

# Diseño y desarrollo de una órtesis automatizada y personalizada para el tratamiento del pie caído

media  
lab\_



Alba González Fernández

UO270756@uniovi.es

Tutor/es:

Ignacio Álvarez García, Universidad de Oviedo, ialvarez@uniovi.es  
Ramón Rubio García, Universidad de Oviedo, rubio@uniovi.es



Máster Universitario en  
Ingeniería Mecatrónica

## Abstract

This work presents the development of an automated orthosis designed for the treatment of all types of equinus foot, a neuromuscular condition that hinders dorsiflexion—that is, the lifting of the front part of the foot during walking. The orthosis incorporates pressure and inertial sensors that enable the identification of different gait cycle phases, activating a motorized system that lifts the foot in a controlled manner with independent adjustments. Powered by rechargeable batteries, the system aims to improve the user's stability and walking naturalness. The orthosis is personalized through 3D scanning and additive manufacturing, ensuring a precise anatomical fit for each patient. The project is structured into three sequential phases to ensure functionality and reliability: test bench, functional prototype, and final orthosis. Each phase encompasses mechanical and electronic design, manufacturing, and the implementation of the control system.

## Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de una órtesis automatizada destinada al tratamiento de todos los tipos de pie caído, una afección neuromuscular que dificulta la dorsiflexión, es decir, el levantamiento de la parte frontal del pie durante la marcha. La órtesis incorpora sensores de presión e inerciales que permiten identificar las distintas fases del ciclo de la marcha, activando un sistema motorizado que eleva el pie de manera controlada y con ajustes independientes. Alimentado por baterías recargables, el sistema busca mejorar la estabilidad y naturalidad del desplazamiento del usuario. La órtesis se personaliza mediante escaneo 3D y fabricación aditiva, lo que garantiza una adaptación anatómica precisa a cada paciente. El proyecto se estructura en tres fases secuenciales para asegurar su funcionamiento y fiabilidad: banco de pruebas, prototipo funcional y órtesis final. Cada etapa abarca el diseño mecánico y electrónico, la fabricación y la implementación del sistema de control.

**Keywords:** órtesis, pie caído, fabricación aditiva, sensórica, control de motores

## 1. Órtesis para pie caído

Una órtesis para pie caído es un dispositivo externo diseñado para asistir la dorsiflexión del pie durante la marcha, estabilizando el tobillo y evitando el arrastre del pie. Existen distintos tipos de pie caído:

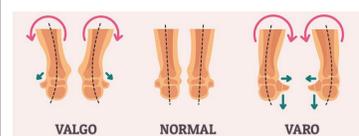


Fig. 2. Tipos de pie caído

El ciclo de marcha inicia con el contacto de un pie con el suelo y termina al repetirlo. Se compone de zancadas continuas con dos fases principales: apoyo y balanceo.



Fig. 3. Fases de la marcha



Fig. 1. Órtesis automatizada

## 2. Funcionamiento del sistema

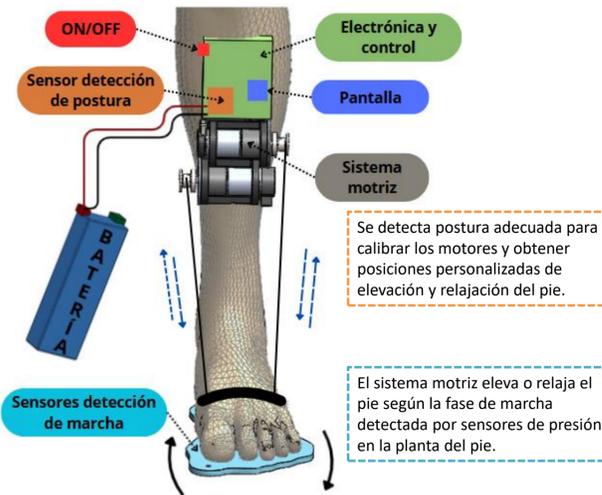


Fig. 4. Esquema del dispositivo

## 3. Fase 1. Banco de pruebas

- Estudio detallado de las dimensiones anatómicas
- Determinación de los puntos de anclaje óptimos de la órtesis
- Obtención de datos experimentales para la selección del sistema de elevación del pie más adecuado

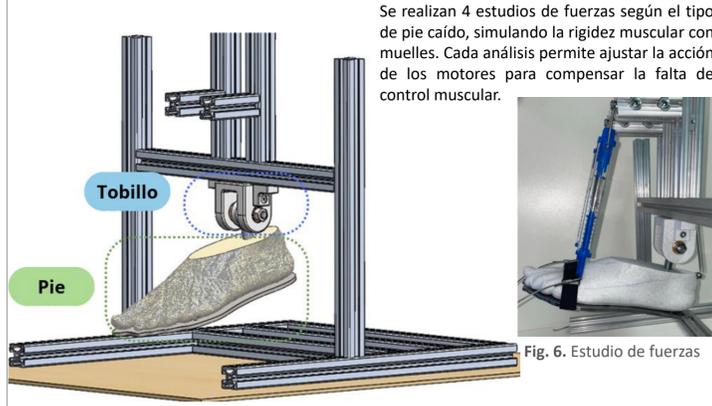


Fig. 5. Diseño mecánico del banco de pruebas

## 4. Fase 2. Prototipo de la órtesis

El prototipo se desarrolla utilizando el banco de pruebas como soporte principal para su validación.

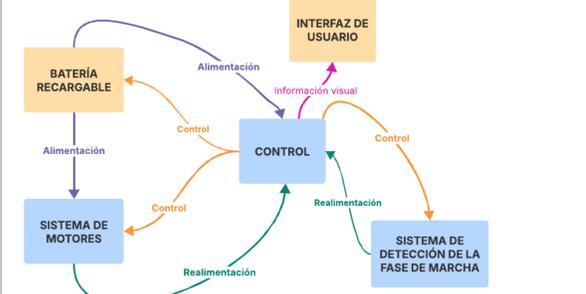


Fig. 7. Estructura general de los sistemas del dispositivo

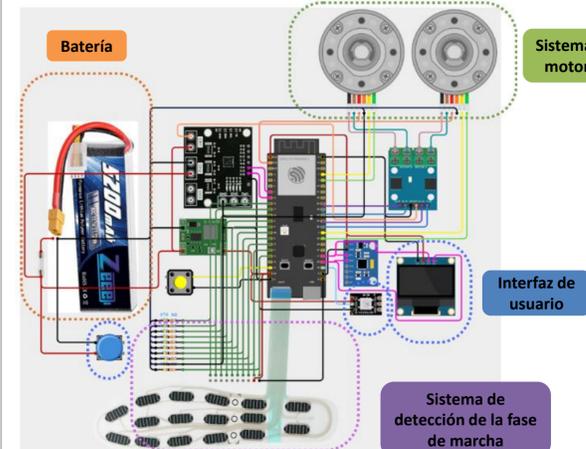


Fig. 9. Diseño electrónico del dispositivo

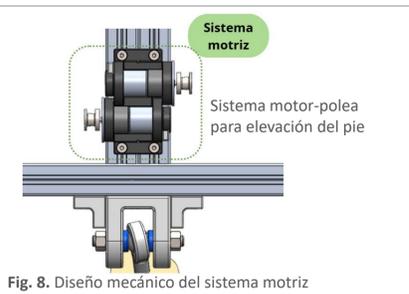


Fig. 8. Diseño mecánico del sistema motriz

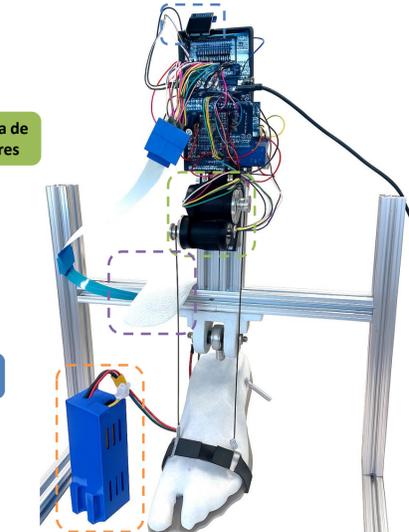


Fig. 10. Montaje del prototipo

## 5. Fase 3. Órtesis



Fig. 11. Funcionamiento general del sistema

Se lleva a cabo el escaneo tridimensional de una pierna real con el fin de diseñar la cubierta de la órtesis. Esta, junto con los elementos estructurales requeridos para el montaje de los componentes, se fabrica mediante impresión 3D.

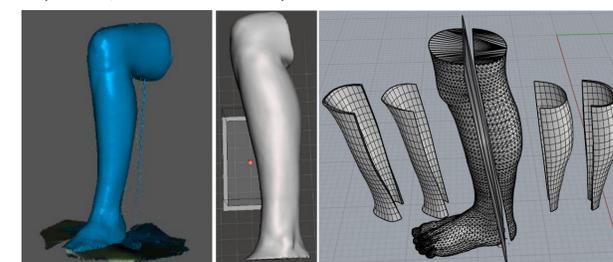


Fig. 12. Método de escaneo y parametrización de la cover de la órtesis

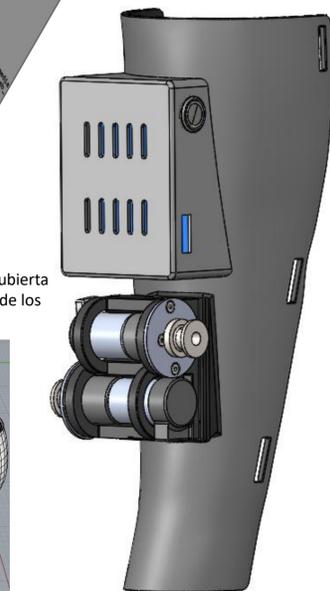


Fig. 13. Diseño mecánico de la órtesis

## 6. Conclusiones

1. El estudio de tecnologías existentes muestra la necesidad de abordar distintos tipos de pie caído y adaptar el sistema a las fases del ciclo de marcha.
2. Tras el análisis funcional se definen los componentes clave, el principio de funcionamiento y la estructura general del dispositivo.
3. El análisis de rigideces musculares y fuerzas permite dimensionar el sistema de elevación, garantizando un par  $\geq 0.07$  Nm y una velocidad  $\geq 0.42$  m/s.
4. Se implementa el diseño electrónico y mecánico usando el banco de pruebas como plataforma de validación funcional.
5. La órtesis se personaliza mediante escaneo 3D y parametrización del diseño, integrando todos los componentes seleccionados. La fabricación aditiva permite un dispositivo asequible y ajustado al usuario.

## Referencias

- [1]. Li, Z., et al. (2020). "Adaptive Control of a Powered Ankle-Foot Prosthesis Based on Gait Phase Recognition". *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(1), 112-120.
- [2]. NETTER. ATLAS DE ANATOMÍA HUMANA. Editorial Masson. Ed. 3ª. 2003.
- [3]. J. Kwon, J.-H. Park, S. Ku, Y. Jeong, N.-J. Paik and Y.-L. Park, "A Soft Wearable Robotic Ankle-Foot-Orthosis for Post-Stroke Patients," in *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 4, no. 3, pp. 2547-2552, July 2019, doi: 10.1109/LRA.2019.2908491.
- [4]. Slade, Patrick, Mykel J. Kochenderfer, Scott L. Delp, y Steven H. Collins. «Personalizing Exoskeleton Assistance While Walking in the Real World». *Nature* 610, n.o 7931 (octubre de 2022): 277-82.

## Acknowledgements / Agradecimientos

Gracias a Medialab y a Ramón por hacer posible este proyecto, por su apoyo constante y por acompañarme en cada paso del camino.  
A mi tutor Nacho, por su guía y dedicación en cada etapa del proceso.  
Y a mi familia y mis amigos, por su constante apoyo y confianza.