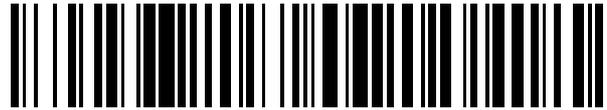


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 802**

51 Int. Cl.:

**B66D 1/00** (2006.01)

**B25J 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2011 E 11766831 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016 EP 2556009**

54 Título: **Sistema de manipulación de carga de exoesqueleto y procedimiento de uso**

30 Prioridad:

**09.04.2010 US 322645 P**

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

**04.05.2016**

73 Titular/es:

**EKSO BIONICS (100.0%)  
1414 Harbour Way South - Suite 1201  
Richmond, CA 94804, US**

72 Inventor/es:

**HARDING, NATHAN;  
AMUNDSON, KURT;  
BURNS, JON;  
ANGOLD, RUSSDON;  
ZOSS, ADAM y  
KAZEROONI, HOMAYOON**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 568 802 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 de manipulación de carga de exoesqueleto y procedimiento de uso

### 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

#### Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a la técnica de sistemas de manipulación de materiales y, más en particular, al campo de exoesqueletos de extremidades inferiores que son llevados por un usuario para permitir el levantamiento y el descenso de cargas pesadas delante del usuario.

#### Discusión del estado de la técnica

15 En la técnica se conocen exoesqueletos para proporcionar estructuras de ampliación que se extienden desde un tronco de exoesqueleto y están configuradas para sostener una carga delante de la persona que lleva el exoesqueleto, como se enseña en la publicación de solicitud de patente de EE.UU. n° 2007/0.056.592. Aun siendo útil, dicha configuración no proporciona una manipulación sencilla de una carga por parte de su portador. Además, dicho dispositivo no resuelve el problema de la desigual distribución de pesos alrededor de un tronco de  
20 similares, que podría provocar importantes problemas de equilibrado para el portador del exoesqueleto, tanto si el portador está parado como si se encuentra andando.

También se conocen dispositivos de manipulación de carga motorizados para ayudar a una persona a levantar y mover cargas pesadas. Uno de estos dispositivos expuesto en la patente de EE.UU. n° 6.886.812 usa una polea  
25 tensora accionada por un actuador, y está unido directamente a un dispositivo elevador de techo, de pared o móvil superior. Aunque es útil para la manipulación de cargas en una planta de montaje de automóviles, un almacén o similares, este tipo de dispositivo está limitado a un área geográfica específica y debe conectarse a, y estar soportado por, una estructura móvil superior.

30 Con independencia de los sistemas de manipulación de carga conocidos, se observa que se necesita un dispositivo de exoesqueleto que permita a un usuario manipular y llevar una carga delantera a la vez que resuelva el problema de la distribución de pesos en torno al tronco del exoesqueleto.

El documento US-2009/292.369-A1 divulga un exoesqueleto de acuerdo con la sección de caracterización de la  
35 reivindicación 1.

### RESUMEN DE LA INVENCION

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona el exoesqueleto de acuerdo con la  
40 reivindicación 1.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13.

45 En las reivindicaciones dependientes se exponen aspectos adicionales de la invención. A continuación se divulga y se ilustra un exoesqueleto que incluye un sistema de manipulación de carga que puede llevar una persona y permite a su portador transportar una carga delante de la persona. El exoesqueleto incluye soportes primer y segundo de las piernas que están configurados para acoplarse en las extremidades inferiores de una persona y se apoyan en el suelo durante su fase de apoyo. Cada uno de los soportes de las piernas puede incluir una articulación de rodilla que  
50 conecta acoplamientos con el muslo y acoplamientos con la tibia respectivos, que permiten la flexión y extensión de los soportes de las piernas. El exoesqueleto incluye un tronco de exoesqueleto que tiene un dispositivo de interfaz de la parte superior del cuerpo que puede configurarse para acoplarse en la parte superior del cuerpo de una persona. El tronco de exoesqueleto está conectado de forma que puede girar con los soportes de las piernas a través de articulaciones de cadera que permiten la rotación de los soportes de las piernas alrededor de los ejes de  
55 flexión-extensión de las caderas. Opcionalmente, el exoesqueleto incluye además dos generadores de par de torsión de cadera configurados para crear pares de torsión entre el tronco de exoesqueleto y los soportes de las piernas.

El tronco de exoesqueleto está configurado para permitir la unión de una carga a la parte posterior (por ejemplo, una mochila) y la parte delantera del tronco de exoesqueleto. La carga delantera está unida a un dispositivo de soporte

- de carga que se extiende delante del torso humano desde el tronco de exoesqueleto. El dispositivo de soporte de carga se fija a los mecanismos de bobina motorizados que están unidos a efectores terminales con líneas de soporte de carga. El efector terminal se conecta a la carga delantera y permite que el mecanismo de bobina motorizado eleve y haga descender la carga delantera. Colectivamente, estos dispositivos (bobina, efector terminal, líneas y el dispositivo de soporte de carga) constituyen un amplificador de potencia humana. Puede proporcionarse una interfaz para permitir que el usuario controle el amplificador de potencia humana para elevar o hacer descender selectivamente líneas de soporte de carga a las que puede fijarse una carga. En la realización preferida, el amplificador de potencia humana incluye un sensor de interacción humana unido a una empuñadura en el efector terminal que mide la fuerza que ejerce el ser humano en la carga a través del efector terminal. En esta realización, el amplificador de potencia humana incluye también un controlador que recibe la medida del sensor de interacción humana y controla los mecanismos de bobina motorizados. El controlador controla los mecanismos de bobina motorizados para aplicar una fuerza en la carga delantera basada en la medida de la fuerza aplicada por el ser humano al sensor de interacción humana. El ser humano sólo necesita aplicar una fuerza que es un porcentaje reducido de la carga global, y por tanto la fuerza aplicada por el ser humano se amplifica de manera efectiva.
- Un dispositivo de contrapeso está unido a la cara posterior del tronco de exoesqueleto. En uso, una masa auxiliar del dispositivo de contrapeso está desplazada alrededor de un eje de giro por un contrapeso actuador con el fin de equilibrar las fuerzas aplicadas en el tronco de exoesqueleto por el dispositivo de contrapeso y una carga delantera conectada con el exoesqueleto. En una realización preferida, un controlador está en comunicación con uno o más sensores adaptados para medir una fuerza debido a la carga delantera. En uso, el controlador calcula los momentos creados alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas por la masa auxiliar y el momento creado por la fuerza descendente en las líneas por la carga delantera, y después mueve automáticamente la masa auxiliar a una posición apropiada para equilibrar aproximadamente los dos momentos.
- Las características y las ventajas adicionales de la presente invención serán más fáciles de apreciar a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas cuando se toman conjuntamente con los dibujos adjuntos.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

- La figura 1 es una vista frontal en perspectiva de un exoesqueleto de la presente invención.

#### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

- Con referencia inicial a la figura 1, se muestra un exoesqueleto (100) que incluye un sistema de manipulación de carga que puede llevar una persona y permite a su portador llevar una carga delante de la persona. El exoesqueleto de las extremidades inferiores (100) incluye soportes primero y segundo de las piernas (101 y 102) que están configurados para acoplarse en las extremidades inferiores de una persona (es decir, al menos una parte de las piernas de la persona) y se apoyan en el suelo durante su fase de apoyo. Los soportes primero y segundo de las piernas (101, 102) incluyen acoplamientos con el muslo (103 y 104) y acoplamientos con la tibia (105 y 106) respectivos. Aunque no es necesario, sobre todo en situaciones en que la invención se emplea en configuraciones no antropomórficas (no mostradas), se emplean preferentemente articulaciones de rodilla primera y segunda (107 y 108) para conectar los acoplamientos con el muslo (103, 104) y los acoplamientos con la tibia (105, 106) respectivos y están configuradas para permitir la flexión y extensión entre los acoplamientos con el muslo (103, 104) y los acoplamientos con la tibia (105, 106) respectivos durante una fase de balanceo de un soporte de pierna (101, 102) correspondiente. En una realización, las articulaciones de rodilla primera y segunda (107 y 108) están configuradas para resistir la flexión entre acoplamientos con la tibia (105, 106) y acoplamientos con el muslo (103, 104) respectivos durante una fase de apoyo del soporte de pierna (101, 102) correspondiente. El exoesqueleto (100) comprende además un tronco de exoesqueleto (109), que incluye un dispositivo de interfaz de la parte superior del cuerpo (112). El tronco de exoesqueleto (109) es tal que puede configurarse para acoplarse en la parte superior del cuerpo de una persona a través del dispositivo de interfaz de la parte superior del cuerpo (112). Por el término "parte superior del cuerpo", se indica cualquier posición generalmente por encima de los muslos, que incluye el glúteo. Aunque en la figura 1 se representa como un sencillo cinturón, el dispositivo de interfaz de la parte superior del cuerpo (112) podría incluir, sin limitación, chalecos, correas, cintas, correas para los hombros, cintas para el torso, un molde corporal, un arnés y cinturones, o similares.
- El tronco de exoesqueleto (109) está conectado de forma que puede girar con los soportes primero y segundo de las piernas (101 y 102) en articulaciones de flexión-extensión de las caderas (125 y 126), lo que permite la rotación en flexión y extensión de la cadera de los soportes de las piernas (101 y 102) alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas (128 y 129), respectivamente. Los soportes primero y segundo de las piernas (101 y 102) son tales

que pueden configurarse para acoplarse en las extremidades inferiores de una persona a través de elementos de interfaz de las extremidades inferiores (135 y 136). En la realización mostrada en la figura 1, los elementos de interfaz de las extremidades inferiores (135 y 136) están acoplados a acoplamientos con el muslo (103 y 104) respectivos, si bien los elementos (135 y 136) pueden acoplarse alternativamente a acoplamientos con la tibia (106 y 107), o acoplarse, directa o indirectamente, a los acoplamientos con el muslo (103, 104) y los acoplamientos con la tibia (105, 106). Cada elemento de interfaz de las extremidades inferiores (135, 136) comprende un elemento o combinación de elementos que incluye, sin limitación, cintas, barras, soportes en forma de C, un molde corporal, y elastómeros. En funcionamiento, una persona se acopla preferentemente a o lleva un exoesqueleto (100) a través del dispositivo de interfaz de la parte superior del cuerpo (112) y por acoplamiento a los soportes primero y segundo de las piernas (101 y 102) a través de los elementos de interfaz de las extremidades inferiores (135 y 136). Opcionalmente, el exoesqueleto (100) puede incluir también dos generadores de par de torsión de cadera (145 y 146) que están configurados para crear pares de torsión entre el tronco de exoesqueleto (109) y los soportes primero y segundo de las piernas (101 y 102). Dado que las partes de exoesqueleto (100) expuestas anteriormente son conocidas en la técnica y se incluyen para completar la descripción, no se abordarán más en la presente memoria descriptiva. En su lugar, la presente invención se dirige en particular a un sistema de manipulación de carga para su uso con el exoesqueleto (100), y a un procedimiento de uso del mismo, que se describirá en detalle a continuación.

En una realización preferida mostrada, el sistema de manipulación de carga de la presente invención incluye el dispositivo de contrapeso (200) definido por una masa auxiliar (202) fijada de forma giratoria a un actuador de contrapeso (203) para su movimiento alrededor de un eje de giro (204). A su vez, el actuador de contrapeso (203) se asegura a una parte posterior del tronco de exoesqueleto (109). En uso, la masa auxiliar (202) puede girarse selectivamente alrededor de un eje de giro de contrapeso (204) mediante una unidad de accionamiento, tal como un motor eléctrico (no mostrado) que tiene un vástago coaxial con el eje de giro (204) al que se une la masa auxiliar (202) o un actuador lineal conectado entre el tronco de exoesqueleto (109) y la masa auxiliar (202), con el fin de desplazar el centro de gravedad del exoesqueleto (100) cuando se transporta una carga delantera (210). En una realización, un usuario usa un controlador (208) y la interfaz de control asociada (209) en comunicación con el actuador de contrapeso (203) para desplazar selectivamente la masa auxiliar (202) con respecto al tronco de exoesqueleto (109). Por ejemplo, cuando las cargas delante del operador son elevadas, tales como la carga (210), la masa auxiliar (202) puede hacerse girar selectivamente más allá de la parte posterior del usuario, como se indica mediante la flecha A en la figura 1, con el fin de equilibrar al menos parcialmente el peso de la carga (210) alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas (128 y 129). Aunque no se ha representado, debe entenderse que la masa auxiliar (202) puede incluir adicionalmente un eje móvil perpendicular al eje (204) para permitir el desplazamiento de la masa auxiliar (202) de un lado a otro. Aunque no se prefiere, alternativamente la masa auxiliar (202) puede poder desplazarse manualmente con respecto al tronco de exoesqueleto (109).

En una realización preferida, el dispositivo de contrapeso (200) se usa en conjunción con un dispositivo de soporte de carga en forma de un amplificador de potencia humana (220). Tal como se representa en la figura 1, el amplificador de potencia humana (220) incluye dispositivos de desplazamiento de carga primero y segundo (222 y 223). En la realización preferida mostrada, los dispositivos de desplazamiento de carga primero y segundo (222 y 223) están en forma de cabrestantes, incluyendo cada uno un mecanismo de bobina motorizado (226, 227) respectivo adaptado para enrollarse o desenrollarse (subir o bajar) una línea de soporte de carga (230, 231). En una realización, la interfaz de usuario (209) puede usarse para accionar mecanismos de bobina motorizados (226, 227) respectivos con el fin de elevar o hacer descender selectivamente las líneas (230, 231). Las líneas (230, 231) pueden ser de cualquier material flexible de alta resistencia a la tracción que incluye, sin limitación, alambre, cable metálico, red y cuerda. Cada línea (230, 231) incluye un efector terminal (232, 233) conectado a la misma para fijar las líneas (230, 231) a una carga. Aunque se muestran como una disposición de tipo empuñadura, los efectores terminales (232, 233) pueden tener cualquier forma para la conexión de las líneas (230-231) a una carga. En la realización preferida mostrada, cada efector terminal (230 y 231) incluye una parte de empuñadura (234, 235) y un simple gancho (236, 237) para fijar una carga, por ejemplo una carga (210). Debe entenderse que la carga (210) podría ser cualquier tipo de carga que sea susceptible de acoplarse a los efectores terminales (232, 233), y que esté dentro de los niveles de tolerancia de peso del amplificador de potencia humana (220) y el exoesqueleto (100). En una realización, cada efector terminal (232, 233) incluye un sensor (240, 241). En una realización, los sensores (240, 241) son sensores de interacción humana, que están situados en partes de empuñadura respectivas (234 y 235) y están adaptados para medir una fuerza aplicada por el operador a la carga (210) a través de las empuñaduras (234, 235) y los efectores terminales (232, 233). En esta realización, el controlador (208) puede controlar los mecanismos de bobina motorizados (226, 227) basándose en los datos de medida de fuerza humana de los sensores de interacción humana (240, 241) de manera que la fuerza aplicada por el operador a la carga (210) se amplifica efectivamente. En la realización más sencilla, el controlador (208) está configurado para aplicar una fuerza a la

- carga (210) que es proporcional a la fuerza medida por los sensores de interacción humana (240 y 241), pero para el experto en la materia debe estar claro que existen muchas implementaciones posibles de esta ley de control. Los dispositivos de desplazamiento de carga primero y segundo (222 y 223) incluyen también guías respectivas (244 y 245) en forma de correas para los hombros adaptadas para extenderse sobre los hombros de un portador. Las guías (244 y 245) también actúan como dispositivos de interfaz de la parte superior del cuerpo. Preferentemente, las guías (244 y 245) son correas para los hombros de soporte de carga rígidas que evitan que una fuerza de carga suministrada por una carga fijada (por ejemplo, la carga (210)) se apoye directamente sobre los hombros del portador.
- 10 De acuerdo con la invención, el controlador o microprocesador (208) está en comunicación con los sensores (240, 241) y/o dispositivos de detección (262, 263), que están adaptados para medir una fuerza que se aplica mediante dispositivos de desplazamiento de carga (222, 223) a líneas (230, 231). Con fines de claridad, la figura 1 sólo muestra las líneas de comunicación entre el controlador (208) y los sensores (240 y 262), sin embargo, debe entenderse que el controlador (208) está también en comunicación con los sensores (241 y 263). El controlador
- 15 (208) calcula el momento creado alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas (128 y 129) por la masa auxiliar (202) y el momento creado por la fuerza descendente en las líneas (230, 231) por la carga o cargas aplicadas, por ejemplo, la carga (210), colocada delante del usuario. Basándose en estos cálculos, el controlador (208) desplaza entonces automáticamente la masa auxiliar (202) a una posición apropiada para equilibrar aproximadamente los dos momentos. Debe entenderse que los datos de los sensores de interacción humana (240, 241) son suficientes para calcular el momento creado alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas (128 y 129) por la carga o cargas aplicadas, y que los sensores (262 y 263) son también suficientes para calcular el momento creado alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas (128 y 129). Sin embargo, los sensores (240, 241) y los sensores (262, 263) también pueden usarse en combinación para producir una estimación más precisa del momento creado alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas (128 y 129) por la carga o
- 20 cargas aplicadas. En este punto, debe comprenderse también que los sensores (240, 241) podrían realizar funciones dobles, es decir, actuar como sensores de interacción humana así como medir las fuerzas aplicadas por los dispositivos de desplazamiento de carga.
- Por ejemplo, debe observarse que un experto en la materia podría configurar la masa auxiliar móvil para su traslación lineal o su oscilación en un mecanismo de tipo articulación, en vez de una rotación. Es decir, aunque se ha mostrado el uso de una masa auxiliar pivotante, puede usarse cualquier mecanismo para mover la masa auxiliar adelante y atrás en relación con los ejes de flexión-extensión de las caderas para producir el efecto deseado.
- 30 Finalmente, aunque en la figura 1 se ha mostrado la inclusión de dos generadores de par de torsión de cadera, en una realización preferida, el exoesqueleto puede estructurarse sin los generadores de par de torsión de cadera. En particular, esta realización puede implementarse cuando el momento neto en el tronco de exoesqueleto alrededor de los ejes de flexión-extensión de las caderas es casi cero debido al uso de la masa auxiliar. En tal caso, la necesidad de generadores de par de torsión de cadera se reduce enormemente o incluso se elimina debido a que el portador del exoesqueleto puede proporcionar la pequeña cantidad de par de torsión restante necesario para mantener el
- 40 tronco de exoesqueleto recto en condiciones de carga. En general, la invención sólo pretende estar limitada por el alcance de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un exoesqueleto (100) que incluye un sistema de manipulación de carga configurado para acoplarse en una persona, comprendiendo dicho exoesqueleto:
- 5 soportes primer y segundo de las piernas (101, 102) configurados para acoplarse en las extremidades inferiores de una persona y apoyarse en una superficie de soporte durante una fase de apoyo; y
- 10 un tronco de exoesqueleto (109) configurado para acoplarse en la parte superior del cuerpo de una persona, estando dicho tronco de exoesqueleto interconectado con cada uno de los soportes primer y segundo de las piernas en articulaciones de cadera respectivas (125, 126) para permitir la flexión y la extensión entre los soportes primero y segundo de las piernas y el tronco de exoesqueleto alrededor de sus ejes de cadera respectivos (128, 129);
- caracterizado porque** el exoesqueleto comprende además:
- 15 un amplificador de potencia humana (220) que incluye:
- un primer dispositivo de desplazamiento de carga (222) que incluye un primer mecanismo de bobina motorizado (226) conectado con una primera línea (230);
- 20 un primer efector terminal (232) situado en la primera línea y configurado para conectarse con una carga;
- una primera guía (244) que soporta el primer efector terminal en una posición delante del tronco de exoesqueleto; y
- 25 un actuador de desplazamiento de carga para hacer funcionar selectivamente el primer mecanismo de bobina motorizado para elevar o hacer descender selectivamente la primera línea con respecto al tronco de exoesqueleto; y
- un dispositivo de contrapeso (200) que incluye una masa auxiliar (202) conectada con el tronco de exoesqueleto a través de un actuador (203) de manera que la masa auxiliar se extiende en una posición detrás del tronco de exoesqueleto, donde dicho actuador es accionado selectivamente para desplazar el centro de gravedad de la masa auxiliar con respecto al tronco de exoesqueleto.
- 30
2. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:
- 35 al menos un generador de par de torsión de cadera (145, 146) configurado para crear un par de torsión entre dicho tronco de exoesqueleto (109) y uno de los soportes primer y segundo de las piernas (101, 102).
3. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 1, donde el amplificador de potencia humana (220) comprende además:
- 40 una primera empuñadura (234) en el primer efector terminal (232) configurada para ser asida por una persona;
- un primer sensor de interacción humana (240) configurado para detectar una fuerza aplicada por una persona en la primera empuñadura; y
- un controlador (208) que actúa para aplicar una fuerza en la carga a través del primer mecanismo de bobina motorizado (226) basándose al menos en parte en la fuerza detectada por el primer sensor de interacción humana.
- 45
4. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 1, donde el amplificador de potencia humana (220) comprende además:
- 50 un primer sensor de carga (262) configurado para detectar una fuerza aplicada por una carga soportada por el primer efector terminal (232); y
- un controlador (208) en comunicación con el primer sensor de carga y el actuador (203), donde el controlador hace funcionar el actuador para desplazar el centro de gravedad de la masa auxiliar (202) basándose al menos en parte en la fuerza detectada por el primer sensor de carga.
- 55
5. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 4, donde el primer sensor de carga está situado en el primer efector terminal (232).
6. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 4, donde el primer sensor de carga (262) está

situado en el primer dispositivo de desplazamiento de carga (222).

7. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 4, donde el controlador (208) hace funcionar el actuador (203) para desplazar el centro de gravedad de la masa auxiliar (202) a una posición para equilibrar el exoesqueleto debido a la carga.

8. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera guía (244) está en forma de una correa para los hombros para soporte de carga configurado para extenderse sobre el hombro de un portador del exoesqueleto.

10 9. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 1, donde el amplificador de potencia humana (220) comprende además:

un segundo dispositivo de desplazamiento de carga (223) que incluye un segundo mecanismo de bobina motorizado (227) conectado con una segunda línea (231);

un segundo efector terminal (233) situado en la segunda línea y configurado para conectarse con una carga;

una segunda guía (245) que soporta el segundo efector terminal en una posición delante del tronco de exoesqueleto; y

donde el actuador de desplazamiento de carga selectivamente hace funcionar el primer y el segundo mecanismo de bobina motorizado para elevar o hacer descender selectivamente las líneas primera y segunda con respecto al tronco de exoesqueleto.

25 10. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 9, donde el amplificador de potencia humana (220) comprende además:

una primera empuñadura (234) en el primer efector terminal (232) configurada para ser asida por una persona;

30 una segunda empuñadura (235) en el segundo efector terminal (233) configurada para ser asida por una persona;

un primer sensor de interacción humana (240) configurado para detectar una fuerza aplicada por una persona en la primera empuñadura;

35 un segundo sensor de interacción humana (241) configurado para detectar una fuerza aplicada por una persona en la segunda empuñadura; y

40 un controlador (208) que actúa para aplicar una fuerza en la carga a través del segundo mecanismo de bobina motorizado (227) basándose al menos en parte en las fuerzas detectadas por los sensores de interacción humana primero y segundo.

11. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 9, donde el amplificador de potencia humana (220) comprende además:

45 un primer sensor de carga (262) configurado para detectar una fuerza aplicada por una carga soportada por el primer efector terminal (232);

50 un segundo sensor de carga (263) configurado para detectar una fuerza aplicada por una carga soportada por el segundo efector terminal (233); y

un controlador (208) en comunicación con los sensores de carga primero y segundo y el actuador, donde el controlador hace funcionar el actuador para desplazar el centro de gravedad de la masa auxiliar (202) basándose al menos en parte en las fuerzas detectadas por los sensores de carga primero y segundo.

55 12. El exoesqueleto de acuerdo con la reivindicación 11, donde el segundo sensor de carga (263) está situado en el segundo efector terminal (233).

13. Un procedimiento de desplazamiento y equilibrado de una carga delantera en el exoesqueleto (100)

de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el procedimiento:

la conexión de una carga delantera al primer efector terminal (232) situado en una primera línea (230) unido al primer mecanismo de bobina motorizado (226) del primer dispositivo de desplazamiento de carga (222) que se  
5 extiende desde dicho exoesqueleto;

el accionamiento del actuador de desplazamiento de carga para hacer funcionar selectivamente el primer mecanismo de bobina motorizado con el fin de elevar o hacer descender selectivamente la primera línea con respecto al tronco de exoesqueleto; y

10

el desplazamiento de una posición de la masa auxiliar (202) situada detrás del tronco de exoesqueleto para desplazar el centro de gravedad de la masa auxiliar con respecto al tronco de exoesqueleto.

**14.** El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, donde la carga está unida a un dispositivo de soporte de carga que incluye un sensor, y el exoesqueleto (100) incluye además un controlador (208) en comunicación con el dispositivo de soporte de carga y un actuador de la masa auxiliar, comprendiendo el  
15 procedimiento además:

la detección, por medio del sensor, una de fuerza aplicada por la carga en el dispositivo de soporte de carga; y  
20 donde la etapa de desplazamiento de la posición de la masa auxiliar con respecto al tronco de exoesqueleto comprende el desplazamiento de la masa auxiliar hasta una posición apropiada para compensar aproximadamente la carga.

**15.** El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además:

25

el cálculo, por medio del controlador (208), de un primer momento creado alrededor de los ejes de cadera (128, 129) por la masa auxiliar (202) y un segundo momento creado por una fuerza descendente de la carga en el dispositivo de soporte de carga, donde el cálculo se usa para determinar la posición apropiada para compensar aproximadamente la carga equilibrando los momentos primero y segundo.

30

