

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 056**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2016 PCT/US2016/062726**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17105762**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2016 E 16810529 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2022 EP 3317053**

54 Título: **Sistema y procedimientos de supervisión y control de la seguridad para un dispositivo de movilidad de piernas exoesqueleto**

30 Prioridad:

14.12.2015 US 201562266840 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.05.2022

73 Titular/es:

**PARKER-HANNIFIN CORPORATION (100.0%)
6035 Parkland Boulevard
Cleveland, OH 44124, US**

72 Inventor/es:

**DALLEY, SKYLER ASHTON;
FARRIS, RYAN;
ETHERIDGE, STEVEN JEFFERSON-SHAWN;
MORRISON, SCOTT ANDREW y
MURRAY, SPENCER**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 910 056 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimientos de supervisión y control de la seguridad para un dispositivo de movilidad de piernas exoesqueleto

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a sistemas de control electrónico para un dispositivo de movilidad de piernas o dispositivo "exoesqueleto", incluyendo sistemas de control para la supervisión de seguridad de la operación del dispositivo de movilidad de piernas o dispositivo exoesqueleto.

Antecedentes de la invención

- 10 En la actualidad, existen varios cientos de miles de personas con lesiones medulares en los Estados Unidos, con aproximadamente 12.000 nuevas lesiones sufridas cada año a una edad media de lesión de 40,2 años. De ellos, aproximadamente el 44% (unos 5.300 casos al año) resultan en paraplejía. Uno de los impedimentos más importantes de la paraplejía es la pérdida de movilidad, sobre todo teniendo en cuenta la edad relativamente temprana a la que se producen estas lesiones. Las encuestas realizadas a usuarios con paraplejía indican que los problemas de movilidad están entre los más frecuentes, y que el principal deseo de movilidad es poder caminar y estar de pie. Además de una
- 15 movilidad reducida, la incapacidad de estar de pie y caminar conlleva graves efectos fisiológicos, como atrofia muscular, pérdida de contenido mineral óseo, frecuentes problemas de descomposición de la piel, mayor incidencia de infecciones del tracto urinario, espasticidad muscular, deterioro de la circulación linfática y vascular, deterioro del funcionamiento digestivo y reducción de la capacidad respiratoria y cardiovascular.

- 20 En un esfuerzo por restaurar cierto grado de movilidad de las piernas a los individuos con paraplejía u otras formas de deterioro de la movilidad, se han desarrollado varias ortesis de extremidades inferiores. La forma más sencilla de este tipo de dispositivos es la ortopedia pasiva con ortesis de pierna larga que incorpora un par de ortesis de tobillo-pie (AFO) para proporcionar apoyo en los tobillos, que se acoplan con ortesis de pierna que bloquean las articulaciones de la rodilla en extensión completa. Las caderas suelen estar estabilizadas por la tensión de los ligamentos y la musculatura de la cara anterior de la pelvis. Dado que casi toda la energía para el movimiento la proporciona la parte
- 25 superior del cuerpo, estas ortesis pasivas requieren una fuerza considerable de la parte superior del cuerpo y un alto nivel de esfuerzo físico, y proporcionan velocidades de marcha muy lentas.

- La ortesis de guía de cadera (HGO), que es una variación de las férulas de la totalidad de la pierna, incorpora articulaciones de cadera que resisten rígidamente la aducción y abducción de la cadera, y placas de zapato rígidas que proporcionan una mayor elevación del centro de gravedad en el despegue de la puntera, permitiendo así un mayor
- 30 grado de progresión hacia delante por zancada. Otra variante de la ortesis de la totalidad de la pierna, la ortesis de marcha recíproca (RGO), incorpora una restricción cinemática que vincula la flexión de la cadera de una pierna con la extensión de la cadera de la otra, normalmente mediante un conjunto de cables de empuje y tracción. Al igual que con otras ortesis pasivas, el usuario se inclina hacia delante contra una ayuda para la estabilidad (por ejemplo, muletas de apoyo o un andador) mientras se quita el peso de la pierna oscilante y se utiliza la gravedad para proporcionar la
- 35 extensión de la cadera de la pierna de apoyo. Dado que el movimiento de las articulaciones de la cadera se acopla recíprocamente a través del mecanismo de vaivén, la extensión de la cadera inducida por la gravedad también proporciona una flexión de la cadera contralateral (de la pierna de balanceo), de manera que la longitud de la zancada de la marcha aumenta. Una variación de la RGO incorpora un acoplamiento variable basado en un circuito hidráulico entre las articulaciones de la cadera izquierda y derecha. Los experimentos con esta variación indican una mejor
- 40 cinemática de la cadera con el acoplamiento hidráulico modulado.

Para disminuir el alto nivel de esfuerzo asociado a las ortesis pasivas, se ha desarrollado el uso de ortesis motorizadas, que incorporan accionadores y motores de accionamiento asociados a una fuente de alimentación para ayudar a la locomoción. Se ha demostrado que estas ortesis eléctricas aumentan la velocidad de la marcha y disminuyen los movimientos compensatorios, en relación con la marcha sin asistencia eléctrica.

- 45 El uso de ortesis motorizadas presenta una oportunidad para el control electrónico de las ortesis. Sin embargo, los dispositivos de exoesqueleto hasta la fecha han carecido de sistemas de control completos que también sean fáciles de usar para maximizar la eficacia y la comodidad de un dispositivo de exoesqueleto de movilidad de piernas.

- Se conocen ejemplos de ortesis motorizadas. Los documentos WO/2010/044087, US 2010/0094188 y US 8.096.965 desvelan un sistema de férula de exoesqueleto motorizado/sistema de férula de exoesqueleto. Sin embargo, estos dispositivos del estado de la técnica han sido insuficientes para un control exhaustivo y fácil de usar del dispositivo exoesqueleto. Los procedimientos convencionales de interfaz del usuario con el control del dispositivo tienden a centrarse en las características de seguridad para generar alertas que tienden a ser en respuesta a una naturaleza o estado defectuoso del dispositivo exoesqueleto o sus componentes. Las alertas, por ejemplo, pueden ser proporcionadas en cuanto a condiciones tal como fallos del sensor, detección de temperaturas "altas", detección de mal funcionamiento del cargador de baterías o de la batería (Alertas de Severidad Alta acompañadas de LED rojos sólidos), detección de temperaturas "medias", detección de niveles de batería "críticos" (Alertas de Severidad Media acompañadas de LED rojos parpadeantes), detección de temperaturas bajas, y detección de niveles de batería "bajos"

(Alertas de Severidad Baja acompañadas de LED amarillos parpadeantes). Además, estos Procedimientos de Seguridad describen el comportamiento de protección que el Dispositivo de Movilidad con Piernas mostrará (más allá de una indicación o alerta) en caso de que se produzca una caída en un intento de evitar daños o en respuesta a un estímulo en general.

- 5 "Alertas" en el contexto de las referencias anteriores tiene un contexto específico tal y como lo entienden los expertos en la técnica. En el contexto de los elementos de seguridad descritos en la presente memoria, las alertas suelen ser: (1) asociadas a un peligro del que el usuario puede no ser consciente, (2) sobre el que el usuario puede realizar una acción específica para resolverlo, y (3) están acompañados de LED rojos sólidos, rojos intermitentes y amarillos intermitentes, respectivamente en esquemas de color de alerta convencionales ejemplares. Las indicaciones que no
10 cumplen estos criterios no se consideran alertas. Por ejemplo, si alguien se está cayendo, lo más probable es que (1) sea consciente de la situación, (2) no pueda tomar medidas concretas para resolver la situación y (3) no preste atención a ninguna alerta. Por consiguiente, las indicaciones que no cumplen los tres criterios anteriores no se consideran generalmente "alertas" de seguridad en este contexto.

- 15 Se ha intentado proporcionar al menos un control generalizado de un dispositivo de exoesqueleto, incluyendo la provisión de indicaciones de seguridad. Por ejemplo, el documento US 8.905.955 B2 desvela un procedimiento de control de un sistema de férula del exoesqueleto que comprende detener el accionamiento de las articulaciones motorizadas cuando una señal recibida de un sensor de inclinación indica que se está cayendo. Estos procedimientos se describen completamente en el contexto de las transiciones de pie y sentado.

- 20 El documento WO/2013/142777 desvela un procedimiento de control de una ortesis de extremidad inferior motorizada, en el que el soporte de la pierna incluye un segmento del muslo, un segmento de la canilla, comprendiendo además la estimación de un ángulo del segmento de la canilla con respecto a la vertical. El dispositivo se controla para dar un paso cuando el ángulo de la canilla supera un umbral con respecto a la severidad, y el sistema comprende además la señalización al usuario cuando coloca la ortesis en un estado correspondiente a dar un paso, realizándose la señal generalmente mediante un tono auditivo, una vibración háptica o una señal visual. El documento
25 WO/2013/142777 también desvela un procedimiento relacionado de control de una ortesis de extremidad inferior motorizada, en el que el soporte de la pierna incluye un segmento de muslo, un segmento de canilla. El procedimiento comprende la estimación de un ángulo del segmento de la canilla con respecto a la vertical, y el dispositivo da un paso cuando el ángulo de la canilla supera un umbral con respecto a la gravedad. El procedimiento comprende además el cálculo de una trayectoria media del centro de presión a lo largo del tiempo, el cálculo de la variación de esa localización a lo largo del tiempo y la generación de una puntuación de competencia. El procedimiento comprende
30 además restringir qué estados del exoesqueleto pueden alcanzarse basándose en al menos un umbral de dicha cantidad de variación.

- El documento WO/2014/159577 desvela una ortesis de extremidad inferior configurada para ser acoplada a una persona, y un controlador que recibe señales de una pluralidad de sensores. El controlador estima al menos un valor de retroalimentación listo basado en la salida del sensor, y al menos un sistema de retroalimentación operado por el
35 controlador está configurado para comunicar el valor de retroalimentación listo al usuario. La ortesis proporciona al usuario información sobre la operación de la ortesis que no está disponible de otra manera para el usuario, en la que los sistemas de retroalimentación incluyen al menos una luz que indica el esfuerzo del accionador, una pluralidad de luces que indican proporcionalmente el par del accionador, al menos una luz que indica la fuerza en un punto de interfaz, una pluralidad de luces que indican proporcionalmente la fuerza en un punto de interfaz. El valor listo para la retroalimentación se selecciona entre: la fuerza entre el usuario y la ortesis, el esfuerzo aplicado por la ortesis, la par aplicada por la ortesis, el esfuerzo máximo aplicado durante el ciclo de la marcha, el esfuerzo medio aplicado durante el ciclo de la marcha, el centro de presión, la posición de la extremidad, la posición del centro de masa, el espacio libre del pie, el estado de la ortesis, la siguiente acción de la ortesis, la orientación óptima de la ayuda de ganancia y el
40 movimiento de la persona.
45

Aunque existen sistemas convencionales de indicación y control que proporcionan ciertas alertas y/o avisos de salida, tales sistemas de control para dispositivos de exoesqueleto hasta la fecha han carecido de exhaustividad de una manera que sea fácil de usar para maximizar la eficacia tanto para mejorar la comodidad como la seguridad de un dispositivo de exoesqueleto de movilidad de piernas.

- 50 El documento WO2012044621 desvela un aparato que incluye un sistema de exoesqueleto con una pluralidad de sensores para generar señales que indican un movimiento actual y una disposición actual de al menos el sistema de exoesqueleto, un segmento de cadera y al menos una extremidad inferior. El miembro inferior incluye segmentos de muslo y canilla para acoplarse a una superficie lateral de la pierna del usuario. El segmento del muslo incluye una primera articulación motorizada que acopla el segmento del muslo al segmento de la cadera, una segunda articulación motorizada que acopla el segmento del muslo al segmento de la caña, y un controlador acoplado a los sensores, a la
55 primera articulación motorizada y a la segunda articulación motorizada. El controlador está configurado para determinar un estado actual del sistema de exoesqueleto y una intención actual del usuario basada en las señales y generar señales de control para la primera y la segunda articulaciones motorizadas basadas en el estado actual y la intención actual.

El documento WO2015006853 desvela un sistema de control para un exoesqueleto para una extremidad de un usuario en el que la extremidad tiene una porción superior conectada al cuerpo de un usuario y se proporciona una porción de la extremidad inferior. El sistema de control controla la operación de uno o varios motores de accionamiento que hacen girar una o varias articulaciones del exoesqueleto. Las señales de entrada de los sensores de presión y los sensores de posición se supervisan y, cuando las señales de entrada están dentro de los valores esperados, se pueden implementar una o más acciones de control.

El documento WO2014036138 desvela sensores asociados a un robot o a un subsistema del mismo (por ejemplo, un accionador elástico en serie asociado a una articulación del robot) que pueden ser supervisados para su coherencia mutua utilizando una o más restricciones que relacionan las cantidades físicas medidas por los sensores entre sí. Las restricciones pueden basarse en un modelo físico del robot o del subsistema.

El documento US2013040783 desvela sistemas y procedimientos para proporcionar resistencia al movimiento de un usuario. El sistema incluye una pluralidad de accionadores ponibles, una pluralidad de sensores ponibles y un procesador. Cada uno de los sensores ponibles mide una indicación de la orientación de uno de los accionadores ponibles correspondientes con respecto a una dirección vertical. Cada uno de los sensores mide también una indicación de un movimiento experimentado por el correspondiente de los accionadores ponibles. El procesador recibe datos de cada sensor que indican la orientación y el movimiento del sensor. El procesador determina una cantidad de resistencia a aplicar con cada uno de los accionadores en función de la dirección vertical y envía instrucciones a los accionadores. Las instrucciones hacen que los accionadores apliquen una resistencia al usuario.

Sumario de la invención

La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas y se dirige a los sistemas y procedimientos de supervisión y control de la seguridad para un dispositivo de movilidad de piernas, como un "exoesqueleto". Estos procedimientos se refieren a diversos aspectos del estado o la función del dispositivo que sirven para proteger o informar al usuario. Los estados o funciones ejemplares del dispositivo pueden incluir: el estado de espera del dispositivo, indicaciones de estado, protección térmica/de temperatura elevada, detección de sensores y otros fallos, y alertas de seguridad y otra información para el usuario. Las ventajas de la presente invención incluyen procedimientos de supervisión y control de la seguridad para un dispositivo de movilidad u otro dispositivo electromecánico que puede proporcionar al usuario alertas con respecto a los problemas en los que el usuario puede tomar una acción correctiva u otra medida prescrita.

A diferencia de los sistemas y procedimientos de control convencionales, como los descritos anteriormente, los procedimientos de control de seguridad descritos en la presente memoria no se limitan a detener el accionamiento como respuesta a la caída u otros peligros de seguridad. Más bien, el sistema de control detiene el accionamiento en respuesta a las alertas de alta severidad mencionadas anteriormente (por ejemplo, fallos del sensor, detección de temperaturas "altas"). Los procedimientos de seguridad también se aplican en general a todos los estados del dispositivo exoesqueleto, y no sólo en el contexto de las transiciones de pie y sentado, como es convencional.

Los procedimientos de control de seguridad descritos en la presente memoria pueden indicar que el paso es inminente (en este caso mediante vibración háptica) y qué pierna específicamente pisará a continuación (en este caso mediante una señal visual). Además, en comparación con las configuraciones convencionales, sin embargo, las alertas de pisada se producen en el estado previo a la pisada, en contraposición a cuando la ortesis se coloca en un estado en el que va a pisar. Proporcionar una alerta antes del paso real es ventajoso porque se cree que las indicaciones de paso no son útiles una vez que se ha disparado un paso real. Es decir, en la presente invención el usuario puede ser plenamente consciente de que un paso es inminente (debido a las señales visuales y la vibración). Además, los procedimientos de control de seguridad descritos en la presente memoria restringen los estados del exoesqueleto que pueden alcanzarse. Sin embargo, a diferencia de los sistemas convencionales, la presente invención lo hace debido a que el dispositivo está en "espera" o debido a una alerta, a diferencia de la variación del centro de presión como se hace en los sistemas convencionales.

Además, los procedimientos de control de seguridad descritos en la presente memoria incluyen un sistema de retroalimentación operado por el sistema de control. Sin embargo, a diferencia de los sistemas convencionales descritos anteriormente, en el contexto de las alertas los sistemas de retroalimentación no se utilizan para indicar ninguna de las condiciones descritas en la presente memoria. Sin embargo, además de las alertas, el sistema de retroalimentación de la presente invención en algunas circunstancias también puede indicar una próxima acción del dispositivo (por ejemplo, una luz parpadeante para indicar el paso de la pierna), que puede estar correlacionada con el estado del dispositivo (por ejemplo, cuando una luz izquierda parpadea lentamente, se puede inferir que el dispositivo de movilidad de piernas está en doble apoyo con el pie derecho hacia adelante).

Como se ha referido anteriormente, la presente invención se dirige a los sistemas y procedimientos de supervisión y control de la seguridad para un dispositivo de movilidad de piernas, como un "exoesqueleto". Estos procedimientos se refieren a diversos aspectos del estado o la función del dispositivo que sirven para proteger o informar al usuario. Los estados o funciones ejemplares del dispositivo pueden incluir: (1) el estado de espera del dispositivo, (2) las indicaciones de estado, y (3) las alertas del dispositivo que pueden incluir (a) la protección térmica/de temperatura elevada, (b) la detección de sensores y otros fallos, y (c) las alertas de seguridad y otra retroalimentación para el

usuario. Cada uno de estos estados o funciones puede corresponder a una determinada alerta de seguridad y a una respuesta de control

El dispositivo en espera es un procedimiento de control que evita las transiciones de estado accidentales que pueden provocar la inestabilidad del usuario o una caída. La realización ejemplar relacionada con el modo de Espera de Dispositivo puede incluir la prevención de transiciones no deseadas entre los principales modos de movilidad (por ejemplo, estar de pie, caminar, sentarse) cuando el usuario pone manualmente el dispositivo en modo de espera utilizando una interfaz de usuario, como, por ejemplo, pulsando brevemente los botones de encendido después de que el dispositivo se haya encendido. Las transiciones no deseadas entre otros modos (por ejemplo, subir escaleras), o los estados dentro de un modo determinado (por ejemplo, paso a la izquierda, paso a la derecha), pueden evitarse adicionalmente o alternativamente para impedir las transiciones entre los principales modos de movilidad. Además, la espera del dispositivo puede producirse automáticamente o en respuesta a otros estímulos. Mientras que las configuraciones convencionales descritas en la sección de antecedentes sugieren restringir el estado del dispositivo basándose en la variación del centro de presión, el procedimiento de espera del dispositivo descrito en la presente memoria, en el que la espera es voluntaria o se basa en otros criterios, no es enseñado por las configuraciones anteriores.

Las indicaciones de estado son un procedimiento de control mediante el cual se comunica o se da a conocer al usuario el estado del dispositivo. La realización ejemplar relacionada con las indicaciones de estado puede incluir una interfaz de indicación visual para comunicar el estado de conectividad inalámbrica, el estado de espera del dispositivo y el estado del siguiente paso, aunque pueden incluirse otras interfaces o indicaciones. Por ejemplo, las luces azules en los aspectos izquierdos y derechos del dispositivo de exoesqueleto pueden indicar que el dispositivo está en espera, mientras que las luces verdes pueden indicar que el dispositivo de exoesqueleto está activo. Una luz intermitente en uno de los lados del dispositivo del exoesqueleto puede utilizarse para indicar qué pierna dará el siguiente paso. Mientras que las configuraciones convencionales descritas en la sección de antecedentes sugieren comunicar los estados del dispositivo al usuario, el procedimiento de indicación de estado descrito en la presente memoria, en el que los estados, las acciones y su procedimiento de comunicación están bien definidos, no es enseñado por las configuraciones anteriores.

Las alertas del dispositivo para la protección térmica es un procedimiento de control por el cual se detectan las temperaturas elevadas y se utilizan para modificar el comportamiento del dispositivo para proteger mejor al usuario y a los componentes del dispositivo del exoesqueleto si se producen temperaturas elevadas. La realización relacionada con la protección térmica puede incluir la limitación de la corriente o el par de torsión comandados en proporción a los niveles de temperatura, ya sea de forma continua o por etapas, de manera que el aumento continuo de la temperatura sea menos probable. A partir de un determinado umbral de temperatura, las transiciones del modo de movilidad de sentado a parado (de pie) y de paso a paso (caminando) pueden quedar inhabilitadas, lo que significa que el usuario sólo puede ponerse de pie desde que camina, o sentarse desde que está de pie, para permitir que los accionadores se enfríen. Para mejorar la seguridad, estos efectos pueden no ser inmediatos. Por ejemplo, el usuario debe pararse o sentarse antes de que los niveles de corriente se reduzcan correspondientemente para evitar la interrupción de una transición que está ocurriendo y que aún no se ha completado. A partir de un determinado umbral de temperatura más alto, se puede prohibir todo movimiento, aunque todavía se puede disponer de un nivel mínimo de corriente para proporcionar cierto nivel de apoyo. El procedimiento de protección térmica descrito en la presente memoria, en el que las temperaturas afectan al comportamiento del dispositivo en general, no es enseñado por configuraciones anteriores.

Las Alertas de Dispositivo para los fallos de los sensores es un procedimiento de control por el que se detectan los problemas de los sensores y se utilizan para modificar el comportamiento del dispositivo para proteger mejor al usuario y a los componentes del dispositivo del exoesqueleto si se producen fallos en los sensores. La realización relacionada con los Fallos del Sensor puede incluir la prevención de más transiciones de estado cuando se ha detectado un fallo y el dispositivo ha alcanzado un estado estable, ha expirado o ha dejado de moverse. Por ejemplo, si se detecta una señal de sensor de posición defectuosa mientras se está parado, se pueden evitar más transiciones de estado tan pronto como se alcance el estado de parado. Alternativamente, el movimiento conjunto puede cesar inmediatamente ante determinadas circunstancias de detección de fallos. En tal caso, las referencias de posición pueden mantenerse constantes, las ganancias se reducirían y la corriente comandada se saturaría a valores más bajos en cuanto se produjera el fallo. Además, los sensores redundantes o similares pueden utilizarse exclusivamente cuando sus homólogos fallan. El procedimiento de fallos del sensor descrito en la presente memoria, en el que los fallos afectan al comportamiento del dispositivo en general, no es enseñado por configuraciones anteriores.

Las Alertas de Dispositivos para la seguridad es un procedimiento de control por el cual los peligros potenciales se agrupan de acuerdo con la severidad, y dan lugar a indicaciones y comportamientos específicos similares del dispositivo. En la realización relacionada con las Alertas de Seguridad, las alertas, por ejemplo, pueden ser emitidas en respuesta a niveles reducidos de la batería, temperaturas elevadas del motor, o en presencia de fallos en los sensores. Estas alertas pueden agruparse de acuerdo con la severidad y el comportamiento resultante del dispositivo. Por ejemplo, una batería baja puede considerarse una alerta de baja severidad, que corresponde a ningún cambio en el comportamiento del dispositivo, y que da lugar a una luz amarilla intermitente. Sin embargo, un fallo del sensor puede considerarse una alerta de alta severidad, que corresponde al cese del movimiento del dispositivo, y que da lugar a una luz roja fija. De esta manera, las alertas de severidad similar pueden asociarse a la misma indicación y

comportamiento del dispositivo, aunque su causa sea diferente (por ejemplo, una temperatura alta del motor puede considerarse también de severidad alta). Este esquema de alerta, en el que las alertas de severidad baja y media implican luces intermitentes, sigue permitiendo que las indicaciones sean visibles. Por ejemplo, si las luces de la parte izquierda y derecha del exoesqueleto parpadean en azul y amarillo, el usuario sabe que el dispositivo está en espera y que hay una alerta de nivel bajo. Mientras que las configuraciones convencionales descritas en la sección de antecedentes sugieren esquemas de alerta, los eventos que activan las alertas convencionales son significativamente diferentes, demasiado ambiguos, o no están asociados con cambios en el comportamiento del dispositivo, lo que está en contraste con la presente invención. El procedimiento de alertas de seguridad descrito en la presente memoria, en el que los peligros potenciales se agrupan de acuerdo con la severidad y dan lugar a indicaciones y comportamientos específicos comparables del dispositivo, no se enseña en configuraciones anteriores.

Estas y otras características de la presente invención serán evidentes con referencia a la siguiente descripción y a los dibujos adjuntos. En la descripción y los dibujos, se han desvelado en detalle realizaciones particulares de la invención como indicativas de algunas de las formas en que pueden emplearse los principios de la invención, pero se entiende que la invención no está limitada en su alcance.

Breve descripción de los dibujos

La Fig.1 es un dibujo que representa un dispositivo exoesqueleto ejemplar que lleva un usuario.

La Fig. 2 es un dibujo que representa una vista en perspectiva de un exoesqueleto ejemplar en posición de pie.

La Fig. 3 es un dibujo que representa una vista en perspectiva del dispositivo ejemplar de exoesqueleto en posición sentada.

La Fig. 4 es un dibujo que representa una vista frontal del dispositivo ejemplar de exoesqueleto en posición de pie.

La Fig. 5 es un dibujo que representa una vista lateral del dispositivo ejemplar de exoesqueleto en posición de pie.

La Fig. 6 es un dibujo que representa una vista posterior del dispositivo exoesqueleto ejemplar en posición de pie.

La Fig. 7 es un dibujo que representa una vista en perspectiva de un conjunto ejemplar de muslo que tiene dos casetes de accionador ejemplares instalados en él.

La Fig. 8 es un dibujo que representa una vista frontal en despiece del conjunto ejemplar de muslo que tiene dos casetes de accionador ejemplares instalados en él.

La Fig. 9 es un dibujo que representa una vista en perspectiva del conjunto ejemplar de muslo que tiene dos casetes de accionador ejemplares instalados en él.

La Fig. 10 es un dibujo que representa una vista desde arriba de un casete de accionador ejemplar.

La Fig. 11 es un dibujo que representa una vista desde abajo de un casete de accionador ejemplar.

La Fig. 12 es un dibujo que representa una vista en perspectiva de un de un casete de accionador ejemplar.

La Fig. 13 es un dibujo que representa una vista en sección transversal de un casete de accionador ejemplar tomada a lo largo de la dirección longitudinal.

La Fig. 14 es un dibujo que representa un diagrama de bloques esquemático de porciones operativas de un sistema de control ejemplar y componentes electrónicos relacionados de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 15 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de un indicador electrónico de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La Fig. 16 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de indicadores electrónicos correspondientes a un procedimiento de Control de Dispositivo en Espera de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La Fig. 17 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de indicadores electrónicos correspondientes a un procedimiento de control de indicaciones de estado de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La Fig. 18 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de indicadores electrónicos correspondientes a un procedimiento de control de Alertas de Dispositivos de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

5 Descripción detallada

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora con referencia a los dibujos, en los que se utilizan números de referencia similares para referirse a elementos similares. Se entiende que las figuras no están necesariamente a escala.

Para el contexto, las Figs. 1-13 representan varias vistas de un dispositivo ejemplar de exoesqueleto que puede utilizarse en relación con el sistema de control y los procedimientos de la presente invención. A título ilustrativo, se ofrece aquí una descripción algo generalizada de dicho dispositivo exoesqueleto. Se puede encontrar una descripción más detallada de dicho dispositivo en la solicitud de patente internacional del solicitante. Núm. PCT/US2015/023624 presentada el 3 de marzo de 2015. Se apreciará, sin embargo, que el dispositivo exoesqueleto descrito presenta un ejemplo de uso, y que el sistema de control y los procedimientos de la presente invención no se limitan a ninguna configuración particular de un dispositivo exoesqueleto. Se pueden realizar variaciones en el dispositivo de exoesqueleto, mientras que las características de la presente invención siguen siendo aplicables. Además, los principios de esta invención pueden aplicarse en general a cualquier dispositivo de movilidad adecuado. Dichos dispositivos de movilidad incluyen, por ejemplo, dispositivos ortopédicos que ayudan a la movilidad de personas sin uso o con uso limitado de una determinada porción del cuerpo, y dispositivos protésicos, que esencialmente proporcionan un reemplazo electromecánico de una parte del cuerpo que no está presente, como puede ser utilizado por un amputado o una persona que carece congénitamente de una porción del cuerpo.

Como se muestra en la Fig.1, un dispositivo de exoesqueleto 10, que también puede ser referido en la técnica como un "dispositivo robótico ponible", puede ser llevado por un usuario. Para sujetar el dispositivo al usuario, el dispositivo 10 puede incluir dispositivos de sujeción 11 para fijar el dispositivo al usuario mediante cinturones, lazos, correas o similares. Además, para la comodidad del usuario, el dispositivo 10 puede incluir un acolchado 12 dispuesto a lo largo de cualquier superficie que pueda entrar en contacto con el usuario. El dispositivo 10 puede utilizarse con una ayuda para la estabilidad 13, como muletas, un andador o similares.

Un dispositivo ejemplar de exoesqueleto de movilidad de piernas se ilustra como una ortesis de miembro inferior motorizada 100 en las Figs. 2-6. En concreto, la ortesis 100 mostrada en las Figs. 2-6 puede incorporar cuatro componentes de accionamiento configurados como dispositivos electromotores (por ejemplo, motores eléctricos), que imponen pares de torsión en el plano sagital en cada uno de los componentes de la articulación de la rodilla y la cadera, incluidos los componentes de la articulación de la cadera (derecha e izquierda) 102R, 102L y los componentes de la articulación de la rodilla 104R, 104L. La Fig. 2 muestra la ortesis 100 en posición de pie, mientras que la Fig. 3 muestra la ortesis 100 en posición sentada.

Como se observa en las figuras, la ortesis contiene cinco conjuntos o módulos, aunque uno o más de estos módulos pueden omitirse y pueden añadirse otros módulos (por ejemplo, módulos de brazo), que son: dos conjuntos (módulos) de pierna inferior (derecha e izquierda) 106R y 106L, dos conjuntos de muslo (izquierda y derecha) 108R y 108L, y un conjunto de cadera 110. Cada conjunto de muslo 108R y 108L incluye una carcasa de conjunto de muslo 109R y 109L respectiva, y un enlace, conector o acoplador 112R y 112L que se extiende desde cada una de las articulaciones de rodilla 104R y 104L y está configurado para moverse de acuerdo con el funcionamiento de las articulaciones de rodilla 104R y 104L para proporcionar un par de torsión en el plano sagital en las articulaciones de rodilla 104R y 104L.

Los conectores 112R y 112L pueden estar configurados además para acoplar mecánicamente de forma segura cada uno de los conjuntos de muslo 108R y 108L a los respectivos conjuntos de pierna 106R y 106L. Además, cada conjunto de muslo 108R y 108L incluye también un enlace, conector o acoplador 114R y 114L, respectivamente, que se extiende desde cada uno de los componentes de la articulación de la cadera 102R y 102L y se mueve de acuerdo con el funcionamiento de los componentes de la articulación de la cadera 102R y 102L para proporcionar un par de torsión en el plano sagital en los componentes de la articulación de la rodilla 104R y 104L. Los conectores 114R y 114L pueden además estar configurados para acoplar mecánicamente de forma segura cada uno de los conjuntos de muslo 108R y 108L al conjunto de cadera 110.

En algunas realizaciones, los diversos componentes del dispositivo 100 pueden estar dimensionados para el usuario. Sin embargo, en otras realizaciones los componentes pueden ser configurados para acomodar una variedad de usuarios. Por ejemplo, en algunas realizaciones se pueden disponer uno o más elementos de extensión entre los conjuntos de la parte inferior de la pierna 106R y 106L y los conjuntos del muslo 108R y 108L para acomodar a los usuarios con extremidades más largas. En otras configuraciones, las longitudes de los dos conjuntos de la parte inferior de la pierna 106R y 106L, los dos conjuntos del muslo 108R y 108L, y un conjunto de la cadera 110 pueden ser ajustables. Es decir, las carcasas del conjunto de muslo 109R, 109L, las carcasas del conjunto de la parte inferior de la pierna 107R y 107L para los conjuntos de la parte inferior de la pierna 106R, 106L, respectivamente, y la carcasa

del conjunto de la cadera 113 para el conjunto de la cadera 110 pueden configurarse para permitir al usuario o al profesional médico ajustar la longitud de estos componentes en el campo. Por ejemplo, estos componentes pueden incluir secciones deslizables o móviles que se pueden mantener en una o más posiciones utilizando tornillos, clips o cualquier otro tipo de sujetadores. En vista de lo anterior, los dos conjuntos de la parte inferior de la pierna 106R y 106L, los dos conjuntos del muslo 108R y 108L, y un conjunto de la cadera 110 pueden formar un sistema modular que permite sustituir selectivamente uno o más de los componentes de la ortesis 100 y crear una ortesis para un usuario sin necesidad de componentes personalizados. Esta modularidad también puede facilitar en gran medida el procedimiento para ponerse y quitarse el dispositivo.

En la ortesis 100, cada carcasa del conjunto del muslo 109R, 109L puede incluir sustancialmente todos los componentes de accionamiento para operar y conducir los correspondientes componentes de la articulación de la rodilla 104R, 104L y los componentes de la articulación de la cadera 102R, 102L. En particular, cada una de las carcasas del conjunto del muslo 109R, 109L puede incluir componentes de accionamiento configurados como dos dispositivos motrices (por ejemplo, motores eléctricos) que se utilizan para accionar las articulaciones de los componentes de la cadera y la rodilla. Sin embargo, las diversas realizaciones no están limitadas en este sentido, y algunos componentes de accionamiento pueden estar situados en el conjunto de la cadera 110 y/o en los conjuntos de la parte inferior de la pierna 106R, 106L.

Una batería 111 para proporcionar energía a la ortesis puede estar ubicada dentro de la carcasa del conjunto de cadera 113 y los conectores 114R y 114L también pueden proporcionar medios para conectar la batería 111 a cualquier componente de accionamiento dentro de cualquiera de los conjuntos de muslo 108R y 108L. Por ejemplo, los conectores 114R y 114L pueden incluir cables, contactos, o cualquier otro tipo de elementos eléctricos para conectar eléctricamente la batería 111 a los componentes eléctricos de los conjuntos de muslo 108R y 108L. En las diversas realizaciones, la colocación de la batería 111 no se limita a estar dentro de la carcasa del conjunto de cadera 113. Más bien, la batería puede ser una o más baterías ubicadas dentro de cualquiera de los conjuntos de la ortesis 100.

Los componentes de accionamiento referidos pueden incorporar sensores adecuados y dispositivos de control o controlador electrónico interno relacionados para su uso en el control del dispositivo de exoesqueleto. Dichos dispositivos de control interno pueden funcionar utilizando la información sensorial procedente de la detección de señales posturales, mediante la cual el dispositivo de control interno hará que el dispositivo exoesqueleto entre automáticamente en modos de operación generalizados, como sentarse, estar de pie, caminar, operación de asistencia variable, y transiciones entre estos modos o estados generalizados (por ejemplo, de estar sentado a estar de pie, de estar de pie a caminar, de estar de pie a estar sentado, etc.) y transición de pasos (por ejemplo, paso derecho, paso izquierdo). Los dispositivos de control electrónico interno pueden realizar además operaciones de mitigación de caídas y de recuperación para el dispositivo exoesqueleto, como se describe, por ejemplo, en la Solicitud de Patente Internacional del Solicitante Núm. PCT/US2016/016319 presentada el 3 de febrero de 2016 (publicada como documento WO 2017/087016).

Los dispositivos de control electrónico interno y componentes electrónicos relacionados pueden incorporar o incluir además una interfaz de comunicaciones del dispositivo de asistencia a la movilidad que está configurada para transmitir y recibir señales a través de una interfaz de señales electrónicas. En algunas realizaciones ejemplares, la interfaz de comunicaciones del dispositivo de movilidad puede comunicarse electrónicamente a través de una interfaz inalámbrica mediante la transmisión de señales a una interfaz de comunicaciones de un dispositivo de comunicación electrónica que incluye una aplicación de control para controlar los componentes de accionamiento del dispositivo de movilidad y la recepción de dichas señales.

Para realizar dichas operaciones, los sistemas de accionamiento y el dispositivo de control interno del dispositivo de movilidad pueden emplear el uso de acelerómetros, giroscopios, medición inercial y otros sensores para detectar y observar la orientación o ángulo de la parte superior de la pierna y la velocidad angular. El dispositivo de control interno puede entonces controlar selectivamente los componentes de accionamiento para modular los componentes de la articulación, y en particular los componentes de la articulación de la rodilla y la cadera, para aplicar un par de torsión, implementar estados bloqueados o liberados, o efectuar de otro modo el posicionamiento o el movimiento de los componentes de la articulación para controlar el dispositivo del exoesqueleto para la operación de los modos o para la mitigación de las caídas.

Para implementar las características de la presente invención, el dispositivo de control electrónico puede incluir uno o más dispositivos de procesador que están configurados para ejecutar código de programa almacenado en un medio legible por ordenador no transitorio que incorpora los procedimientos de control asociados con el control generalizado del dispositivo exoesqueleto, incluyendo las operaciones de control de la presente invención. Será evidente para una persona experta en la materia de la programación informática de dispositivos electrónicos cómo programar el dispositivo de control electrónico para operar y llevar a cabo funciones lógicas asociadas con la presente invención. Por lo tanto, en aras de la brevedad, se han omitido los detalles sobre el código de programación específico. Además, la funcionalidad del controlador podría llevarse a cabo a través de hardware dedicado, firmware, software, o cualquier combinación de los mismos, sin apartarse del ámbito de la invención. Por lo tanto, como comprenderá un experto en la técnica, el sistema de control puede tener varias implementaciones. Por ejemplo, el sistema de control puede configurarse como cualquier dispositivo procesador adecuado, como un circuito programable, un circuito integrado,

circuitos de memoria y E/S, un circuito integrado de aplicación específica, un microcontrolador, un dispositivo lógico programable complejo, otros circuitos programables o similares. El sistema de control también puede incluir un medio no transitorio legible por ordenador, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable y borrable (EPROM o memoria Flash), o cualquier otro medio adecuado. Las instrucciones para realizar los procedimientos descritos a continuación pueden almacenarse en el medio no transitorio legible por ordenador y ejecutarse por el dispositivo procesador.

En las diversas realizaciones, para mantener un peso bajo para la ortesis y un perfil reducido para los diversos componentes, los componentes de accionamiento pueden incluir un sistema de accionamiento sustancialmente planar que se utiliza para accionar las articulaciones de cadera y rodilla de los componentes de la articulación. Por ejemplo, cada motor puede accionar respectivamente un componente de la articulación asociado a través de una transmisión de reducción de velocidad que utiliza una disposición de engranajes de rueda dentada y cadenas sustancialmente paralelas al plano de movimiento sagital. Por referencia a las Figs. 7-13, la consolidación de las piezas móviles en unidades autónomas, denominadas en la presente memoria "casetes", permite facilitar el mantenimiento y la sustitución porque los casetes son intercambiables, lo que facilita el mantenimiento o requiere menos variedad de componentes de repuesto. Tal y como se utiliza en la presente memoria, "autónomo" significa que el casete incluye todo lo necesario para operar de forma totalmente funcional si se le suministra energía. Por lo tanto, por ejemplo, si se suministra energía a los contactos eléctricos del casete, éste se activaría.

En la realización ilustrada de los componentes de accionamiento, el motor está integrado en una placa base común junto con ruedas dentadas que controlan el movimiento de una articulación conjunta. Los rodamientos y cadenas, con y/o sin tensores, proporcionan una transferencia suave y eficaz del movimiento del motor al ángulo de la articulación. La integración del motor en el casete permite una configuración de paquete general más delgada y proporciona una alineación consistente entre las partes. Además, la integración del motor también crea una mayor superficie para transferir y emitir el calor generado por el motor. En el caso de un dispositivo de asistencia a la movilidad, estos casetes pueden pertenecer a una articulación o conjunto de articulaciones específicas del dispositivo. Cada uno puede tener una unidad de accionamiento única o compartir una unidad de accionamiento. Pueden incluir accionadores, con o sin fuente de energía, y/o un procedimiento de transmisión de movimiento. La realización ilustrada incluye un motor de corriente continua sin escobillas con cadenas y ruedas dentadas para crear y transmitir el movimiento, aunque otras realizaciones pueden utilizar motores eléctricos, accionadores lineales, accionadores piezoeléctricos, correas, husillos de bolas, accionamiento armónico, accionamiento de engranajes (cónicos o planetarios), o cualquier combinación de los mismos. Los casetes también pueden albergar el dispositivo de control electrónico, y además pueden contener los elementos sensores referenciados, como los acelerómetros, giroscopios, medición inercial y otros sensores para detectar y observar la orientación o el ángulo de la parte superior de la pierna y la velocidad angular. Las unidades de casete autónomas pueden premontarse para facilitar la fabricación del dispositivo más amplio. Esto permite un rápido mantenimiento del dispositivo, ya que los casetes individuales se pueden intercambiar y reparar.

Por lo tanto, un casete de accionador ovalado 500, desmontable y autónomo, puede ser recibido en un receptáculo de un dispositivo robótico pónible. El casete 500 puede incluir una primera porción circular 520 que alberga un dispositivo motriz (por ejemplo, un motor eléctrico) 502. Una segunda porción circular 522 puede estar desplazada longitudinalmente y superpuesta longitudinalmente a la primera porción circular y puede albergar una primera porción de un tren de transmisión 514, 516 acoplado operativamente y accionado por el dispositivo motriz 502. Una tercera porción circular 524 puede estar desplazada longitudinalmente de las primeras y segundas porciones circulares y superponerse longitudinalmente a la segunda porción circular, y puede albergar una segunda porción del tren de transmisión 504. Estas tres porciones circulares superpuestas conforman una forma ovalada, que puede incluir los sensores y dispositivos de control electrónico referidos. Por lo tanto, una carcasa ovalada 530 puede soportar el dispositivo motriz 502 y la transmisión 502, 514, 516. Los lados largos de la carcasa ovalar son rectos y paralelos entre sí y terminan tangencialmente como superficies finales curvas de la carcasa ovalar.

Por referencia a la FIG. 7-13, siendo representativa la Fig. 13 del lado derecho, las articulaciones motorizadas pueden implementarse disponiendo un engranaje de rueda dentada de articulación 504 en un extremo de la carcasa del conjunto de muslo 109R paralelo al plano sagital y configurando el engranaje de rueda dentada de articulación 504 para que gire en paralelo al plano sagital. Para proporcionar el par de torsión en el plano sagital para el componente de la articulación de la rodilla 102R, el conector 112R puede extenderse desde el engranaje de la rueda dentada de la articulación 504 y estar conectado mecánicamente, de modo que la rotación del engranaje de la rueda dentada de la articulación 504 resulte en la aplicación del par de torsión al conjunto de la parte inferior de la pierna 106. Se puede proporcionar una ranura o elemento receptor para el conector 112R para unir el conjunto del muslo 108R y el conjunto de la parte inferior de la pierna 106R. El elemento receptor y el conector 112R pueden estar configurados de manera que el conector pueda conectar de forma desmontable el conjunto del muslo 108R y el conjunto de la parte inferior de la pierna 106R. En las diversas realizaciones, se pueden utilizar clips, tornillos o cualquier otro tipo de sujeción para proporcionar una conexión permanente o desmontable. En algunas realizaciones, se pueden proporcionar dispositivos de conexión rápida o "encastre" para proporcionar la conexión. Es decir, estos dispositivos de conexión rápida permiten realizar las conexiones sin necesidad de herramientas. Estos tipos de dispositivos de conexión rápida no sólo pueden utilizarse para el acoplamiento mecánico, sino también para el acoplamiento eléctrico con los sensores y la electrónica de control. En algunas realizaciones, se puede utilizar un único dispositivo de conexión rápida para proporcionar un acoplamiento tanto eléctrico como mecánico. Sin embargo, las diversas realizaciones no están limitadas en este

sentido y se pueden proporcionar dispositivos de conexión rápida separados para el acoplamiento eléctrico y mecánico. Cabe destacar que con los dispositivos de desconexión rápida en cada articulación, la ortesis puede separarse fácilmente en tres o cinco componentes modulares - muslo derecho, muslo izquierdo, pantorrilla derecha, pantorrilla izquierda y conjuntos de cadera - para facilitar la colocación y la retirada y también para aumentar la portabilidad.

El componente de la articulación de la rodilla 104R puede ser accionado a través de la operación de un motor 502, como se discutió anteriormente. El motor 502 puede ser un motor eléctrico que acciona la articulación de rodilla 104R (es decir, el engranaje de la rueda dentada de la articulación 504) utilizando una transmisión de cadena de dos etapas. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 13, una primera etapa puede incluir que el motor 502 accione, directamente o a través de una primera cadena, un primer engranaje de rueda dentada motriz 514. La primera rueda dentada motriz 514 está acoplada mecánicamente a una segunda rueda dentada motriz 516 de manera que giren juntas alrededor del mismo eje en función de la potencia aplicada por el motor 502 a la primera rueda dentada motriz 514. La segunda rueda dentada motriz 516 puede estar dispuesta de forma que se encuentre en el mismo plano que la rueda dentada de unión 504. De este modo, una segunda cadena puede ser utilizada para accionar la rueda dentada de la articulación 504 utilizando la segunda rueda dentada motriz 516 y accionar la articulación de rodilla 104R. Las relaciones de transmisión de los distintos componentes descritos anteriormente pueden seleccionarse en función de la cantidad de par necesaria para una articulación, las limitaciones de potencia y las limitaciones de espacio.

Cada etapa de la transmisión de la cadena puede incluir tensores, que pueden eliminar la holgura de una cadena y mitigar la carga de choque. Dichos tensores pueden ser ajustables o de muelle cargado. Además, se puede proporcionar un freno 570 para el motor 502. Por ejemplo, se puede proporcionar un freno de solenoide que engancha una pastilla de freno contra el rotor 524 del motor 502 en un estado, y desengancha la pastilla de freno en otro estado. Sin embargo, las diversas realizaciones no se limitan a esta disposición particular del freno y cualquier otro procedimiento para proporcionar un freno para el motor 502 puede ser utilizado sin limitación.

La configuración ilustrada en la Fig. 13 ha sido discutida anteriormente con respecto a una disposición de engranajes y cadenas. Sin embargo, las diversas realizaciones no están limitadas en este sentido. Es decir, se puede utilizar cualquier otra disposición de engranajes, con o sin cadenas, y que proporcione un perfil reducido. Además, las diversas realizaciones desveladas en la presente memoria no se limitan a una disposición de engranajes y/o cadenas. Por ejemplo, en algunas configuraciones, puede utilizarse una disposición de correa y p Polea en lugar de la disposición de cadena y rueda dentada. Además, también se puede utilizar una disposición de accionamiento por fricción. Además, también se puede utilizar cualquier combinación de las disposiciones mencionadas anteriormente. Además, diferentes articulaciones pueden emplear diferentes disposiciones.

En las diversas realizaciones de los componentes de accionamiento, un motor para cada uno de los componentes de la articulación de la cadera y de la rodilla 102R, 102L, 104R, 104L puede configurarse para proporcionar una cantidad básica de par de torsión continuo y una cantidad más alta de par de torsión durante períodos de tiempo más cortos. Por ejemplo, en una configuración, se proporcionan al menos 10 Nm de par de torsión continuo y al menos 25 Nm de par de torsión para duraciones más cortas (es decir, 2 segundos). En otro ejemplo, hasta 12 Nm de par de torsión continuo y 40 Nm de par de torsión para duraciones más cortas (es decir, 2 segundos). Como medida de seguridad, ambas articulaciones de rodilla 104R y 104L pueden incluir frenos normalmente bloqueados, tal y como se ha comentado anteriormente, con el fin de evitar el pandeo de la rodilla en caso de fallo de la energía.

La Fig. 14 es un dibujo que representa un diagrama de bloques esquemático de porciones operativas de un sistema de control ejemplar 20 y componentes electrónicos relacionados de un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. El sistema de control 20 puede incluir un circuito de control primario 22 que está configurado para llevar a cabo diversas operaciones de control relacionadas con el control del dispositivo exoesqueleto. El circuito de control 22 puede incluir un procesador electrónico 24, como una CPU, un microcontrolador o un microprocesador. Entre sus funciones, para implementar las características de la presente invención, el circuito de control 22 y/o el procesador electrónico 24 pueden comprender un controlador electrónico que puede ejecutar un código de programa incorporado como la aplicación de control del exoesqueleto 26. Será evidente para una persona que tenga una habilidad ordinaria en la técnica de la programación de ordenadores, y específicamente en la programación de aplicaciones para dispositivos electrónicos y de comunicación, cómo programar el dispositivo para operar y llevar a cabo funciones lógicas asociadas con la aplicación 26. Por lo tanto, en aras de la brevedad, se han omitido los detalles sobre el código de programación específico.

La aplicación de control del exoesqueleto 26 puede almacenarse en un medio legible por ordenador no transitorio, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable y borrable (EPROM o memoria Flash), o cualquier otro medio adecuado. En el ejemplo de la Fig. 14, la aplicación de control del exoesqueleto 26 se muestra como almacenada internamente dentro de los componentes de procesamiento, pero la aplicación también puede almacenarse en un dispositivo de memoria adicional, como la memoria 30. Las instrucciones para realizar los procedimientos descritos a continuación que están almacenadas en el medio legible por ordenador no transitorio pueden ser ejecutadas por los componentes del procesador 22 y 24. Además, aunque el código puede ser ejecutado por el circuito de control 22 o el procesador 24 de acuerdo con una realización ejemplar, dicha funcionalidad del controlador también podría llevarse a cabo a través de hardware dedicado, firmware, software, o combinaciones de los mismos, sin apartarse del ámbito de la invención.

El sistema de control 20 puede constituir dispositivos de control electrónico interno y componentes electrónicos relacionados incorporados en uno o más de los componentes del dispositivo exoesqueleto, y típicamente puede estar incorporado en uno o más de los componentes del conjunto del muslo o del conjunto de la cadera del dispositivo exoesqueleto. El sistema de control 20 puede incluir además una interfaz de comunicaciones 32 para la comunicación electrónica con componentes externos al sistema de control. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones puede proporcionar una comunicación electrónica a través de una antena 33 con un dispositivo de comunicación móvil externo, y por lo tanto puede estar configurada para transmitir y recibir señales a través de una interfaz de señal electrónica. En realizaciones ejemplares, la interfaz de comunicaciones puede comunicarse electrónicamente con un dispositivo de comunicación móvil externo a través de una interfaz inalámbrica, transmitiendo señales a los componentes de accionamiento y recibiendo señales de los mismos para controlar el dispositivo de movilidad. Un dispositivo de comunicaciones móviles y los sistemas y procedimientos de control relacionados se divulgan Appl. Internacional de Patente del Solicitante. Núm. PCT/US2016/40304 presentado el 30 de junio de 2016 (publicado como documento WO 2017/105547).

El sistema de control 20 puede estar además en comunicación electrónica con los componentes sensoriales y de accionamiento del dispositivo de exoesqueleto. Las conexiones pueden ser conexiones cableadas a través de placas de circuito internas y otras conexiones cableadas, pero también se puede emplear la comunicación inalámbrica entre el sistema de control y/o los componentes de los sensores y de la unidad. En la Fig. 14, los componentes de accionamiento están indicados generalmente por el bloque 34, y los sensores están indicados generalmente por el bloque 36. Para recoger la información sensorial adecuada, los sensores 36 pueden incluir el uso de acelerómetros, giroscopios, medición inercial y otros sensores para detectar y observar la orientación o el ángulo de la parte superior de la pierna y el torso y la velocidad angular. Algunos ejemplos de sensores pueden ser los sensores de efecto Hall, los sensores de ángulo magnético, los sensores acelerómetros, los sensores giroscópicos, los detectores de temperatura por resistencia y otros. También puede haber uno o más sensores redundantes que correspondan respectivamente a uno o más de los sensores anteriores, y los sensores redundantes pueden proporcionar información del sensor cuando se detecta un fallo en un sensor respectivo.

El sistema de control 20 puede entonces controlar selectivamente los componentes de accionamiento 34 para configurar y modular los componentes de las articulaciones del dispositivo de exoesqueleto, y en particular los componentes de las articulaciones de la rodilla y la cadera, para aplicar un par de torsión, implementar estados bloqueados o liberados, o efectuar de otro modo el posicionamiento o el movimiento de los componentes de las articulaciones para el control del dispositivo de exoesqueleto para diversos modos de operación y para la mitigación de caídas.

Como se describe, por ejemplo, en las solicitudes de patentes anteriores referenciadas del solicitante, en el dispositivo exoesqueleto descrito la operación se automatiza generalmente sobre la base de detecciones sensoriales. Por ejemplo, para pasar de estar sentado a estar de pie, el usuario puede tirar de las piernas e inclinarse hacia delante, como hace normalmente cualquier persona cuando se prepara para ponerse de pie. Al detectar dicha posición de pre-pie, el sistema de accionamiento del exoesqueleto enviaría una señal de retroalimentación háptica al usuario, como un indicador de vibración, informando al usuario de que se producirá la transición a la posición de pie. El control del modo de funcionamiento de la movilidad (sentarse, estar de pie, caminar, etc.), y las transiciones entre los modos de movilidad, proceden como se justifica. Por lo tanto, las transiciones de modo y las operaciones de modo son operadas generalmente por los sensores que leen las señales posturales del usuario, que son interpretadas por el sistema de control que, a su vez, genera señales de control para accionar la operación de los componentes de la unidad.

El sistema de control 20 puede estar además en comunicación electrónica con una pluralidad de indicadores electrónicos 40. En la Fig. 14, los indicadores electrónicos están indicados generalmente por el bloque 40. Los indicadores electrónicos pueden incluir indicadores visuales 42 que indican aspectos del estado y funcionamiento del dispositivo mediante la iluminación. En las realizaciones ejemplares, la iluminación puede ser una iluminación codificada por colores en la que se emplean diodos emisores de luz (LED) como indicadores visuales. Los indicadores electrónicos pueden incluir además indicadores de audio 44, mediante los cuales se pueden emplear altavoces para proporcionar alertas de audio relativas a aspectos del estado y funcionamiento del dispositivo. Se pueden emplear diferentes sonidos para diferentes tipos de alertas sonoras, y se pueden utilizar en combinación con los indicadores visuales 42 para proporcionar múltiples combinaciones de indicadores correspondientes a la información relativa a diferentes aspectos del estado y funcionamiento del dispositivo. Los indicadores electrónicos pueden incluir además indicadores hápticos 46. Los indicadores hápticos 46 pueden estar configurados como generadores de vibración que proporcionan indicaciones de vibración como alertas relativas a aspectos del estado y funcionamiento del dispositivo. En las realizaciones ejemplares, los indicadores hápticos son los propios motores de las articulaciones, a los que se les ordena que vibren mientras siguen operando para producir el movimiento.

El sistema de control 20 puede estar además en comunicación electrónica con una interfaz de entrada 45. La interfaz de entrada puede estar configurada como un panel de control electrónico en el dispositivo de exoesqueleto que permite las entradas del usuario para el control del dispositivo de exoesqueleto. La interfaz de entrada puede incluir una o más entradas de control 48 que pueden proporcionar una variada gama de opciones de control para un usuario, incluyendo un botón de encendido para encender y habilitar el dispositivo de exoesqueleto.

El dispositivo de exoesqueleto descrito puede ser controlado de manera de proporcionar supervisión de seguridad y alertas de dispositivo relacionadas. Los procedimientos pueden ser realizados por el sistema de control 20, por ejemplo a través del circuito de control de los componentes del procesador 22 y/o del procesador 24, ejecutando el código de programa que representa la aplicación de control del exoesqueleto 26 almacenada en un medio legible por ordenador no transitorio.

La Fig. 15 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de un indicador electrónico 40 de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. La Fig. 15 representa uno de estos indicadores electrónicos 40, y se apreciará que un dispositivo de exoesqueleto dado puede incluir típicamente una pluralidad de indicadores electrónicos 40. En una realización preferente para un exoesqueleto de movilidad de piernas, se proporciona un primer indicador electrónico 40 en un lado derecho del dispositivo de exoesqueleto para indicaciones en cuanto a la operación del lado derecho, y un segundo indicador electrónico 40 se proporciona en un lado izquierdo del dispositivo de exoesqueleto para indicaciones en cuanto a la operación del lado izquierdo. Como se ha referido anteriormente, el indicador electrónico 40 puede incluir un indicador visual 42 que comprende una fuente de luz capaz de emitir luz de una multitud de colores. El indicador visual 42 puede estar configurado como LED que emiten cada uno una luz de color particular. Como se detalla más adelante, los colores pueden codificarse de manera que los diferentes colores se correspondan respectivamente con diferentes aspectos del estado y operación del dispositivo. La Fig. 15 proporciona una representación en particular del indicador visual 42. El indicador visual 42 puede estar incrustado en una carcasa 43 de manera que permita una fácil visualización del indicador visual 42 para el usuario. También se pueden proporcionar altavoces (no mostrados en la figura) para emitir alertas sonoras relacionadas, y se puede incorporar un generador de vibraciones interno en el dispositivo del exoesqueleto para proporcionar retroalimentación háptica, así como se ha mencionado anteriormente.

A continuación se proporciona una descripción de varios procedimientos de control de los indicadores electrónicos 40 que corresponden a diferentes estados del dispositivo y/o modos de operación de un dispositivo de movilidad. Como ejemplo ilustrativo, el dispositivo de movilidad es un exoesqueleto de movilidad de piernas. Como se ha referido anteriormente, se pueden emplear principios comparables en relación con los procedimientos de control y las alertas relacionadas para otros tipos de dispositivos de movilidad, como por ejemplo los dispositivos ortopédicos y protésicos más generales. Las FIGS. 16-18 en particular representan configuraciones ejemplares de los indicadores electrónicos de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. En los ejemplos siguientes, correspondientes a un dispositivo de movilidad que comprende un dispositivo de movilidad de piernas, los indicadores electrónicos 40 incluyen un indicador electrónico del lado derecho 40a que incluye un indicador visual derecho 42a, y un indicador electrónico del lado izquierdo 40b que incluye un indicador visual izquierdo 42b.

En general, por lo tanto, los aspectos de la invención se dirigen a procedimientos mejorados para controlar un dispositivo de movilidad que incluye al menos un componente de accionamiento que acciona al menos un componente de articulación. Aunque los procedimientos de control ejemplares se describen a continuación como un orden específico de ejecución de los pasos lógicos funcionales, el orden de ejecución de los pasos puede cambiarse en relación con el orden descrito. Asimismo, dos o más pasos descritos sucesivamente pueden ejecutarse de forma concurrente o con concurrencia parcial. Se entiende que todas estas variaciones están dentro del ámbito de la presente invención.

El procedimiento de control incluye las etapas de: proporcionar dicho dispositivo de movilidad, incluyendo además dicho dispositivo de movilidad un controlador electrónico para controlar la operación del al menos un componente de accionamiento para configurar y modular selectivamente el al menos un componente de articulación; proporcionar dentro de dicho dispositivo de movilidad una aplicación de control para ser ejecutada por el controlador electrónico; proporcionar dentro de dicho dispositivo de movilidad una pluralidad de sensores para detectar un estado del al menos un componente de accionamiento y/o del al menos un componente de articulación; proporcionar dentro de dicho dispositivo de movilidad una pluralidad de indicadores electrónicos; y ejecutar la aplicación de control con el controlador electrónico. El controlador ejecuta la aplicación de control para realizar las etapas de: recibir información de los sensores correspondiente a un estado y/o modo de operación del dispositivo de movilidad; analizar la información de los sensores y determinar un modo de control de operación en base a la información de los sensores; generar una señal de control para emitir una alerta a través de los indicadores electrónicos correspondiente al modo de control de operación determinado; y controlar el al menos un componente de accionamiento del dispositivo de movilidad para configurar y modular selectivamente el al menos un componente de articulación de acuerdo con el modo de control de operación determinado.

A continuación se describe la operación del dispositivo de movilidad de acuerdo con ciertos ejemplos de modos de control de operación. En las realizaciones ejemplares, los modos de control de la operación pueden incluir un modo de control del dispositivo en espera, un modo de control de las indicaciones de estado y varios modos de control de las alertas del dispositivo. Los modos de control de Alertas del Dispositivo incluyen varios modos de Alertas de Seguridad como un modo de control de Protección Térmica y un modo de control de Fallos del Sensor. Las Figs. 16-18 muestran varias configuraciones de los indicadores visuales asociadas a diferentes estados del dispositivo y modos de control de la operación. Para las variaciones de estado y modo del dispositivo, los indicadores visuales pueden emitir diferentes colores. Los diferentes colores se indican en los dibujos mediante diferentes patrones de relleno para

los indicadores visuales. Se apreciará que con diferentes colores se puede transmitir información diferente, pero se puede utilizar cualquier color adecuado y los colores identificados en la descripción que sigue son ejemplos.

En general, el modo de control del Dispositivo en Espera puede incluir: recibir información del sensor correspondiente a si el dispositivo de movilidad está en un estado de espera que impide las transiciones entre los modos de movilidad, y un estado activo que permite las transiciones entre los modos de movilidad; emitir información relativa al estado de espera o al estado activo a través de los indicadores electrónicos; y controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el estado de espera o el estado activo. El modo de control del Dispositivo en Espera puede incluir además la alternancia entre el estado de espera y el estado activo, lo que puede evitar transiciones de estado accidentales que puedan provocar la inestabilidad del usuario o una caída. La Fig. 16 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de los indicadores visuales 42a y 42b correspondientes al procedimiento de control del Dispositivo en Espera. Dado que en este ejemplo se contempla que ambos indicadores visuales 42a y 42b funcionarán de forma congruente en el procedimiento de control del dispositivo en espera, sólo se representa un indicador electrónico de este tipo para cada estado por simplicidad.

La realización ejemplar relacionada con el modo de espera del dispositivo puede incluir la prevención de transiciones no deseadas entre los principales modos de movilidad (por ejemplo, estar de pie, caminar, sentarse) cuando el usuario pone manualmente el dispositivo en modo de espera mediante la operación de la interfaz de entrada, como por ejemplo mediante el uso de pulsaciones cortas del botón de encendido después de que el dispositivo se haya encendido. Las transiciones no deseadas entre otros modos (por ejemplo, subir escaleras), o los estados dentro de un modo determinado (por ejemplo, paso a la izquierda, paso a la derecha), pueden evitarse de forma adicional o alternativa a la prevención de las transiciones entre los principales modos de movilidad. Además, la espera del dispositivo puede producirse automáticamente o en respuesta a otros estímulos. Mientras que las configuraciones convencionales descritas en la sección de antecedentes sugieren restringir el estado del dispositivo basándose en la variación del centro de presión, el procedimiento de espera del dispositivo descrito en la presente memoria, en el que la espera es voluntaria o se basa en otros criterios, no es enseñado por las configuraciones anteriores.

Como se ha referido anteriormente, el procedimiento de control del Dispositivo en Espera es, en parte, para alternar entre los estados de dispositivo en espera y activo después de que el dispositivo del exoesqueleto se haya encendido y habilitado. Como se ve en la Fig. 16, se muestran dos estados que incluyen un "estado de espera" y un "estado activo". El estado de espera puede ser indicado por los indicadores visuales (LED) 42a/42b que emiten luz de un primer color o de espera. De manera similar, el estado de marcha puede indicarse mediante los indicadores visuales (LED) 42a/42b que emiten luz de un segundo color o de un color activo que es diferente del primer color/de espera. Por ejemplo, el color de espera puede ser azul y el color activo puede ser verde, aunque se puede emplear cualquier color adecuado. Los indicadores electrónicos pueden incluir además uno o más indicadores hápticos que pueden proporcionar una respuesta háptica o de vibración en respuesta a las señales posturales del usuario. También se puede proporcionar una señal auditiva en respuesta a las señales posturales.

En el estado de espera, el dispositivo de exoesqueleto puede responder a las señales posturales sólo con vibración, pero no se produce una transición entre los modos de movilidad. En otras palabras, los sensores del dispositivo pueden leer señales posturales en cuanto a la posición de las piernas, la posición del torso, y similares, siendo dichas señales posturales interpretadas por el sistema de control 20. El sistema de control puede emitir una señal de control para que el indicador visual emita el color de espera (por ejemplo, azul) y, además, para que emita una señal de control a un indicador háptico, provocando así una vibración, cuando las señales posturales correspondan a una posición para la transición del modo de movilidad (por ejemplo, de estar sentado a estar de pie, de estar de pie a estar sentado, de estar de pie a caminar, de caminar a estar de pie, o similares). En el modo de espera, sin embargo, no se produce una transición entre estos modos de movilidad, lo que significa que se mantiene el modo actual (por ejemplo, sentado, de pie). El modo de espera es útil para que un usuario practique la postura para la transición del modo de movilidad, en la medida en que la indicación háptica se activa sin la transición real del modo. De este modo, el usuario puede acostumbrarse a la transición de posturas sabiendo que el dispositivo no se reconfigurará ni hará la transición.

En el estado activo, el dispositivo de exoesqueleto puede responder a las señales posturales con vibración seguida de la transición real de un modo de movilidad actual a un modo de movilidad siguiente. El sistema de control puede emitir una señal de control para hacer que el indicador visual emita el color activo (por ejemplo, verde), para emitir una señal de control a un indicador háptico, causando así una vibración, cuando las señales posturales corresponden a una posición para la transición de modo (nuevamente, por ejemplo, de sentado a parado, de parado a sentado, de parado a caminando, de caminando a parado, o similares), y luego emitir una señal de control a uno o más componentes de accionamiento del dispositivo exoesqueleto para accionar la transición de modo de acuerdo con las señales posturales del usuario. Por lo tanto, en el modo activo, se producirá una transición de un modo de movilidad actual (por ejemplo, sentado; por ejemplo, de pie) a un siguiente modo de movilidad (por ejemplo, de pie; por ejemplo, caminando). Esencialmente, por lo tanto, en el modo activo se puede llevar a cabo la operación completo del dispositivo, en la medida en que un usuario puede hacer una transición completa entre los modos de movilidad mediante la consecución de las señales posturales requeridas.

Un usuario puede alternar entre los estados de espera y activo aplicando una entrada a la interfaz de entrada. En otras palabras, la información del sensor relacionada con la conmutación entre los estados de espera y activo puede estar recibiendo una entrada del usuario a la interfaz de entrada. Cuando la interfaz de entrada reciba dicha entrada, el

sistema de control emitirá una señal de control al indicador visual para que cambie, según proceda, entre el primer color/espera y el segundo color/activo. El sistema de control controlará entonces el dispositivo de exoesqueleto de modo que opere de acuerdo con el estado de espera o el estado activo, cualquiera que sea el estado actual, de la manera descrita anteriormente. En las realizaciones ejemplares, el dispositivo de exoesqueleto puede conmutar entre los estados de espera y activo recibiendo una breve pulsación del botón de encendido después de que el dispositivo se haya encendido y habilitado. Otra opción puede ser un botón de conmutación de estado dedicado como una de las entradas de control 48.

Las indicaciones de estado son un procedimiento de control por el cual el estado del dispositivo se comunica o se da a conocer al usuario con los indicadores electrónicos. En general, el modo de control de las indicaciones de estado puede incluir: la recepción de información del sensor correspondiente a un estado del dispositivo de movilidad; la emisión de información relativa al estado del dispositivo de movilidad a través de los indicadores electrónicos; y el control del dispositivo de movilidad de acuerdo con el estado del dispositivo de movilidad. La Fig. 17 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de los indicadores visuales 42a y 42b correspondientes al procedimiento de control de las indicaciones de estado. Dado que en este ejemplo se contempla que los indicadores visuales 42a y 42b pueden operar de forma independiente en el procedimiento de control de las indicaciones de estado, correspondiendo a las diferencias en las operaciones del lado izquierdo frente al lado derecho, se representan ambos indicadores electrónicos para las diversas características del procedimiento de control de las indicaciones de estado.

La realización ejemplar relacionada con las indicaciones de estado puede incluir indicaciones visuales para comunicar una serie de estados del dispositivo de exoesqueleto. Los indicadores visuales pueden mostrar diferentes colores correspondientes a los diferentes estados del dispositivo de movilidad. Dichos estados pueden incluir, por ejemplo, el estado de la conectividad inalámbrica, el estado de espera o el estado activo del dispositivo, el estado del modo de movilidad y el estado del siguiente paso, aunque pueden incluirse otras indicaciones. De forma similar a la representada en la Fig. 16, la porción superior de la tabla de la Fig. 17 representa que el estado de espera puede ser indicado por los indicadores visuales del lado derecho y/o izquierdo 42a y 42b que emiten luz del primer color/de espera, que como se indica en la figura opcionalmente por ser emitida como luz sólida o intermitente. Por ejemplo, el primer color/de espera al que se hace referencia anteriormente puede configurarse como luces azules en los indicadores visuales 42a y 42b del lado izquierdo y derecho que son luces sólidas o intermitentes para indicar que el dispositivo exoesqueleto está en el estado de espera. Las indicaciones visuales pueden ir acompañadas de las correspondientes indicaciones hápticas y/o sonoras de alerta.

La porción central de la tabla de la Fig. 17 indica diferentes configuraciones de los indicadores visuales correspondientes a características ejemplares del estado activo. De forma similar a la representada en la Fig. 16, la porción central de la tabla de la Fig. 17 representa que el estado activo puede ser indicado por los indicadores visuales del lado derecho y/o izquierdo 42a y 42b que emiten luz del segundo/activo color. Como se muestra además en la Fig. 17, se pueden emplear combinaciones de operación sólido frente a intermitente de los indicadores visuales en el segundo color/activo para indicar subestados más específicos dentro del estado activo. Por ejemplo, el segundo color/activo, como se ha mencionado anteriormente, puede configurarse como luces verdes en los indicadores visuales 42a y 42b del lado izquierdo y derecho.

Para denotar diferentes subestados dentro de los estados activos, se pueden emplear diferentes combinaciones de luces sólidas frente a intermitentes del color activo. En el ejemplo de la Fig. 17, dos indicaciones luminosas sólidas de los indicadores visuales 42a y 42b pueden indicar que el dispositivo está en estado activo pero estacionario. Dicha indicación puede corresponder, por ejemplo, a un modo de estar sentado o de estar de pie, en el que el dispositivo está esperando señales posturales para una transición de modo. Cuando el usuario alcance las señales posturales, en el estado activo el indicador háptico vibrará y se procederá a la transición de modo. Las otras combinaciones mostradas en la parte central de la Fig. 17 pueden corresponder a diferentes operaciones de paso en un modo de caminar, incluyendo indicaciones de qué pierna dará el paso a continuación. Por ejemplo, una luz intermitente del indicador visual del lado izquierdo 42a con una luz sólida del indicador visual del lado derecho 42b puede utilizarse para indicar que la pierna izquierda será la siguiente en dar el paso. Comparativamente, una luz intermitente del indicador visual del lado derecho 42b con una luz sólida del indicador visual del lado izquierdo 42a puede utilizarse para indicar que la pierna derecha será la siguiente en dar el paso. Como otro ejemplo mostrado en la porción inferior de la Fig. 17, una luz intermitente rápida del indicador visual del lado izquierdo 42a con una luz sólida del indicador visual del lado derecho 42b puede ser usada para indicar que la pierna izquierda realizará a continuación un medio paso para volver al modo de pie. Comparativamente, una luz intermitente rápida del indicador visual del lado derecho 42b con una luz sólida del indicador visual del lado izquierdo 42a puede utilizarse para indicar que la pierna derecha realizará a continuación un medio paso para volver al modo de pie. Pueden emplearse otras combinaciones de emisiones luminosas de los indicadores visuales 42a y 42b para denotar subestados de los estados activos, según se justifique. Mientras que las configuraciones convencionales descritas en la sección de antecedentes sugieren comunicar los estados del dispositivo o las acciones futuras al usuario, el procedimiento de indicación de estado descrito en la presente memoria, en el que los estados, las acciones y su procedimiento de comunicación están bien definidos para subestados específicos, no es enseñado por las configuraciones anteriores.

Las alertas de los dispositivos son un procedimiento de control por el cual los problemas de rendimiento del dispositivo se comunican o se dan a conocer al usuario con los indicadores electrónicos. Generalmente, el modo de control de las Alertas de Dispositivos incluye:

- 5 recibir información del sensor correspondiente a una condición de alerta de seguridad; emitir información relativa a una condición de alerta de seguridad a través de los indicadores electrónicos; y controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con la condición de alerta de seguridad. Con diferentes tipos de alertas de dispositivos, particularmente alertas de dispositivos relacionados con la seguridad, el procedimiento de control de Alertas de Dispositivos incluye además:
- 10 clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad; emitir la información relativa a la condición de alerta de seguridad dependiendo del grado de severidad; y controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de severidad. La Fig. 18 es un dibujo que representa una configuración ejemplar de los indicadores visuales 42a y 42b correspondientes al procedimiento de control de las alertas del dispositivo. Dado que en este ejemplo se contempla que los indicadores visuales 42a y 42b pueden operar de forma independiente en el procedimiento de control de las Alertas del Dispositivo, correspondiendo a las diferencias
- 15 en las operaciones del lado izquierdo frente al lado derecho, se representan ambos indicadores electrónicos para las diversas características del procedimiento de control de las Indicaciones de Estado.

Como se ha referido anteriormente, "Alertas" en el contexto de la presente invención tiene un significado específico tal y como lo entienden los expertos en la técnica. En el contexto de las características de seguridad descritas en la presente memoria, las alertas tienen los tres criterios siguientes: (1) las alertas se asocian a un peligro del que el usuario puede no ser consciente, (2) respecto al cual el usuario puede realizar una acción específica para resolverlo, y (3) van acompañadas de LED sólidos o parpadeantes en esquemas de color de alerta ejemplares. Las indicaciones que no cumplen estos criterios no se consideran alertas. Por ejemplo, si alguien se está cayendo, es probable que (1) sea consciente de la situación, (2) no pueda tomar medidas específicas para resolver la situación y (3) no esté prestando atención a ningún indicador de alerta, por lo que las indicaciones de caída no constituirían realmente una "alerta" en el contexto. Por consiguiente, las indicaciones que no cumplen los tres criterios anteriores no se consideran generalmente "alertas" de seguridad en este contexto.

Puede haber diversos problemas de rendimiento del dispositivo en los que se puede emplear el procedimiento de control de Alertas de Dispositivos. Generalmente, un problema de rendimiento dado puede ser clasificado por severidad, con una configuración diferente de indicadores visuales presentes para diferentes niveles de severidad. Las indicaciones de las Alertas del Dispositivo pueden combinarse con las otras indicaciones descritas anteriormente, para proporcionar una indicación combinada tanto del estado operativo del dispositivo exoesqueleto como de cualquier problema de rendimiento actual.

En un paradigma general para el tratamiento de diferentes categorías de Alertas de Dispositivos, cuando la condición de alerta de seguridad es clasificada con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de bajo nivel, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación de acuerdo con la operación normal del dispositivo de movilidad. Cuando una condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de nivel medio, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación para limitar el par de torsión al al menos un componente de articulación, que puede incluir la limitación de las transiciones entre los modos de movilidad. Cuando una condición de alerta de seguridad es clasificada con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad severa, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación para limitar el par de torsión para evitar el movimiento del al menos un componente de articulación. También pueden emplearse variaciones de lo anterior y un control intermedio o fino en función de la naturaleza y las circunstancias precisas de una condición de alerta de seguridad.

En los siguientes ejemplos no limitativos se describen ejemplos de alertas, y pueden indicarse otros tipos de alertas de dispositivos y combinarse con el control de dispositivos relacionados según se justifique.

Las alertas del dispositivo para la protección térmica es un procedimiento de control en el que la condición de alerta de seguridad es una temperatura elevada del dispositivo de movilidad por encima de un rango de temperatura de operación normal. En este procedimiento de control, se detectan las temperaturas elevadas y se utilizan para modificar el comportamiento del dispositivo para proteger mejor al usuario y a los componentes del dispositivo del exoesqueleto en caso de que se produzcan temperaturas elevadas. El modo de control de la protección térmica incluye: clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de elevación de la temperatura por encima de la temperatura normal de operación; emitir una indicación de alerta de seguridad dependiendo del grado de elevación de la temperatura; y controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de elevación de la temperatura.

La protección térmica incluye la limitación de la corriente o el par de torsión comandados en proporción a los niveles de temperatura a medida que la temperatura se eleva por encima de la temperatura normal de operación, ya sea de forma incremental, continua o por etapas, de tal manera que el aumento continuo de la temperatura es menos

probable. Más allá de un primer umbral de temperatura, las transiciones de modo de movilidad pueden ser limitadas. Por ejemplo, las transiciones de estar sentado a estar de pie (de pie) y de paso a paso (caminando) no están permitidas, lo que significa que el usuario sólo puede ponerse de pie desde que camina, o sentarse desde que está de pie, para permitir que los accionadores se enfíen. Para mejorar la seguridad, estos efectos pueden no ser inmediatos. Por ejemplo, el usuario debe pararse o sentarse antes de que los niveles de corriente se reduzcan correspondientemente para evitar la interrupción de una transición que está ocurriendo y que aún no se ha completado. Más allá de un segundo umbral de temperatura superior determinado, se puede prohibir todo movimiento, aunque un nivel mínimo de corriente todavía puede estar disponible para proporcionar algún nivel de soporte. En realizaciones ejemplares, como ejemplo numérico no limitante, se puede proporcionar una alerta inicial de temperatura elevada a aproximadamente 32,22°C-37,78°C, aunque este nivel inicial puede no estar asociado a ninguna limitación del dispositivo. A un nivel de aproximadamente 43,33°C, puede empezar a aplicarse una cierta limitación del par de torsión. El primer umbral predeterminado para limitar las transiciones del modo de movilidad puede estar a aproximadamente 48,89°C, y el segundo umbral predeterminado para prohibir el movimiento de la articulación puede estar a aproximadamente 54,44°C. El procedimiento de protección térmica descrito en la presente memoria, en el que las temperaturas afectan al comportamiento del dispositivo en general, no es enseñado por configuraciones anteriores.

Las Alertas del Dispositivo por fallos del sensor son un procedimiento de control por el que la condición de alerta de seguridad es un fallo del sensor por el que se detectan los problemas del sensor y se utilizan para modificar el comportamiento del dispositivo para proteger mejor al usuario y a los componentes del dispositivo del exoesqueleto si se producen fallos del sensor. El modo de control de fallos del sensor incluye: clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad basado en una característica de un fallo del sensor; emitir una indicación de alerta de seguridad dependiendo del grado de severidad del fallo del sensor; y controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de severidad del fallo del sensor.

El modo de control de fallos del sensor incluye la prevención de más transiciones del modo de movilidad o del movimiento de la articulación en respuesta a cuando se ha detectado un fallo del sensor. El control de la movilidad del dispositivo para limitar las transiciones de movilidad o impedir el movimiento conjunto puede implementarse después de un período de tiempo predeterminado o de que el dispositivo haya alcanzado un estado estable, haya temporizado o haya dejado de moverse después del fallo del sensor. Por ejemplo, si se detecta una señal de sensor de posición defectuosa mientras se está parado, se pueden evitar más transiciones de modo tan pronto como se alcance el modo parado. Alternativamente, el movimiento conjunto puede cesar inmediatamente ante determinadas circunstancias de detección de fallos. En tal caso, las referencias de posición pueden mantenerse constantes, las ganancias se reducirían y la corriente comandada se saturaría a valores más bajos en cuanto se produjera el fallo. En relación con los sensores de ejemplo mencionados anteriormente, el fallo del sensor puede incluir uno o más de un error del sensor de efecto Hall, un error del sensor de ángulo magnético, un error del sensor del acelerómetro, un error del sensor del giroscopio, o un error del detector de temperatura de la resistencia, u otros. El dispositivo de movilidad también puede incluir sensores redundantes para uno o más sensores respectivos de los sensores referenciados, y los sensores redundantes pueden proporcionar información de alerta en respuesta a un fallo del sensor detectado en un sensor respectivo. El procedimiento de fallos del sensor descrito en la presente memoria, en el que los fallos afectan al comportamiento del dispositivo en general, no es enseñado por configuraciones anteriores.

En otra realización de un procedimiento de control de alertas del dispositivo, la condición de alerta de seguridad puede ser un nivel de batería reducido. El procedimiento de control incluye además la clasificación de la condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de nivel de batería reducido; la emisión de la indicación de alerta de seguridad dependiendo del grado de nivel de batería reducido; y el control del dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de nivel de batería reducido. El dispositivo puede realizar un cálculo inteligente del nivel de la batería para calcular con precisión la capacidad real de la misma en función de las circunstancias o condiciones de uso. En las realizaciones ejemplares, una alerta de severidad media, por ejemplo, puede establecerse a un nivel de batería del 15%, y una alerta de seguridad grave puede establecerse a un nivel de batería del 5%. Este procedimiento de control puede incluir la prevención de más transiciones del modo de movilidad o del movimiento de la articulación en respuesta a cuando se ha detectado un nivel de batería reducido. De forma similar a otros procedimientos de control, el control de la movilidad del dispositivo para limitar las transiciones de movilidad o impedir el movimiento conjunto en función del nivel de batería puede implementarse después de un período de tiempo predeterminado o de que el dispositivo haya alcanzado un estado estable, haya agotado el tiempo o haya dejado de moverse después de que se detecte la reducción del nivel de batería.

De manera más general, las Alertas de Dispositivos para Alertas de Seguridad son un procedimiento de control por el cual los peligros potenciales son agrupados de acuerdo a la severidad, y resultan en indicaciones y comportamientos específicos similares del dispositivo. En la realización ejemplar relacionada con las Alertas de Seguridad, las alertas, por ejemplo, pueden ser emitidas en respuesta a niveles reducidos de la batería, temperaturas elevadas del motor, o en presencia de fallos en los sensores. Estas alertas pueden agruparse de acuerdo con la severidad y el comportamiento resultante del dispositivo. Diferentes niveles de severidad de la alerta pueden corresponder a diferentes emisiones luminosas de los indicadores electrónicos 40a y 40b a través de sus respectivos indicadores visuales 42a y 42b. En la Fig. 18 se muestran ejemplos de configuración de los indicadores correspondientes a las diferentes alertas. La indicación de la alerta es significativa porque el problema de rendimiento correspondiente a la alerta puede afectar a la operación del dispositivo, que el usuario debe conocer para mejorar su seguridad.

La porción superior de la Fig. 18 es un ejemplo correspondiente a una configuración de los indicadores visuales para una categoría de alerta de baja severidad. En este ejemplo, para una alerta de baja severidad los indicadores visuales 42a y 42b pueden emitir luz de un tercer color o de precaución. Por ejemplo, el amarillo puede ser el tercer color/precaución. En las realizaciones ejemplares, una palanca de batería modestamente baja o una elevación de la temperatura ligeramente por encima de la temperatura de operación normal puede considerarse una alerta de baja severidad. En el ejemplo de la parte superior de la Fig. 18, una alerta de severidad de bajo nivel puede ser indicada por los indicadores visuales 42a y 42b que emiten una luz intermitente del tercer color/precaución. Por consiguiente, el ejemplo de la porción superior de la Fig. 18 puede corresponder a la batería del dispositivo moderadamente baja y/o las temperaturas internas están comenzando a aumentar.

Las alertas de baja severidad también pueden combinarse con las otras alertas de modo y estado descritas anteriormente para obtener indicaciones más detalladas relativas a la operación del dispositivo. Por ejemplo, si uno o ambos indicadores visuales parpadean entre el color de espera (azul) y el color de precaución (amarillo), el dispositivo exoesqueleto está en el estado de espera y sólo vibrará en respuesta a las señales posturales y no hará la transición entre los modos. Si uno o ambos indicadores visuales parpadean entre el color activo (verde) y el color de precaución (amarillo), el dispositivo está en estado activo y responderá a las señales posturales con transiciones de modo. Un indicador visual que sólo parpadea el color de la precaución (amarillo) puede indicar que la pierna respectiva va a dar el siguiente paso. Con la alerta de severidad baja, los usuarios deben ser conscientes de que el uso continuado agotará aún más la batería y/o puede hacer que las temperaturas internas aumenten a niveles más críticos. Al ser una condición de baja severidad, es posible que no haya cambios en el rendimiento del dispositivo.

La porción central de la Fig. 18 es un ejemplo correspondiente a una configuración de los indicadores visuales para una categoría de alerta de severidad media. En este ejemplo, para una alerta de severidad media los indicadores visuales 42a y 42b pueden emitir luz de un cuarto color o de advertencia. Por ejemplo, el rojo puede ser el cuarto color de advertencia. En realizaciones ejemplares, una palanca de batería muy baja o una elevación de la temperatura muy por encima de la temperatura de operación normal puede considerarse una alerta de severidad media. En el ejemplo de la porción central de la Fig. 18, una alerta de severidad media puede ser indicada por los indicadores visuales 42a y 42b que emiten una luz intermitente del cuarto color/advertencia. Por consiguiente, el ejemplo de la porción central de la Fig. 18 puede corresponder a que la batería del dispositivo tenga temperaturas internas muy bajas y/o altas.

De forma similar a lo anterior, las alertas de severidad media también pueden combinarse con las otras alertas de modo y estado descritas anteriormente para obtener indicaciones más detalladas relativas a la operación del dispositivo. Por ejemplo, si uno o ambos indicadores visuales parpadean entre el color de espera (azul) y el color de advertencia (rojo), el dispositivo exoesqueleto está en el estado de espera y sólo vibrará en respuesta a las señales posturales y no hará la transición entre los modos. Si uno o ambos indicadores visuales parpadean entre el color activo (verde) y el color de advertencia (rojo), el dispositivo está en estado activo y puede responder a las señales posturales con transiciones de modo. Un indicador visual que sólo parpadea el color de la advertencia (rojo) puede indicar que la pierna respectiva va a dar el siguiente paso.

En contraste con las alertas de baja severidad, una condición de alerta de severidad media puede desencadenar limitaciones operativas del dispositivo exoesqueleto. Dichas limitaciones operativas pueden ser efectuadas por el sistema de control 20 que actúa sobre los componentes de accionamiento del dispositivo exoesqueleto. Por ejemplo, en respuesta a la alerta de severidad media, el dispositivo de exoesqueleto puede dejar de permitir el modo de caminar o la transición del modo sentado al modo de pie. Los usuarios pueden completar medio paso para volver al modo de pie desde el modo de caminar, y realizar las transiciones del modo de pie al de sentado solamente. La alerta de severidad media informa así al usuario de una deficiencia de rendimiento de severidad media, y con las limitaciones operativas del dispositivo, se hace saber a los usuarios que deben encontrar un lugar para sentarse y apagar el dispositivo, y comprobar el nivel de la batería y recargarla si es necesario. Además, se advierte a los usuarios de que el uso continuado agotará aún más la batería y puede provocar la pérdida de energía o hacer que las temperaturas internas aumenten hasta niveles más críticos.

En realizaciones ejemplares, para alertas de severidad media (o mayor, por ejemplo, alertas de severidad alta), se pueden emplear dos conjuntos de software diferentes. Un paquete de software de movimiento puede corresponder a usuarios que esencialmente carecen de cualquier capacidad móvil, como puede ser el caso de las lesiones medulares graves. En el conjunto de software de movimiento, una respuesta adecuada sería el bloqueo conjunto y el bloqueo del dispositivo. Dado que los usuarios del paquete de software de movimiento suelen ser incapaces de apoyarse en absoluto, el bloqueo de las articulaciones da lugar a la rigidez del dispositivo para apoyar al usuario y reducir la probabilidad de una caída perjudicial. Un conjunto de software de terapia puede corresponder a usuarios que conservan algunas capacidades de apoyo y movimiento, aunque limitadas, como puede ser el caso de quienes han sufrido un accidente cerebrovascular (por ejemplo, un ictus). En el conjunto de programas de terapia, una respuesta adecuada sería que las articulaciones cojeasen en lugar de bloquearse. Dado que los usuarios del paquete de software de Terapia suelen ser capaces de apoyarse por sí mismos en un grado factible, las articulaciones cojas hacen que el dispositivo no interfiera en la respuesta del usuario para apoyarse.

La porción inferior de la Fig. 18 es un ejemplo correspondiente a una configuración de los indicadores visuales para una categoría de alerta de severidad alta. En este ejemplo, para una alerta de alta severidad, los indicadores visuales 42a y 42b pueden emitir una luz sólida del cuarto color/ advertencia. En las realizaciones ejemplares, las alertas de

alta severidad pueden incluir un nivel de batería críticamente bajo, una elevación de la temperatura críticamente por encima de la temperatura de operación normal, un fallo crítico del sensor, y un cargador de batería que se detecta como conectado al dispositivo del exoesqueleto mientras el dispositivo está en uso. Una condición de alerta de alta severidad puede desencadenar limitaciones operativas sustanciales del dispositivo exoesqueleto. Dichas limitaciones operativas también pueden ser efectuadas por el sistema de control 20 que actúa sobre los componentes de accionamiento del dispositivo exoesquelético.

Una alerta de alta severidad puede dar lugar a limitaciones del dispositivo correspondientes al conjunto de software de Movimiento y al conjunto de software de Terapia, como se ha mencionado anteriormente. Por ejemplo, para la respuesta del software de Movimiento a la alerta de alta severidad, el dispositivo exoesqueleto puede bloquear las articulaciones en su configuración actual en el momento de la alerta. Para la respuesta del software de Terapia a la alerta de alta severidad, el dispositivo exoesqueleto puede controlar las articulaciones para que cojeen en el momento de la alerta. Cualquier articulación que haya alcanzado una temperatura crítica de lo contrario puede ser desactivada. La alerta de alta severidad informa así al usuario de una deficiencia de rendimiento de alta severidad, y con las importantes limitaciones operativas del dispositivo, se hace saber a los usuarios que deben dejar de usar el dispositivo inmediatamente y apagarlo. Si la alerta de alta severidad se debe a que se ha detectado que el cargador está conectado al dispositivo exoesqueleto, el usuario puede desenchufar el cargador antes de volver a encender el dispositivo. Otras alertas de alta severidad proporcionan un aviso al usuario para que obtenga un servicio cualificado del dispositivo exoesqueleto.

Tomando en consideración la descripción anterior, las alertas de severidad similar pueden asociarse con la misma indicación y comportamiento del dispositivo, incluso si la causa de la alerta difiere. Este esquema de alerta, en el que las alertas de severidad baja y media incluyen luces intermitentes, permite que las indicaciones sean visibles incluso durante un uso normal. Cuando se combina con las limitaciones operativas impuestas al dispositivo de exoesqueleto, se logra una mayor seguridad del usuario junto con una menor propensión a los daños del dispositivo. A continuación, el usuario puede realizar cualquier operación correctiva, por ejemplo, dejar que el dispositivo se enfríe o recargar la batería (por ejemplo, en el caso de las alertas de severidad media), o dejar de utilizar el dispositivo exoesqueleto y buscar potencialmente un servicio cualificado (alertas de severidad alta). Mientras que las configuraciones convencionales descritas en la sección de antecedentes sugieren esquemas de alerta, los eventos que activan las alertas convencionales son significativamente diferentes, excesivamente ambiguos o no están asociados a cambios en el comportamiento del dispositivo del exoesqueleto, todo lo cual contrasta con la presente invención. El procedimiento de control de Alertas de Dispositivos descrito en la presente memoria, en el que los peligros potenciales se agrupan de acuerdo con la severidad para una indicación comparable, y dan lugar a indicaciones y comportamientos operativos específicos comparables del dispositivo, no es enseñado por configuraciones anteriores.

Aunque la invención se ha mostrado y descrito con respecto a una determinada realización o realizaciones, es evidente que se producirán alteraciones y modificaciones equivalentes para otros expertos en la materia tras la lectura y comprensión de esta especificación y de los dibujos anexos.

Además, mientras que una característica particular de la invención puede haber sido descrita anteriormente con respecto a sólo una o más de varias realizaciones ilustradas, tal característica puede ser combinada con una o más características de las otras realizaciones, como puede ser deseado y ventajoso para cualquier aplicación dada o particular.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control de un dispositivo de movilidad que incluye al menos un componente de accionamiento que acciona al menos un componente de articulación, comprendiendo el procedimiento de control las etapas de:

- 5 proporcionar dicho dispositivo de movilidad, incluyendo además dicho dispositivo de movilidad un controlador electrónico para controlar la operación del al menos un componente de accionamiento para configurar y modular selectivamente el al menos un componente de articulación;
- proporcionar dentro de dicho dispositivo de movilidad una aplicación de control para ser ejecutada por el controlador electrónico;
- 10 proporcionar dentro de dicho dispositivo de movilidad una pluralidad de sensores para detectar un estado del al menos un componente de accionamiento y/o del al menos un componente de articulación; y
- proporcionar dentro de dicho dispositivo de movilidad una pluralidad de indicadores electrónicos; y
- ejecutar la aplicación de control con el controlador electrónico para realizar las etapas de:
 - recibir información de sensor de los sensores correspondiente a un estado y/o modo de operación del dispositivo de movilidad;
 - 15 analizar la información del sensor y determinar un modo de control de la operación en base a la información del sensor;
 - generar una señal de control para emitir una alerta a través de los indicadores electrónicos correspondientes al modo de control de operación determinado; y
 - 20 controlar el al menos un componente de accionamiento del dispositivo de movilidad para configurar y modular selectivamente el al menos un componente de articulación de acuerdo con el modo de control de operación determinado;

caracterizado porque

el modo de control de operación comprende un modo de control de Alertas de Dispositivos que incluye:

- 25 recibir la información del sensor correspondiente al estado del dispositivo de movilidad y correspondiente a una condición de alerta de seguridad relativa a dicho estado del dispositivo de movilidad;
- clasificar la condición de alerta de seguridad por un grado de severidad;
- emitir información respecto a una condición de alerta de seguridad a través de los indicadores electrónicos en función del grado de severidad; y
- 30 controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de severidad, en el que se aplica una cantidad diferente de par de torsión al menos un componente de la articulación en función del grado de severidad; en el que:
 - 35 i) el modo de control de las Alertas del Dispositivo incluye un modo de control de la protección térmica en el que la condición de alerta de seguridad es una temperatura elevada de los componentes del dispositivo de movilidad; y/o
 - que comprende además:
 - clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de elevación de la temperatura por encima de una temperatura normal de operación;
 - emitir la indicación de alerta de seguridad en función del grado de elevación de la temperatura; y
 - 40 controlar el dispositivo de movilidad en función del grado de elevación de la temperatura; y/o,
 - ii) el modo de control de Alertas de Dispositivos incluye un modo de control de Fallos del Sensor por el que la condición de alerta de seguridad es un fallo del sensor, comprendiendo además el procedimiento de control:
 - 45 clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a una característica de un fallo del sensor;
 - emitir la indicación de alerta de seguridad en función del grado de severidad del fallo del sensor; y

controlar el dispositivo de movilidad en función del grado de severidad del fallo del sensor; y/o,

iii) la condición de alerta de seguridad es un nivel de batería reducido, comprendiendo además el procedimiento de control:

- 5 clasificar la condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de reducción del nivel de la batería;
- emitir la indicación de alerta de seguridad en función del grado de reducción del nivel de la batería; y
- controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de reducción del nivel de batería.

10 2. El procedimiento de control de la reivindicación 1, en el que el modo de control de operación comprende un modo de control de Espera de Dispositivos que incluye:

 recibir información del sensor correspondiente a si el dispositivo de movilidad está en un estado de espera que impide las transiciones entre los modos de movilidad, y en un estado activo que permite las transiciones entre los modos de movilidad;

- 15 emitir información sobre el estado de espera o el estado activo a través de los indicadores electrónicos; y
- controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el estado de espera o el estado activo.

3. El procedimiento de control de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el modo de control de operación comprende un modo de control de Indicaciones de Estado que incluye:

- recibir información del sensor correspondiente a un estado del dispositivo de movilidad;
- emitir información sobre el estado del dispositivo de movilidad a través de los indicadores electrónicos; y
- 20 controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el estado del dispositivo de movilidad.

4. El procedimiento de control de la reivindicación 3, en el que el estado del dispositivo de movilidad es un estado de paso siguiente, y los indicadores electrónicos comprenden un indicador lateral izquierdo que indica un paso siguiente izquierdo y un indicador lateral derecho que indica un paso siguiente derecho.

25 5. El procedimiento de control de la reivindicación 4, en el que el estado del dispositivo de movilidad comprende al menos uno de los estados de conectividad inalámbrica, si el dispositivo está en un estado de espera o en un estado activo, un estado de modo de movilidad o un estado de paso siguiente.

30 6. El procedimiento de control de cualquier reivindicación anterior, en el que cuando la condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de nivel bajo, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación de acuerdo con la operación normal del dispositivo de movilidad.

7. El procedimiento de control de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, cuando la condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de bajo nivel, el controlador electrónico controla los indicadores electrónicos para emitir un indicador de precaución.

35 8. El procedimiento de control de cualquier reivindicación anterior, en el que cuando una condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de nivel medio, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación para limitar el par de torsión al al menos un componente de articulación con el fin de limitar las transiciones entre los modos de movilidad, y/o

40 cuando la condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de nivel medio, el controlador electrónico controla los indicadores electrónicos para emitir un indicador de advertencia medio.

45 9. El procedimiento de control de cualquier reivindicación anterior, en el que cuando una condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad severa, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación para limitar el par de torsión para evitar el movimiento del al menos un componente de articulación, y/o,

 cuando la condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de nivel severo, el controlador electrónico controla los indicadores electrónicos para emitir un indicador de advertencia severa.

10. El procedimiento de control de cualquier reivindicación anterior, en el que el modo de control de Alertas de Dispositivos incluye un modo de control de Protección Térmica en el que la condición de alerta de seguridad es una temperatura elevada de los componentes del dispositivo de movilidad.

11. El procedimiento de control de la reivindicación 10, que comprende además:

- 5 clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de elevación de la temperatura por encima de una temperatura normal de operación;
- emitir la indicación de alerta de seguridad en función del grado de elevación de la temperatura; y
- controlar el dispositivo de movilidad en función del grado de elevación de la temperatura.

10 12. El procedimiento de control de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el dispositivo de movilidad es un dispositivo de exoesqueleto de movilidad de piernas que comprende una pluralidad de componentes de accionamiento que accionan una pluralidad de componentes de articulación que incluyen al menos componentes de articulación de rodilla y componentes de articulación de cadera.

15 13. Un medio legible por ordenador no transitorio que almacena un código de programa para una aplicación de control para uso en el control de un dispositivo de movilidad que incluye al menos un componente de accionamiento que acciona al menos un componente de articulación;

20 en el que el dispositivo de movilidad comprende: un controlador electrónico para controlar la operación del al menos un componente de accionamiento para configurar y modular selectivamente el al menos un componente de articulación; una pluralidad de sensores para detectar un estado del al menos un componente de accionamiento y/o del al menos un componente de articulación; y una pluralidad de indicadores electrónicos; y

 el código de programa cuando es ejecutado por el controlador electrónico realiza las etapas de:

 recibir información de sensor de los sensores correspondiente a un estado y/o modo de operación del dispositivo de movilidad;

25 analizar la información del sensor y determinar un modo de control de la operación en base a la información del sensor;

 generar una señal de control para emitir una alerta a través de los indicadores electrónicos correspondientes al modo de control de operación determinado; y

30 controlar el al menos un componente de accionamiento del dispositivo de movilidad para configurar y modular selectivamente el al menos un componente de articulación de acuerdo con el modo de control de operación determinado;

caracterizado porque

 el modo de control de operación comprende un modo de control de Alertas de Dispositivos que incluye:

35 recibir la información del sensor correspondiente al estado del dispositivo de movilidad y correspondiente a una condición de alerta de seguridad relativa a dicho estado del dispositivo de movilidad;

 clasificar la condición de alerta de seguridad por un grado de severidad;

 emitir información respecto a una condición de alerta de seguridad a través de los indicadores electrónicos en función del grado de severidad; y

40 controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de severidad, en el que se aplica una cantidad diferente de par al menos un componente de la articulación en función del grado de severidad; en el que,

 a) el modo de control de Alertas de Dispositivos incluye un modo de control de la protección térmica por el que la condición de alerta de seguridad es una temperatura elevada de los componentes del dispositivo de movilidad, y el código de programa se ejecuta además para realizar las etapas de:

45 clasificar una condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de elevación de la temperatura por encima de una temperatura normal de operación;

 emitir la indicación de alerta de seguridad en función del grado de elevación de la temperatura; y

controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de elevación de la temperatura; y/o,

b) la condición de alerta de seguridad es un nivel de batería reducido, comprendiendo además el procedimiento de control:

- 5 clasificar la condición de alerta de seguridad por un grado de severidad en base a un grado de reducción del nivel de la batería;
- emitir la indicación de alerta de seguridad en función del grado de reducción del nivel de la batería; y
- controlar el dispositivo de movilidad de acuerdo con el grado de reducción del nivel de batería.

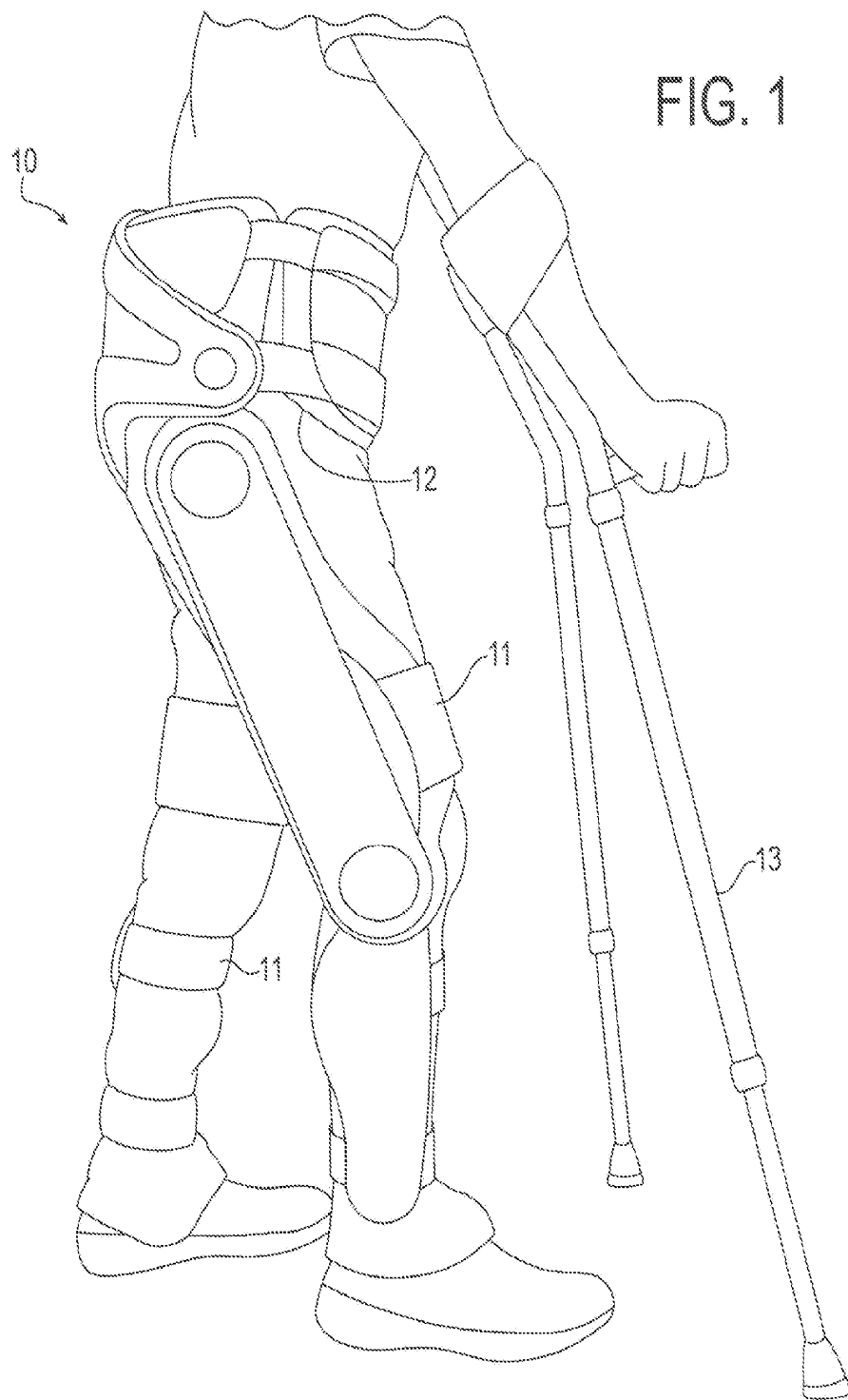
10 14. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 13, en el que el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de unión de acuerdo con una o más de las siguientes condiciones:

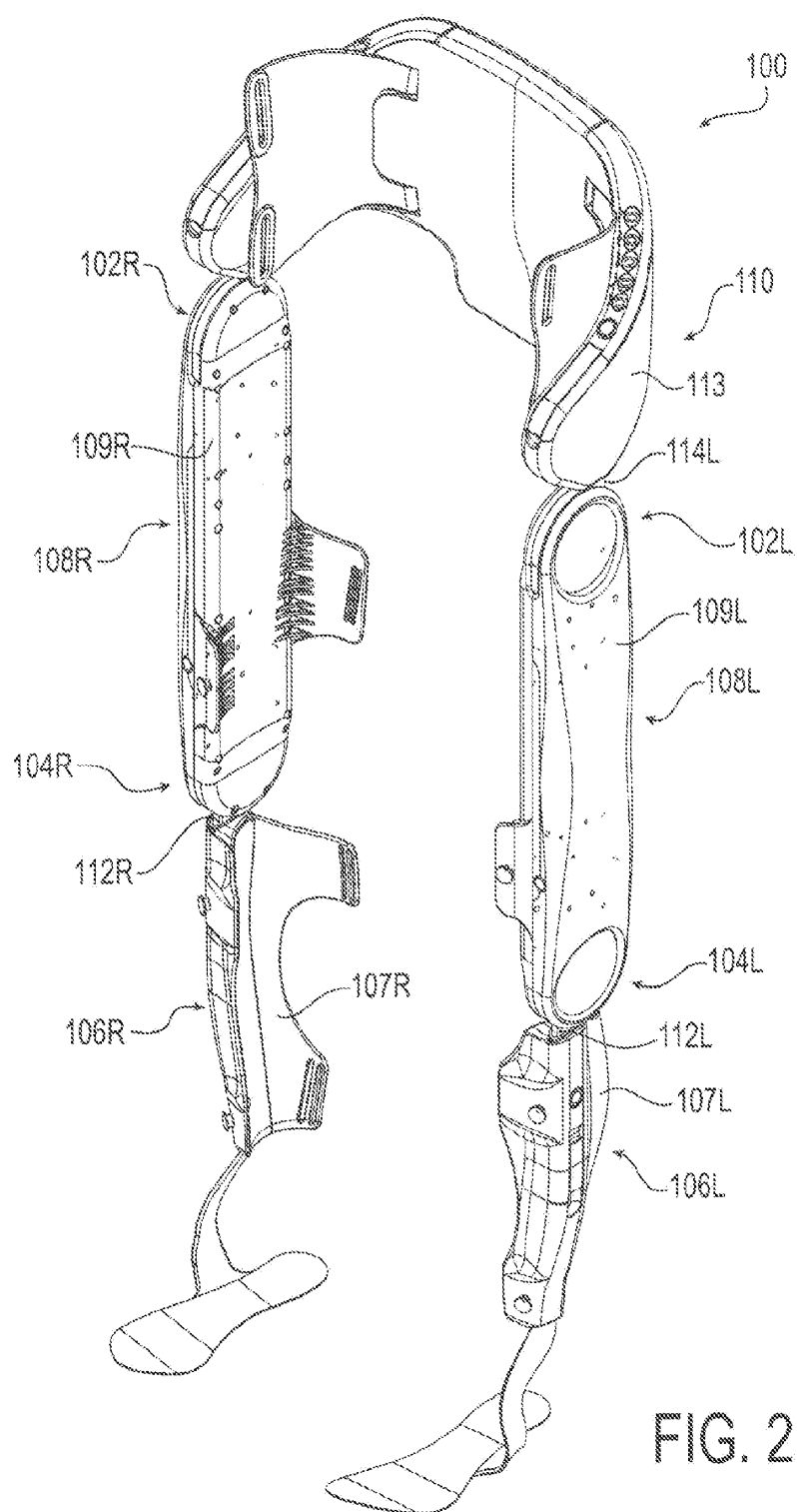
- 15 cuando la condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de bajo nivel, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación de acuerdo con la operación normal del dispositivo de movilidad;
- 20 cuando una condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad de nivel medio, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación para limitar el par de torsión al al menos un componente de articulación con el fin de limitar las transiciones entre los modos de movilidad;
- cuando una condición de alerta de seguridad se clasifica con un grado de severidad correspondiente a una condición de alerta de seguridad severa, el controlador electrónico controla el al menos un componente de accionamiento para accionar el al menos un componente de articulación para limitar el par de torsión para evitar el movimiento del al menos un componente de articulación.

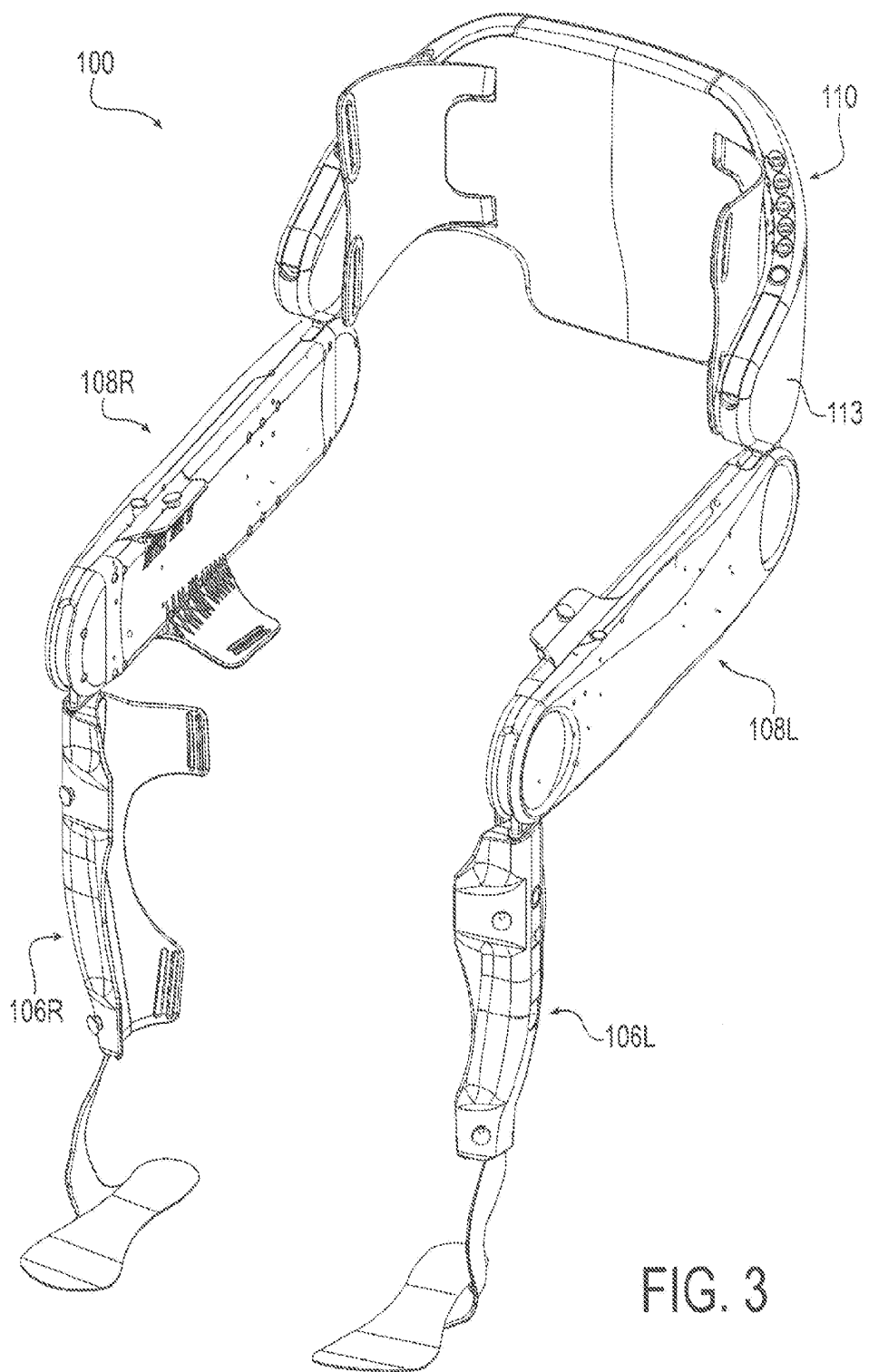
25 15. Un dispositivo de movilidad que comprende:

- un controlador electrónico para controlar la operación de al menos un componente de accionamiento para configurar y modular selectivamente al menos un componente de articulación;
- una pluralidad de sensores para detectar un estado del al menos un componente de accionamiento y/o del al menos un componente de articulación; y
- 30 el medio legible por ordenador no transitorio de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-14, en el que el controlador electrónico ejecuta el código de programa almacenado en el medio legible por ordenador no transitorio.

35 16. Un dispositivo de movilidad de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el dispositivo de movilidad es un dispositivo exoesqueleto de movilidad de piernas que comprende una pluralidad de componentes de accionamiento que accionan una pluralidad de componentes de articulación que incluyen al menos componentes de articulación de rodilla y componentes de articulación de cadera.







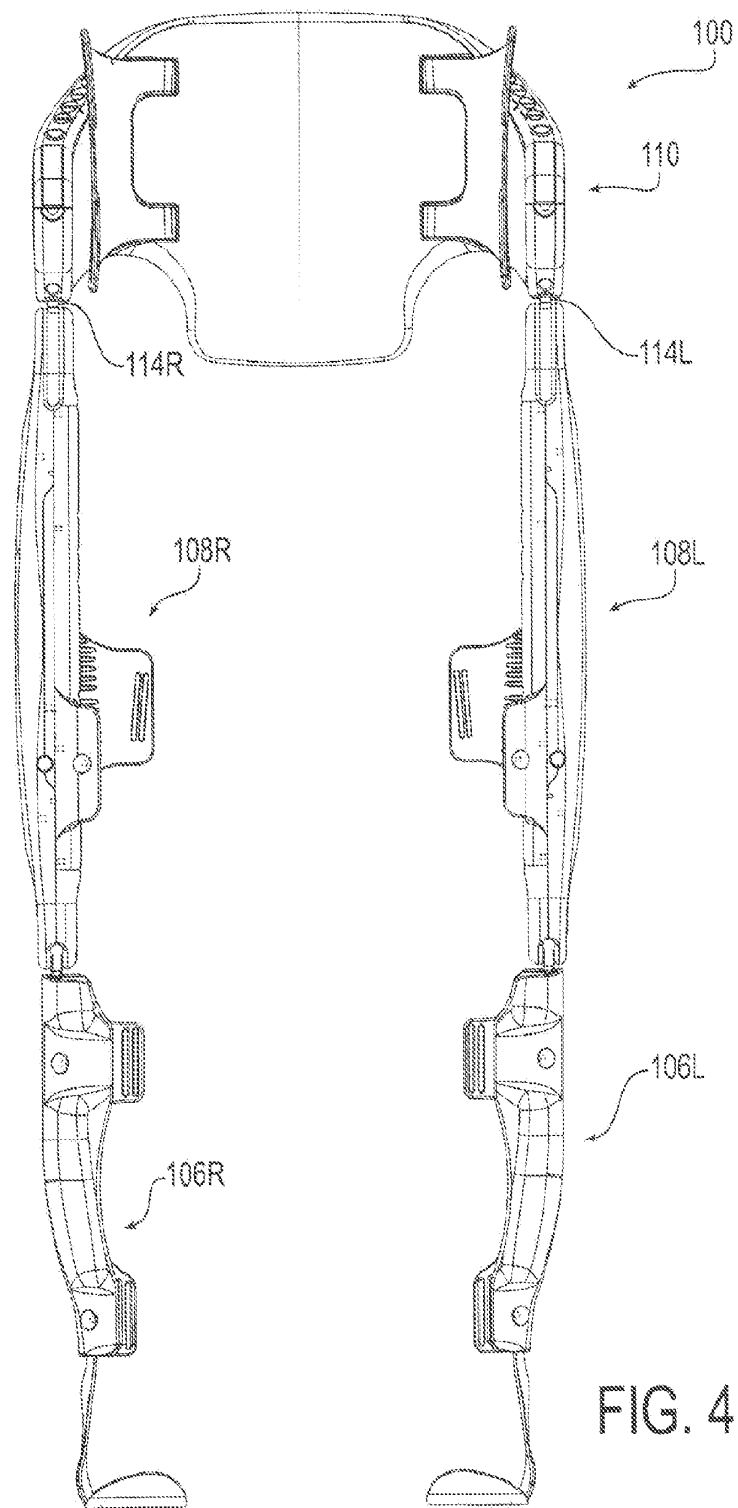


FIG. 4

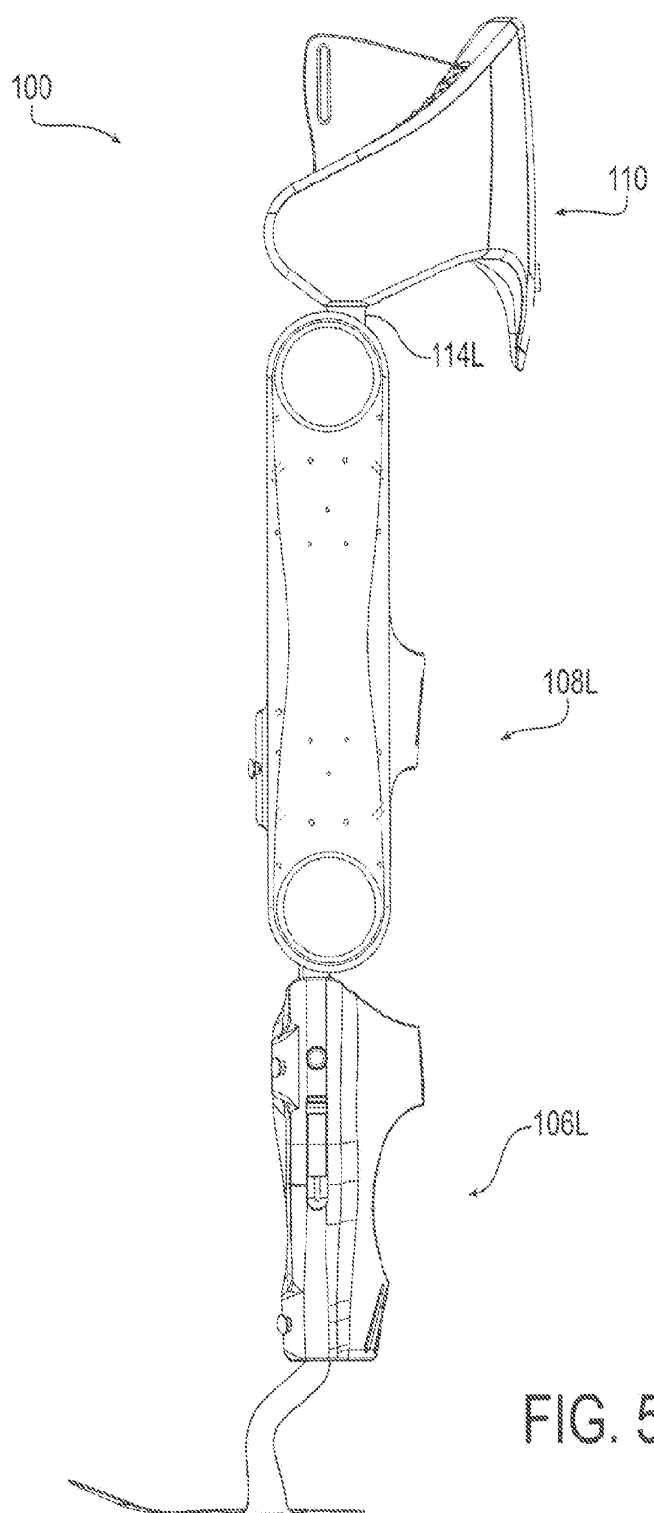
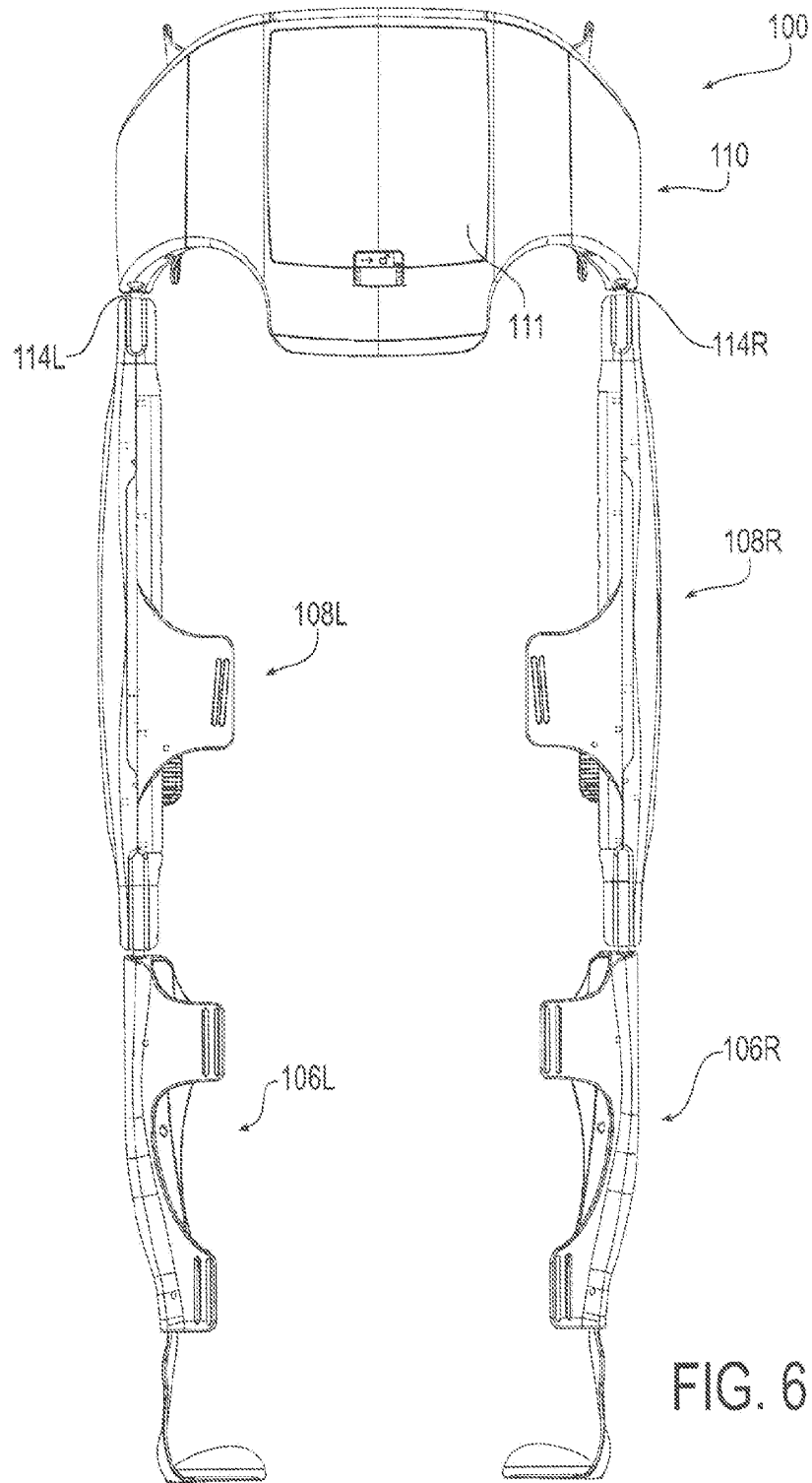


FIG. 5



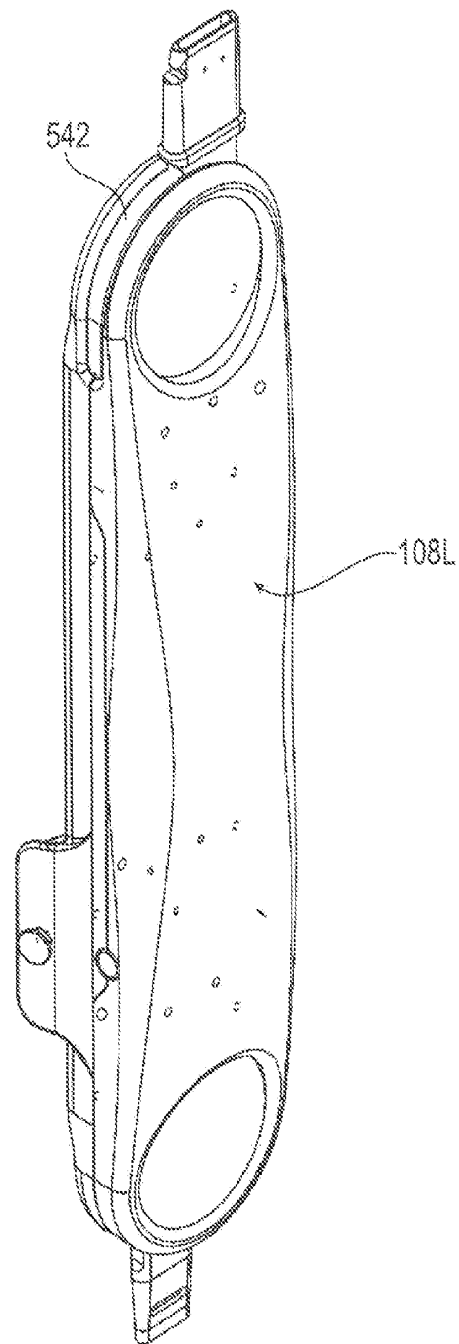


FIG. 7

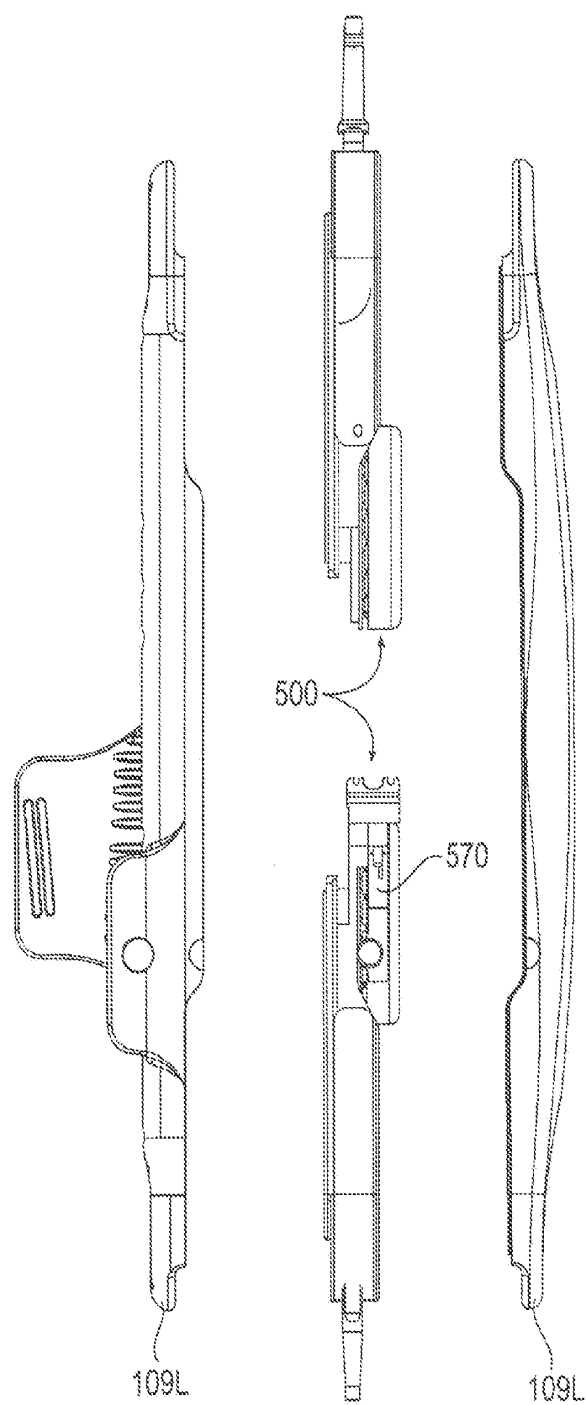


FIG. 8

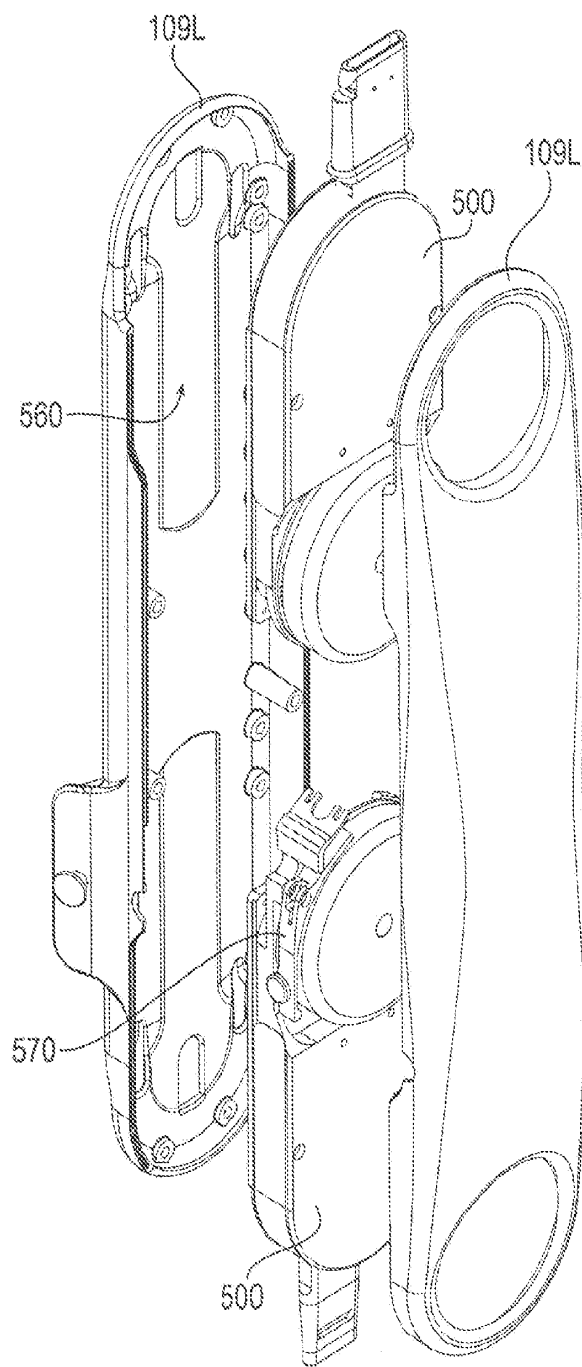


FIG. 9

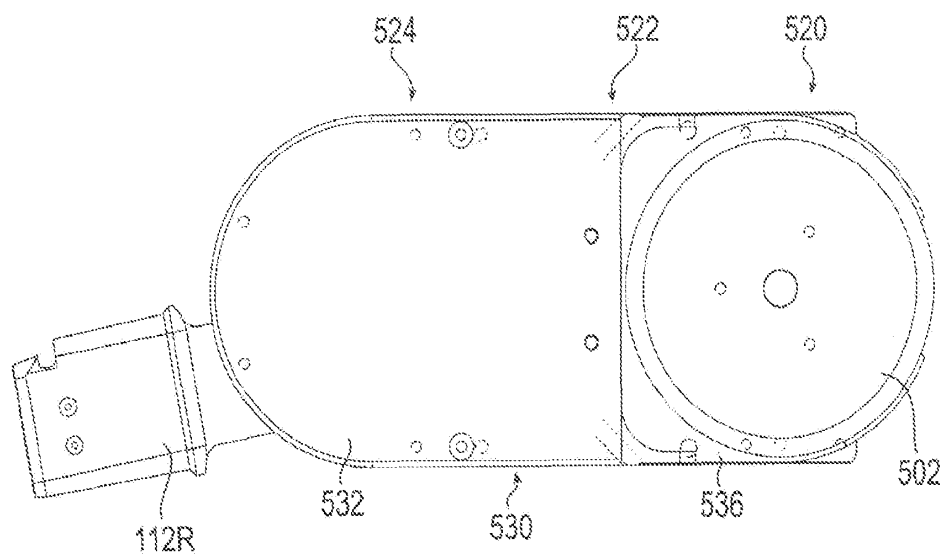


FIG. 10

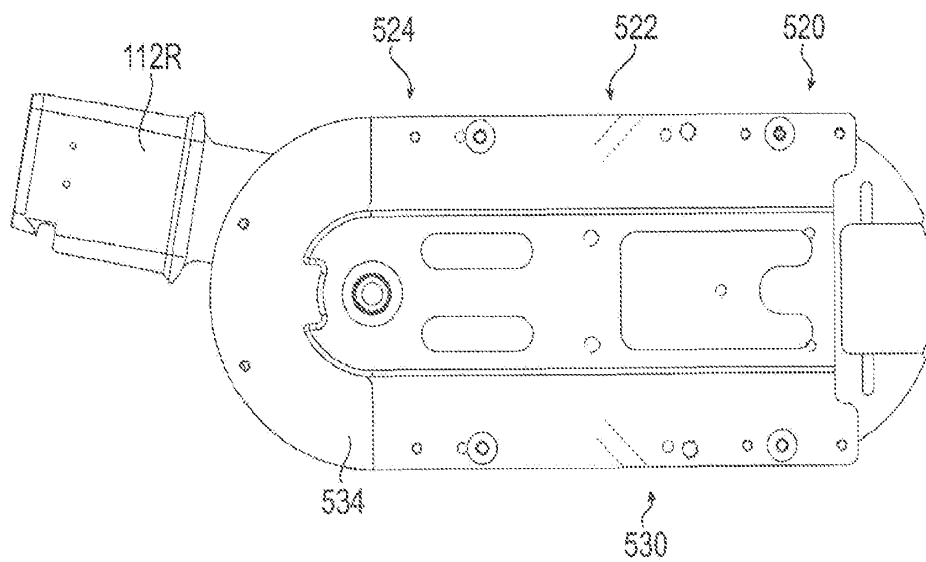


FIG. 11

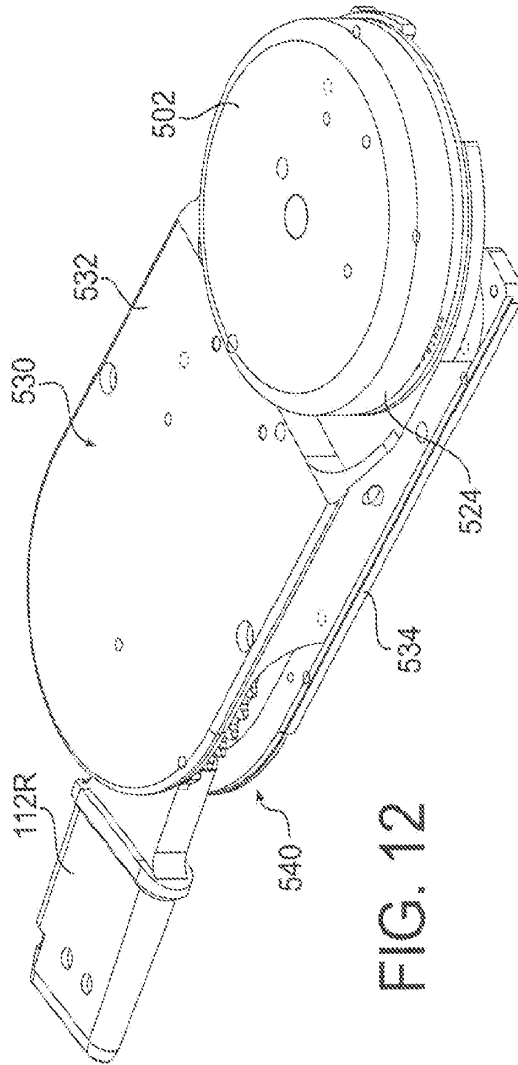


FIG. 12

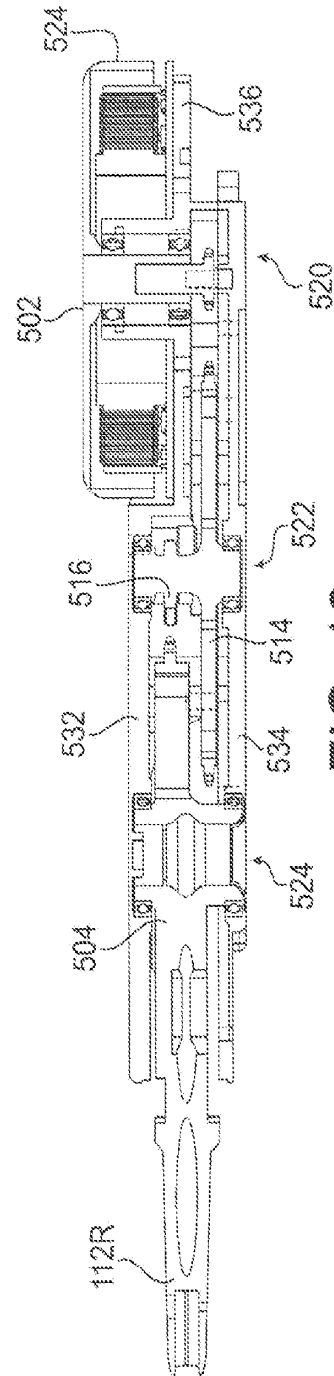


FIG. 13

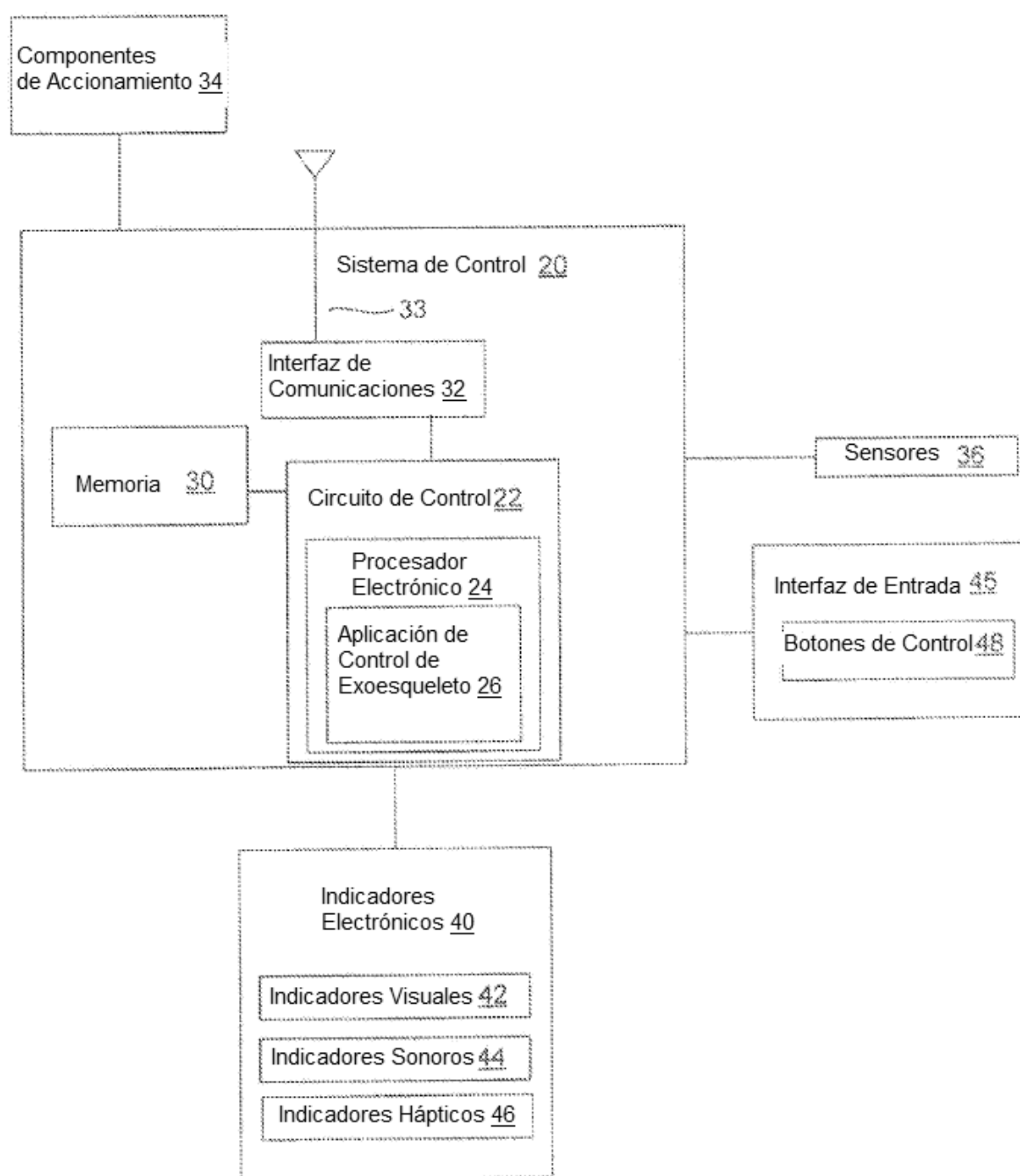


Fig. 14

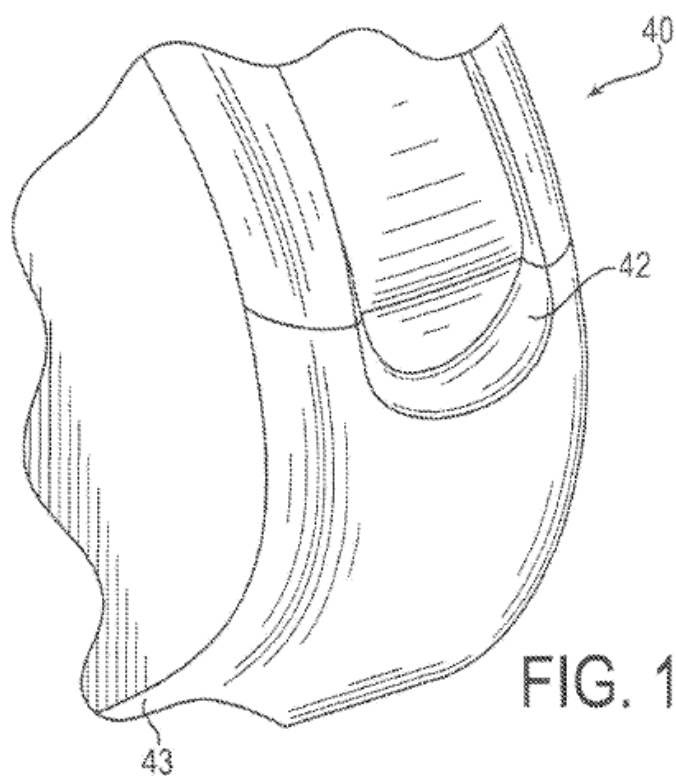


FIG. 15

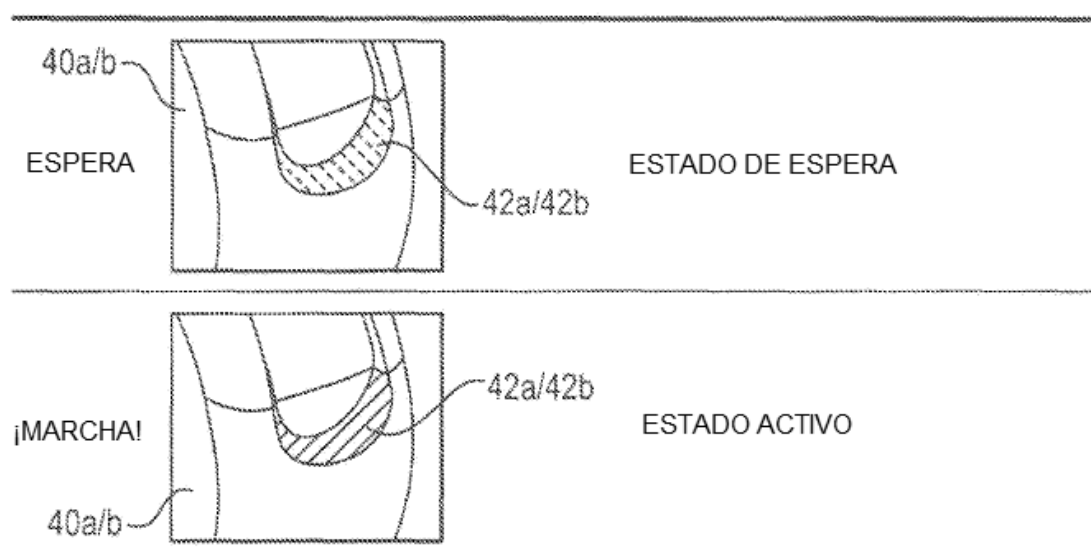


FIG. 16

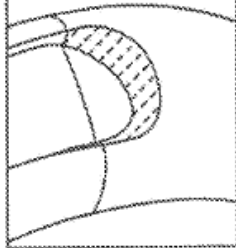
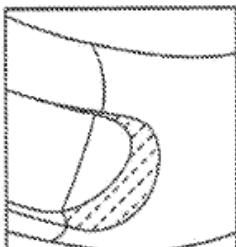
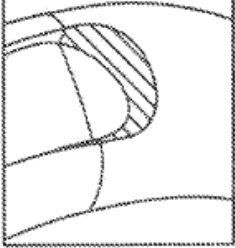
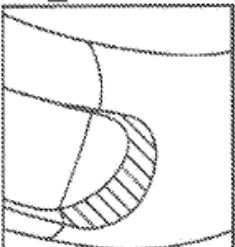
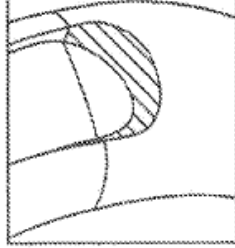
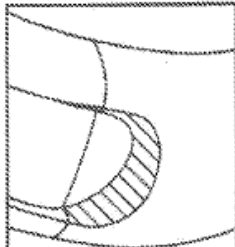
42a		42b		SIGNIFICADO
LED DERECHO	COLORES LED	LED IZQUIERDO		
SÓLIDO O PARPADEANTE			SÓLIDO O PARPADEANTE	ESTADO DE ESPERA
SÓLIDO			SÓLIDO	ESTADO ACTIVO
SÓLIDO			PARPADEANTE	PIERNA IZQUIERDA DARÁ EL PRÓXIMO PASO
PARPADEANTE			SÓLIDO	PIERNA DERECHA DARÁ EL PRÓXIMO PASO
SÓLIDO			PARPADEO RÁPIDO	PIERNA IZQUIERDA DARÁ MEDIO PASO PARA REGRESAR A MODO PARADO.
PARPADEO RÁPIDO			SÓLIDO	PIERNA DERECHA DARÁ MEDIO PASO PARA REGRESAR A MODO PARADO.

FIG. 17

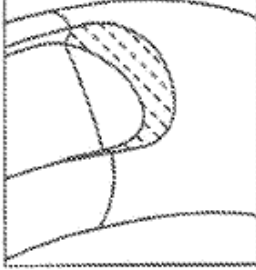
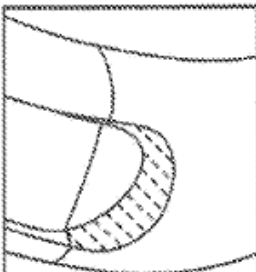
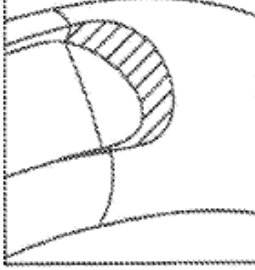
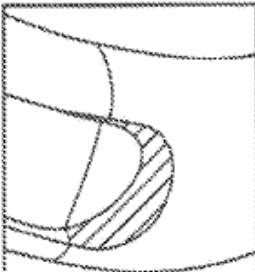
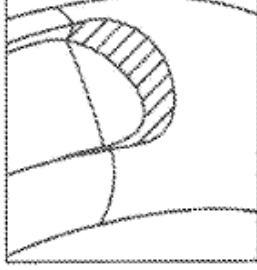
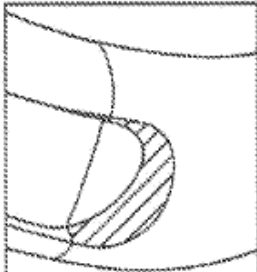
42a		42b		SIGNIFICADO
LED DERECHO	COLORES LED	LED IZQUIERDO		
PARPADEANTE			PARPADEANTE	ALERTA DE SEVERIDAD BAJA
PARPADEANTE			PARPADEANTE	ALERTA DE SEVERIDAD MEDIA
SÓLIDO			SÓLIDO	ALERTA DE SEVERIDAD ALTA

FIG. 18