



EXOESQUELETO ARMTHREX DISEÑADO PARA ASISTENCIA Y REHABILITACIÓN FUNCIONAL DEL BRAZO



Alejandro Santa María, Gael Santivañez, Ricardo Torres, Valeria Valdivia, Gustavo Vásquez y Rosa Villarreal

¹Fundamentos de Biodiseño 2025-2, Ingeniería Biomédica, Facultad de Ciencias e Ingeniería

Análisis del caso/problemática

El usuario Loayza con lesión medular incompleta C4 tipo D causada por impacto de bala.

- **Presenta limitación severa de movilidad, con:**
 - a) Parálisis parcial en ambos brazos (mayor afectación en el derecho).
 - b) Movilidad limitada en el brazo izquierdo.
 - c) Dificultad para caminar sin apoyo externo.
- **Consecuencias asociadas al nivel C4:**
 - a) Atrofia muscular por falta de activación motora.
 - b) Alteraciones de sensibilidad por debajo del nivel de la lesión.
- Estas limitaciones afectan su autonomía y desempeño en actividades diarias.
- Se requieren intervenciones integrales desde la rehabilitación y la ingeniería biomédica para mejorar su funcionalidad y calidad de vida.

Objetivos

- Proporcionar soporte y asistencia activa en la flexión y extensión del codo.
- Proporcionar asistencia en el movimiento de apertura y cierre de la mano.
- Recuperación parcial con posibilidad de marcha asistida (uso de andador).

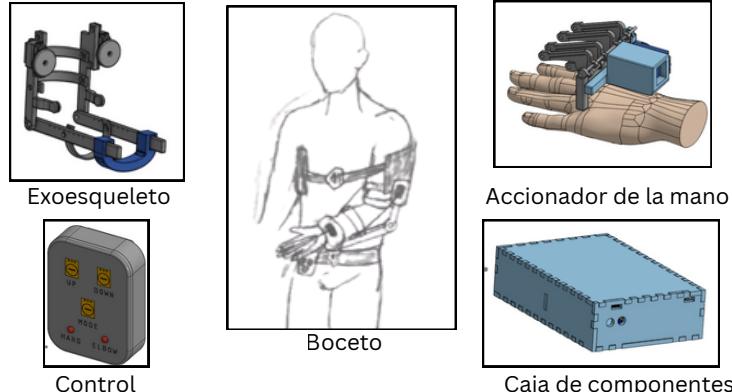
Requerimientos de diseño

CATEGORÍA	REQUERIMIENTO	CATEGORÍA	REQUERIMIENTO
Objetivo	Agarre y flexión asistida, con estabilización del tronco	Encaje y fijaciones	Fijación acolchada en zonas críticas
Funcionalidad mecánica	Flexión parcial de codo y agarre estable de mano	Detección de activación	Sensor táctil fiable y estable
Rango de movimiento	0°-75° (limitado por torque del servo)	Control de movimiento	Servo + mecanismo biela-manivela para dedos
Materiales usados	PLA + acolchado para comodidad	Tiempo de respuesta	Activación <200 ms, estable
Hilos	Hilo de pescar optimizado para tracción	Seguridad	Sistema aislado + bordes suaves

Análisis del caso/problemática

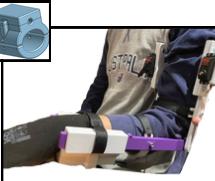
Diseño/Prototipado

1. DEL BOCETO INICIAL AL MODELADO 3D

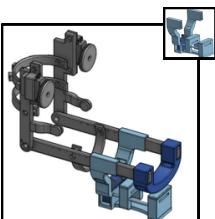


2. ITERACIONES

ARMTHREX 1.0

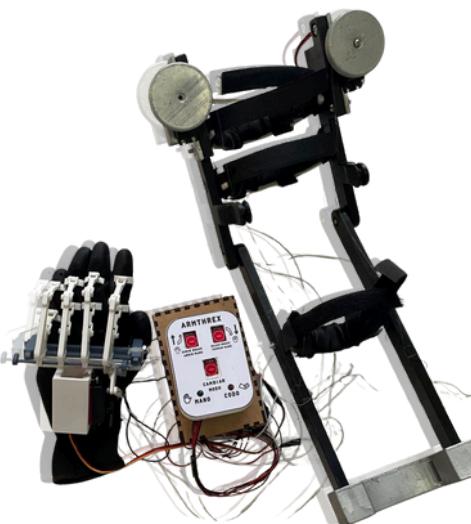


ARMTHREX 2.0



3. PROTOTIPO INTEGRADO

ARMTHREX 3.0



Resultados y Discusión

• DESCRIPCIÓN GENERAL:

Haciendo frente a la problemática se desarrollo Armthrex, es un exoesqueleto diseñado para el paciente Loayza con el fin de asistir la movilidad del brazo izquierdo, favorecer una marcha más estable y promover una postura adecuada. Su colocación y supervisión inicial requieren el apoyo de un cuidador.

• ENTORNOS DE USO:

- a) Clínico: Validación y supervisión por profesionales de la salud durante sesiones terapéuticas.
- b) Hogar: Uso autónomo para continuar el proceso de rehabilitación.
- c) Frecuencia estimada: Sesiones de 2 a 3 horas.

• FUNCIONES PRINCIPALES:

1. Flexión y extensión del codo.
2. Apertura y cierre de la mano.
3. Soporte para mejorar la marcha mediante agarre estable de un andador.
4. Promoción de recuperación parcial funcional.

• BENEFICIOS DEL SISTEMA:

- a) Diseño ergonómico y fácil de usar.
- b) Agarre estable para ayudas externas (andador).
- c) Tiempo de respuesta reducido.
- d) Potencial para futuras mejoras en autonomía.

• LIMITACIONES Y MEJORAS:

Las limitaciones encontradas en nuestro dispositivos fueron diversas como la incorporación del arnés en ocho con el dispositivo, el cambio de material del exoesqueleto a uno mucho menos comercial que ofrece rigidez y compatibilidad biológica, necesidad de cambiar el servomotor de su lugar sin la dependencia de múltiples mecanismos biela-manivela, y finalmente, el cambio de cables jumpers por cables multifilares debido a las fallas de conexión o un posible corto.

Conclusiones y recomendaciones

• CONCLUSIONES:

1. El diseño iterativo permitió un exoesqueleto funcional para la asistencia de la flexión de codo y apertura/cierre de mano.
2. Poleas, aros y biela-manivela mejoraron la transmisión de fuerza y redujeron fricción.
3. El uso de cables soldados aumentó la estabilidad eléctrica y evitó daño de componentes.
4. Armthrex 3.0 prueba la viabilidad de un dispositivo accesible, modular y adaptable a personas con limitaciones en miembros superiores.

• RECOMENDACIONES:

1. Realizar pruebas con usuario final para refinar ergonomía y seguridad.
2. Mejorar la protección del cableado, transmisión de fuerza y la durabilidad del mecanismo de tracción.