

**UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA -**  
**INGENIERÍA BIOMÉDICA**



**FUNDAMENTOS DE BIODISEÑO**

**Entregable 12 - Caso Loayza**

**AUTORES:**

Villarreal Mamani, Rosa Isabel  
Santa Maria La Rosa Sanchez, Alejandro Sebastian  
Santivañez Portella, Gael Franz  
Torres Castañeda, Ricardo Percy  
Valdivia Pari, Valeria Ivannia  
Vásquez Cruz, Gustavo Alonso

**DOCENTES:**

Juan Manuel Zuñiga

**Grupo 15**

Lima, 21 de noviembre del 2025

---

## PLAN DE USABILIDAD BASADO EN EVIDENCIAS

### 1. Contexto de uso (Describe cómo, dónde y quién usará el dispositivo)

El dispositivo será utilizado principalmente por el paciente Loayza para asistir la movilidad del brazo izquierdo, mejorar su marcha y favorecer una postura adecuada, contando además con el apoyo de un cuidador o familiar para su colocación y supervisión inicial. Su uso se desarrollará tanto en entornos clínicos, donde profesionales de la salud validarán su funcionamiento durante sesiones terapéuticas, como en el hogar, donde el paciente continuará su proceso de rehabilitación de manera autónoma. La frecuencia estimada de uso es de sesiones de entre 2 y 3 horas.

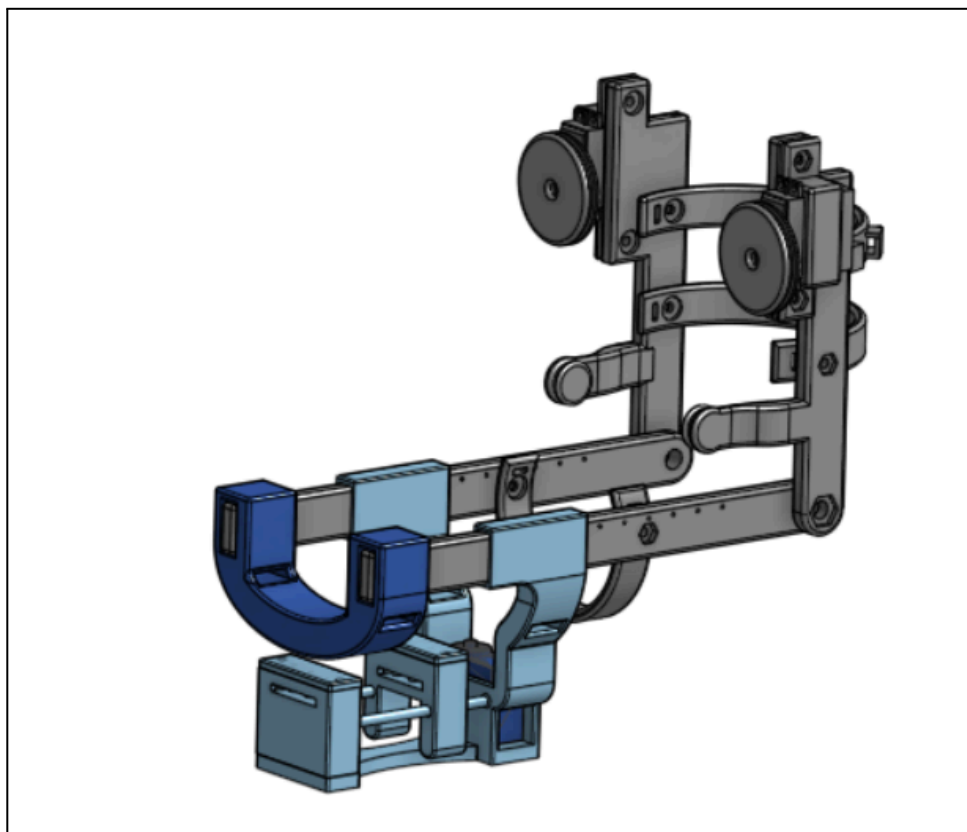


Imagen 1: Modelado 3D en OnShape del prototipo.



Imagen 2 y 3: Prototipo del exoesqueleto en el paciente Loayza.

## 2. Perfil de usuario (Características físicas, cognitivas y emocionales del usuario)

El paciente no presenta limitaciones visuales, cognitivas ni de comprensión, por lo que conserva su capacidad para procesar información, seguir instrucciones y aprender el uso del dispositivo; sin embargo, muestra limitaciones motoras significativas, como la pérdida total de movilidad en el brazo izquierdo, movilidad parcial en el derecho y dificultad para caminar sin apoyo, lo que afecta directamente su independencia y puede generar impacto emocional, especialmente asociado al estrés o ansiedad por la pérdida de autonomía.

Evidencia basada en caso clínico presentado:

- Paciente: Loayza
- Edad: no especificada
- Profesión: Ingeniero
- Diagnóstico médico: Lesión medular incompleta a nivel C4, tipo D por impacto de bala.
- Condición física: Movilidad limitada en el brazo izquierdo y parcial en el derecho, dificultad para caminar sin apoyo externo.

## 3. Análisis de tareas (Tareas necesarias para usar el prototipo correctamente)

### **Lista de Tareas:**

1. Preparación de componentes y conexiones.
2. Colocación de la manga principal y rótulas.
3. Ajuste de velcros de la manga y arnés de hombro.
4. Colocación y ajuste de la pulsera en la muñeca.
5. Encendido del dispositivo y rutina de activación segura.
6. Selección y/o alternancia del modo de asistencia.
7. Uso asistido para flexión de codo.
8. Uso asistido para agarre funcional de la mano.
9. Supervisión continua del funcionamiento.
10. Apagado y retiro del exoesqueleto al finalizar la terapia.

**Tabla de tareas, riesgos y justificación:**

<b>Lista de tareas</b>	<b>Riesgos</b>	<b>Justificación de riesgos</b>
Preparación y conexión: Asegurar que la batería y los componentes estén en sus compartimentos y que las conexiones sean correctas.	Caída o desconexión de los componentes; mal funcionamiento del sistema por conexiones inestables; riesgo de cortocircuito.	Si la batería o los módulos electrónicos no están asegurados o conectados correctamente, pueden generar fallas eléctricas, pérdida de energía o movimientos bruscos del dispositivo.
Colocación y ajuste de la manga y arnés: Colocar la manga y el arnés de hombro (incluye rótulas) y ajustarlos mediante velcros.	Lesión muscular o incomodidad por presión excesiva; limitación de la circulación sanguínea; desajuste del sistema de sujeción.	El ajuste incorrecto puede generar tensión muscular o presión excesiva sobre músculos, tendones o nervios, afectando la comodidad y la seguridad. Si el velcro no se fija, la férula puede generar tensión en la articulación del hombro.
Ajuste de la pulsera: Colocar la pulsera en la muñeca y ajustar el velcro.	Compresión excesiva de la muñeca, irritación de la piel, interferencia en la circulación.	Un ajuste demasiado apretado puede comprimir tendones, vasos sanguíneos o nervios, afectando la movilidad y causando molestias.
Activación segura del dispositivo : Encender el dispositivo y activar el modo de asistencia mediante los sensores capacitivos.	Activación accidental o mal funcionamiento del sistema, movimientos no deseados.	Una manipulación incorrecta o una falla en los sensores puede causar movimientos bruscos y no deseados del exoesqueleto, comprometiendo la seguridad del usuario.
Supervisión continua: Monitorear el funcionamiento del dispositivo durante todo su uso.	Riesgo de sobreesfuerzo o distracción del cuidador, posible reacción tardía ante una falla.	Una falta de supervisión o respuesta tardía ante un mal funcionamiento (como un fallo eléctrico o una activación inesperada) puede poner en riesgo la integridad del paciente.

Retiro del exoesqueleto: Apagar el dispositivo y retirar el exoesqueleto y sus componentes.	Riesgo de lesiones leves al retirar los componentes; desconexión incorrecta; tirones o atrapamientos.	Un retiro apresurado o sin seguir el procedimiento adecuado puede generar tirones, atrapamientos o dañar los conectores eléctricos o mecánicos.
--	---	---

4. Criterios de éxito (requisitos de usabilidad) (Son los indicadores concretos para saber si el dispositivo es usable)

<b>Criterio</b>	<b>Indicador de éxito</b>	<b>Métrica objetivo</b>
<b>Eficacia</b>	El paciente logra colocarse el exoesqueleto correctamente siguiendo las instrucciones del cuidador o terapeuta.	100% de los usuarios logran completar la colocación sin errores críticos.
<b>Eficiencia</b>	Tiempo requerido para colocar, ajustar y encender el exoesqueleto.	Tiempo total de colocación < 5 minutos.
<b>Funcionalidad (codo)</b>	El sistema asiste la flexión del codo mediante servomotor.	Lograr la flexión asistida en el rango real del prototipo: 0°-75° (Limitado por el torque del servo)
<b>Funcionalidad (agarre)</b>	El sistema permite el agarre estable para sujetar objetos (como el andador).	Se logra el agarre funcional (3 dedos mediante cables Bowden) de manera estable.
<b>Funcionalidad (servos)</b>	Giro completo de los servomotores con el fin de realizar movimientos de flexión y extensión.	Reducción de errores en los servos menor a un 95%.
<b>Autonomía</b>	Duración autónoma de la batería durante la sesión de terapia.	La batería debe durar $\geq 2$ horas de uso continuo.
<b>Satisfacción</b>	Nivel de comodidad, facilidad de uso y percepción general del exoesqueleto.	Puntuación $\geq 4/5$ en encuesta de satisfacción o SUS > 70.
<b>Seguridad</b>	Número de incidentes o fallos durante el uso (mecánicos, eléctricos o físicos en las sesiones de terapia)	0 lesiones o fallos que comprometan la integridad del paciente.

---

---