

Entregable N°5

1. Identificación de la necesidad

El caso clínico corresponde a un paciente con lesión medular completa, clasificada como tipo A, localizada a nivel de T10. La lesión se produjo a raíz de un accidente durante el ejercicio de sus funciones en un taller mecánico. Como consecuencia del traumatismo, el paciente presenta pérdida de movilidad y sensibilidad en ambas extremidades inferiores. No obstante, gracias a la presencia de una zona de preservación parcial (ZPP), conserva cierto grado de movimiento y mantiene la función de los flexores de cadera, lo que le permite desplazarse con apoyo de bastones y un soporte ortésico situado a la altura de la rodilla que le ayuda a trabar la rodilla para realizar marchas en suelos continuos y destrabarla para la subir estructuras como escaleras.

Actualmente, la lesión condiciona una marcha muy limitada, ya que el paciente requiere accionar manualmente los soportes ortésicos para poder realizar las flexiones o bloqueos articulares necesarios en su desplazamiento. Este mecanismo, aunque le brinda estabilidad, resulta poco práctico, pues cada vez que necesita subir o bajar estructuras, requiere la ayuda de terceros, lo que le arrebató la autonomía en su movilidad personas. Al carecer de una marcha independiente, insensibilidad en las piernas y con dificultades en el proceso actual de marcha que posee, la principal necesidad de Chávez radica en optimizar su capacidad de marcha, dado que los soportes con los que cuenta son inadecuados para la eficiencia en la movilidad del tren inferior, lo que le genera una dependencia significativa en sus actividades cotidianas y una incapacidad de volver a su trabajo anterior, al no contar con la movilidad que poseía anteriormente.

2. Búsqueda de patentes

2.1. Número de patente/Publicación: W02022231566

Título: Control Method for a powered knee ankle foot orthosis

Inventores: FARRIS, Ryan J.,MURRAY, Spencer A., DALLEY, Skyler A.

Año de publicación: 2022

Entidad solicitante: EKSO BIONICS HOLDINGS, INC.

Resumen Funcional: Una KAFO motorizada con control electrónico que bloquea la rodilla en apoyo y la desbloquea e inyecta asistencia (programable) durante la etapa de oscilación. Usa sensores de ángulo y velocidad angular de rodilla, inclinación de muslo y fuerza talón/punta en la plantilla para detectar la fase de marcha. Además cuenta con tres modos de uso: Walk, bloqueo y asistencia automática; Lock, bloquea la rodilla en un ángulo fijo y; Free, donde no brinda asistencia y deja la rodilla libre. Estos modos se pueden alternar de forma automática (Walk→Free al sentarse y

Free→Walk al pararse), o de forma manual con teclas. Finalmente, cuenta con una interfaz de control de sistema electrónico que incluye LEDs para indicar si se encuentra en funcionamiento, el modo de uso, nivel de asistencia y el estado de la batería.

Aspectos innovadores: En la asistencia programable en fase de oscilación, se define el ángulo pico de flexión según la necesidad del paciente. La existencia y forma de alternar entre los tres modos de uso y un sistema de gestión de tropiezos con diferenciación entre tropezones menores y mayores, con lo que, junto con el monitoreo de la orientación del paciente, decide si completar un paso o bloquear la articulación.

Limitaciones o vacíos:

No se mencionan duración y consumo de batería, no se especifica si el bloqueo mecánico se puede quedar en ese estado en caso no tenga energía. No se menciona donde se ubicará la interfaz.

Relación con la necesidad:

La variación de modos de la marcha incluidos en esta patente ayuda directamente a los problemas de caminata que el usuario posee, ya que un sistema Lock automático y programado según la conformidad del paciente, puede serle muy útil en los momentos de marcha y cambiar el modo a Walk con presionar una teclas para subir estructuras, lo cual genera un cambio drástico en su dependencia e ineficiencia para realizar el trabe y destrabe de su rodilla. Además, la falta de sensibilidad en su pierna no es problema, pues actúa con sensores en la plantilla y rodilla.

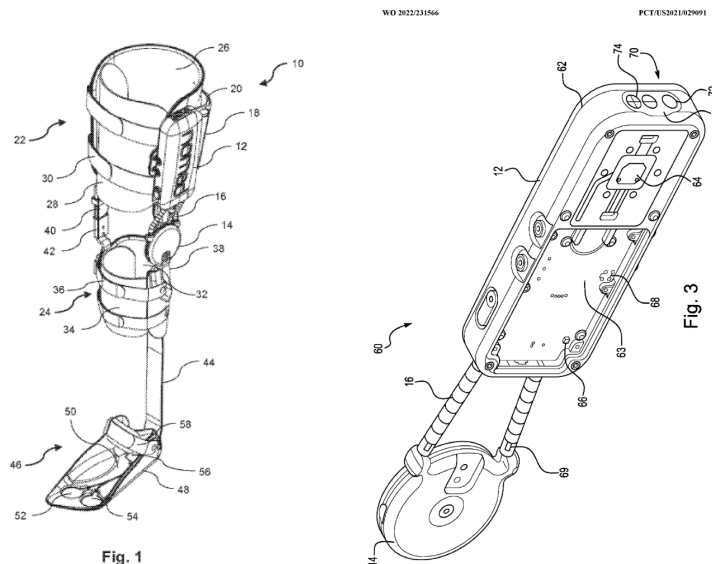


Fig 1.

Fig1. Vista en perspectiva de KAFO y controlador de rodilla.

Extraído de: R. J. Farris, S. A. Murray, y S. A. Dalley, "Control Method for a Powered Knee Ankle Foot Orthosis", el 3 de noviembre de 2022 Consultado: el 25 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en:

https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2022231566&_cid=P21-MFYJI1-34359-1

2.2. Número de patente/Publicación: US11766348B2

Título: System to assist walking

Inventores: Urbano Lugrís Armesto; Javier Cuadrado Aranda; Josep Maria Front Llagunes; Daniel Clos Costa; Francisco Javier Alonso Sánchez; Francisco Romero Sánchez.

Año de publicación: 26 de septiembre del 2023

Entidad solicitante: Universidade da Coruña (ES), Universitat Politècnica de Catalunya (ES) y Universidad de Extremadura (ES)

Resumen Funcional: El dispositivo es una órtesis de rodilla con control de rigidez variable, diseñada para brindar estabilidad durante la fase de apoyo y permitir movilidad en la fase de balanceo. Se enfoca en evitar el colapso de la rodilla cuando el paciente carga peso, mediante el uso de diversos sensores los cuales recopilan datos al momento de andar.

Aspectos innovadores: Es una ortesis de rodilla que emplea ortesis tipo KAFO con el adicional de poder calcular, mediante sensores y control electrónico, cuándo aumentar o disminuir la rigidez, para poder cambiar de modos de “rodilla bloqueada” a “flexión-extensión”, mejorando la independencia del usuario al no necesitar de apoyo para “trabar” o “destrabar” el flexor de rodilla.

Limitaciones o vacíos: El dispositivo está orientado a personas con movilidad bilateral de rodillas, logrando rescatar datos valiosos para el funcionamiento correcto de los sensores y no se encuentra adaptado para pacientes con insensibilidad como pacientes con lesiones medulares completas, lo que demuestra que su enfoque es principalmente la estabilidad dinámica de la marcha y no la protección tisular o la adaptación a pacientes sin sensibilidad.

Relación con la necesidad: La necesidad visualizada se basa en la optimización de la capacidad de la marcha, el dispositivo efectivamente responde a la necesidad con una gran limitación, la recopilación de datos mediante la movilidad bilateral de rodillas, además de la falta de requerimientos no funcionales tales como la comodidad, adaptación para pacientes con insensibilidad, entre otros. Por tanto, aunque ofrece una solución parcial a la necesidad del paciente, su aplicabilidad es limitada y requeriría adaptaciones para el caso de lesión medular con ZPP.

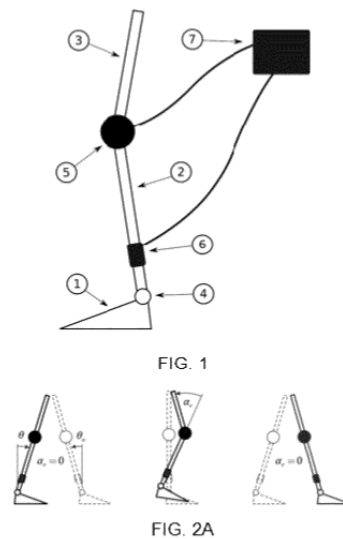


Fig2. Imagen de las partes del “System to assist walking”.

<https://patents.google.com/patent/US11766348B2/en>

2.3. Número de patente/Publicación: US11324653B2

Título: Exoskeleton for assisting human movement

Inventores: Daniel Sanz Merodio, Manuel Javier Cestari Soto, Elena García Armada, Xavier Carrillo De Hijes

Año de publicación: 2022

Entidad solicitante: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Universidad Politécnica de Madrid y Marsi Bionics.

Resumen Funcional: El producto es un exoesqueleto de miembros inferiores que tiene como función poder ayudar al paciente a caminar. El exoesqueleto presenta 6 grados de movimiento en cada pierna: flexión y extensión de la cadera, abducción y aducción de la cadera, rotación de la cadera, flexión y extensión de la rodilla, flexión y extensión del tobillo, y eversión e inversión del tobillo.

Aspectos innovadores: El dispositivo puede ser personalizado según las necesidades del paciente en su proceso de rehabilitación y los ajustes que se requieran según sus características físicas. El exoesqueleto no requiere de elementos extras para poder ayudar al paciente a caminar.

Limitaciones o vacíos: El diseño del producto aparenta que podría producir incomodidad al paciente en el momento de usarlo debido a la robustez de

este. No presenta sensores que generan retroalimentación sobre la marcha del paciente.

Relación con la necesidad: La necesidad planteada es mejorar la marcha del paciente. A pesar que este producto, por sí mismo, no pueda contribuir con retroalimentación sobre la marcha, sí cumple la función de poder ayudar al paciente a caminar, y con ayuda de un terapeuta físico se podría ajustar el dispositivo para tener una mayor eficiencia en mejorar la marcha del paciente.

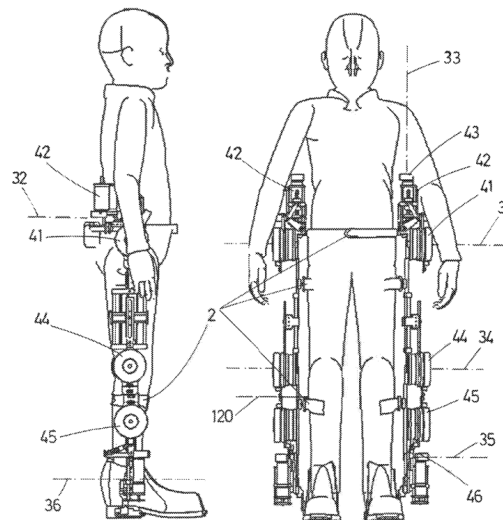


Fig 3. Exoskeleton for assisting human movement design.

Extraído de:

Exoskeleton for assisting human movement, por D. Merodio, M. Cestari, E. García y X. Carrillo. (10 de mayo de 2022). Patente EE.UU. US11324653B2. [En línea]. Disponible: [https://patents.google.com/patent/US11324653B2/en?q=\(spinal+cord+injury+improve+walking+exoskeleton\)&oq=spinal+cord+injury+improve+walking+exoskeleton](https://patents.google.com/patent/US11324653B2/en?q=(spinal+cord+injury+improve+walking+exoskeleton)&oq=spinal+cord+injury+improve+walking+exoskeleton)

2.4. Número de patente/Publicación: ES2915693T3

Título: Locomotion assistance device with integrated tilt sensor

Inventores: Amit Goffer, Oren Tamari

Año de publicación: 2022

Entidad solicitante: Lifeward Ltd

Resumen Funcional: Es un exoesqueleto de asistencia a la locomoción. El dispositivo va fijado al tronco de la persona y a sus extremidades inferiores a través de correas y soportes ortopédicos, cuenta con zonas motorizadas y

actuadores para extender y flexionar las extremidades, además de un sensor que mide el ángulo de inclinación del cuerpo y articulaciones para detectar en qué momento se debe accionar cada articulación motorizada, de esta manera ejecutando la caminata si es que el ángulo de flexión se logró en cierto umbral de tiempo, caso contrario el dispositivo detiene de manera automática la marcha, y finalmente cuenta con un controlador para activar este modo.

Aspectos innovadores:

El dispositivo cuenta con una etapa de caminata y una etapa de práctica de caminata, con el cual el usuario puede aprender a coordinar los movimientos de las extremidades tanto inferiores como superiores, además de poder usarse para practicar el equilibrio entre barras y el uso de muletas.

Limitaciones o vacíos: El dispositivo no cuenta con un método para recopilar los datos acerca del funcionamiento del dispositivo, falta de sensores de fuerza o presión para regular la distribución del peso del usuario. Además, al ir fijado al tronco del usuario se le agrega una carga extra y comúnmente este tipo de dispositivos requieren de las extremidades inferiores para lograr fijarse.

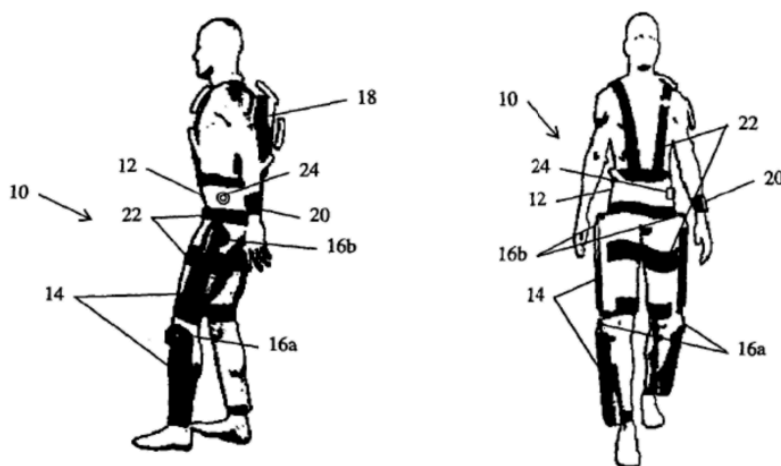


Fig 4. Locomotion assistance device with integrated tilt sensor

Relación con la necesidad:

La necesidad del usuario es mejorar más su marcha, este dispositivo no solo serviría como ayuda para caminar al paciente, sino que sería un método que brindaría seguridad a la hora de practicar la marcha y versatilidad en la forma de hacerlo.

2.5. Número de patente/Publicación: US 2025/0161137 A1

Título: Wearable postural and mobility assisting device

Inventores: Peter Addeko, Kimberly Spranger, Lynette Vanderberghe, Chandramouli Krishnan, Edward Washabauch y Arhur Miller.

Año de publicación: 2025

Entidad solicitante: Regent of the university of Michigan, Wayne state university, Elite athlete products co.

Resumen Funcional: El dispositivo tiene el objetivo de ayudar a la movilidad y la postura utilizando un sistema de bandas elásticas configurables. Su función principal es proporcionar fuerzas que asisten o resisten el movimiento, ofreciendo feedback propioceptivo al sistema neurológico, con el objetivo de estabilizar el equilibrio e implementar patrones de movimiento correctos. Está conformado por un arnés de hombro y pecho, un cinturón de cintura, y ensamblajes de correas de extremidades que sostienen las bandas elásticas. El aparato está diseñado para ser utilizado en individuos que sufren de discapacidades neuromusculares, deficiencias motoras, o patrones de movimiento disfuncionales.

Aspectos innovadores:

- Sistema basado en bandas elásticas configurables relativamente económico y fácil de usar
- Corrección postural y de patrones de movimiento
- Feedback propioceptivo
- Solución al desplazamiento del Cinturón (pantaleta elástica)
- Accionamiento dirigido específicamente
- Amplio rango terapéutico
- Anclajes múltiples y ajuste fino

Limitaciones o vacíos:

- Alcance limitado de corrección.
- Necesita que todos los componentes necesarios sean ajustados y configurados para cada caso.

- Su uso y mantenimiento requiere de la ayuda de un profesional de la salud, terapeuta o cuidador en un entorno clínico

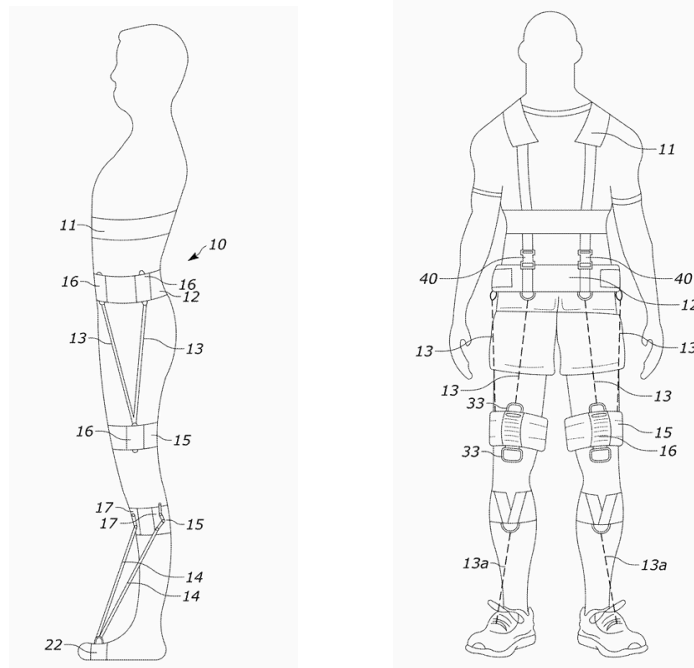


Fig 5. Imagen de referencia del dispositivo

Extraído de:

O. P. Adeeko, Jr., K. Spranger, L. VanWelsenaers, C. Krishnan, and E. P. Washabaugh, "Wearable postural and mobility assisting device," U.S. Patent US20250161137A1, May 22, 2025. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US20250161137A1/en>

Relación con la necesidad:

Se menciona que si bien es capaz de moverse por su propia cuenta tiene dificultades y molestias al hacerlo. En este sentido, el dispositivo podría ser utilizado por el paciente para mejorar o apoyar su marcha. Actuaría como una asistencia y retroalimentación dinámica y lo ayudaría a entrenar sus músculos.

2.6. Número de patente/Publicación: US 7410471B1

Título: Orthosis knee joint and sensor

Inventores: James H. Campbell; Nicholas Zalinski; Jonathan M. Naft; Wyatt S. Newman

Año de publicación: 2008

Entidad solicitante: Becker Orthopedic Appliance Co. Inc.

Resumen Funcional: Se propone una ortesis (rodillera / ortesis de rodilla) con un sistema de sensor de presión en una plantilla (insole) que detecta cuándo hay carga del pie. Ese sensor genera una señal de control que activa un mecanismo electromagnético en la articulación de rodilla para bloquear la rodilla ante carga (fase de apoyo) y desbloquear cuando se descarga (fase de oscilación). El mecanismo de bloqueo utiliza placas dentadas (top plate y

bottom plate) que se enganchan cuando el electroimán es energizado; hay una “spring washer” para permitir deflexión axial mínima y eficiencia energética.

Aspectos innovadores:

1. Integración de un sensor de presión variablemente resistivo en la plantilla para detectar carga del pie y generar señal de control.
2. Mecanismo electromagnético que compromete placas dentadas para bloquear el movimiento de flexión, pero permite extensión (o movimiento parcial) bajo ciertas condiciones.
3. Uso de una spring washer que permite pequeños desplazamientos axiales para que el bloqueo se haga con menor fuerza (mejor eficiencia energética).
4. Capacidad de graduar la señal de bloqueo (variable strength) de modo que la articulación pueda tener resistencia variable antes de bloquear completamente.
5. Provisión de modos alternativos de control (por ejemplo, señales EMG, sensores de distancia, interruptores manuales) además del sensor de presión.

Limitaciones o vacíos:

- Depende de energía eléctrica (baterías) para alimentar el electroimán y el circuito de control.
- Requiere calibración de los sensores y umbrales para el usuario, dado que la presión plantar varía entre personas
- Posible ruido o falsas activaciones si la señal de presión fluctúa o hay falsos contactos.
- El diseño asume plantar carga-distribuida para activar el sensor: si el usuario no ejerce carga suficiente en la plantilla (por anomalías en la pisada), puede fallar el desbloqueo o bloqueo.
- Complejidad mecánica y electrónica, que puede elevar costo, peso o dificultad de mantenimiento.

Relación con la necesidad:

Este sistema sí aborda varios de los retos de tu paciente: la capacidad de bloquear automáticamente la rodilla en apoyo para evitar colapsos, y desbloquear automáticamente en la fase de oscilación para permitir flexión sin tener que sentarse o depender de alguien más. En el caso de una lesión medular T10 con control de caderas y tronco, este mecanismo permitiría caminar con más seguridad y autonomía. Sin embargo, factores como la cantidad de carga plantar que el paciente puede generar o las variaciones en la presión podrían afectar el funcionamiento real en su biomecánica.

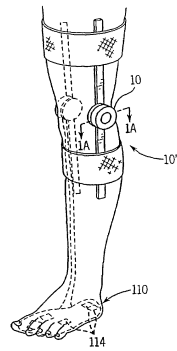


Fig.7 Vista lateral del dispositivo

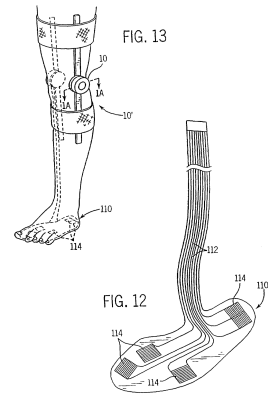


Fig.8 Vista interior y lateral

Extraído de:

Campbell, J. H., Zalinski, N., Naft, J. M., & Newman, W. S. (2008). *Orthosis knee joint and sensor* (U.S. Patent No. 7,410,471 B1). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US7410471B1/en>

3. Reflexión final

3.1. ¿Cuál de estas patentes sería más aplicable en un nuevo prototipo?

La W02022231566, pues la KAFO, además de los sistemas de bloqueo y asistencia en fase de oscilación, que cuentan algunas de las otras patentes, posee el sistema de alternancia de modos de uso de la manual/automática, así como la programación de ángulos picos y de bloqueo, ideales para momentos de marcha o utilizar estructuras. Esta modalidad encaja directamente con la necesidad del paciente y lo ayudaría en su grado de dependencia en su forma de desplazarse.

3.2. ¿Qué elementos de distintas patentes podrían integrarse para cubrir mejor la necesidad identificada?

De W02022231566, se utilizarían sus modalidades (Walk, Lock, Free). Se podría implementar el bloqueo dentado de US 7410471B1 que brinde más seguridad y la rigidez ajustable del bloqueo de rodilla de US11766348B2 según la comodidad del paciente. Es importante evaluar la implementación de las bandas elásticas aplicadas en US 2025/0161137 A1 para reducir costos en el ensamblado de las partes. Asimismo, un modo de práctica como lo plantea ES2915693T3 puede ser muy útil durante el inicio del uso del dispositivo, para ganar confianza y agilidad en el uso del nuevo equipo.