿Hay algún aspecto que te gustaría mejorar o cambiar en cualquiera de las dos opciones?

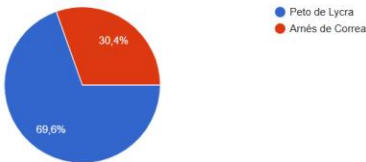
23 respuestas



Impacto en el Rendimiento

¿Sentiste que alguna de las dos opciones afectó tu rendimiento durante la práctica (positiva o negativamente)?

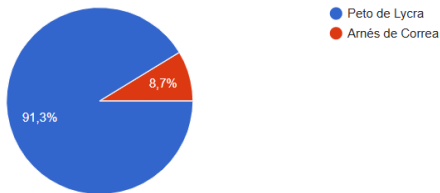
23 respuestas



Durabilidad Percibida

Basado en tu experiencia, ¿Cuál de las dos opciones te parece más resistente y duradera para el uso a largo plazo?

23 respuestas



Comentarios de la respuesta anterior

7 respuestas

- si es posible tener mas tallas
- quizás ponerle un cierre al bolsillo para que el gps no salga volando
- No
- Más tallas
- Tener consideración por el tamaño de loa ajustes plasticos del arnes
- Que fuesen mas pegados a la ropa
- Comodidad

Comentarios de la respuesta anterior

6 respuestas

- los topes son un problema al momento de chocar
- negativa, lo mencionado del press banca
- Positivamente
- Raspa un poco
- El peto se siente solo el sensor atras el otros tiene el problema de los amarres plasticos que al caer al suelo duele
- No

Comentarios de la respuesta anterior

4 respuestas

- el arnes evita es mas dicfil tironearlo
- gracias a su facilidad de uso
- Ya que no tiene broche
- Es mas resistente a tirones

Preferencia General

Si tuvieras que elegir uno para usar de forma continua, ¿Cuál escogerías?

23 respuestas



Comentarios de la respuesta anterior

4 respuestas

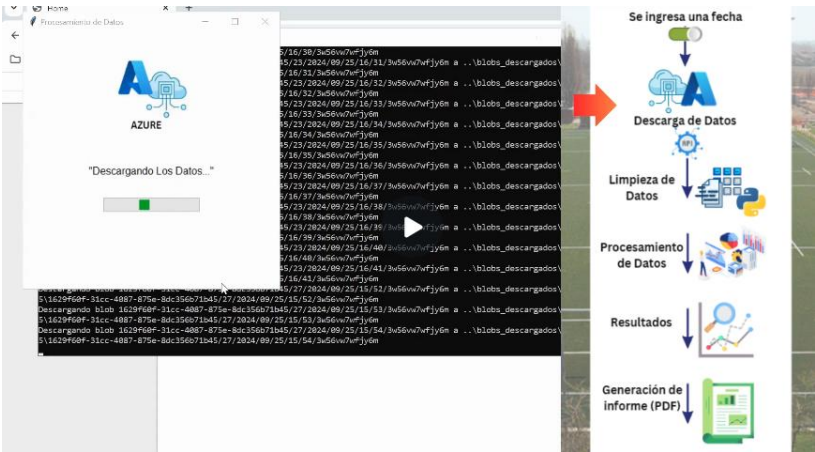
en general es la opcion mas segura

comodidad

Debido a que se parece más a una primera capa y es más cómodo

Es la opcion que me parece que mas se ajusta al deporte

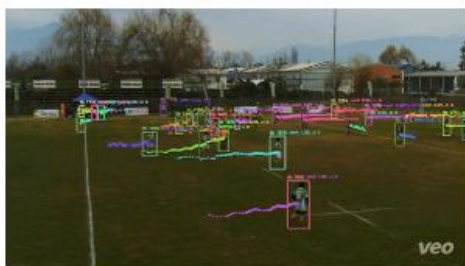
A.6. Registro de datos obtenidos por sensores
Gráficos de aceleración y posición recolectados durante la prueba de campo.





BOXMOT: REPOSITORIO DE TRACKERS

- BOXMOT BRINDA LA POSIBILIDAD DE ILUSTRAR EL RECORRIDO DE LAS IDENTIFICACIONES
- IDEA: HACER SEGUIMIENTO A PARTIR DEL CENTRO DE LAS CAJAS, ADAPTANDO EL CÁLCULO DE LA DISTANCIA RECORRIDA SEGÚN EL ÁREA DE LA CAJA (EN PROPORCIÓN)



A.7. Documentación Documentación de normativa y estándares aplicados

Extractos y referencias de normas relacionadas con seguridad deportiva, ergonomía y materiales aplicables a equipamiento de protección.

World Rugby

Este artículo establece los requisitos que deben cumplir los **dispositivos de monitoreo usados por jugadores de rugby**, priorizando la **seguridad, ergonomía y resistencia**. Es crucial para asegurar que estos dispositivos no afecten el rendimiento ni representen riesgo de lesiones. Define normas de **diseño físico, materiales permitidos, sistemas de sujeción, tamaño, forma y peso**, además de los métodos de **prueba de impacto y compresión**. También detalla el proceso para la **aprobación por World Rugby**, incluyendo ensayos en laboratorios certificados. Su cumplimiento es obligatorio para que el dispositivo pueda ser usado en competencias oficiales.

Normas específicas a tener en cuenta a la hora de realizar este proyecto:

1. Diseño físico y mecánico

- Peso $\leq 0,09$ kg, incluyendo batería.
- Tamaño dentro de los límites especificados por World Rugby (ver Tabla 1 de la norma).
- Ningún borde o superficie con **radio de curvatura < 12 mm** (excepto excepciones permitidas).
- Dispositivo debe tener **forma ergonómica**, sin bordes filosos o zonas que causen lesiones.
- El sistema de sujeción mantiene el dispositivo entre las **vértebras T2 y T6, alineado verticalmente** con la columna.

2. Sistema de retención

- Se sujeta mediante:
 - Bolsa integrada en la camiseta o arnés con bolsa interna que cumpla la Regla 4 y Regulación 12 de World Rugby.

- El acolchado alrededor del dispositivo es:
 - Máx. **2 mm** de espesor.
 - **Homogéneo** (misma densidad, textura y dureza que el del oponente).
 - No es de tipo "espuma sándwich".

□ 3. Materiales y resistencia

- Carcasa resistente a: **agua, sudor, UV, detergentes**, etc.
- No provoca reacciones cutáneas.
- Superficie y estructura resistentes a impactos y compresión:
 - No se rompe con **impacto de 6,2 kg desde 0 a 150mm**.
 - No falla bajo compresión **< 1 kN**. Si rompe entre 1–2,5 kN, se evalúa tolerancia.
 - No genera bordes afilados al romperse.
- *Probado en **laboratorio independiente aprobado por World Rugby (ISO 17025)**.

🔧 5. Ensayos

- Se entregan **20 carcasas vacías** y **5 dispositivos completos** para pruebas.
- Las muestras se acondicionan y prueban a temperaturas entre **0 °C y 23 °C**.
- Se cumple con:
 - Prueba de **carga de impacto** (ver Sección 7.5).
 - Prueba de **carga de compresión** (ver Sección 7.6).
 - Verificación del **radio de curvatura** (ver Sección 7.7).

<https://www.world.rugby/the-game/facilities-equipment/equipment/specifications/pmds>

2. ISO 7250-1:2008

Basic human body measurements for technological design

Es un documento fundamental para cualquier persona involucrada en el diseño que considere las **dimensiones del cuerpo humano**, proporcionando un marco de referencia internacional para la obtención y el uso de **datos antropométricos**.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/65246/62a635ff31234ed5a84e76a2296fde70/ISO-7250-1-2017.pdf>

3. ISO 9241-210:2019

Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems

Enfasis en comprender el "**contexto de uso**" del jugador. Esto implica analizar detalladamente las tareas, el entorno (campo, vestuario), y los objetivos de los usuarios (entrenadores, jugadores) para asegurar que el dispositivo y la información que proporciona sean relevantes y se integren de manera efectiva en su rutina y necesidades específicas.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/77520/33cc3cf17e5e4f1894ee872ed4f54fb6/ISO-9241-210-2019.pdf>

4. ISO 868:2022

Plastics and rubber – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)

Especifica un método estándar para determinar la **dureza de indentación** de plásticos y ebonita, utilizando durómetros (dureza Shore). Define los procedimientos de ensayo, los equipos necesarios (durómetros Shore A y D), y la forma de expresar los resultados. Su objetivo principal es asegurar un método consistente para el control de calidad y la comparación de la dureza de estos materiales. Es crucial utilizar esta versión actualizada para asegurar la aplicación de las mejores prácticas en los métodos de ensayo.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/34804/a84cf1ebb91149e39513cc01c9e01050/ISO-868-2003.pdf>

Todas las normas **ISO** previamente mencionadas se encuentran aplicadas y adaptadas específicamente al contexto del rugby en el documento normativo “World Rugby”.

A.7. Análisis de costo Análisis de costos y factibilidad técnica

Desglose de costos estimados del peto, carcasa y materiales, junto con una breve evaluación de escalabilidad y alternativas de fabricación.

Elemento	Descripción	Cantidad Unidad	Costo unitario (CLP)	Costo total (CLP)	Observaciones
Carcasa (PLA)	Impresión 3D de carcasa de 64 g de PLA. Material a \$10.000/kg.	5 unidades	\$640	\$3.200	Fabricadas en oficina, sin costos adicionales de impresión.
Peto deportivo	Peto profesional con bolsillo acolchado.	8 unidades (4 tallas x 2 unidades)	\$15.000	\$120.000	Comprados a través de proveedor internacional.
Material de impresión	Consumo total estimado de PLA (0,32 kg).	—	\$10.000/kg	\$3.200	Incluye iteraciones previas y versión final.
Tiempo de impresión	3,5 h por carcasa aprox.	5 iteraciones	—	—	Relevante para factibilidad temporal (≈17,5 h totales).

Resumen de factibilidad

El desarrollo del sistema físico presenta una alta factibilidad técnica y económica, con costos de fabricación accesibles y materiales de fácil obtención en el entorno universitario o profesional. La impresión 3D en PLA permitió realizar cinco iteraciones sin gastos elevados, asegurando la optimización del diseño. Cada carcasa puede reproducirse en menos de cuatro horas, lo que facilita su replicación a pequeña escala.

En una posible fase de producción masiva, el proceso podría migrar a inyección plástica o moldeo por vacío, reduciendo tiempos de fabricación y mejorando la precisión dimensional. Sin embargo, en esta etapa de validación, la impresión 3D se considera un método económico, flexible y plenamente viable para el propósito del proyecto.

A.8. Plan de mejora **Plan de mejora y proyecciones futuras**

Acción propuesta	Objetivo / impacto esperado	Estado actual
Reducción del tamaño de la placa (2,5 x 3 cm)	Disminuir el volumen total y mejorar el ajuste anatómico del dispositivo.	En desarrollo; prototipo electrónico reducido en pruebas.
Rediseño de carcasa compacta	Lograr una estructura más liviana, cómoda y ergonómica.	Pendiente, en espera de dimensiones finales de la placa.
Evaluación de nuevos materiales (TPU reforzado, compuestos híbridos)	Incrementar resistencia al impacto y flexibilidad controlada.	En fase de análisis y selección de materiales.
Optimización del sistema de sujeción	Mejorar la estabilidad del dispositivo y la integración con el peto.	En revisión; se proyecta rediseño de correas y anclajes.
Pruebas de campo con nuevos componentes	Validar la funcionalidad, comodidad y durabilidad de las mejoras propuestas.	Planificadas para la próxima etapa de implementación.