

Ficha de detalles de la invención

Título de la invención: MOTIO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA TÉCNICO

Indique y describa cuál es el problema técnico (o los problemas técnicos) que busca resolver la invención.
Se considera problema técnico aquel aspecto técnico (estructura, configuración, entre otros), que antes de la invención no tenía solución o tenía soluciones distintas a la provista por la invención.
En caso de Diseño Industrial, omitir esta parte.

La invención busca resolver un problema técnico relacionado con la detección temprana y la intervención inmediata del fenómeno *Freezing of Gait* (FOG) en pacientes con enfermedad de Parkinson. El FOG consiste en episodios súbitos de bloqueo de la marcha que impiden iniciar o continuar el movimiento, generando un riesgo alto de caídas y pérdida de autonomía funcional. Según la Parkinson's Foundation [1], el FOG afecta a un porcentaje significativo de personas con Parkinson, especialmente en etapas moderadas a avanzadas, y constituye una de las principales causas de lesiones y limitación en la movilidad diaria. Asimismo, estudios clínicos señalan que estos episodios pueden aparecer sin aviso previo y con duración variable, complicando su detección manual o solo por observación, como plantea Heremans et al. [2].

Deficiencias técnicas en soluciones actuales

Limitaciones en la detección en tiempo real

De acuerdo con Heremans et al. [2], los sistemas basados en sensores inerciales presentan variabilidad en precisión debido a la dificultad para ubicar los sensores y definir algoritmos robustos de detección. Esto genera retardos que reducen la efectividad de una intervención inmediata.

Ausencia de retroalimentación háptica automática y sincronizada

Según Nieuwboer [3], los estímulos visuales o auditivos pueden ayudar a superar el FOG, pero no se activan automáticamente ni coinciden siempre con el momento exacto del bloqueo, lo cual limita su utilidad clínica. La ausencia de vibración inmediata reduce la efectividad del *cueing sensorial*.

Falta de integración entre sensado plantar y actuadores vibratorios

Mazilu et al. [4] indican que, aunque existen avances en detección basada en sensores inerciales y plantillas instrumentadas, no se dispone aún de un sistema portátil que combine sensado plantar, procesamiento local y estimulación vibratoria en un solo dispositivo autónomo.

Problema técnico que aborda la invención

La invención busca resolver la ausencia de un sistema portátil y automatizado capaz de:

- Detectar cambios anómalos de presión plantar asociados al FOG.
- Procesar la información en tiempo real mediante un microcontrolador.
- Activar un estímulo vibratorio inmediato que facilite la reanudación de la marcha.

En síntesis, el problema radica en la falta de retroalimentación háptica sincronizada con la detección del FOG, derivada de un sistema de sensado plantar directo y transmitida mediante un actuador vibratorio corporal.



REFERENCIAS – Formato IEEE

- [1] Parkinson's Foundation, "Freezing of gait," Parkinson.org.
<https://www.parkinson.org/understanding-parkinsons/movement-symptoms/freezing-gait> (accessed Nov. 30, 2025).
- [2] E. Heremans, A. Nieuwboer, and S. Vercruysse, "Freezing of gait in Parkinson's disease: Pathophysiology and rehabilitation strategies," *Gait & Posture*, vol. 38, no. 2, pp. 297–302, 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.03.028>
- [3] A. Nieuwboer, "Cueing for freezing of gait in patients with Parkinson's disease: A rehabilitation perspective," *Movement Disorders*, vol. 23, no. S2, pp. S475–S481, 2008.
<https://doi.org/10.1002/mds.21979>
- [4] S. Mazilu et al., "Online detection of freezing of gait with smartphones and wearable sensors," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 62, no. 10, pp. 2512–2521, 2015. <https://doi.org/10.1109/TBME.2015.2439144>

2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL INVENTO:

Describa la invención de forma clara enfatizando en qué consiste el concepto inventivo central.
Si la invención es un producto, máquina, equipo y especifique sus partes y cómo se relacionan.
Si la invención es un procedimiento, especifique los pasos, parámetros de operación, insumos, o cualquier otra información relevante para alcanzar el efecto técnico.
La invención puede tener el procedimiento y su producto novedosos por lo que puede detallar los dos.
(Mínimo 250 palabras). *Incluya figuras, fotografías o diagramas. Adjunte a esta ficha todos las publicaciones u otros documentos asociados que posea al respecto*

En caso de Diseño Industrial, adjuntar imágenes o fotos del producto

La invención consiste en un sistema portátil compuesto por una **plantilla inteligente en TPU** y un **módulo vibratorio alojado en una carcasa de PLA**, diseñados para detectar episodios de *Freezing of Gait* (FOG) y generar una señal háptica inmediata que facilite la reanudación de la marcha (Figura 1).

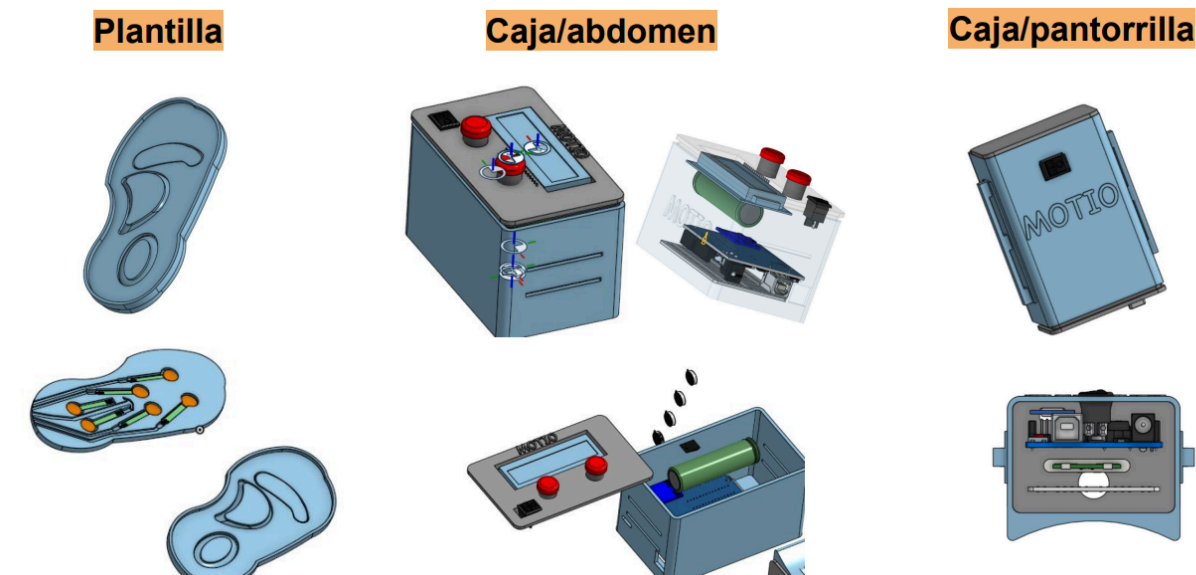


Figura 1. Proyecto "Motio" en OnShape.

La plantilla en TPU incorpora **sensores FSR** estratégicamente distribuidos en las zonas de mayor carga plantar. Su material flexible permite registrar variaciones de presión sin comprometer la comodidad del usuario (Figura 2). Las señales obtenidas son enviadas a través de cables flexibles hacia un **microcontrolador Arduino** ubicado en una caja impresa en PLA. Este módulo integra además una **batería recargable plana de 3.7 V**, un interruptor general, una protoboard y un **módulo Bluetooth HC-05**, encargado de transmitir los datos procesados hacia el módulo abdominal (Figura 1 y 3).

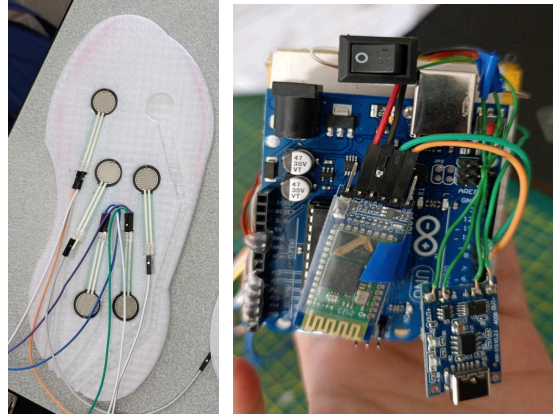


Figura 2 y 3. Plantilla impresa con material TPU y la electrónica del “detector”.

El **módulo vibratorio**, también fabricado en PLA, funciona como actuador del sistema. Contiene un **segundo microcontrolador**, un **motor vibratorio tipo coin-motor**, una **pantalla LED/LCD** y un conjunto de **botones configurables** (Figura 1 y 4). La pantalla muestra un aviso visual cuando ocurre un episodio de FOG, mientras que los botones permiten ajustar el patrón de vibración, su intensidad y su frecuencia, proporcionando una retroalimentación táctil personalizada. Este módulo se alimenta mediante una **batería recargable cilíndrica 3.7 V – 3400 mAh (tipo 18650)**, seleccionada por su mayor autonomía y estabilidad durante el funcionamiento del actuador.

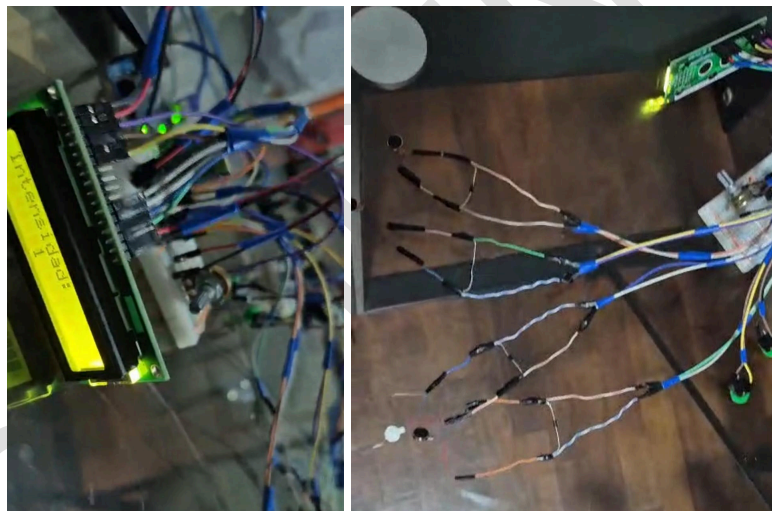


Figura 4 y 5. Electrónica del “actuador”.

Cuando el sistema identifica un patrón anómalo en la presión plantar, el microcontrolador envía una señal inmediata al actuador vibratorio. La vibración resultante actúa como estímulo sensorial para ayudar al usuario a superar el bloqueo motor. La integración de **TPU y PLA mediante impresión 3D** garantiza ergonomía, resistencia y facilidad de uso en un sistema compacto, modular y totalmente portátil.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES

Liste y describa los productos, procedimientos más parecidos a su proyecto y los principales antecedentes técnicos o bibliográficos que haya consultado. Explique cuáles fueron los principios técnicos en los que se inspiró para obtener la invención; o que usó y estudió durante el proceso de investigación que dio como origen al proyecto. Pueden ser papers, tesis, vídeos, documentos, libros, etc.

El desarrollo del sistema MOTIO se fundamenta en el análisis de dispositivos comerciales, tecnologías open hardware e investigaciones clínicas orientadas a la mejora de la marcha en personas con enfermedad de Parkinson. Estos antecedentes permitieron comprender los principios técnicos más efectivos para mitigar el *Freezing of Gait* (FOG) y las limitaciones de las soluciones actuales.

3.1. Productos comerciales relacionados

Uno de los referentes más importantes es **LaserCane / U-Step**, un bastón que proyecta un haz láser para servir como señal visual que ayuda a iniciar la marcha y superar episodios de FOG. Según el fabricante, este sistema facilita la regulación de la longitud del paso y reduce bloqueos, aunque depende fuertemente de la visión y del entorno físico [1].

Otro dispositivo relevante es **Walkasins**, una prótesis sensorial basada en vibración que mejora el equilibrio mediante retroalimentación táctil en la pierna. Su evidencia clínica demuestra mejoras en estabilidad y reducción de caídas, aunque su efecto en FOG es aún limitado y su costo restringe su accesibilidad [2].

También se analizó **Path Finder**, un sistema láser montado en el calzado que proyecta líneas visuales para activar patrones motores. Puede reducir episodios de FOG hasta en 50%, aunque presenta restricciones en pacientes con baja agudeza visual o ambientes poco iluminados [3].

3.2. Proyectos open hardware

Dentro del ecosistema de tecnologías abiertas destaca **GaitAssist**, una plataforma modular que combina bastones láser, tobilleras vibratorias y plantillas con sensores. Su enfoque flexible inspiró la integración sensado-actuación dentro de MOTIO, aunque sus prototipos presentan variabilidad en precisión, menor robustez y requieren conocimientos técnicos avanzados [4].

El proyecto **ParkAid** también aportó conceptos clave. Este dispositivo emplea sensores inerciales e integra vibración y registro de datos mediante Bluetooth. Su carácter predictivo y portable evidenció la importancia de mecanismos automáticos de intervención, aunque sigue limitado por consumo energético, falsos positivos y escasa validación clínica [5].

3.3. Estudios científicos y ensayos clínicos

El dispositivo **CUE1** ha demostrado en estudios piloto una mejora significativa en síntomas motores al aplicar estimulación vibrotáctil rítmica focalizada [6]. Este enfoque reforzó la decisión de incluir un actuador vibratorio inmediato en MOTIO.

Asimismo, el sistema **VT-Touch (vCR)** aplica patrones de vibración para modular la actividad neuronal. Aunque prometedor, aún se encuentra en fase experimental y destaca la necesidad de soluciones portátiles, autónomas y de uso cotidiano [7].

Referencias (formato IEEE)



- [1] In-Step Mobility, "LaserCane," *U-Step Mobility*, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ustep.com/product/lasercane/>
- [2] RxFunction Inc., "Clinical Research – Healthcare Professionals," *RxFunction*, 2025. Disponible en: <https://rxfunction.com/healthcare-professionals/clinical-research/>
- [3] Walk With Path, "Path Finder for professionals," 2025. Disponible en: <https://www.walkwithpath.com/pages/path-finder-for-professionals>
- [4] Hackaday/GitHub/OpenBCI, "Gait Assist Projects," repositorios open hardware, 2025.
- [5] A. Sisodia, "ParkAid: An open-source wearable device to assist in freezing of gait," GitHub, 2021. Disponible en: <https://github.com/abhisheksisodia/ParkAid>
- [6] V. Azoidou *et al.*, "A Pilot Interventional Study on Feasibility and Effectiveness of the CUE1 device in Parkinson's Disease," *Parkinsonism & Related Disorders*, vol. 133, Feb. 2025.
- [7] Synergic Medical Technologies, "VT-Touch ClinicalTrials NCT05881460," *ClinicalTrials.gov*, 2025. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT05881460>

3.1. ¿Conoce algún trabajo o invento que se parece más a su invento? Si la respuesta es afirmativa, enumerar, indicando el nombre de la publicación, la fuente y fecha de publicación y adjuntar un breve resumen de dicho antecedente.

Path Finder – Visual Cueing Device

Nombre de la publicación:

Path Finder for Professionals – Clinical Product Overview

Fuente:

Walk With Path Ltd.

<https://www.walkwithpath.com/pages/path-finder-for-professionals>

Fecha de publicación:

Actualización: **2023**

Breve resumen del antecedente:

Path Finder es un dispositivo portátil diseñado para asistir a personas con enfermedad de Parkinson que presentan episodios de *Freezing of Gait* (FOG). El sistema consiste en un módulo láser montado sobre el calzado, que proyecta una **línea visual en el suelo** frente al usuario. Este estímulo externo está basado en el principio clínico de *visual cueing*— facilita el inicio o reanudación de la marcha al proporcionar una referencia clara para la ejecución del paso.

El dispositivo integra un **diodo láser de baja potencia**, una carcasa ligera adaptada al zapato, un pequeño módulo electrónico y una **batería recargable**. Se activa mediante sensores de movimiento incorporados en el módulo frontal, de modo que la línea láser aparece automáticamente cuando el usuario inicia el levantamiento del pie. Su diseño busca mejorar la estabilidad y reducir la frecuencia de episodios de FOG mediante señales visuales constantes durante la locomoción.

Este producto ha sido evaluado en entornos clínicos y es utilizado como herramienta complementaria para rehabilitación y asistencia en la marcha, especialmente en situaciones de inicio de paso, giros o espacios reducidos.

Referencia (IEEE)

Walk With Path, “*Path Finder for Professionals – Clinical Product Overview*,” Walk With Path Ltd., 2023. [Online]. Available: <https://www.walkwithpath.com/pages/path-finder-for-professionals>

3.2 Si Ud. ha identificado la existencia de un antecedente más cercano en el punto 3.1, señale cuáles son las características técnicas novedosas de su invento en relación con dicho(s) antecedente(s). De preferencia limite este comparativo solo a los tres antecedentes que considere más cercanos en el aspecto técnico y científico a su invención (el estado de la técnica).

El antecedente más cercano identificado (Path Finder – Walk With Path, 2023) se basa exclusivamente en *visual cueing* mediante la proyección de una línea láser sobre el suelo. Aunque útil en terapias de marcha, dicho sistema **no incorpora ningún mecanismo de detección automática del FOG**, ni integra sensores fisiológicos, ni procesa datos del usuario en tiempo real. Su activación depende por completo de la respuesta visual voluntaria del paciente.

En contraste, la invención **MOTIO** introduce un conjunto de características técnicas novedosas que no están presentes en el sistema Path Finder:

1. Sensado plantar directo mediante sensores FSR

A diferencia del antecedente, MOTIO incorpora una **plantilla biomédica en TPU con sensores de presión** distribuidos estratégicamente en la planta del pie. Esto permite detectar variaciones mecánicas asociadas al patrón de marcha y al inicio del FOG, proporcionando datos fisiológicos objetivos y capturados en tiempo real.

Path Finder **no** emplea sensores de presión ni monitoriza el comportamiento biomecánico del pie.

2. Procesamiento local y detección automática del FOG

MOTIO utiliza microcontroladores integrados en la caja de pantorrilla para analizar continuamente las señales de presión plantar. El sistema identifica patrones irregulares asociados al FOG sin intervención del usuario.

El antecedente no posee algoritmos de detección automática ni análisis del movimiento del paciente.

3. Retroalimentación háptica inmediata y configurada por el usuario

Mientras Path Finder solo emite señales visuales, MOTIO genera **vibración háptica inmediata** mediante un actuador en el abdomen, configurable en intensidad, frecuencia y tipo de patrón. Esta intervención sensorial es automática y sincronizada con la detección del FOG.

4. Integración completa en un sistema portátil y autónomo

La invención combina en un solo dispositivo:

- sensado plantar en TPU,
- procesamiento microcontrolado,
- comunicación inalámbrica Bluetooth,
- actuador vibratorio configurable,
- baterías recargables independientes (LiPo plana y 18650 de 3400 mAh),
- estructuras anatómicas en PLA para portabilidad continua.

El antecedente es un dispositivo de estímulo visual aislado y sin integración electrónica compleja.

5. Enfoque neuro-mecánico dual (detección + intervención)

MOTIO integra dos mecanismos fisiológicos simultáneos:

1. **Detección biomecánica** (FSR),
2. **Intervención neuromotora** (vibración háptica).

Path Finder solo interviene mediante un estímulo visual, sin capturar información del usuario.

4. VENTAJAS DE LA INVENCION

Detalle las ventajas que tiene la invención respecto a los antecedentes. Las ventajas podrían ser: mayor sensibilidad, especificidad, no presenta efectos secundarios, menor tiempo de diagnóstico, etc.

La invención MOTIO presenta un conjunto de ventajas técnicas, clínicas y funcionales que superan de manera significativa a los antecedentes existentes y ofrecen beneficios concretos para pacientes adultos mayores que experimentan episodios frecuentes y discapacitantes de *Freezing of Gait* (FOG). Las principales ventajas son:

1. Detección temprana y objetiva del FOG mediante sensado plantar real

El sistema utiliza una plantilla con sensores FSR que captan cambios en la presión plantar directamente desde el pie del paciente. Esto permite identificar el inicio del FOG **antes de que el bloqueo sea evidente**, incluso en episodios súbitos. Esta capacidad es crucial en adultos mayores, donde el tiempo de reacción es reducido y el riesgo de caída es elevado.

2. Retroalimentación háptica inmediata y sincronizada

A diferencia de estímulos visuales o auditivos, la vibración corporal se percibe de manera directa e instantánea. MOTIO activa el actuador vibratorio **exactamente en el momento del bloqueo**, ayudando a romper el FOG sin requerir atención visual ni aprendizaje complejo. Esto permite que personas mayores puedan beneficiarse sin depender de su capacidad cognitiva o sensorial residual.

3. Sistema autónomo, manos libres y sin necesidad de supervisión

El usuario no necesita activar botones, mirar líneas láser ni recibir instrucciones. MOTIO funciona **de manera completamente automática**, favoreciendo su uso diario en casa, en la calle o en entornos de rehabilitación.

4. Mayor seguridad y reducción del riesgo de caídas

Al intervenir en el momento preciso, MOTIO reduce la duración de los episodios FOG, favorece la continuidad de la marcha y disminuye el riesgo de tropiezos, colapsos posturales o pérdidas de equilibrio, especialmente peligrosos en personas mayores.

5. Alta personalización del estímulo vibratorio

El módulo abdominal permite ajustar **intensidad, frecuencia y tipo de vibración**, adaptándose a necesidades sensoriales variables según la edad, neuropatías, sensibilidad cutánea o progresión de la enfermedad.

6. Confort y ergonomía gracias a materiales biomédicos

La plantilla en TPU es flexible, ligera y se adapta anatómicamente al pie, mientras que las carcasas en PLA son resistentes y de fácil ajuste. Esto permite un uso prolongado sin molestias, algo fundamental en personas mayores que dependen del dispositivo durante gran parte del día.

7. Baja invasividad y ausencia de efectos secundarios

La tecnología no administra fármacos, no emite radiación y no requiere procedimientos invasivos. La vibración es segura, no genera dolor y puede usarse incluso en pacientes con múltiples comorbilidades.

8. Comunicación inalámbrica estable y procesamiento en tiempo real

El enlace Bluetooth permite una comunicación rápida y sin cables entre la plantilla y el actuador. La electrónica integrada analiza continuamente el patrón de marcha, garantizando **respuesta en milisegundos**, indispensable para un paciente con movilidad comprometida.

9. Independencia del entorno y del estado cognitivo

MOTIO no depende de iluminación, enfoque visual, señales auditivas ni asistir al paciente desde afuera. Esto le otorga **alta efectividad incluso en situaciones reales**: pasillos estrechos, giros, inicio del paso o fatiga.

10. Costo potencialmente menor y mayor accesibilidad

Al utilizar electrónica comercial accesible, impresión 3D y baterías comunes, el dispositivo puede producirse a menor costo que sistemas comerciales importados, aumentando su escalabilidad y acceso para adultos mayores en contextos de bajos recursos.

5. DESCRIPCIÓN DE LAS DIVULGACIONES

Indique las divulgaciones que ha realizado de la invención a través de cualquier medio: escrito, oral, búsqueda de financiamiento; y las fechas en que se dieron estas divulgaciones. (si hubiese más de una divulgación puede agregar replicar la tabla)

Tipo de divulgación (Paper, tesis, conferencia, vídeo, libro, etc.)	Presentación oral en clase (exposición del proyecto en Hito 2)
Fecha de publicación	26/11/2025
Enlace (en caso aplique)	Enlace de presentación: https://docs.google.com/presentation/d/1kxVS4Ncq24eNkjTNxlo7QkGxi2Pegoh4Nx1K-bOsY0I/edit?slide=id.p2#slide=id.p2
¿Existen diferencias respecto a lo divulgado?	La presentación mostró solo una versión parcial del prototipo, además de presentar todavía fallas. La versión final incluye mejoras en el algoritmo de detección.

Tipo de divulgación (Paper, tesis, conferencia, vídeo, libro, etc.)	Documento técnico del proyecto (entregable en PDF)
Fecha de publicación	04/11/2025
Enlace (en caso aplique)	https://github.com/juanlugo456/GRUPO-FUNBIO/blob/master/Entregable/Entregable%2010.pdf
¿Existen diferencias respecto a lo divulgado?	Avances en cuanto al modelado e impresión 3D y en cuanto a la parte electrónica, pues aún era una versión parcial, escogimos esta debido

6. INFORMACIÓN ADICIONAL

6.1 ¿Se puede verificar realmente que el Invento funciona o es obtenible? ¿Qué pruebas ha realizado para acreditar su funcionamiento u obtención?

Enumerar las pruebas. Por ejemplo, si se hizo algún proceso de estandarización basado en algún método oficial u técnica reconocida por alguna institución internacional de estandarización.

Nuestro invento sí es obtenible y verificable, ya que el prototipo ha sido parcialmente ensamblado con componentes electrónicos reales (FSR, Arduino Uno, módulos Bluetooth, Módulos de carga, etc.). Además, se realizaron pruebas iniciales para comprobar que cada módulo del sistema funciona de manera independiente y que la integración básica es posible.

Pruebas realizadas:

1. Prueba de lectura de sensores FSR (Estandarización básica):

Se verificó que los sensores FSR generan variaciones de voltaje al aplicar distintas fuerzas. Se utilizó el programa de Arduino para verificar mediante el código que los sensores FSR estuvieran leyendo datos.

2. Prueba del actuador vibratorio (Coin Vibration Test):

Se verificó que los coin vibrators generan las vibraciones según la frecuencia e intensidad programadas previamente según el usuario. Se utilizó el programa de Arduino para verificar que la señal llegará correctamente a los vibradores, además de validar el tiempo de respuesta (<50 ms).

3. Prueba de comunicación Bluetooth entre los dispositivos:

Se verificó que los módulos bluetooth estuvieran conectados entre el actuador y el detector, de tal manera que las señales lleguen correctamente y se produzcan las vibraciones, lo que confirma la posibilidad de monitoreo y registro.

Se probó la estabilidad de la conexión durante 3 minutos continuos de pruebas, en las cuales provocamos una presión irregular en los sensores FSR para que los coin vibrators actúen correctamente.

4. Prueba de resistencia mecánica de la plantilla:

Se imprimió el diseño 3D y se probó la flexibilidad y deformación del material (TPU). Se comprobó que soporta la presión del pie sin romperse ni deformarse en exceso.

6.2 Explique en un (1) párrafo como máximo. Cómo se llevaría a cabo la implementación del invento (Resultaría fácil poder implementar al momento de usarlo, explique porqué).

La instalación del dispositivo es fácil porque el mecanismo está creado para ser completamente automático y de simple colocación: el usuario simplemente coloca la plantilla con sensores en su calzado y ajusta el módulo de vibración en el cinturón según su necesidad y comodidad, igual que haría con cualquier accesorio habitual. Una vez que se activa, el aparato opera sin configuraciones complicadas, reconociendo de manera independiente los episodios de congelamiento de la marcha e iniciando la vibración de inmediato para asistir al usuario en continuar caminando. Al ser liviano, portátil, no invasivo y con un manejo sencillo (prender, utilizar y cargar), se puede usar sin complicaciones incluso por personas con limitaciones físicas. En el futuro, se podrían incluir características extra, como la conexión a una aplicación para el seguimiento, aunque el prototipo original funciona perfectamente sin ellas.

Fecha: 30 de noviembre del 2025