(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 548 574**

(51) Int. CI.:

A61F 2/66 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2010 E 10769067 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015 EP 2480174**

(54) Título: **Prótesis u órtesis**

(30) Prioridad:

21.09.2009 WO PCT/IB2009/054137

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.10.2015

(73) Titular/es:

VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL (100.0%)
Pleinlaan 2
1050 Brussel, BE

(72) Inventor/es:

LEFEBER, DIRK

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Prótesis u órtesis

La presente invención se refiere a una prótesis u órtesis.

Tal prótesis u órtesis puede utilizarse, por ejemplo, para sustituir o sujetar un tobillo en un cuerpo humano.

Existen muchos tipos de prótesis u órtesis, que puede subdividirse en algunas categorías basándose, por ejemplo, en los siguientes criterios.

Un primer criterio es mirar si la prótesis es rígida o más bien flexible.

Las prótesis existentes que son rígidas tienen la desventaja de ser menospreciadas por sus usuarios, dado que su comportamiento rígido reduce mucho su comodidad al caminar.

Un segundo criterio es comprobar si la prótesis u órtesis está provista de medios activos de accionamiento, tal como por ejemplo, un accionador accionado eléctricamente, o si por el contrario solo está equipada con elementos pasivos, tal como por ejemplo, un resorte de torsión, un resorte de hoja, una barra elástica, un amortiguador, un sistema hidráulico, etc...

Las prótesis y órtesis existentes del tipo activo con frecuencia le proporcionan una comodidad relativamente buena al usuario. No obstante, sus medios activos de accionamiento requieren una fuente de energía, por ejemplo en forma de batería, lo que con frecuencia hace que las prótesis u órtesis sean bastante pesadas.

Otra de las desventajas de estas prótesis u órtesis de tipo activo es su tiempo de funcionamiento limitado debido a que la batería se descarga y al alto coste relacionado con su producción.

En los siguientes documentos se describen ejemplos de las prótesis u órtesis existentes.

El documento WO 98/53769 describe un conjunto de pie protésico que incluye un miembro de tobillo, un miembro de talón conectado de manera pivotante al miembro de tobillo, un elemento de dedo metatarsiano alargado conectado de manera pivotante al miembro de talón, que tiene una parte trasera subyacente a una porción delantera del miembro de talón, y que se proyecta hacia delante desde el miembro de talón. Un primer elemento compresible se acopla entre una porción del miembro de tobillo y una porción del miembro de talón. Un segundo elemento compresible que tiene una primera y una segunda superficie de apoyo sustancialmente circulares, está acoplado entre el miembro de talón y el miembro de dedo metatarsiano para aguantar el movimiento pivotante ascendente de un extremo delantero del miembro de dedo metatarsiano con respecto al miembro de talón.

El documento US 3.551.914 describe un pie artificial que tiene un elevador de dedos naturales del pie, en el que una sección de dedo articulada está interconectada con un miembro de vástago conectado de manera pivotante a través de una conexión transmisora de movimiento, de manera que la sección de dedo se eleve y baje de manera natural durante el proceso al caminar.

El documento WO 2006/112774 describe un sistema combinado de prótesis de pierna activa y pasiva que tiene al menos una articulación móvil, una unidad de accionamiento activa desconectable para accionar la articulación móvil y una unidad de freno pasiva para frenar la articulación móvil cuando la unidad de accionamiento está desconectada.

El documento WO 2005/097009 describe un sistema para la prótesis de una extremidad inferior que comprende un pie, un tobillo y una caña, tiene un dispositivo de pantorrilla posterior sobre la prótesis para almacenar energía durante la carga de fuerza de la prótesis y devolver la energía almacenada durante la descarga de fuerza para aumentar la . El dispositivo incluye en varias realizaciones al menos un miembro alargado, tal como una tira flexible que se extiende entre una porción superior dela caña y una porción inferior de la prótesis, y al menos un resorte en espiral que tiene un extremo libre conectado al miembro alargado. El miembro alargado expande el resorte en espiral en respuesta al movimiento anterior del extremo superior de la caña para almacenar energía.

El documento US 5.314.499 describe un miembro artificial que incluye una espinilla, un tobillo y un pie. La espinilla incluye una primera montura, una segunda montura situada por debajo de la primera montura, y una pluralidad de varillas que se extienden entre la primera y la segunda montura, donde al menos una varilla es una varilla que soporta carga. El pie incluye un miembro alargado que tiene una sección de dedo y una sección de talón.

En muchas solicitudes, el miembro alargado está arqueado. La espinilla está acoplada al pie mediante un tobillo. El tobillo permite que la espinilla rote alrededor de un eje sustancialmente perpendicular a una línea entre las secciones de dedo y talón del pie. Un elemento de control de rotación, tal como una banda elástica o un resorte de compresión está conectado a ambos, el tobillo y al miembro alargado para limitar la rotación de la espinilla hacia la sección de

talón del pie. El tobillo también puede permitir que la espinilla se mueva alrededor de un segundo eje para simular una rotación lateral del tobillo.

A fin de evitar dichos inconvenientes de las prótesis u órtesis de tipo rígido y/o de tipo activo mencionadas anteriormente, la presente invención se refiere a una prótesis u órtesis que es de tipo flexible y que en primer lugar solo tiene elementos pasivos de accionamiento.

Más en particular, la presente invención se refiere a una prótesis u órtesis que comprende un primer cuerpo, un segundo cuerpo y una articulación articulada entre dichos cuerpos, permitiendo la articulación articulada la rotación de dichos cuerpos entre sí.

De este modo, se monta un elemento elástico entre dichos cuerpos que está diseñado para ejercer un momento de fuerza sobre los cuerpos de modo que el momento de fuerza tienda a llevar los cuerpos de vuelta a una posición de equilibrio del uno con respecto al otro, posición en la que los medios de resorte no ejercen un momento de fuerza entre los cuerpos.

Tales prótesis u órtesis compatibles de tipo pasivo ya existen, pero su mayor desventaja es que su comportamiento mecánico es muy diferente al comportamiento de una articulación humana de tobillo.

En las prótesis u órtesis existentes de tipo pasivo, compatibles, se almacena energía en el elemento elástico durante un cambio de posición angular entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo fuera de la posición de equilibrio.

Cuando el primer cuerpo y el segundo cuerpo se llevan de vuelta a sus posiciones angulares originales, dicha energía almacenada en el elemento elástico sencillamente se libera de nuevo.

En la articulación de tobillo de un cuerpo humano el comportamiento es completamente distinto.

De hecho, el problema con dichas prótesis u órtesis existentes del tipo pasivo, compatibles es que la rigidez del elemento elástico permanece fija en todas las circunstancias, mientras que en un tobillo real de un cuerpo humano, la rigidez de la conexión varía durante el ciclo normal de marcha, como se explicará con más detalle en el texto.

Es más, en las prótesis u órtesis existentes de tipo pasivo, compatibles, también la posición de equilibrio definida por una posición angular entre los cuerpos, posición en la que el elemento elástico no ejerce ningún momento de fuerza sobre los cuerpos, permanece inalterada durante la rotación relativa de los cuerpos entre sí hacia delante y hacia atrás .

Por el contrario, en un tobillo humano real dicha posición de equilibrio parece variar durante el ciclo de marcha.

Por estas razones, la energía almacenada en el elemento elástico de dichas prótesis existentes se libera en otro momento durante el ciclo de marcha y a una velocidad mayor y por tanto durante un rango angular más corto, comparado con el funcionamiento de una articulación humana de tobillo.

Como consecuencia, durante la fase de empuje del ciclo de marcha, es decir, cuando se empuja el dedo contra el suelo, la denominada fase de flexión plantar, la prótesis existente libera la energía almacenada en la misma en un rango angular demasiado corto y de manera algo intensa o desequilibrada. Después de que los miembros hayan rotado dicho rango angular más corto, no se conserva ninguna energía disponible para una flexión plantar adicional por lo que hay menos energía disponible para acelerar el cuerpo humano.

Esta es una razón importante para la incomodidad que sienten los usuarios de las prótesis u órtesis existentes de tipo pasivo mencionadas anteriormente.

La presente invención busca conseguir una prótesis u órtesis que no presente una o más de las desventajas anteriores y posiblemente tampoco otras desventajas.

En particular, un objetivo de la presente invención es proporcionar una prótesis u órtesis que tenga un comportamiento mecánico que esté más próximo al comportamiento mecánico de una articulación de un cuerpo humano que las prótesis y órtesis existentes y que sea más eficiente energéticamente que las prótesis y órtesis existentes.

A este efecto, la invención se refiere a una prótesis u órtesis que comprende un primer cuerpo, un segundo cuerpo y una articulación articulada entre dichos cuerpos, permitiendo la articulación articulada la rotación de dichos cuerpos entre sí, un elemento elástico montado entre los cuerpos, estando la prótesis u órtesis equipada con un mecanismo pasivo de conversión mecánica que comprende un tercer cuerpo dispuesto de manera móvil con respecto al primer cuerpo, más particularmente el elemento elástico dispuesto entre el tercer y el segundo cuerpo, el mecanismo de conversión mecánica dispuesto para convertir un cambio angular entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo en un cambio de carga sobre el elemento elástico, comprendiendo la prótesis u órtesis además, medios de adaptación de

la relación que interactúan con el mecanismo de conversión mecánica dispuesto para modificar la relación de conversión mediante la que se efectúa el cambio de carga en el elemento elástico.

Una primera característica importante de una prótesis u órtesis de acuerdo con la presente invención, es que no se transfiere directamente un cambio angular entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo al elemento elástico, sino a través de un mecanismo pasivo de conversión mecánica.

De esta manera, un cambio angular entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo, que se indicará posteriormente en el texto como el cambio angular de entrada, puede ser amplificado o debilitado por el mecanismo pasivo de conversión con una relación determinada antes de ser suministrado al elemento elástico y esto sin la necesidad de una fuente de energía activa adicional.

La conversión tiene como resultado un cambio en la salida del mecanismo de conversión, preferentemente en un cambio angular de salida que se aplica entre el segundo cuerpo y el tercer cuerpo a fin de estirar o comprimir el elemento elástico montado entre dichos segundo cuerpo y tercer cuerpo.

La relación de conversión del mecanismo de conversión está definido como la amplitud del cambio a la salida del mecanismo de conversión dividida por el cambio angular de entrada entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo a la entrada del mecanismo de conversión.

De este modo, el cambio en la salida del mecanismo de conversión es preferentemente dicho cambio angular de salida entre el tercer y el segundo cuerpo, pero no necesariamente.

Por otro lado, se asume que en primera instancia la rigidez del elemento elástico permanece inalterada.

Lo anterior significa que el mismo cambio angular de entrada resulta en un alto cambio de carga de salida sobre el elemento elástico si la relación de conversión del mecanismo de conversión es elevada, mientras que el cambio de carga de salida resultante sobre el elemento elástico es pequeño cuando la relación de conversión es pequeña.

Así que, el cambio de carga sobre el elemento elástico que resiente un usuario cuando se rota el primer cuerpo con respecto al segundo cuerpo es una función de la relación de conversión del mecanismo de conversión.

La combinación del elemento elástico con el mecanismo de conversión puede por lo tanto considerarse como un sistema elástico montado entre el primer y el segundo cuerpo, sistema elástico que tiene una rigidez que puede establecerse independientemente de la rigidez de su elemento elástico eligiendo la relación de conversión correcta para su mecanismo de conversión.

Una segunda característica importante de una prótesis u órtesis de acuerdo con la presente invención es que está provista de medios de adaptación de la relación que interactúan con el mecanismo de conversión mencionado anteriormente mediante el cual puede establecerse la relación de conversión efectuada por el mecanismo de conversión.

De lo anterior se entiende que con una prótesis o una órtesis de conformidad con la presente invención, la rigidez de la articulación, que está formada por la combinación del elemento elástico y el mecanismo de conversión, puede variarse durante el ciclo de marcha, lo que es un requisito que debe cumplirse para tener una articulación que se comporte como la de un cuerpo humano.

De hecho, con los medios de adaptación de la relación, la relación de conversión del mecanismo de conversión puede modificarse y como consecuencia se obtiene una rigidez distinta de la articulación.

De este modo, es importante advertir que el mecanismo de conversión mecánica es del tipo pasivo, así que aparte de la energía suministrada por el usuario cuando el primer cuerpo rota con respecto al segundo cuerpo, no se precisa ninguna energía adicional, por ejemplo en forma de accionadores activos o similares, para modificar la rigidez de la articulación.

Otra consecuencia de tener un mecanismo de conversión, provisto de unos medios de adaptación de la relación mediante los que se puede modificar su relación de conversión, es que cambiando dicha relación de conversión durante el ciclo de marcha, la posición angular en la que el primer cuerpo y el segundo cuerpo están en una posición de equilibro no permanece necesariamente fija.

De hecho, una posición de equilibrio entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo es una posición angular en la que el elemento elástico no está ejerciendo ningún momento de fuerza sobre dichos cuerpos.

Así que, se asume que la posición angular entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo varía fuera de semejante posición de equilibrio, mientras el mecanismo de conversión está aplicando una primera relación de conversión, lo que resultaría en un primer cambio de carga sobre el elemento elástico.

Cuando el primer cuerpo y el segundo cuerpo se llevan otra vez de vuelta a sus posiciones angulares iniciales, mientras el mecanismo de conversión está aplicando una segunda relación de conversión, resultará en un segundo cambio de carga sobre el elemento elástico que no es simplemente el opuesto al primer cambio de carga sobre el elemento elástico.

Por lo tanto, cuando el primer cuerpo y el segundo cuerpo están de nuevo en sus posiciones angulares iniciales, en general ya no se trata de una posición angular en la que el elemento elástico no está ejerciendo ningún momento de fuerza, así que la posición anular inicial ya no es una posición de equilibrio.

Un caso interesante es en el que los medios de adaptación de la relación establecen que la relación de conversión sea cero.

En ese caso no importa qué cambio angular de entrada se aplique, no habrá ningún cambio en la salida del mecanismo de conversión y por tanto tampoco se realizará un cambio de carga sobre el elemento elástico, de manera que la posición de equilibrio se establece libremente.

De lo anterior, queda claro que con una prótesis u órtesis de acuerdo con la presente invención, la rigidez de la articulación así como la posición de equilibrio de la articulación pueden establecerse con facilidad, sin necesidad de energía externa adicional.

Esto significa que semejante prótesis u órtesis es muy adecuada para imitar el comportamiento de las articulaciones del tobillo humano.

De acuerdo con una realización preferente de una prótesis u órtesis de conformidad con la presente invención, el primer cuerpo y el segundo cuerpo están acoplados el uno al otro por medio de la articulación articulada, extendiéndose la parte restante de los cuerpos sustancialmente en un solo sentido alejándose de la articulación articulada.

De este modo la configuración física de la prótesis u órtesis se asemeja a las articulaciones del tobillo humano.

De hecho, por ejemplo en una articulación de tobillo humano, el pie y la parte inferior de la pierna están acopladas en el tobillo por un extremo de los mismos, mientras que el resto del pie y de la parte inferior de la pierna se extienden sustancialmente solo en una dirección alejándose de la articulación de tobillo.

Como alternativa, una prótesis o una órtesis de conformidad con la presente invención puede estar provista de medios de acoplamiento para conectar tal tipo de cuerpos a la misma, que se extiendan sustancialmente solo en un sentido.

De acuerdo con otra realización preferente de una prótesis u órtesis de conformidad con la presente invención, los medios de adaptación de la relación son tales que durante una rotación relativa del primer cuerpo y el segundo cuerpo en un primer sentido, la relación de conversión mencionada anteriormente es diferente de la relación efectuada durante una rotación relativa del primer cuerpo y el segundo cuerpo en sentido opuesto.

Semejante prótesis u órtesis de acuerdo con dicha realización es particularmente interesante, dado que de este modo la rigidez de la articulación es diferente cuando el primer cuerpo y el segundo cuerpo rotan en un primer sentido, comparada con la rigidez de cuando la rotación es en dicho sentido opuesto.

Una característica similar está presente en la articulación de tobillo del cuerpo humano, puesto que durante el ciclo de marcha la rigidez de la articulación de tobillo del cuerpo humano parece ser diferente cuando el pie rota hacia la parte inferior de la pierna, es decir, durante la denominada flexión dorsal, comparada con la rigidez cuando el pie rota en sentido opuesto, es decir, durante la denominada flexión plantar.

De acuerdo con una realización aún más preferente, los medios de adaptación de la relación en una prótesis u órtesis de acuerdo con la presente invención, son tales que se modifica la relación de conversión para que sea más alta durante una rotación relativa del primer cuerpo y el segundo cuerpo en un primer sentido correspondiente a la fase de flexión dorsal del ciclo de marcha, en la que el ángulo más pequeño entre las partes extendidas del cuerpo, mencionadas anteriormente disminuye, que durante una rotación relativa del primer cuerpo y el segundo cuerpo en el sentido opuesto correspondiente a la fase de flexión plantar del ciclo de marcha, en la que el ángulo más pequeño entre dichas partes extendidas del cuerpo aumenta.

Con esta realización de una prótesis o de una órtesis de acuerdo con la invención, se imita aún mejor la articulación de tobillo humano r.

De hecho, la articulación de tobillo humano parece tener una rigidez variable durante el ciclo de marcha, que es tal que cuando la parte inferior de la pierna y el pie se mueven el uno hacia el otro la rigidez es mayor que en sentido opuesto.

A fin de realizar el mecanismo de conversión anteriormente mencionado de manera justificable y práctica, una prótesis o una órtesis de conformidad con la presente invención tiene un mecanismo de conversión mecánica que preferentemente comprende ruedas dentadas.

Incluso más preferentemente, dicho mecanismo de conversión mecánica comprende un sistema de engranajes planetarios con una rueda anular, una rueda solar y una o más ruedas planetarias montadas en árboles planetarios que pueden rotar alrededor de su eje de engranaje planetario, cuyos ejes están situados en posiciones fijas sobre un portador de planetas, engranándose las ruedas planetarias entre sí con la rueda anular así como con la rueda solar.

Dicha realización de una prótesis o de una órtesis de conformidad con la presente invención puede hacerse de manera muy compacta y ligera, y es muy eficiente energéticamente.

Otra ventaja de esta realización, es que no se precisan complicados medios de adaptación de la relación para variar la relación de conversión del mecanismo de conversión.

De hecho, en un sistema de engranajes planetario se puede elegir entre muchas relaciones de conversión, por ejemplo tan solo tomando los engranajes adecuados para la entrada y la salida del mecanismo de conversión o bloqueando la rotación de algunas ruedas dentadas del sistema planetario entre sí.

En consecuencia basta por ejemplo, con conectar el primer cuerpo, el segundo cuerpo y/o el tercer cuerpo a las ruedas dentadas adecuadas para obtener la relación de conversión deseada o bloquear ciertas ruedas dentadas del sistema planetario en el momento adecuado.

Por lo tanto, de acuerdo con otra realización preferente de una prótesis u órtesis de acuerdo con la invención, los medios de adaptación de la relación consisten en un mecanismo de bloqueo o de frenado para bloquear y desbloquear engranajes del mecanismo de conversión el uno del otro o de los cuerpos.

Preferentemente, dichos mecanismo de bloqueo o de frenado comprenden al menos una o más garras o frenos.

Está claro que tales medios de adaptación de la relación son muy sencillos de poner en práctica de manera económicamente justificable.

Por otro lado, tales medios de adaptación de la relación pueden manipularse fácilmente sin ninguna complicación.

La intención está definida en la reivindicación 1. Las realizaciones preferentes están definidas en las reivindicaciones dependientes 2-22. Se describe una forma de realización preferente de una prótesis, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1 y 2 representan una realización preferente de acuerdo con la invención, en una vista en perspectiva y en una vista lateral, respectivamente;
la figura 3 representa una vista en perspectiva de una prótesis de acuerdo con una realización preferente de la presente invención, habiéndose dejado algunas partes para mostrar mejor el mecanismo interno;
la figura 4 ilustra las cuatro fases diferentes durante el ciclo normal de marcha;
la figura 5 representa un gráfico sobre el que el momento de fuerza, experimentado en la articulación de tobillo humano durante el ciclo de marcha, se establece frente el cambio angular entre la parte inferior de la pierna y el pie;
las figuras 6 y 7 representan gráficos sobre los que la misma curva de la figura 5 se repite y se compara respectivamente con la curva correspondiente de una prótesis conocida de tipo pasivo y una prótesis de acuerdo con una realización preferente de la invención;
las figuras 8 a 10 ilustran esquemáticamente el funcionamiento de la prótesis de las figuras 1 a 3 durante la fase I de balanceo del ciclo de marcha, respectivamente al comienzo, a la mitad y al final de dicha fase I;
las figuras 11 a 13, las figuras 14 a 16 y las figuras 17 a 19 ilustran de manera similar a la de las figuras 8 a 10 las fases II, III y IV del ciclo de marcha;
la figura 20 representa de manera esquemática otra realización de una prótesis de conformidad con la invención;
las figuras 21 a 25 ilustran la prótesis de la figura 20 durante las etapas sucesivas del ciclo de marcha;
la figura 26 representa una posible versión más realista de la realización ilustrada esquemáticamente en la figura 20;
la figura 27 representa de manera esquemática otra realización más de una prótesis de conformidad con la invención;
las figuras 28 a 32 ilustran la prótesis de la figura 27 durante las etapas sucesivas del ciclo de marcha; y
las figuras 33 y 34 representan esquemáticamente otras realizaciones más de una prótesis de conformidad con la invención.

La prótesis 1 representada en las figuras 1, 2 y 3 está diseñada para sustituir el tobillo de un cuerpo humano.

Comprende un primer cuerpo 2, un segundo cuerpo 3 y una articulación articulada 4 entre dichos cuerpos 2 y 3.

La articulación articulada 4 permite la rotación del primer cuerpo 2 con respecto al segundo cuerpo 3 alrededor de un eje AA'.

En este caso, el primer cuerpo 2 está diseñado para vincularse con la parte inferior de la pierna de una persona.

Con ese objetivo tiene más o menos una forma alargada que está conectada por uno de sus extremos 5 mediante la articulación articulada 4 al segundo cuerpo 3, mientras que la parte restante 6 del primer cuerpo 2 se extiende sustancialmente en un sentido en dirección BB', que es perpendicular al eje AA' de la articulación articulada 4.

De este modo, el extremo más alejado 7 de la parte restante 5 del primer cuerpo 2 está conformado en algunas secciones cilíndricas 8 con forma de tubo, en este caso las tres secciones 8, que están alineadas con dicha dirección BB' y que tienen un diámetro decreciente D cuando se acercan al extremo más alejado 7.

El segundo cuerpo 3 está diseñado para desempeñar el papel de un pie y por ese motivo se ejecuta más o menos en forma de pie.

En particular, el segundo cuerpo 3 consiste principalmente en una placa plana alargada o lámina 9, que es más o menos rectangular y que de hecho conforma la forma de la planta del pie.

Dicha placa 9, está provista en ambos de sus dos extremos longitudinales 10 y 11 de un pequeño soporte, un soporte de talón 12 y un soporte de dedo 13, respectivamente.

Por otro lado, la planta 9 está rodeada por paredes lateral 14 que se extienden en planos que son perpendiculares a la planta 9 en ambos bordes laterales longitudinales opuestos de la planta 9.

Las paredes laterales 14 están conectadas la una a la otra, en particular mediante una pared lateral transversal 15 adicional en el borde lateral del talón 16 y mediante una parte de conexión 17 en el extremo del dedo 11 de la planta 9.

Las paredes laterales 14 están provistas cada una cerca de su extremo de talón 10 de una orejeta 18, orejetas 18 que son paralelas la una a la otra y están algo desfasadas hacia dentro desde el plano de las paredes laterales 14.

El extremo 5 del primer cuerpo 2 está introducido entre dichas orejetas 18 provistas sobre el segundo cuerpo 3.

La articulación articulada 4 en este caso está realizada mediante un árbol 19 que está montado rotatoriamente sobre el segundo cuerpo 3 mediante rodamientos de rodillos 20.

Para ello, las orejetas 18 están provistas de un orificio 21 en el que están provistos los rodamientos 20.

El árbol 19 está montado fijamente con respecto al primer cuerpo 2, de manera que los cuerpos 2 y 3 puedan rotar el uno con respecto al otro.

De acuerdo con la invención, la prótesis 1 comprende un mecanismo pasivo de conversión mecánica 22.

En la realización representada en las figuras 1 a 3, dicho mecanismo de conversión 22 consiste en un sistema de engranajes planetarios, que tiene una rueda anular 23, una rueda solar 24 y, en este caso, tres ruedas planetarias 25 que se engranan entre sí con la rueda anular 23 así como con la rueda solar 24, pero que no están representadas en las figuras.

Las ruedas planetarias 25 están montadas sobre árboles planetarios 26 (de los que un ejemplo está representado en la figura 3) y pueden girar alrededor de su eje de engranaje planetario CC', cuyos ejes CC' están situados en posiciones fijas sobre un portador de planetas 27.

En este caso el portador de planetas 27 es de tipo jaula con dos paredes laterales 28, estando los engranajes del sistema planetario situados entre dichas paredes laterales 28.

Los árboles planetarios 26 están conectados fijamente a las ruedas planetarias 25 y se soportan por ambos de sus extremos en las paredes laterales 28 del portador de planetas 27 mediante rodamientos planetarios 29.

La rueda anular 23 y el portador planetario 27 pueden rotar alrededor de un árbol común, que en este caso es la articulación articulada 4 que forma el eje 19.

Los detalles de la montura rotatoria de dichas partes del sistema de engranajes planetario alrededor del árbol común 19 no son visibles en las figuras, pero resultan conocidos de acuerdo con el presente estado de la técnica.

La rueda solar 24 en este caso, está montada rotatoriamente sobre dicho árbol 19 por medio de rodamientos no representados en las figuras. El propio árbol 19 está montado rotatoriamente en el segundo cuerpo 3 por medio de los rodamientos 20 y está conectado fijamente al primer cuerpo 2, como se ha explicado.

También se conocen muchas otras formas de ensamblar semejante sistema planetario de acuerdo con el estado de la técnica y está claro que tales otras realizaciones no están excluidas de las realizaciones preferentes de la presente invención.

Por otro lado, la prótesis 1 está provista de medios para montar un elemento elástico 30 en la prótesis 1 que está diseñado para ejercer momentos de fuerza durante la rotación del primer cuerpo 2 y del segundo cuerpo 3 alrededor del árbol 19.

En la realización representada en las figuras 1 a 3, dichos medios consisten en ruedas 31 sobre las que guían alambres de extensión o similares conectados por ejemplo, a un resorte tensor helicoidal.

Ni el propio elemento elástico 30, ni dichos alambres de extensión se muestran en las figuras 1 a 3.

Por otra parte, un par de dichas ruedas 31 está montado en ambos extremos de un pequeño árbol 32, que está situado en la pieza de conexión 17 en el extremo de dedo 11 del segundo cuerpo 3 y que es paralelo al árbol 19 de la articulación articulada 4.

Por otro lado, hay un par de ruedas 31 similares montadas a la misma distancia la una de la otra en ambos extremos de un pequeño árbol 33, que también es paralelo al árbol 19.

Dicho pequeño árbol 33 se extiende a ambos lados de una palanca 34 que es una parte de la rueda solar 24 y que se extiende en una dirección radial desde el centro de dicha rueda solar 24.

En el enunciado de la reivindicación 1, la rueda solar 24 con sus brazos de palanca 34 se corresponde en esta realización con el tercer cuerpo 24 que es una parte del mecanismo de conversión mecánica 22, estando dicho tercer cuerpo 24 dispuesto de manera móvil con respecto al primer cuerpo 2, y más particularmente el elemento elástico 30 dispuesto entre el tercer cuerpo 24 y el segundo cuerpo 3.

Queda además claro que el mecanismo de conversión mecánica 22 está dispuesto para convertir un cambio angular entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3, en adelante denominado el cambio angular de entrada del mecanismo de conversión 22, en un cambio de carga sobre el elemento elástico 30.

De este modo, el cambio angular de entrada se convierte en un cambio angular de salida, que está definido como el cambio angular entre el tercer cuerpo 24 y el segundo cuerpo 3.

En la realización representada, hay un vínculo permanente entre el mecanismo de conversión 22 formado por el sistema planetario y el primer cuerpo 2, puesto que el portador de planetas 27 está permanentemente conectado fijamente al primer cuerpo 2.

Queda claro que esto solo es un ejemplo de cómo pueden hacerse las cosas a fin de obtener una prótesis 1 que tenga un comportamiento que se parezca más a una articulación de tobillo humano que las prótesis existentes.

- En otras realizaciones, se puede seleccionar cualquier rueda dentada del sistema planetario para conectarse permanente o temporalmente con una cualquiera del primer cuerpo 2, del segundo cuerpo 3 o del tercer cuerpo 24.

De acuerdo con otras realizaciones más de la prótesis u órtesis de conformidad con la invención, uno cualquiera del primer cuerpo 2, del segundo cuerpo 3 o del tercer cuerpo 24 puede incluso formar parte integral de tal rueda dentada del sistema planetario.

Otra importante característica de una prótesis 1 de conformidad con la presente invención, es que comprende medios de adaptación de la relación que interactúan con el mecanismo de conversión mecánica 22, medios de adaptación de la relación que están dispuestos para modificar la relación de conversión mediante la cual se efectúa el cambio de carga sobre el elemento elástico 30.

En la realización representada, dichos medios de adaptación de la relación consisten en un mecanismo de bloqueo para bloquear y desbloquear engranajes o partes del mecanismo de conversión 22 el uno del otro o de los cuerpos.

En particular, los medios de adaptación de la relación comprenden dos garras, respectivamente una primera garra 35 y una segunda garra 36.

La primera garra está montada rotatoriamente alrededor de un árbol en el extremo de talón 10 del segundo cuerpo 3, para bloquear y desbloquear la rueda anular 23 con respecto a dicho segundo cuerpo 3.

La segunda garra 36 está montada rotatoriamente alrededor de un árbol, que se extiende entre las paredes laterales 28 del portador de planetas y está situada en la parte superior de la rueda solar 24.

Dicha segunda garra 36 está diseñada para bloquear y desbloquear la rueda solar 24 y el primer cuerpo 2 el uno del otro.

En el caso representado, el bloqueo y desbloqueo de dicha segunda garra 36 está accionado por un accionador motor o eléctrico 37, aunque está claro que las garras no necesitan necesariamente tal accionador.

La energía requerida para semejante manipulación es muy pequeña comparada con la energía requerida en las prótesis u órtesis conocidas del tipo activo, como se ha descrito en la introducción.

La ventaja más importante de una prótesis 1 según la invención es que es adecuada para imitar el comportamiento natural de una articulación humana, en particular una articulación de tobillo, como se explica a continuación.

Para empezar, es importante entender que el ciclo normal de marcha de una persona puede dividirse en 4 fases diferentes, que se ilustran en la figura 4.

De izquierda a derecha en la figura 4, hay una primera fase I que es desde que el talón golpea hasta que el pie 38 está completamente sobre el suelo. Durante dicha fase I, la articulación de tobillo 39 está en realidad ejerciendo un torque M entre el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40 a fin de evitar que el pie caiga sobre el suelo.

La energía para ejercer dicho torque M la suministra la persona al caminar y el momento de fuerzas M está dirigido en un sentido en el que se impida un aumento del ángulo entre el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40.

La siguiente fase II es la denominada fase de flexión dorsal II durante la cual, se adelanta la parte inferior de la pierna 40, es decir, la parte inferior de la pierna 40 está girada hacia el pie 38 que todavía está sobre el suelo.

Durante esta fase II el caminante suministra de nuevo la energía que está almacenada en los músculos y tendones y el cuerpo desacelera.

La siguiente fase III es la denominada fase de flexión plantar III o fase III de empuje, durante la cual se empuja el pie 38 y este abandona el suelo.

En esta fase III, la energía almacenada en los músculos durante la fase II se convierte en energía de movimiento empujando con el dedo y el cuerpo se acelera.

La última fase IV es la denominada fase IV de balanceo de la pierna 40 durante la cual se rota el pie 38 alrededor del tobillo 39 a fin de llevar el pie 38 de vuelta a su posición original de golpe de talón.

Durante dicha fase IV de balanceo, el pie 38 no está en contacto con el suelo por lo que no se requiere casi ninguna energía para rotar el pie 38.

La figura 5 ilustra de manera diferente lo que está ocurriendo en el ciclo normal de marcha de una persona humana.

En dicha figura 5, se representa el momento de fuerza ejercido por la persona al caminar o correr frente al cambio angular entre el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40.

Se han indicado las distintas fases I-IV a lo largo del ciclo de marcha junto a la curva.

La posición angular en la que el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40 están perpendiculares entre sí corresponde a la posición 0° sobre el eje X del gráfico.

Una rotación de la parte inferior de la pierna 40 hacia el pie 38 se considera como un cambio angular positivo, mientras que una rotación en sentido opuesto se considera un cambio angular negativo.

Así que, la fase I empieza cuando el talón golpea el suelo, mientras que el pie 38 está casi perpendicular a la parte inferior de la pierna 40. El ángulo entre el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40 es algo inferior a 90°. Por eso la curva empieza en algún punto cercano a 2°.

La persona suministra un pequeño momento de fuerza a fin de evitar que el pie 38 aletee sobre el suelo.

Así que, durante la fase I se ejerce un pequeño torque negativo.

Dicha fase I termina cuando el pie 38 está plano sobre el suelo, mientras que la parte inferior de la pierna 40 todavía está dirigida en una dirección ligeramente adelantada, siendo el ángulo entre el pie 38 y la parte inferior de la pierna

40 de ± 95°. Es decir de -5° en el eje X.

Durante la fase de flexión dorsal II la parte inferior de la pierna 40 está girada hacia el pie 38 aproximadamente 15 °, mientras que la energía se almacena en los músculos.

Dicha energía se libera de nuevo durante la fase de flexión plantar III. No obstante, durante dicha fase de flexión plantar III el pie 38 se gira alejándose de la parte inferior de la pierna 40 sobre un rango angular mayor, es decir, hay un cambio angular total de aproximadamente 30°.

De hecho, esto significa que la energía se libera de manera diferente, es decir, a un ritmo más lento, del que se ha almacenado en los músculos.

Durante la fase IV de balanceo, que es de -20° a +10° en la curva, apenas si se aplica energía o fuerza alguna. Como consecuencia la curva durante dicha fase IV es más o menos co-lineal con el eje X.

Con las prótesis conocidas del tipo pasivo es imposible imitar un tipo de curva semejante al de la articulación de tobillo humano, dado que los elementos pasivos utilizados sólo tienen una única rigidez.

En la figura 6, la curva 41 de la articulación de tobillo humano se compara con una curva típica 42 obtenida con las prótesis conocidas de tipo pasivo que sólo tienen tal rigidez única.

Dicha curva 42 puede ser bien lineal o no, dependiendo del tipo de resorte o de elemento elástico que se utilice.

La energía se almacena y libera en el mismo rango de ángulos.

Las prótesis de tipo activo conocidas añaden energía a la articulación, pero tales prótesis tienen las desventajas que se han explicado.

Un punto fuerte en particular de una realización preferente de la invención se basa en el hecho de que se entiende que no tiene porqué añadirse energía externa adicional a la prótesis, sino que la energía almacenada durante la fase de flexión dorsal II se reparte sobre un rango mayor durante la fase de flexión plantar III.

Las fases II y III del ciclo de marcha pueden aproximarse mediante dos líneas (rectas) con una inclinación diferente.

Cuando se usa un sistema que puede variar la rigidez de la articulación, es posible obtener semejante curva aproximada.

En particular, cuando la articulación se vuelve relativamente rígida durante la fase II, la energía se almacena durante un cambio angular relativamente pequeño entre la parte inferior de la pierna 40 (correspondiente al primer cuerpo 2) y el pie 38 (correspondiente al segundo cuerpo 3).

Si durante la fase III, se toman medidas para hacer que la articulación sea menos rígida comparada con la fase II, la energía almacenada se liberará sobre un cambio angular relativamente mayor entre la parte inferior de la pierna 40 (correspondiente al primer cuerpo 2) y el pie 38 (correspondiente al segundo cuerpo 3).

Con una prótesis 1 esto puede realizarse y la curva resultante 43 se ilustra en la figura 7.

Queda claro a partir de dicha figura 7 que la curva 43 de una prótesis preferente es mucho más parecida a la curva de la articulación de tobillo humano 41 que la curva 42 de la prótesis conocida de tipo pasivo.

De aquí en adelante se explica, a través de las figuras 8 a 18, cómo se obtiene en realidad semejante curva 43 con una prótesis 1, representando esquemáticamente las figuras 8 a 18 la posición de las distintas partes del mecanismo de conversión 22, del primer cuerpo 2 y del segundo cuerpo 3, así como del elemento elástico 30, respectivamente durante las fases del ciclo de marcha indicadas por F8 a F18 en la figura 7.

En las figuras, el segundo cuerpo 3 (correspondiente al pie 38) siempre está representado por una línea horizontal.

Está claro sin embargo, que dicho segundo cuerpo 3 o pie 38 no se mantiene horizontal durante el ciclo de marcha.

En la figura 8 se representa la posición al comienzo de la primera fase I.

En aras de una mayor claridad, en la parte superior de dicha figura 8, la posición del primer cuerpo con respecto al segundo cuerpo está representada esquemáticamente.

Lo mismo se hace en las otras figuras que representan la posición de inicio en las distintas fases I a IV.

A partir de las partes inferiores de las figuras 8 a 10, que representan la fase I, queda claro que durante la fase I del ciclo de marcha los medios de adaptación de la relación, que en esta realización son las garras 35 y 36, son tales que la garra 35 está en la posición desbloqueadora que permite la rotación libre de la rueda anular 23 con respecto al segundo cuerpo 3, mientras que la garra 36 está bloqueando la rueda solar 24 con respecto al portador de planetas 27 o en otras palabras, al primer cuerpo 2.

Con las garras 35 y 36 en semejante posición, las ruedas dentadas del sistema planetario no son capaces de girar la una con respecto a la otra, rotando la rueda solar 24 y su brazo de palanca 34 en el mismo sentido alrededor del árbol 19.

Esto significa que en la fase I un cambio angular entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3, que se considera como la entrada del mecanismo de conversión 22, tendrá como resultado el mismo cambio angular entre el tercer cuerpo, representado por el brazo de palanca 34, y el segundo cuerpo 3, que se considera como la salida del mecanismo de conversión 22.

- Como consecuencia, el mecanismo de conversión 22 está aplicando de hecho, una relación de conversión de 1 durante dicha fase I.

El elemento elástico 30 está algo alargado durante dicha fase I, que corresponde al momento de fuerza negativo en la curva de la figura 7.

La siguiente fase II de flexión dorsal, durante la cual la energía se almacena en el elemento elástico 30, está representada en las figuras 11 a 13.

Durante esta fase II, los medios de adaptación de la relación son tales que la garra 35 está en la posición de bloqueo, es decir, la rueda anular 23 está bloqueada con respecto al segundo cuerpo 3, mientras que la segunda garra 36 está en la posición de desbloqueo, es decir, a la rueda solar 24 se le permite rotar con respecto al portador de planetas 27.

Un cambio angular entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo tendrá como resultado en esta fase II un cambio angular mayor entre el tercer cuerpo o brazo de palanca 34 y el segundo cuerpo 3, dado que una característica de una unidad de engranaje planetario es que una rotación lenta del portador de planetas 27 se transmite como una rotación rápida de la rueda solar 24, cuando la rueda anular 27 se mantiene fija.

Así que, la relación de conversión aplicada durante dicha fase II es mayor que durante la fase anterior.

Esto significa que una rotación relativamente pequeña en la entrada del mecanismo de conversión 22 requiere una rotación relativamente grande en la salida del mecanismo de conversión 22, correspondiendo dicha rotación grande en este caso a un gran cambio de carga sobre el elemento elástico 30.

Como consecuencia, el comportamiento elástico de la prótesis 1 puede considerarse como relativamente rígido durante esta fase II.

Durante la siguiente fase III de flexión plantar, representada en las figuras 14 a 16, los medios de adaptación de la relación se disponen de nuevo de modo que la primera garra 35 esté en la posición de desbloqueo, mientras que la segunda garra 36 está en la posición de bloqueo, lo que de nuevo tiene como resultado una relación de conversión 1.

Como consecuencia, el comportamiento elástico de la prótesis 1 puede considerarse como relativamente flexible durante esta fase III.

Así que, la energía almacenada en el elemento elástico 30 durante la fase II al comprimirlo una distancia determinada o rango angular, se libera durante la fase III estirando el elemento elástico 30 de nuevo esa misma distancia o rango angular.

No obstante, durante la fase II la compresión del resorte 30 se obtuvo tan solo mediante un cambio angular relativamente pequeño entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 (± 15°), debido a la elevada relación de conversión aplicada, mientras que dicha energía almacenada se libera sobre un cambio angular mayor entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 (± 25°), debido a la relación de conversión menor aplicada durante dicha fase III.

Esto es exactamente lo que se precisa a fin de imitar mejor la articulación de tobillo del cuerpo humano.

La última fase IV del ciclo de marcha está representada en las figuras 17 a 19, fase IV durante la que casi no se ejerce fuerza alguna.

Los medios de adaptación de la relación durante esta fase IV están dispuestos de modo que ambas garras 35 y 26 estén en la posición de desbloqueo.

De este modo, el elemento elástico 30 mantiene a la rueda solar 24 de hecho en una posición de equilibrio.

Durante la rotación del portador de planetas 27 las ruedas planetarias 25 giran alrededor de la rueda solar 24 arrastrando la rueda anular 23 en el mismo sentido que el portador de planetas 27.

Dado que un cambio angular entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 no tiene como resultado ningún cambio angular de la rueda solar 24 o del brazo de palanca 34, la relación de conversión aplicada por el mecanismo de conversión es cero durante esta fase IV.

A fin de tener una pequeña fuerza de accionamiento para rotar el primer cuerpo 2 con respecto al segundo cuerpo 3 durante esta fase IV, en la práctica se puede proporcionar un pequeño elemento de resorte adicional.

Está claro que una prótesis 1 de acuerdo con la invención es mucho más eficiente que las existentes, siendo el comportamiento de la articulación mucho más parecido al comportamiento de la articulación de tobillo humano.

Para mejorar aún más las características de la prótesis, se puede proporcionar una prótesis 1 adicional con medios activos de pre-tensado dispuestos para cambiar la carga sobre el elemento elástico 30 con independencia del mecanismo pasivo de conversión mecánica.

La razón para semejantes medios adicionales de pre-tensado es que la curva 41 representada en la figura 5 depende de la velocidad con la que se camina.

Así que, dichos medios activos de pre-tensado podrían, por ejemplo, estar controlados por medios de control, que adapten el pretensado sobre el elemento elástico 30 en función de la forma de caminar.

De esta manera sin duda se sigue obteniendo una prótesis 1 u órtesis energéticamente eficiente, dado que solo hay que añadir una pequeña cantidad de energía al sistema para obtener el pre-tensado requerido, desde luego cuando se compara con la energía que se pierde en las prótesis conocidas de tipo activo.

La realización descrita en este documento solo sirve como ejemplo y la invención no está restringida en modo alguno a dicha realización.

Por ejemplo, en otra realización podrían elegirse otros engranajes del sistema planetario para ser la entrada o salida del mecanismo de conversión.

El mecanismo de conversión también podría ser un sistema de ruedas dentadas completamente diferente.

Por ejemplo, podría obtenerse el mismo resultado utilizando cualquier otro tipo de caja de engranajes de transmisión, en la que pueda variarse la relación de conversión durante el ciclo de marcha, como por ejemplo en una caja de engranajes de un coche en la que se puede elegir entre un montón de pares de ruedas dentadas de transmisión.

En otra realización más el mecanismo de conversión puede, por ejemplo, comprender un sistema de engranajes diferencial que tenga un portador en el que estén montados dos engranajes laterales el uno enfrente del otro de manera rotatoria, sobre un primer medio árbol y un segundo medio árbol respectivamente, estando dichos primer y segundo medio árboles alineados a lo largo del mismo eje, engranándose ambos engranajes laterales con dos piñones de engranaje que están montados sobre árboles de piñón en el portador perpendiculares a dicho eje, formando los engranajes de piñón y los engranajes laterales un grupo de cuatro engranajes en un rectángulo.

En otra realización el mecanismo de conversión puede estar provisto de una polea, proporcionándose una cadena sobre la polea, estando un extremo de la cadena conectado a un punto fijo sobre uno de los cuerpos, mientras que el otro extremo de la cadena está conectado a uno de los extremos del resorte.

En la figura 20 otra realización de una prótesis 1 está representada de manera esquemática.

En esta realización la prótesis 1 está, como en el ejemplo anterior, provista de un primer cuerpo 2, un segundo cuerpo 3 y una articulación articulada 4 entre dichos primer cuerpo 2 y segundo cuerpo 3, permitiendo la articulación articulada 4 una rotación del primer cuerpo 2 con respecto al segundo cuerpo 3.

En la figura 20 el segundo cuerpo 3 está dibujado como una línea que representa esquemáticamente la parte inferior de la pierna 40 de una persona.

El primer cuerpo 2 está representado por las líneas 44 a 46 que forman parte de un triángulo rectángulo.

Las líneas 44 y 45 son perpendiculares entre sí y representan esquemáticamente una parte del talón y de la planta 9 del pie de una persona 38 respectivamente.

El extremo de dedo 11 de la línea 45 está conectado a la línea 46 que forma un ángulo E de aproximadamente 30° para representar de manera esquemática la forma más o menos triangular del pie 38 de una persona.

El primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 están conectados entre sí por medio de la articulación articulada 4 que está dibujada como una bisagra que representa esquemáticamente una articulación de tobillo 39.

Como en la realización anterior, la prótesis 1 de la figura 20 también comprende un mecanismo pasivo de conversión mecánica 22.

-En esta realización el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 es no obstante, de una naturaleza completamente distinta, no siendo el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 un sistema de engranajes planetario.

En particular, el mecanismo de conversión 22 comprende para empezar un tercer cuerpo 34, dibujado en la figura 20 como una línea 47 que representa esquemáticamente el empeine del pie 38 de una persona.

Este tercer cuerpo 34 está en una bisagra de un primer extremo 48 montada en la articulación articulada 4 que forma la articulación de tobillo 39 y por lo tanto en principio está dispuesta de manera móvil con respecto al primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 como en las realizaciones de una prótesis 1 descritas anteriormente.

No obstante, el tercer cuerpo 34 está en su otro extremo 49, que está dirigido hacia el extremo del dedo 11 del pie 38, provisto de un primer mecanismo de bloqueo 50, mediante el cual se puede evitar un desplazamiento o rotación del tercer cuerpo 34 con respecto al primer cuerpo 2.

En este caso, el primer mecanismo de bloqueo 50 se realiza mediante una ranura 51, ranura 51 en la que el extremo 49 del tercer cuerpo 34 puede introducirse para quedar bloqueado contra una rotación o desplazamiento con respecto al primer cuerpo 2, o, en el caso opuesto, ranura 51 de la que el extremo 49 puede liberarse de nuevo para permitir una rotación del tercer cuerpo 34 con respecto al primer cuerpo 2 alrededor de la articulación de tobillo 39.

Por otro lado, hay un primer elemento elástico 30 provisto entre el segundo cuerpo 3 y el tercer cuerpo 34, que en este caso está representado esquemáticamente por un elemento de resorte 52 entre los cuerpos 3 y 34 respectivos.

No obstante, el primer elemento elástico 30 puede ser cualquier otro tipo de elemento elástico 30 que permita una rotación entre el segundo cuerpo 3 y el tercer cuerpo 34 cuando se ejecuta un torque entre el segundo cuerpo 3 y tercer cuerpo 34, cargándose o descargándose el elemento elástico 30 durante semejante rotación dependiendo de si se está almacenando o liberando energía mecánica.

El mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 está además provisto de un cuarto cuerpo 53 representado en la figura 20 por las líneas 54 y 55 que están dibujadas perpendiculares entre sí.

La línea 54 es de nuevo una representación esquemática de una parte de la planta 9 de la prótesis 1, mientras que la línea 55 representa esquemáticamente una parte 55 de un segundo mecanismo de bloqueo 56 de la prótesis 1.

El cuarto cuerpo 53 está dispuesto de manera móvil con respecto al primer cuerpo 2 al estar montado de manera abisagrada en o cerca del extremo de dedo 11 de la línea 54, que representa parte de la planta 9, en el primer cuerpo 2.

Entre la línea 55 del cuarto cuerpo 53 y el primer cuerpo 2 se ha provisto un segundo mecanismo de bloqueo 56 para mantener el cuarto cuerpo 53 en una posición determinada con respecto a la planta 45 del primer cuerpo 2.

Este segundo mecanismo de bloqueo 56 consiste en el caso representado en la figura 20, en una especie de trinquete 57 en forma de cremallera lineal o curvada con dientes, que está provista en el interior de la parte de talón 55.

Los dientes de la cremallera 57 cooperan con un gancho 58 provisto sobre la planta 45 del primer cuerpo 2, como sigue.

Cuando el cuarto cuerpo 53 está sometido a una fuerza que tiende a mover el cuarto cuerpo 53 alejándolo del primer cuerpo 2, es decir, una fuerza que tiende a mover el cuarto cuerpo 53 en una dirección descendente, los dientes del trinquete 57 evitan semejante movimiento.

Por otro lado, cuando el cuarto cuerpo 53 está sometido a una fuerza que tiende a mover el cuarto cuerpo 53 hacia el primer cuerpo 2, es decir, una fuerza que tiende a mover el cuarto cuerpo 53 en una dirección ascendente, no se evita semejante movimiento y el gancho 58 sencillamente se lleva a una posición entre dos dientes del trinquete 7 más cerca de la parte de planta 54 del cuarto cuerpo 53.

En una realización preferente de la prótesis 1 representada en la figura 20 una o más de las partes del cuerpo, es decir, el primer cuerpo 2, el segundo cuerpo 3, el tercer cuerpo 34 y/o el cuarto cuerpo 53 están hechos de un material más o menos flexible que permite una deformación considerable durante el ciclo de marcha a fin de realizar de manera suave el bloqueo y el desbloqueo de las partes del cuerpo de la una con respecto de la otra mediante el primer y/o el segundo mecanismos de bloqueo 50 y 56, mientras se almacena o libera la energía mecánica mediante los elementos elásticos.

El tercer cuerpo 34 y el cuarto cuerpo 53 del mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 están conectados el uno al otro mediante un segundo elemento elástico 59, que en este caso está representado esquemáticamente por un elemento de resorte 59, pero que puede ser de cualquier otro tipo adecuado.

Por último, la prótesis 1 de la figura 20 también está provista de un pequeño elemento de resorte 60 que conecta la parte de talón 44 del primer cuerpo 2 al segundo cuerpo 3.

Al igual que en la realización anteriormente descrita, el mecanismo de conversión mecánica 22 de la figura 20 está dispuesto para convertir un cambio angular entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 en un cambio de carga sobre el elemento elástico 30.

Por otro lado, se puede considerar que el primer mecanismo de bloqueo 50 y el segundo mecanismo de bloqueo 56 son medios de adaptación que interactúan con el mecanismo de conversión mecánica 22 de tal modo que la relación de conversión del cambio angular durante la fase II, tal y como se representa en la figura 4, es diferente al cambio angular durante la fase III, durante el ciclo de marcha.

Esta realización de una prótesis 1 de acuerdo con la invención es particularmente adecuada para imitar las características del ciclo natural de marcha.

De este modo, la curva 43 para esta realización, en la que se establece el momento de fuerza ejercido por la persona al caminar o correr con la prótesis 1 frente al cambio angular entre el pie 38 de la prótesis 1 y la parte inferior de la pierna 40 de la persona, se parece mucho a la curva 41 del ciclo natural de marcha, representada en la figura 5.

El principio de trabajo de esta realización de una prótesis 1 está representado en las figuras 21 a 25.

Resulta obvio que las figuras 20 a 25 son solo representaciones esquemáticas que están destinadas a simplificar la comprensión de los principios de trabajo subyacentes a esta realización de una prótesis 1.

En las figuras 21 a 25, se ilustra como las distintas partes del cuerpo están bloqueadas o desbloqueadas por medio del primer y del segundo mecanismo de bloqueo 50 y 56 durante las fases subsecuentes del ciclo de marcha I a IV a fin de obtener la relación de conversión adecuada mediante la cual se efectúa el cambio de carga sobre el elemento elástico 30.

La situación de la figura 21 se corresponde con el inicio de la primera fase I, tal y como se representa en la figura 4, cuando el talón golpea el suelo, mientras que la figura 22 se corresponde con el final de la fase I cuando el pie 38 está totalmente sobre el suelo.

Como puede deducirse de la figura 21, al golpear el talón, el tercer cuerpo 34 está bloqueado en el primer cuerpo 2 por medio del primer mecanismo de bloqueo 50.

Por otro lado, al inicio de la fase I, el cuarto cuerpo 53 está en la posición desbloqueada, estando el gancho 58 del segundo mecanismo de bloqueo 56 desconectado de los dientes del trinquete 57.

En ese momento, el segundo elemento elástico 59 se usa para establecer un ángulo inicial entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3.

Al contactar el talón sobre el suelo el cuarto cuerpo 53 rota alrededor de la bisagra por el lado del dedo 11 hacia la parte de planta 45 del primer cuerpo 2.

Durante esta rotación el gancho 58 es sistemáticamente empujado sobre los dientes del trinquete 57, de manera que el cuarto cuerpo 53 esté cada vez más bloqueado en el trinquete 57 hasta que la parte de planta 54 del cuarto cuerpo 53 coincida sustancialmente con la parte de planta 45 del primer cuerpo 2.

Esta es la posición que se ilustra en la figura 22, estando el pie plano sobre el suelo y estando el segundo elemento elástico 59 en una condición cargada y contraída al estar comprimido entre el cuarto cuerpo 53 y el tercer cuerpo 34.

La siguiente fase II o fase de flexión dorsal II durante la cual la parte inferior de la pierna 40 se lleva hacia delante mientras se mantiene el pie 38 sobre el suelo, está ilustrada en la figura 23.

En esta fase el tercer cuerpo 34 todavía se mantiene bloqueado en el primer cuerpo 2 por medio del primer mecanismo de bloqueo 50.

El primer elemento elástico 30, representado en este caso por el elemento de resorte 52, está comprimido durante esta fase II debido a la rotación de la parte inferior de la pierna 40 hacia el pie 38.

De este modo, la energía se almacena en el primer elemento elástico 30, que corresponde a la situación en un ciclo natural de marcha en el que la energía se almacena en los músculos durante la desaceleración del cuerpo.

En esta situación la relación de conversión por la que el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 efectúa el cambio angular entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 a un cambio de carga sobre el elemento elástico 30 solo está definida por las características del elemento de resorte 52 que representa el primer elemento elástico 30, es decir, esta primera relación de conversión está definida por la rigidez del elemento de resorte 52.

En la figura 24 se ilustra la siguiente fase III de empuje o de flexión plantar, fase durante la cual se empuja el pie 38 y este se levanta del suelo.

Como puede verse en la figura 24, en esta fase III, el tercer cuerpo 34 se desbloquea del primer cuerpo 2 al desbloquear el primer mecanismo de bloqueo 50.

Este desbloqueo se realiza liberando el extremo 49 del tercer cuerpo 34 de la ranura 51.

Por supuesto se debe entender que esta acción de desbloqueo tiene lugar preferentemente de manera natural cuando una persona camina con la prótesis 1 de conformidad con esta realización, por ejemplo debido a la deformación o desplazamiento de ciertas partes de la prótesis 1 por el peso de la persona.

El resultado del desbloqueo del tercer cuerpo 34 del primer cuerpo 2 es que se permite que el tercer cuerpo 34 rote alrededor de la articulación de tobillo 39 y como consecuencia de que el segundo elemento elástico 59 ya no está atascado entre un tercer cuerpo 34 bloqueado y un cuarto cuerpo 53 bloqueado.

Esto significa que de hecho, el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3, que se corresponden respectivamente al pie 38 y a la parte inferior de la pierna 40, están conectados el uno al otro mediante un sistema elástico formado por el primer elemento elástico 30 y el segundo elemento elástico 59 posicionados en serie entre sí.

Como consecuencia, en esta fase III, la relación de conversión por la que el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 efectúa el cambio angular entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3 sobre el elemento elástico 30 ahora está definida por la combinación de las características del elemento de resorte 52, que representa el primer elemento elástico 30, con las características de resorte del segundo elemento elástico 59.

Así que, el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 efectúa una segunda relación de conversión adaptada durante esta fase III que está definida por la permisividad de la rigidez del sistema elástico formado por el elemento de resorte 52 y el segundo elemento elástico 59 colocados en serie.

También resulta fácil de entender que el comportamiento durante la fase II es un comportamiento más rígido que durante la fase III, lo que significa que cierta cantidad de energía se almacena durante las fases II debido a un cambio angular entre el pie y la pierna que requiere, sin embargo un torque relativamente alto, mientras que la energía almacenada en las fases I y II se libera durante la fase III de modo que se aportan torques aún más elevados al pie y a la pierna, a la vez que se obtiene, sin embargo, un cambio angular relativamente mayor entre el pie y la parte inferior de la pierna.

Esto se corresponde con los requisitos de una curva 41 de la articulación de tobillo humano.

Por lo tanto está claro que al elegir una rigidez adecuada para ambos de dichos elementos elásticos 52 y 59 las características de la curva 43 pueden adaptarse y conformarse o al menos conformarse aproximadamente a la curva 41 de un ciclo natural de marcha.

Al final de la fase III los elementos elásticos 52 y 59 han liberado toda su energía para acelerar al caminante, de manera que los elemento elásticos 52 y 59 están en su condición descargada.

La denominada fase IV final de balanceo de la pierna 40, durante la que el pie 38 se rota alrededor del tobillo 39 a fin de llevar el pie 38 de vuelta a su posición original de golpe de talón, se ilustra en la figura 25.

En esta fase IV el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40 sufren una rotación que solo requiere un pequeño torque debido al hecho de que el pie 38 no está tocando el suelo.

Esta rotación la efectúa el pequeño elemento de resorte 60 entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3.

Al mismo tiempo, el cuarto cuerpo 53 está desbloqueado de nuevo del primer cuerpo 1 al desenganchar el gancho 58 del trinquete 57, mientras que el tercer cuerpo 34 se lleva de nuevo a la posición bloqueada con respecto al primer cuerpo 2, estando el extremo 49 del tercer cuerpo 34 introducido de nuevo en la ranura 51 del primer mecanismo de bloqueo 50.

Durante este movimiento el primer y el segundo elemento elásticos 52 y 59 se mantienen por supuesto descargados.

De esta manera se cierra el ciclo.

En la figura 26 se ilustra una posible versión más realista de la realización de la prótesis 1 de la figura 20.

A partir de esta ilustración queda claro que los elementos elásticos utilizados para realizar el mecanismo pasivo de conversión mecánica no son necesariamente elementos de resorte, sino que pueden estar formados por piezas materiales de la propia prótesis 1 que estén hechas de materiales más o menos flexibles.

Además la articulación de tobillo 39 o articulación articulada 4 en esta versión más práctica está realizada mediante una conexión fija entre el tercer cuerpo 34 y el segundo cuerpo 3.

No obstante, el tercer cuerpo 34 está hecho de un material bastante flexible, de manera que un cambio angular entre este tercer cuerpo 34 y la parte inferior de la pierna 40 representada por el segundo cuerpo 3 se realice fácilmente por deformación.

La figura 27 representa otra realización más de una prótesis 1.

Esta realización de una prótesis 1 es especialmente interesante para las personas que todavía disponen de ciertos tendones en su rodilla, que además también pueden utilizarse para manipular el movimiento de la prótesis 1.

La estructura general de la propia prótesis 1 es algo más simple que en el caso anterior.

Como antes, la prótesis 1 comprende un primer cuerpo 2 y un segundo cuerpo 3 conectados entre sí por una articulación articulada 4 para un movimiento rotacional del primer cuerpo 2 con respecto al segundo cuerpo 3.

En esta realización el primer cuerpo 2 está representado por la parte inferior de la pierna 40, dibujada en las figuras como una línea 40.

Por otro lado, el segundo cuerpo 3 es en este caso un cuerpo 3 que representa un pie 38, que está dibujado en la figura 27 de manera esquemática con las líneas 61 a 64.

La línea 61 representa de este modo la planta 9 del pie 38, la línea 62 el empeine del pie 38 y la línea 64 el talón del pie 38.

La línea 63 está dibujada perpendicular subiendo desde la línea de planta 61 hasta la articulación articulada 4, de manera que las líneas 61, 62 y 63 forman una triángulo rectángulo, que representa más o menos la parte del pie 38 desde el extremo de dedo 11 hasta la articulación de tobillo 39.

La línea de talón 64 está dibujada perpendicular a la línea de planta 61 y de nuevo es una representación esquemática de un cuerpo real.

La prótesis 1 de acuerdo con la realización representada en la figura 27 también está provista de un mecanismo pasivo de conversión mecánica 22.

No obstante, este mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 es algo diferente de los mecanismos pasivos de conversión mecánica 22 descritos antes y puede incluso considerarse como una forma simplificada o un ejemplo de una forma descrita de manera más general de tales mecanismos pasivos de conversión mecánica 22.

De este modo, el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 representado en la figura 27, comprende, como en los ejemplos anteriores, un elemento elástico 65, que está montado entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3

para absorber y liberar energía durante el ciclo de marcha, y que está representado en la figura 27 mediante un elemento de resorte 65.

El mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 también comprende un pequeño elemento de resorte 60, como en el caso anterior, que sólo está destinado a devolver la parte del pie de la prótesis 1 durante la fase IV del ciclo de marcha a su posición original relativa a la parte inferior de la parte de pierna 40, estando el pie en el aire y estando el elemento elástico 65 esencialmente descargado en ese momento.

El mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 también comprende un cable 66 que está conectado por un lateral 67 a la parte de talón 64 del primer cuerpo 2.

Por su otro lado 68, este cable 66 también está conectado a la articulación 69 de rodilla de la persona.

En particular, la conexión del cable 66 está preferentemente conectada a una cierta distancia F desfasada de la articulación 69 de rodilla y se guía a través de diferentes partes de la parte inferior de la pierna 40, de manera que una rotación de la parte superior de la pierna 70 con respecto a la parte inferior de la pierna 40 tenga como resultado una distancia más corta o más larga entre el primer extremo 67 del cable 66 y el segundo extremo 68 del cable 66.

Como consecuencia, un movimiento en la articulación 69 de rodilla, que corresponde a la rotación relativa de la parte superior de la pierna 70 y la parte inferior de la pierna 40, puede relacionarse con una acción sobre el pie 38, que está formado por una prótesis 1, tensando o liberando el cable 66.

En otra realización, el cable 66 podría estar conectado a una parte compresiva (elástica) de la parte inferior de la pierna 40, de manera que una distancia más corta o más larga entre el primer extremo 67 del cable 67 y el segundo extremo 68, conectado a la parte compresiva, del cable 66 esté relacionada con la cantidad de compresión.

En consecuencia el movimiento de la parte compresiva está relacionada con el tensado y liberación del cable 66.

Como se explicará de aquí en adelante, el comportamiento de una prótesis 1 es bastante similar.

La forma triangular formada por las líneas 61 a 63 puede considerarse como la sección transversal de un cuerpo de material sólido que tiene una forma más o menos piramidal.

Por otro lado no se excluye de la invención, el realizar una prótesis 1 que sea sustancialmente hueca para acomodar las partes del mecanismo pasivo de conversión mecánica 22.

Por otro lado, en la representación de la figura 27 la parte de talón 64 a la que está conectado el cable 66 es sólo una línea 64, pero por supuesto esto es solo una representación esquemática para definir la parte del pie 38 a la que está conectado el cable 66.

A continuación a través de las figuras 28 a 32, se describe el principio de trabajo que subyace tras la realización de una prótesis 1 tal y como está representada en la figura 27.

La fase I del ciclo de marcha se ilustra en las figuras 28 y 29, respectivamente en la posición de inicio de la fase I del ciclo de marcha, en la que el talón 64 está tocando el suelo, y en la posición final de la fase I del ciclo de marcha en la que la planta 61 del pie 38 está totalmente situada sobre el suelo.

En la figura 28, el pie 38 acaba de tocar el suelo y el elemento de resorte 65 no está cargado en ese momento.

Además el cable 66 está, en esta situación inicial de la fase I, sin cargar en absoluto, y más bien sin tensar.

En la situación de la figura 29, en la que la planta 9 de la prótesis 1 está girada y está plana sobre el suelo, el cable 66 todavía no está estirado, mientras que el elemento de resorte 65 está ligeramente cargado.

La figura 30 representa la situación al final de la fase II del ciclo de marcha.

En esta situación el elemento de resorte 65 está cargado en compresión, correspondiente a un ángulo mínimo relativo entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3.

Al mismo tiempo el cable 66 solo está estirado debido a una rotación relativa de la parte superior de la pierna 70 con respecto a la parte inferior de la pierna 40.

En la figura 31 la situación representada es la de la fase III del ciclo de marcha.

Al final de la fase III, el elemento de resorte 65 está descargado, indicado en la figura 31 por el hecho de que el elemento de resorte 65 ya no está tocando la parte inferior de la pierna 40.

Durante la misma fase III, se tira aún más del cable 66 debido a la rotación de la parte superior de la pierna 70 con respecto a la parte inferior de la pierna 40, de manera que la tensión en el cable 66 contribuye a una rotación adicional de la parte inferior de la pierna 40 con respecto al pie 38.

El cable 66 suministra durante esta fase III del ciclo de marcha un torque adicional a la articulación de tobillo 39, lo que significa que el mecanismo pasivo de conversión mecánica 22 está de hecho dispuesto como en las realizaciones anteriores de tal forma que la rigidez de la articulación 4 de tobillo es mayor durante la fase II que durante la fase III del ciclo de marcha, de manera que de nuevo, la curva característica 43 de la prótesis se parece a la curva 41 de la articulación de tobillo 4 humano.

Finalmente,- en la figura 32 está representada el final de la fase IV.

En esta situación la parte superior de la pierna 70 se ha vuelto a rotar con respecto a la parte inferior de la pierna 40, lo que tiene como resultado que el cable 66 se afloje. La prótesis 1 descrita en la figura 27 es diferente de la de los casos anteriores en los que dicha prótesis 1 proporciona un mecanismo que no necesita un tercer cuerpo como se ha descrito antes, al menos no un tercer cuerpo que esté integrado en la propia prótesis 1.

Por otro lado, en esta realización la parte superior de la pierna 70 podría considerarse como un tercer cuerpo, de modo que los medios de adaptación de la relación están formados por la combinación de la articulación 4 de tobillo y la articulación 69 de rodilla y dependen de la posición relativa rotacional de la parte inferior de la pierna 40 y de la parte superior de la pierna 70 alrededor de la articulación 69 de rodilla, así como de la posición relativa rotacional entre el pie 38 y la parte inferior de la pierna 40 estableciéndose una relación de conversión del mecanismo pasivo de conversión mecánica 22.

De este modo, el elemento elástico está representado por el cable 66 entre el talón 64 del segundo cuerpo 3 (representando el pie 38) y la parte superior de la pierna 70 (representando el tercer cuerpo).

La carga sobre este cable 66, en particular, ya esté el cable en tensión o esté flojo, queda de ese modo claramente establecido por los medios de adaptación de la relación, es decir, por dicha posición relativa del pie 38, de la parte inferior de la pierna 40 y de la parte superior de la pierna 70.

La figura 33 representa una prótesis 1, que en realidad es una combinación de las realizaciones representadas en la figura 20 y en la figura 27.

Al igual que en la figura 20, la prótesis 1 comprende de nuevo un primer cuerpo 2 que representa una parte de un pie 38, un segundo cuerpo 3, que representa una parte inferior de la pierna 40, una articulación 4 de tobillo entre dichos primer cuerpo 2 y segundo cuerpo 3 provista con elementos elásticos 65 y 60, un tercer cuerpo 34 y un cuarto cuerpo 53 que son totalmente similares al tercer cuerpo 34 y al cuarto cuerpo 53 de la figura 20 y que son pueden bloquearse por medio del primer y segundo mecanismos de bloqueo 50 y 56 y en los que se ha provisto un segundo elemento elástico 59.

La única diferencia con la situación de la figura 20 es que el primer cuerpo 2 está realizado como el pie 38 que está representado en la figura 27, en el que además se ha provisto una parte de talón 64 que se extiende perpendicular sobre la suela 61 del pie 38.

De este modo, al igual que en la figura 27, un cable 66 está conectado entre dicha parte de talón 64 y un tendón 68 sobre la parte superior de la pierna 70.

El principio de trabajo de semejante prótesis 1 es similar a lo que se ha descrito antes y no necesita ningún comentario adicional.

La mayor ventaja de esta realización es que se puede mantener las fuerzas sobre los elementos elásticos 59, 65 así como en el cable 66 inferiores a las de los ejemplos anteriores.

En la figura 34 se ilustra otra realización de una prótesis 1, que es una versión que difiere ligeramente de la realización descrita con respecto a la figura 20.

En esta realización el cuarto cuerpo 53 se ha omitido.

La razón es que en la realización de la figura 20, el elemento elástico 59 está comprimido debido a la aceptación de peso del caminante en la fase I del ciclo de marcha.

De este modo, se rota la placa del pie formada por el cuarto cuerpo 53 hacia el primer cuerpo 2.

Es posible que el caminante note la compresión del elemento elástico 59 y podría resultar desagradable.

Por lo tanto en esta realización se propone proporcionar medios activos en forma de motor eléctrico para comprimir el elemento elástico 59.

El caso representado en la figura 34 sigue siendo algo diferente porque el elemento elástico 59 está dispuesto entre el tercer cuerpo 34 y el primer cuerpo 2 en el lado derecho de la articulación articulada y como consecuencia, es necesario tensar dicho elemento elástico 59 en vez de comprimirlo para obtener el mismo funcionamiento de la prótesis 1.

De este modo, el elemento elástico 59 está provisto por un extremo de un cable 71 que puede enrollarse o desenrollarse sobre un carrete mediante un motor eléctrico 72, de manera que el tensado del elemento elástico 59 se realiza mediante medios activos.

El tensado puede realizarse durante todo el periodo en el que el tercer cuerpo 34 está bloqueado en el primer cuerpo 2, que es durante aproximadamente el 80 % de una zancada.

Por otro lado, el motor eléctrico 72 desenrollará el cable 71 a su posición original en el 20 % restante de una zancada, no aplicándose ninguna carga sobre el elemento elástico 59 durante ese periodo.

Como consecuencia, el motor eléctrico 72 puede funcionar con una potencia considerablemente menor.

REIVINDICACIONES

1. Una prótesis u órtesis de tobillo (1) para un tobillo humano (39) que comprende un primer cuerpo (2), un segundo cuerpo (3) y una articulación articulada (4) entre dichos cuerpos (2, 3), permitiendo la articulación articulada la rotación de dichos cuerpos (2, 3) entre sí, estando montado un elemento elástico (30) entre los cuerpos (2, 3), caracterizada por que la prótesis u órtesis (1) comprende un mecanismo pasivo de conversión mecánica (22) que comprende un tercer cuerpo (34) dispuesto de manera móvil con respecto al primer cuerpo (2), estando dispuesto el elemento elástico (30) más particularmente entre el tercer cuerpo (34) y el segundo cuerpo (3), estando dispuesto el mecanismo de conversión mecánica (22) para convertir un cambio angular entre el primer cuerpo (2) y el segundo cuerpo (3) en un cambio de carga sobre el elemento elástico (30), comprendiendo la prótesis u órtesis (1) además medios de adaptación de relación (35, 36) que interactúan con el mecanismo de conversión mecánica (22) dispuesto para modificar la relación de conversión mediante la cual se efectúa el cambio de carga en el elemento elástico (30).

2. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que el primer cuerpo (2) y el segundo cuerpo (3) están acoplados entre sí en un extremo por medio de la articulación articulada (4), extendiéndose la parte restante de los cuerpos (2, 3) sustancialmente en un solo sentido desde la articulación articulada (4).

3. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación (35, 36) son tales que durante una rotación relativa del primer cuerpo (2) y del segundo cuerpo (3) en un primer sentido, la relación de conversión mencionada anteriormente es distinta a la relación efectuada durante una rotación relativa del primer cuerpo (2) y del segundo cuerpo (3) en sentido opuesto.

4. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 2 y 3, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación son tales que la relación de conversión está modificada para ser más alta durante una rotación relativa del primer cuerpo (2) y el segundo cuerpo (3) en un primer sentido correspondiente a la fase de flexión dorsal (II) de un ciclo de marcha, en la que el ángulo más pequeño entre dichas partes del cuerpo que se extienden disminuye, comparada con la relación de conversión durante una rotación relativa del primer cuerpo (2) y del segundo cuerpo (3) en el sentido opuesto correspondiente a la fase de flexión plantar (III) de un ciclo de marcha, en la que el ángulo más pequeño entre dichas partes extendidas del cuerpo aumenta.

5. Prótesis u órtesis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el mecanismo de conversión mecánica (22) mencionado anteriormente comprende ruedas dentadas.

6. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizada por que el mecanismo de conversión mecánica (22) mencionado anteriormente comprende un sistema de engranajes planetarios con una rueda anular (23), una rueda solar (24) y una o más ruedas planetarias (25) montadas en árboles planetarios (26) que pueden rotar alrededor de su eje de engranaje planetario (CC'), cuyos ejes están situados en posiciones fijas sobre un portador de planetas (27), engranándose las ruedas planetarias (25) con la rueda anular (23) así como con la rueda solar (24).

7. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por que el primer cuerpo (2), el segundo cuerpo (3) o el tercer cuerpo (34) está permanentemente conectado fijamente a una de las ruedas dentadas del sistema planetario o forma parte integral de tal rueda dentada.

8. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada por que el portador de planetas (27) está permanentemente conectado fijamente al primer cuerpo (2).

9. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, caracterizada por que la rueda solar (24) del sistema de engranajes planetarios está montada rotatoriamente sobre un árbol (19), árbol (19) que está montado rotatoriamente sobre el segundo cuerpo (3) y árbol (19) que está conectado fijamente con el primer cuerpo (2).

10. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizada por que la rueda solar (24) es el tercer cuerpo o al menos parte del mismo.

11. Prótesis u órtesis de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el elemento elástico (30) comprende un resorte helicoidal.

12. Prótesis u órtesis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación consisten en un mecanismo de bloqueo o de frenado para bloquear y desbloquear a uno del primer cuerpo (2), del segundo cuerpo (3) y del tercer cuerpo (24) de otro de dichos cuerpos.

13. Prótesis u órtesis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación consisten en un mecanismo de bloqueo o de frenado para bloquear y desbloquear engranajes del mecanismo de conversión (22) el uno del otro o de los cuerpos.

14. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, caracterizada por que dicho mecanismo de bloqueo o de frenado comprende al menos una o más garras (35, 36) o frenos.

15. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizada por que el mecanismo de bloqueo o de frenado comprende una primera garra (35) o primer freno para bloquear y desbloquear la rueda anular (23) con respecto al segundo cuerpo (3).

16. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizada por que dicho mecanismo de bloqueo o de frenado contiene una segunda garra (36) adicional o segundo freno para bloquear y desbloquear la rueda solar (24) y el primer cuerpo (2) la una del otro.

17. Prótesis u órtesis de acuerdo con las reivindicaciones 4, 15 y 16, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación son tales que durante una rotación relativa de los cuerpos en dicho primer sentido, la primera garra (35) o primer freno está bloqueando la rueda anular (23) y el segundo cuerpo (3) y la segunda garra (36) o segundo freno está desbloqueando la rueda solar (24) y el primer cuerpo (2).

18. Prótesis u órtesis de acuerdo con las reivindicaciones 4, 15 y 16, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación son tales que durante una rotación relativa de los cuerpos en dicho sentido opuesto, la primera garra (35) o primer freno está desbloqueando la rueda anular (23) y el segundo cuerpo (3).

19. Prótesis u órtesis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación se accionan mediante un motor (37).

20. Prótesis u órtesis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizada por que los medios de adaptación de la relación se activan mecánicamente.

21. Prótesis u órtesis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que está provista además de medios activos de pre-tensado dispuestos para cambiar la carga sobre el elemento elástico con independencia del mecanismo pasivo de conversión mecánica (22).

22. Prótesis u órtesis de acuerdo con la reivindicación 21, caracterizada por que dichos medios activos de pre-tensado se controlan mediante medios de control, que adaptan el pretensado sobre el elemento elástico en función de la forma de caminar.

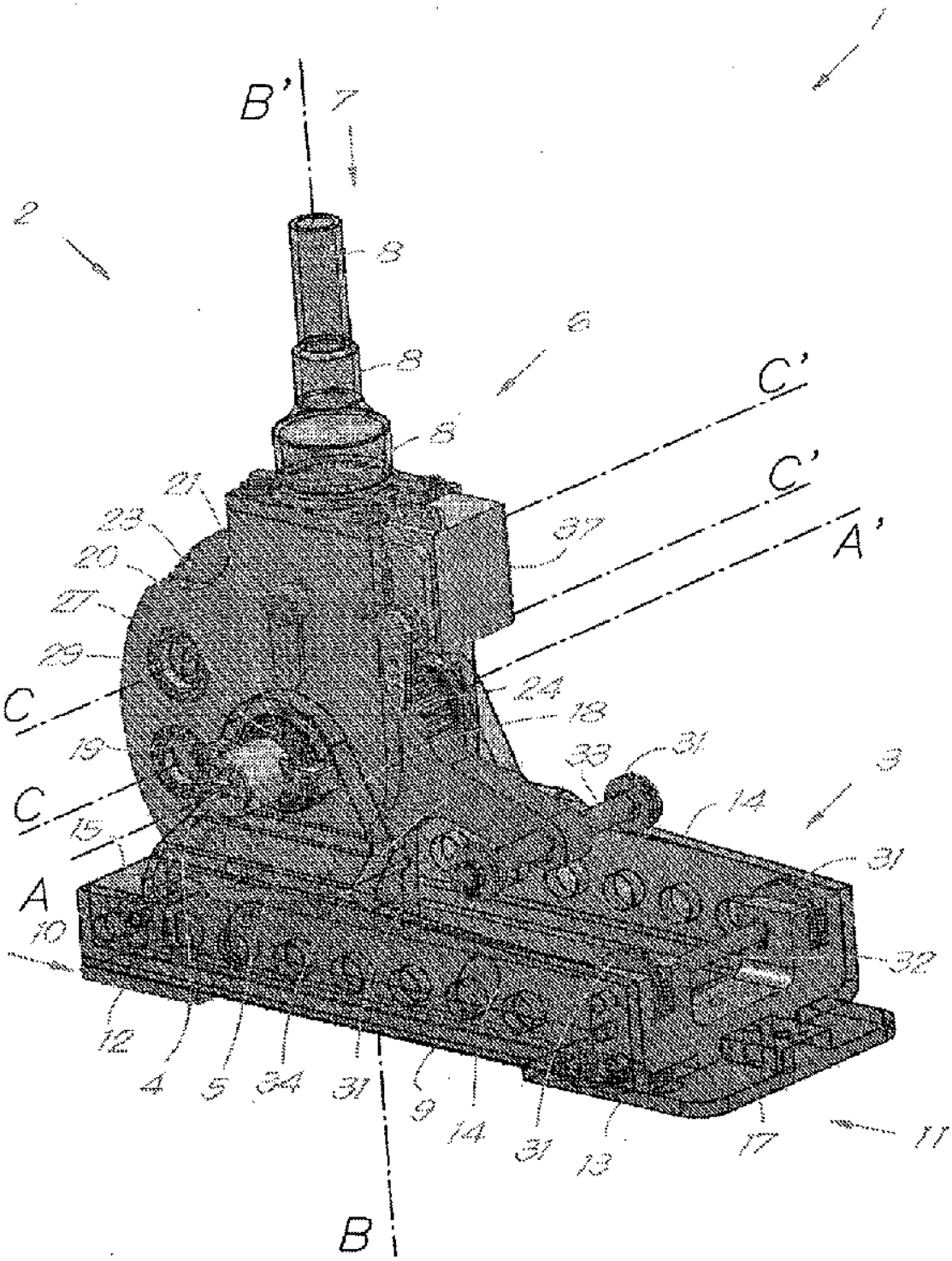
B'
7
2
8
8
6
8
C'
C'
A'
21
23
20
27
29
37
24
18
C
19
33
31
3
C
14
15
31
A
10
32
12
4
5
34
31
9
14
31
13
17
11
B

Fig. 1

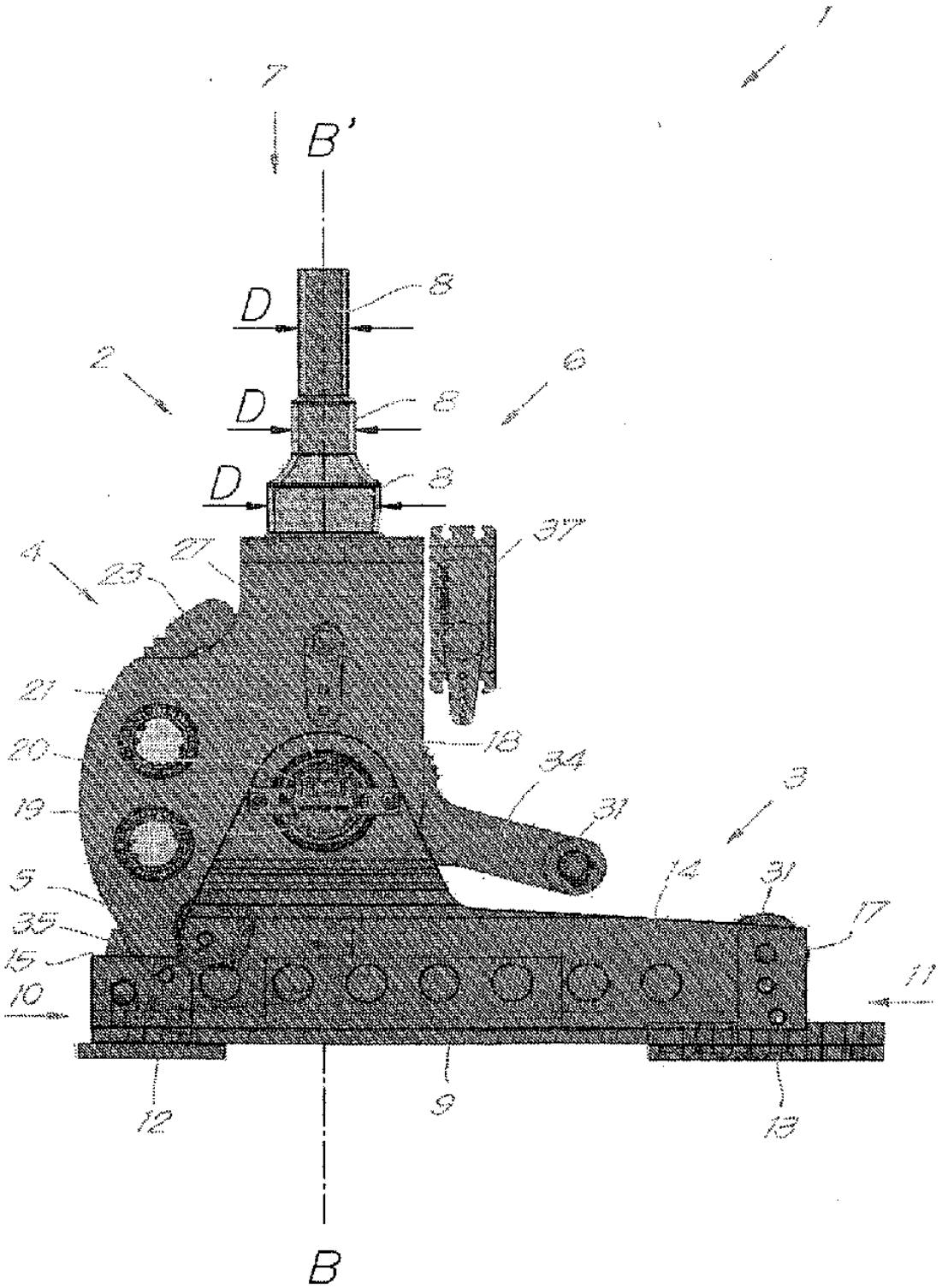
1
7
B'
D
8
D
8
D
8
2
6
4
23
27
37
21
20
18
34
19
31
3
5
14
17
35
15
11
10
12
9
13
B

Fig. 2

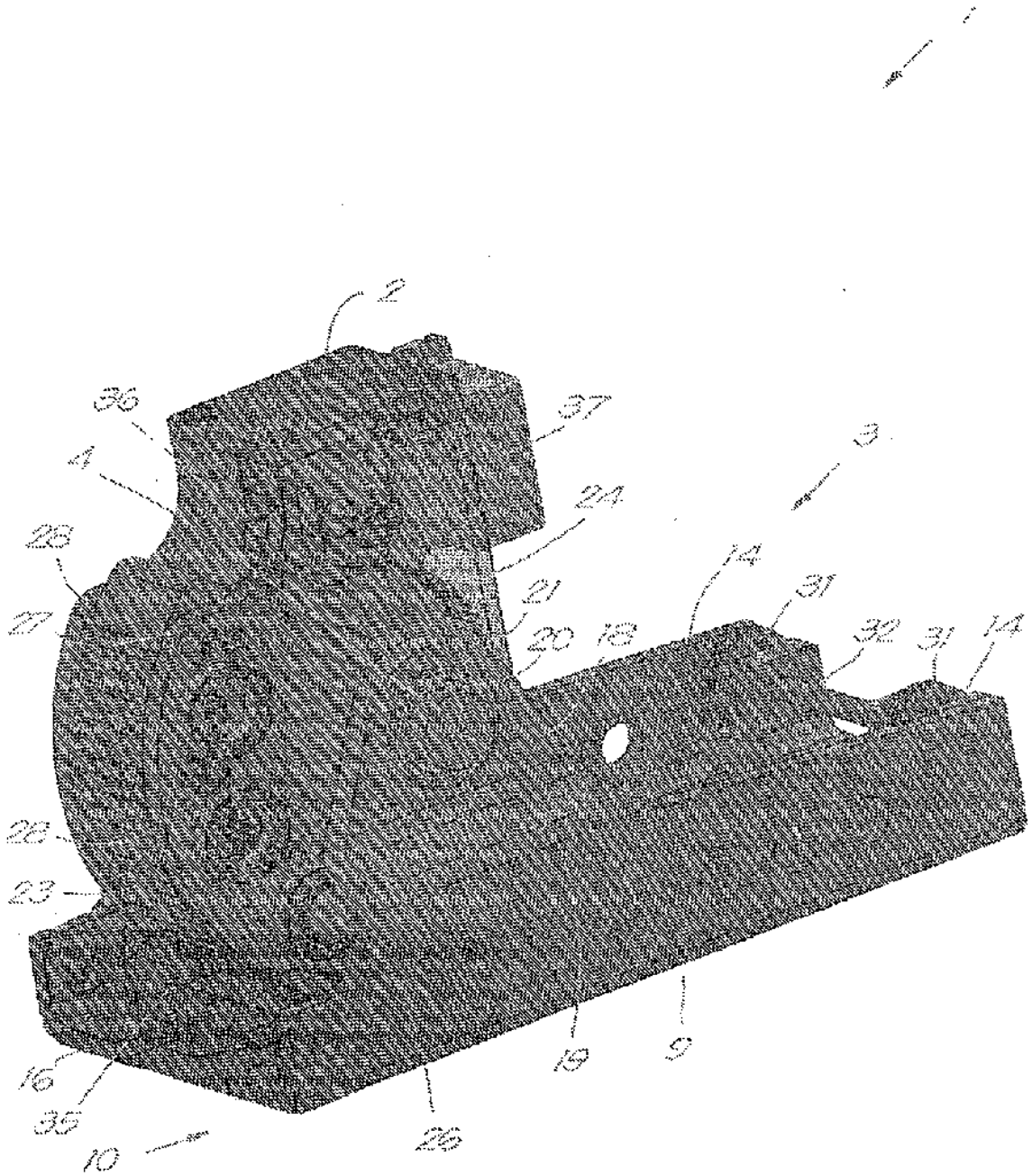

Fig. 3

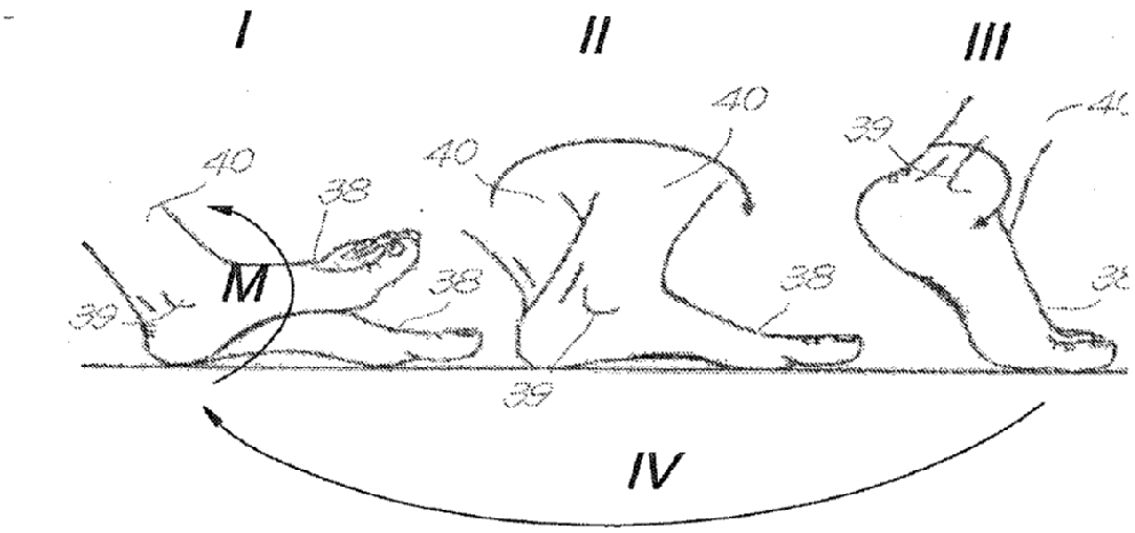

Fig. 4

Momento de fuerza frente a ángulo de tobillo

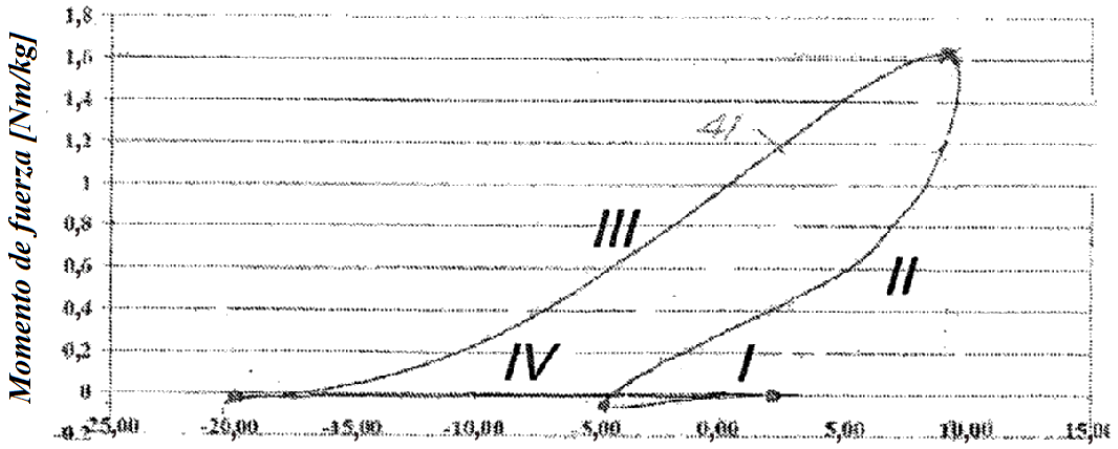

Fig. 5

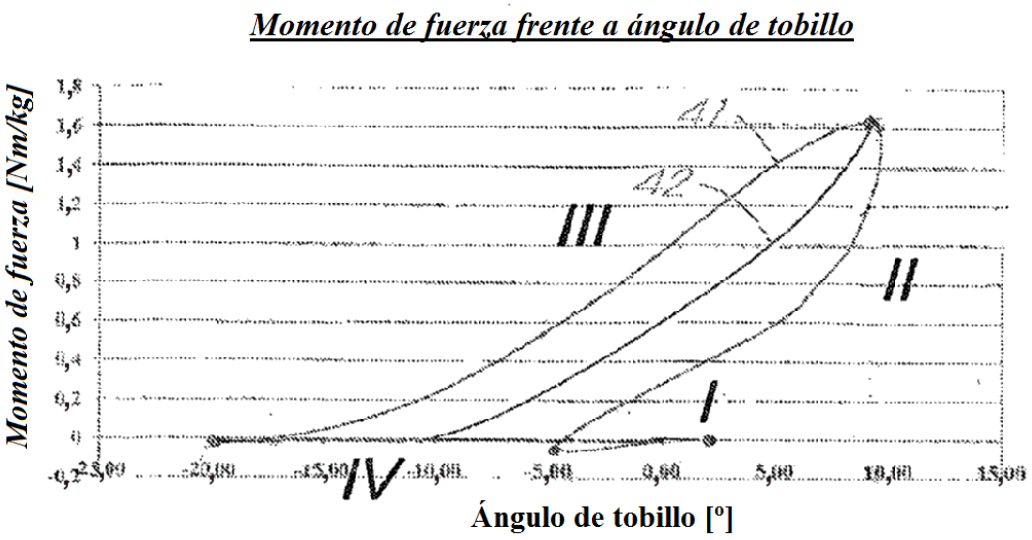
Momento de fuerza frente a ángulo de tobillo
Momento de fuerza [Nm/kg]
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
-0,2
-25,00
-20,00
-15,00
-10,00
-5,00
0,00
5,00
10,00
15,00
41
42
III
II
I
IV
Ángulo de tobillo [º]

Fig.6

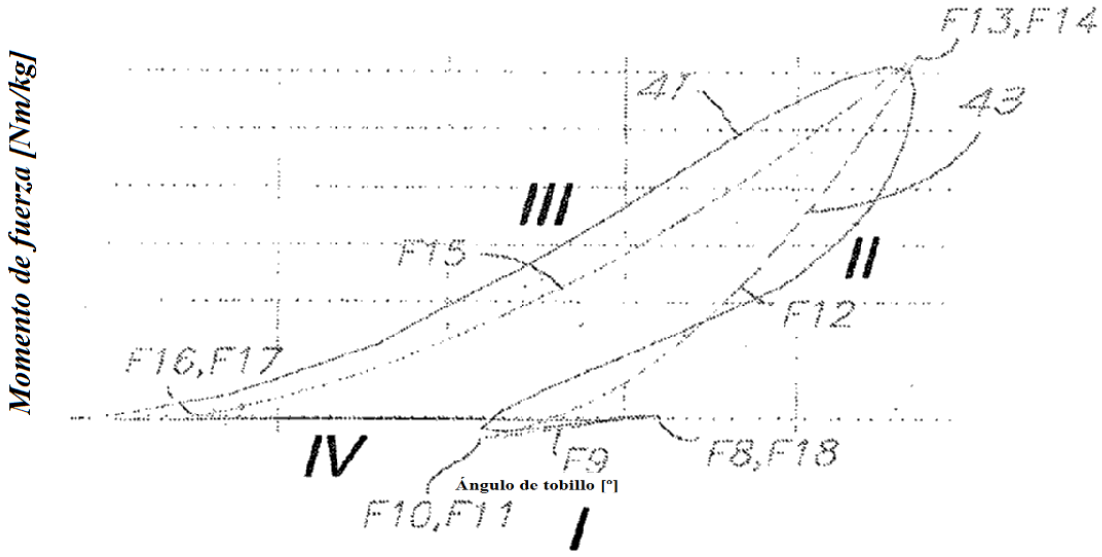
Momento de fuerza [Nm/kg]
F13,F14
41
43
III
F15
II
F12
F16,F17
IV
F9
F8,F18
Ángulo de tobillo [°]
F10,F11
I

Fig.7

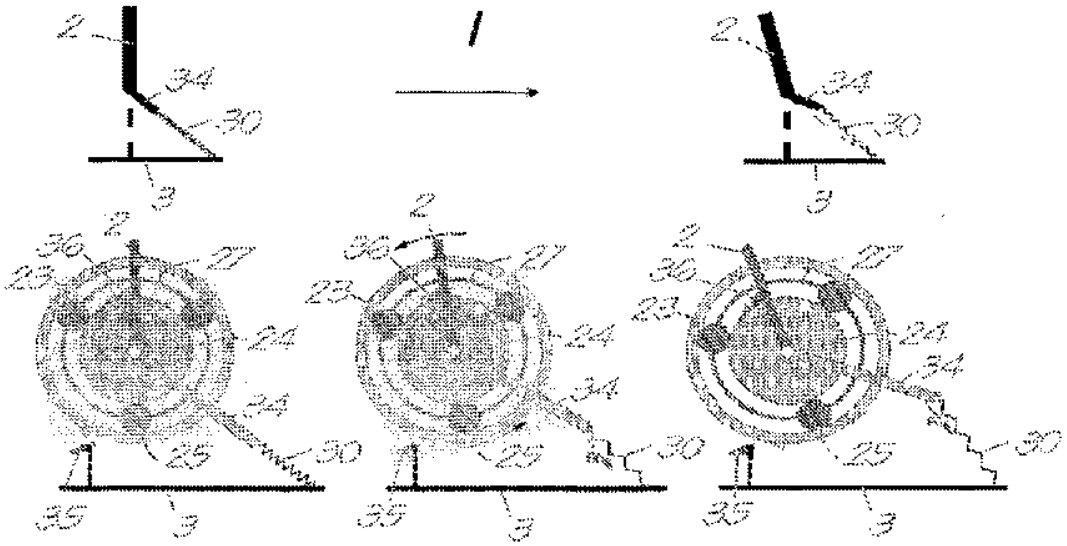

Fig. 8 Fig. 9 Fig. 10

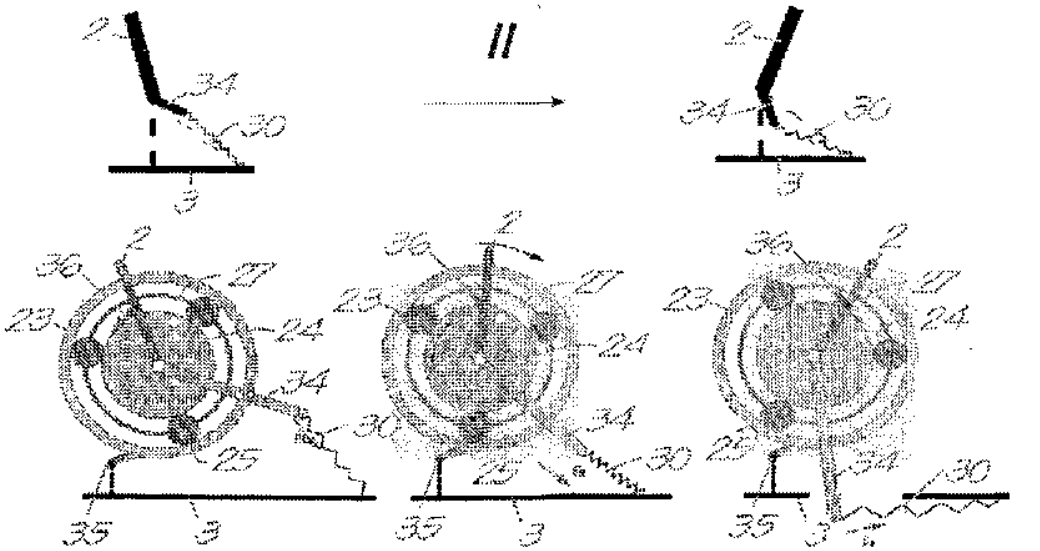

Fig. 11 Fig. 12 Fig. 13

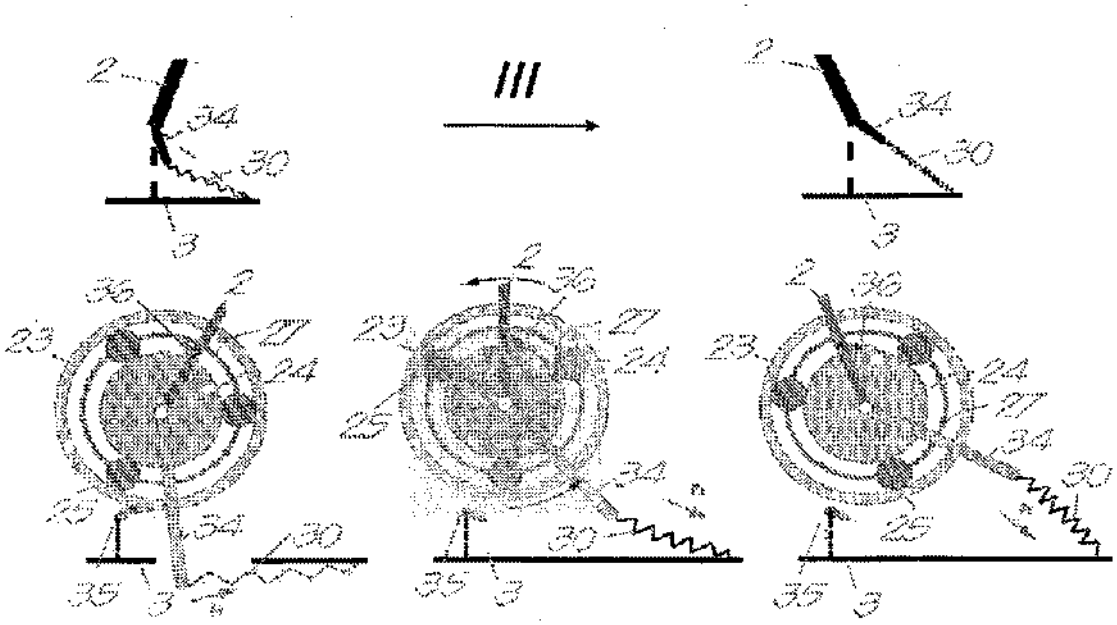

Fig. 14 Fig. 15 Fig. 16

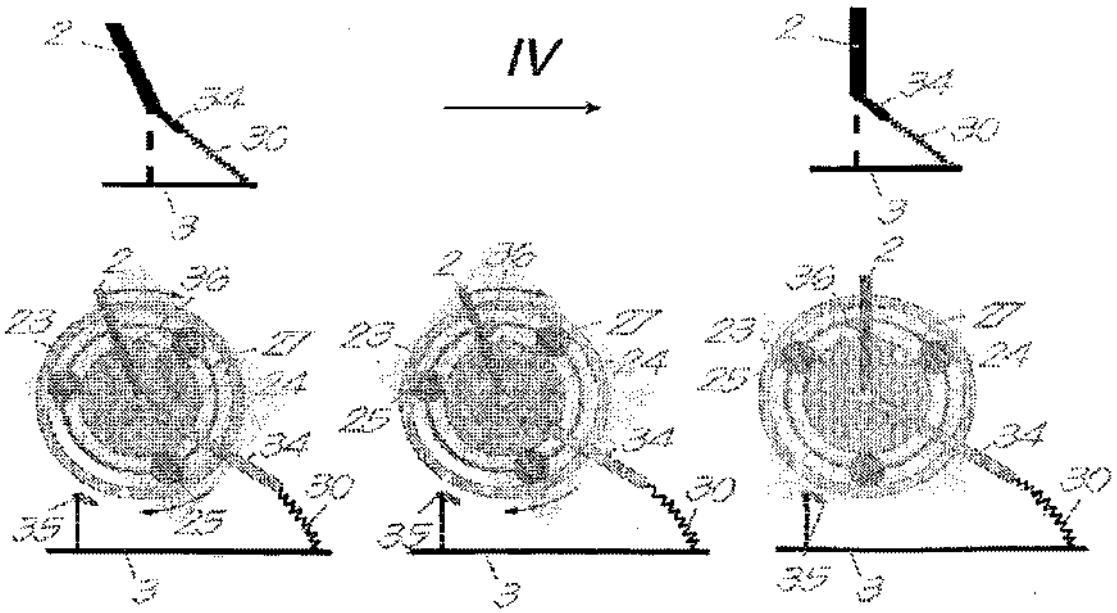

Fig. 17 Fig. 18 Fig. 19

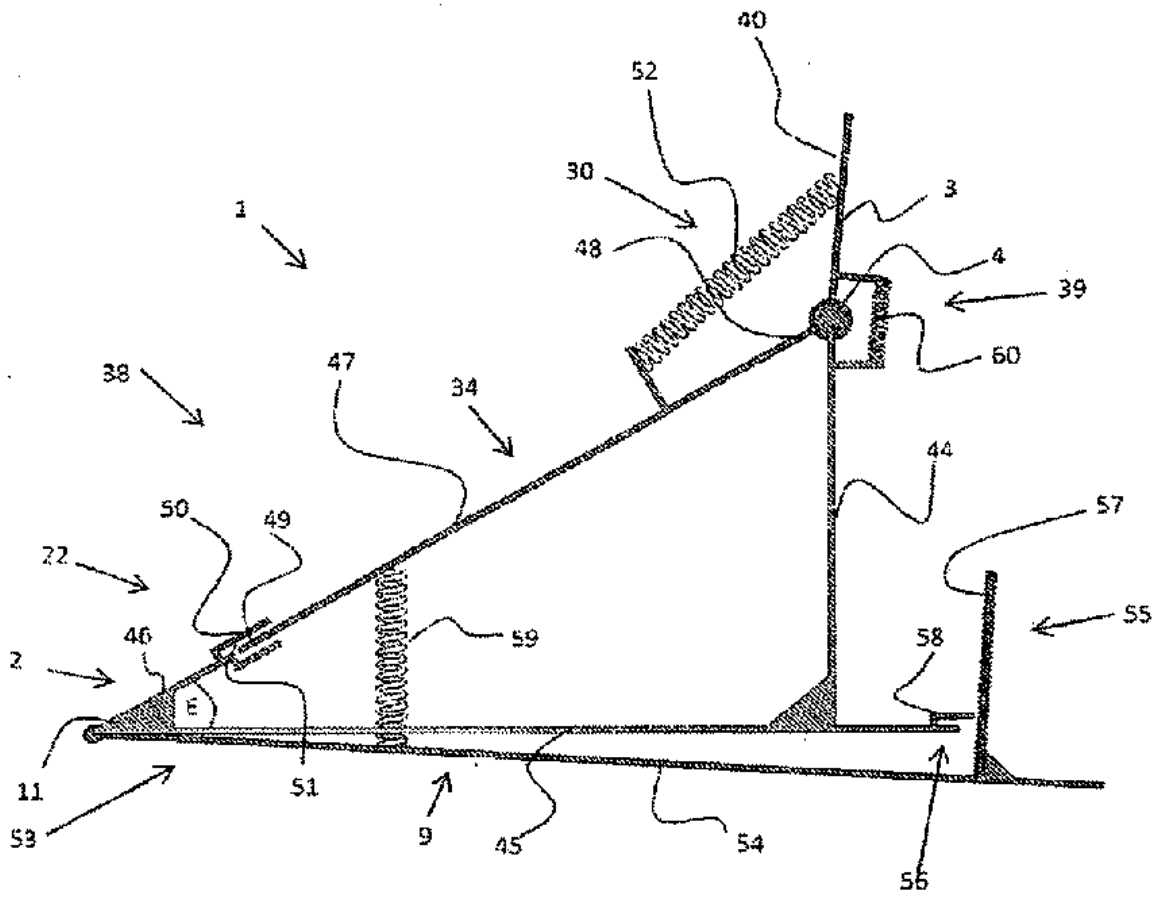
40
52
30
3
1
48
4
39
60
38
47
34
44
50
49
57
22
55
46
59
58
2
E
11
51
53
9
45
54
56

Fig 20

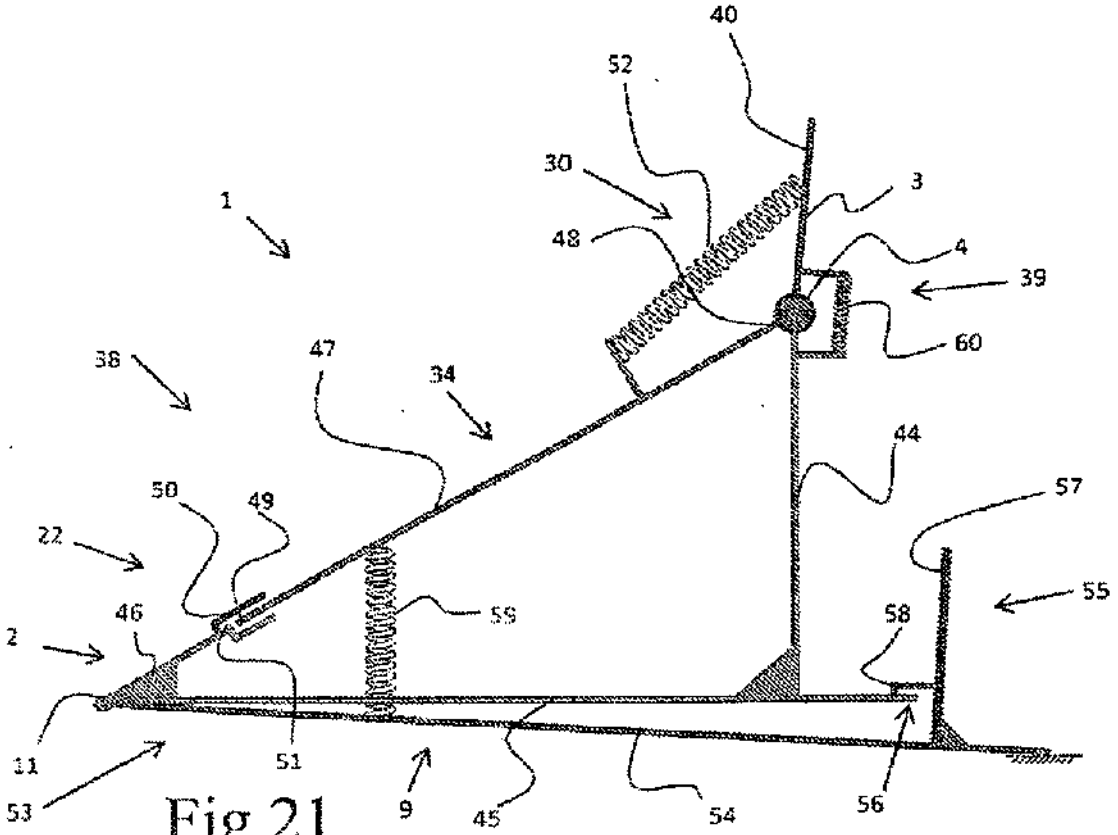
40
52
30
3
1
48
4
39
60
38
47
34
44
50
49
57
22
55
59
46
58
2
11
51
53
9
45
54
56

Fig 21

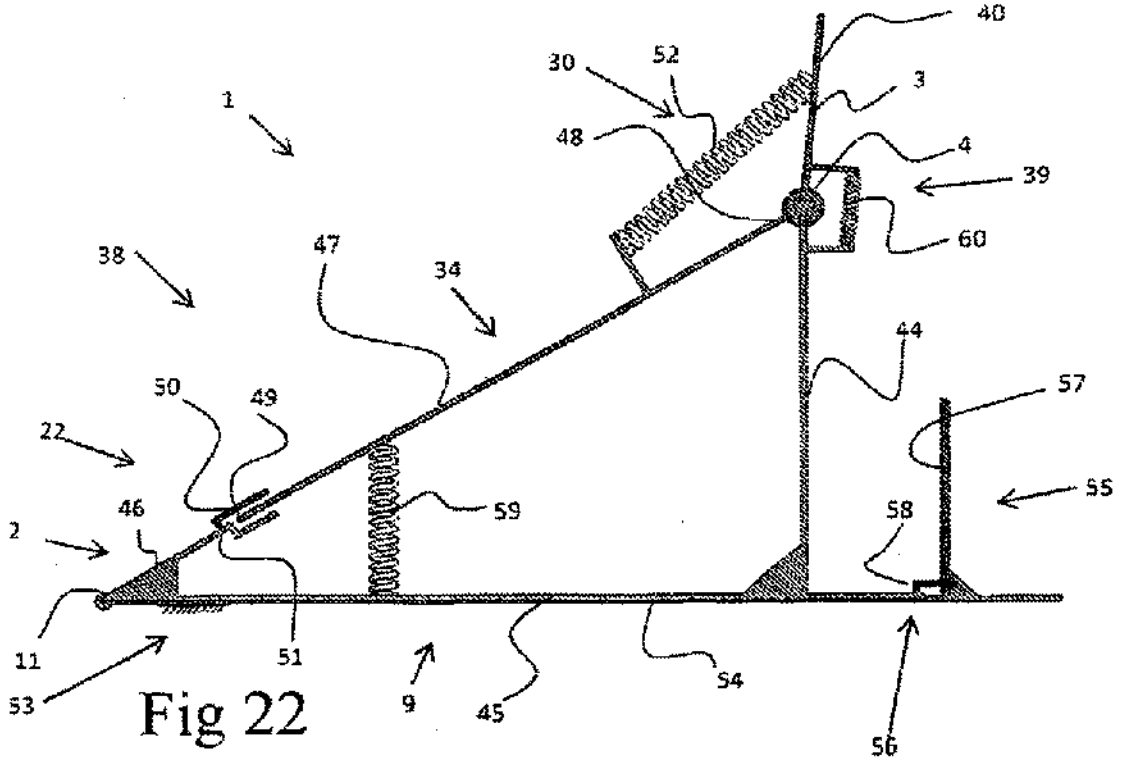
40
30
52
3
1
48
4
39
60
38
47
34
44
50
49
57
22
55
59
46
58
2
11
51
53
9
45
54
56

Fig 22

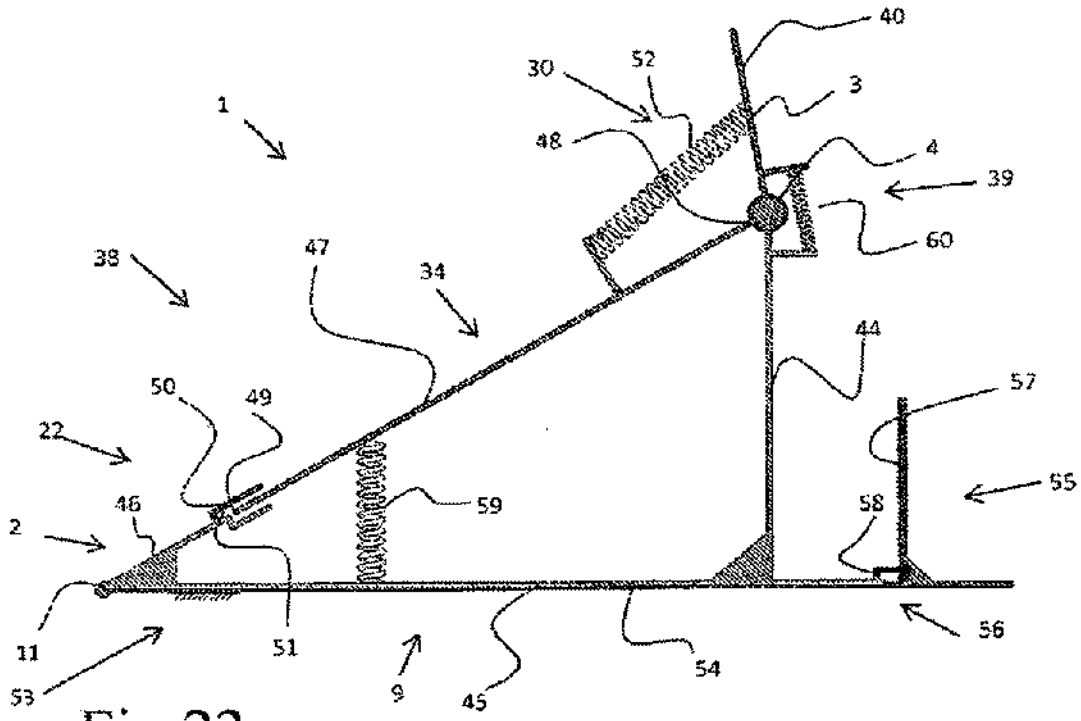
40
30
52
3
1
48
4
39
60
38
47
34
44
57
50
49
22
59
55
46
58
2
11
51
9
45
54
56
53

Fig 23

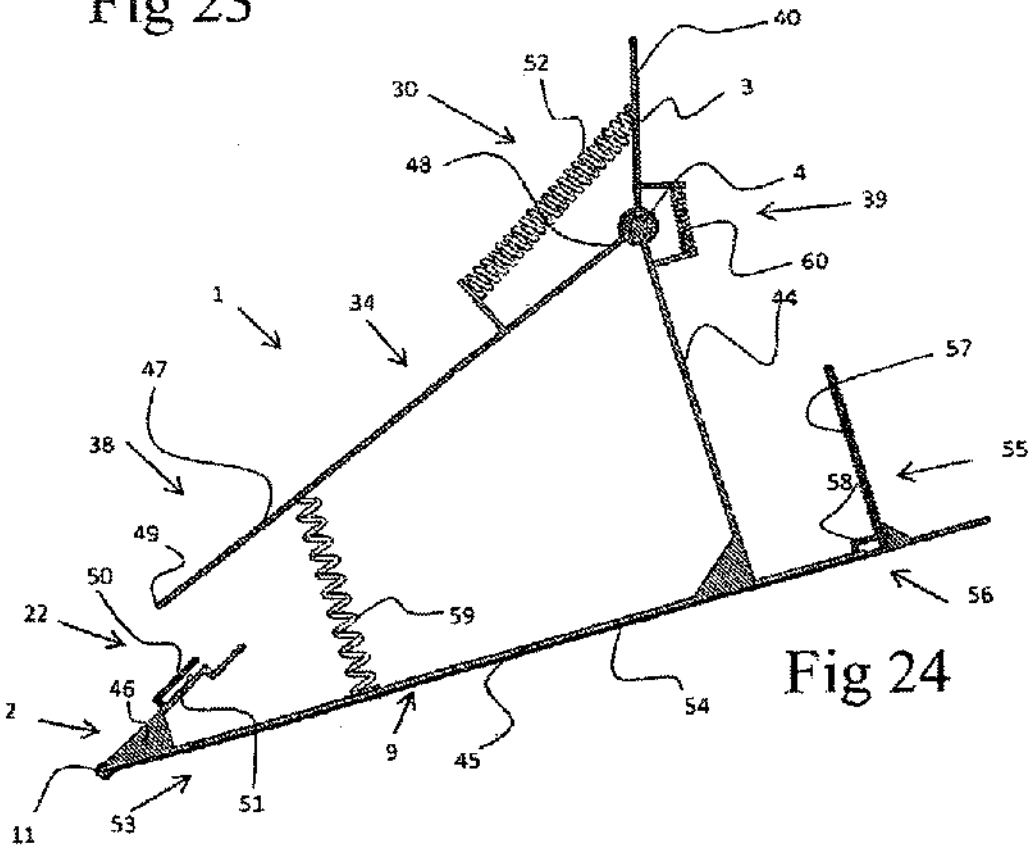
40
52
30
3
48
4
39
60
1
34
44
57
47
38
55
58
49
50
56
22
59
46
54
2
9
45
51
11
53

Fig 24

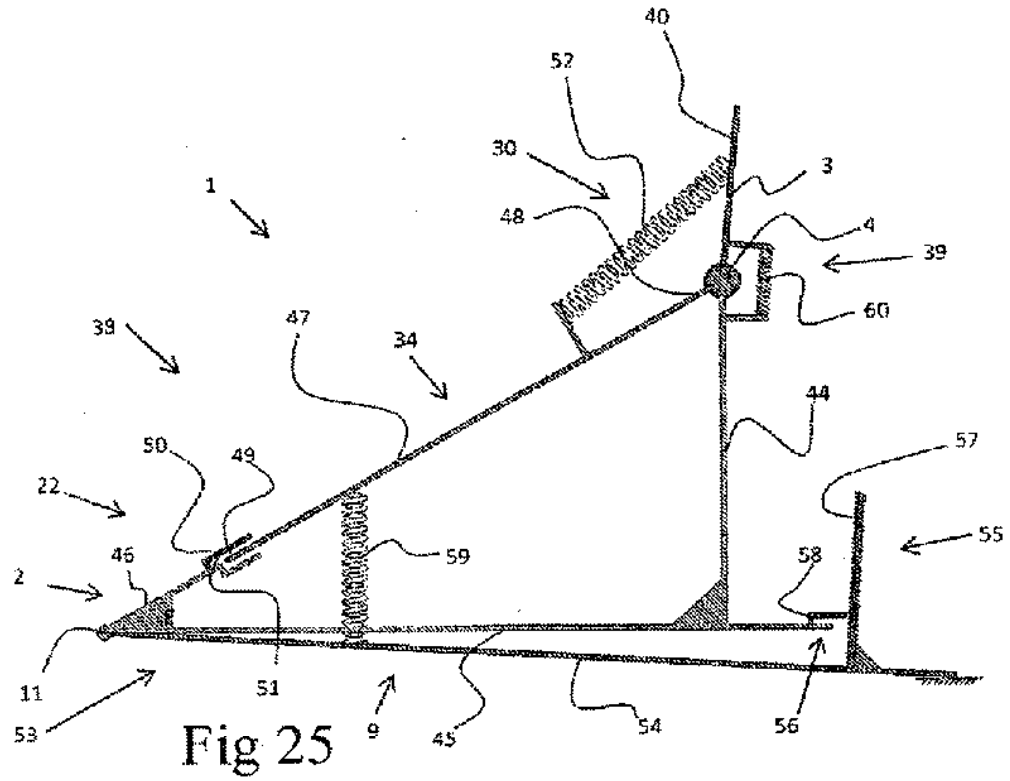
40
52
30
3
1
48
4
39
60
39
47
34
44
50
49
57
22
55
46
59
58
2
11
51
9
45
54
56
53

Fig 25

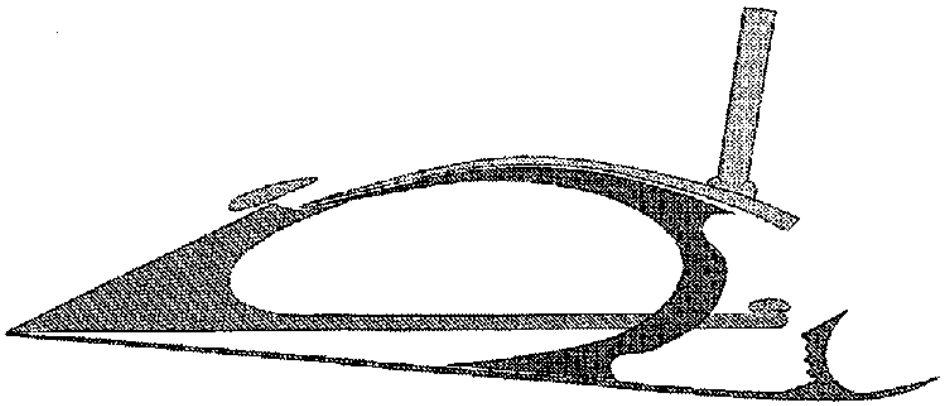

Fig 26

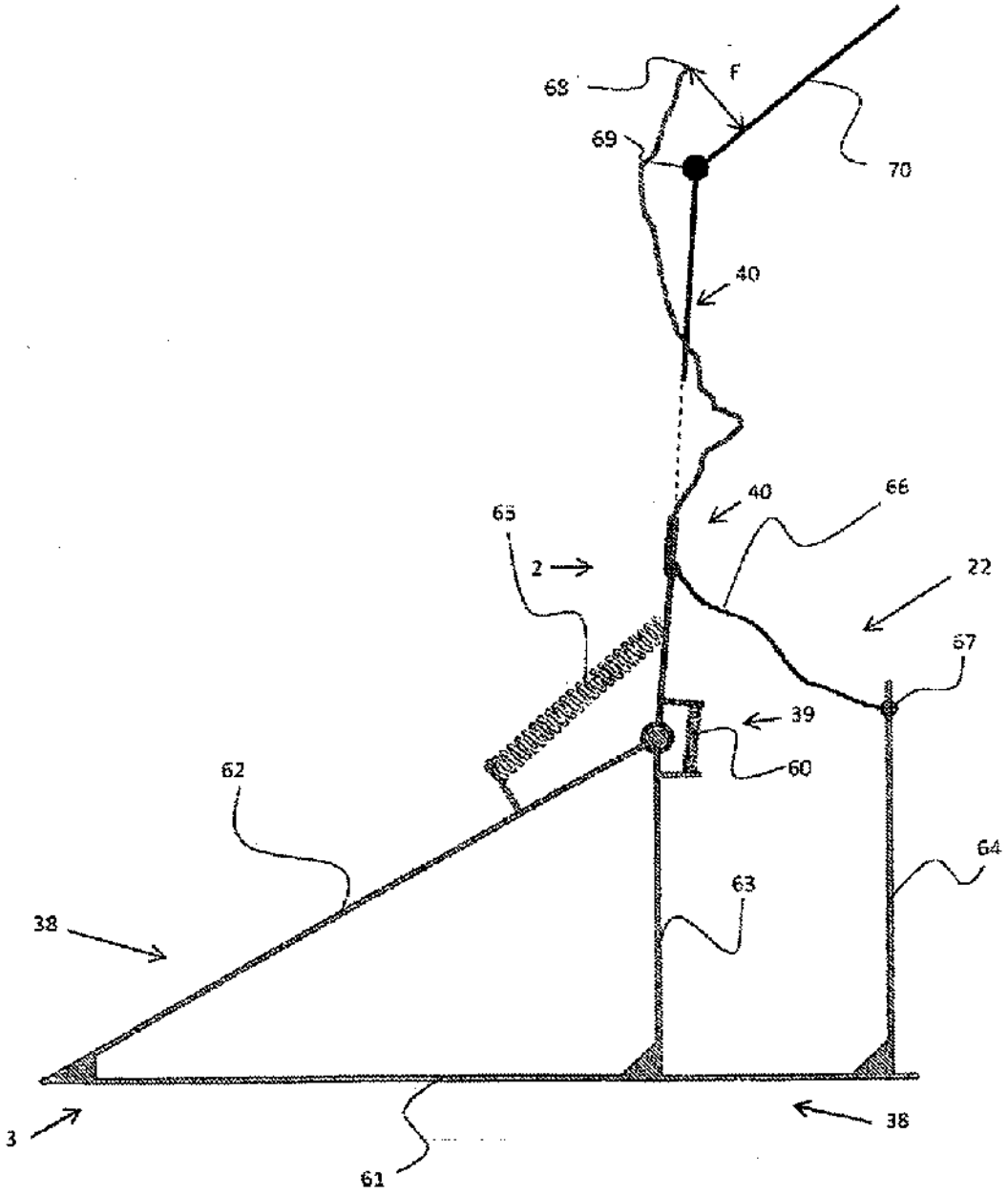

Fig 27

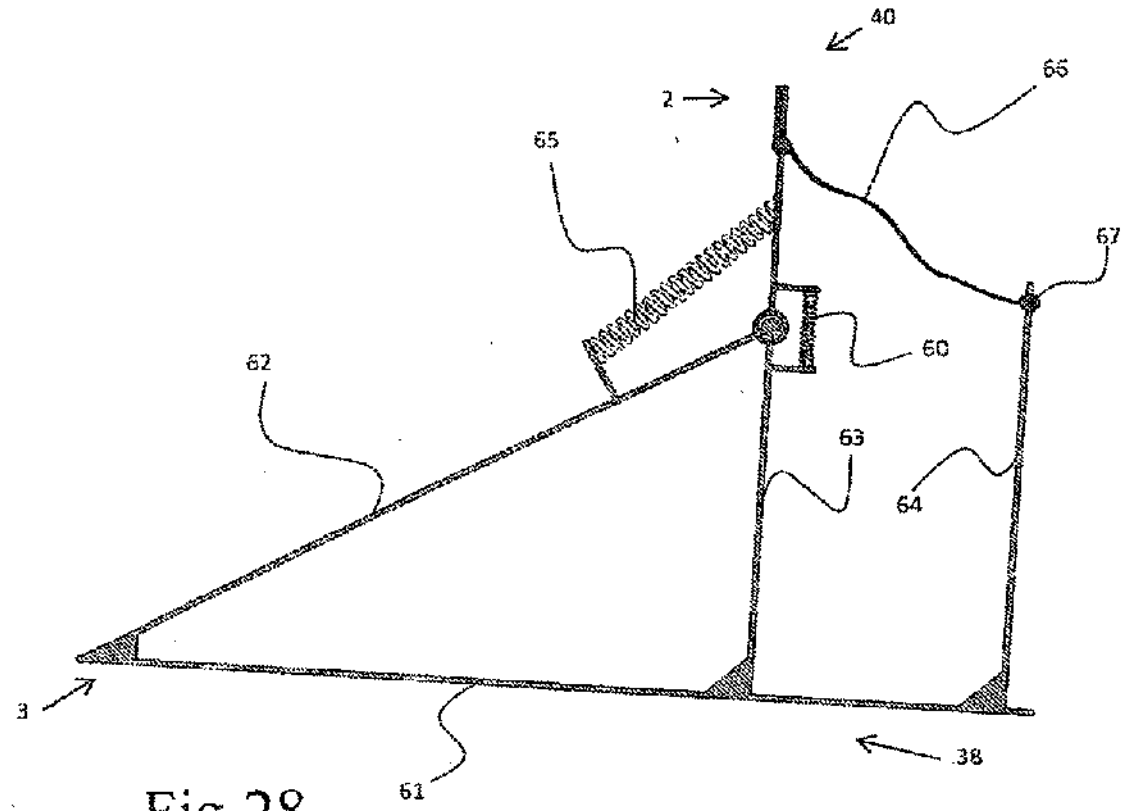

Fig 28

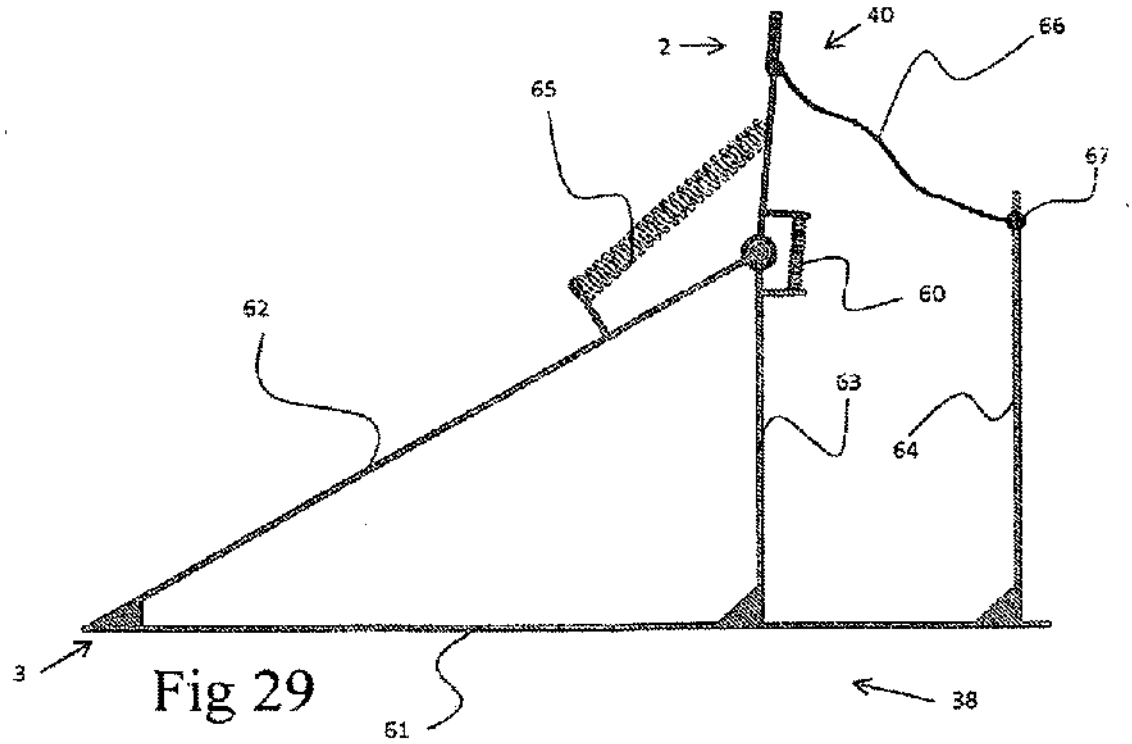

Fig 29

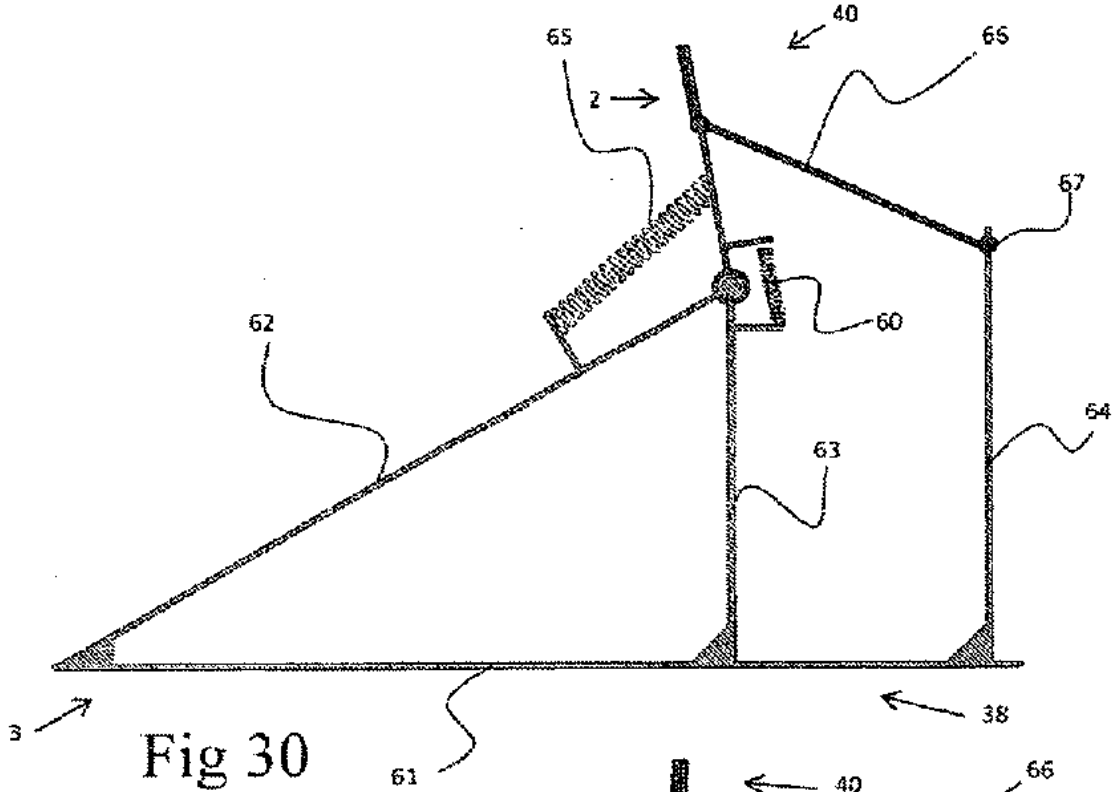

Fig 30

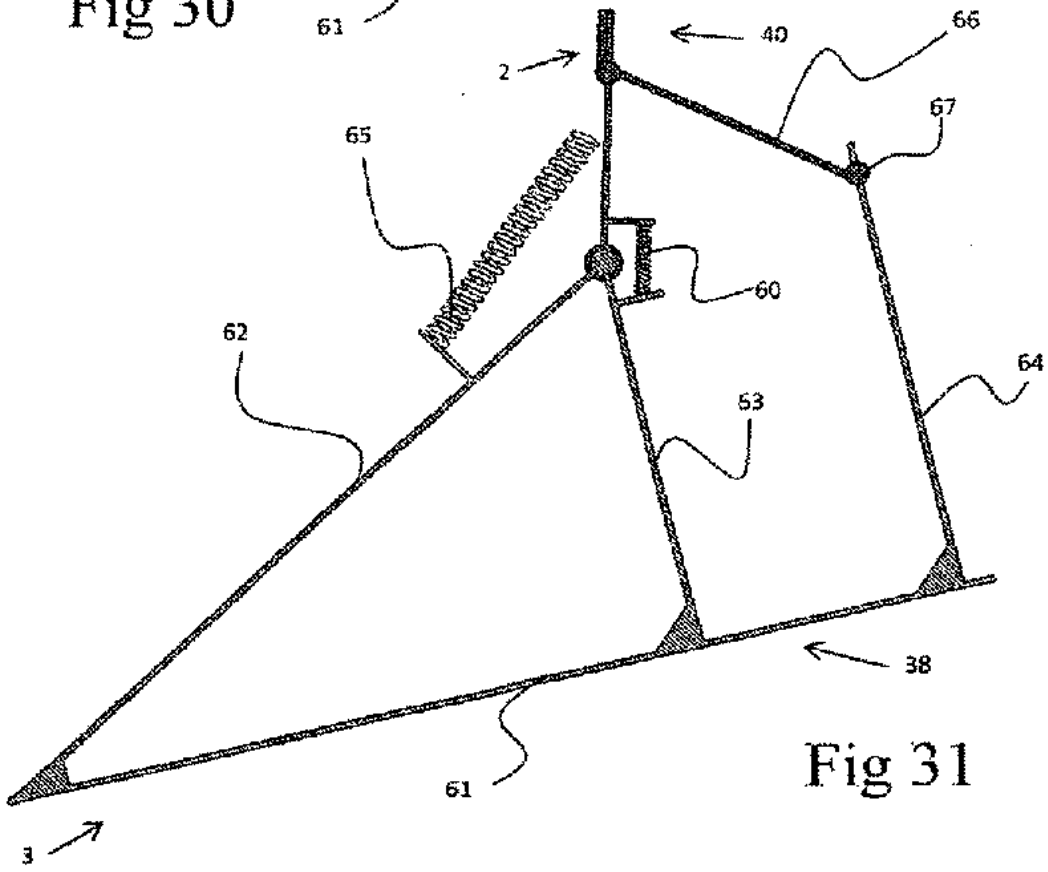

Fig 31

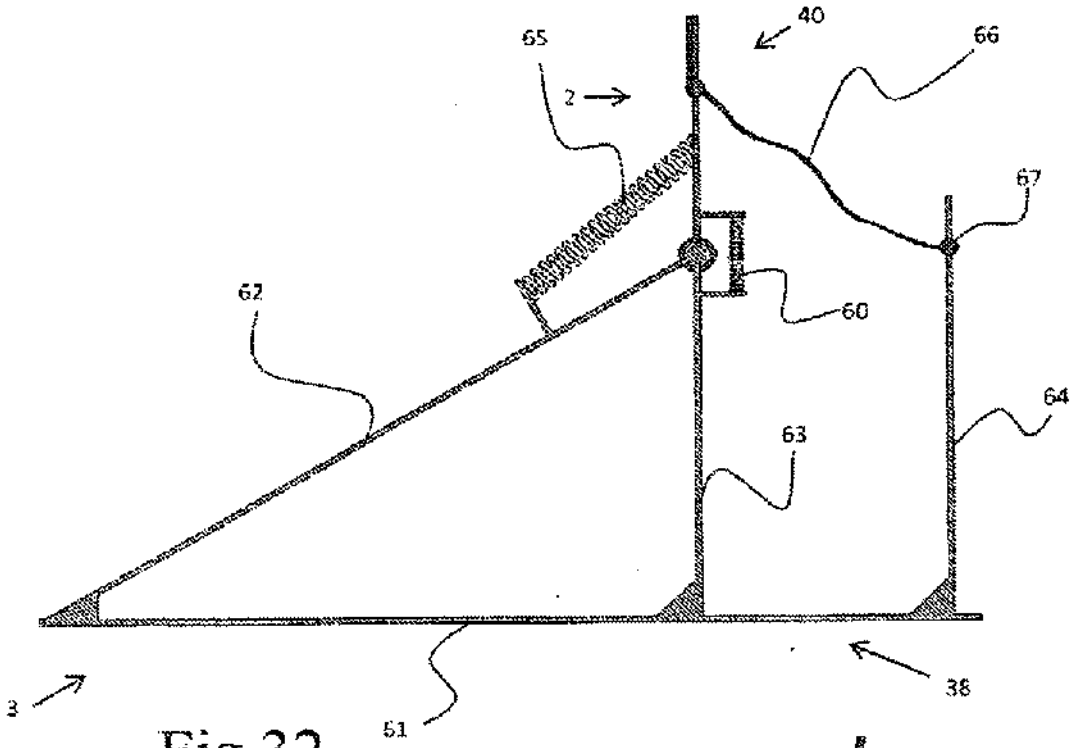

Fig 32

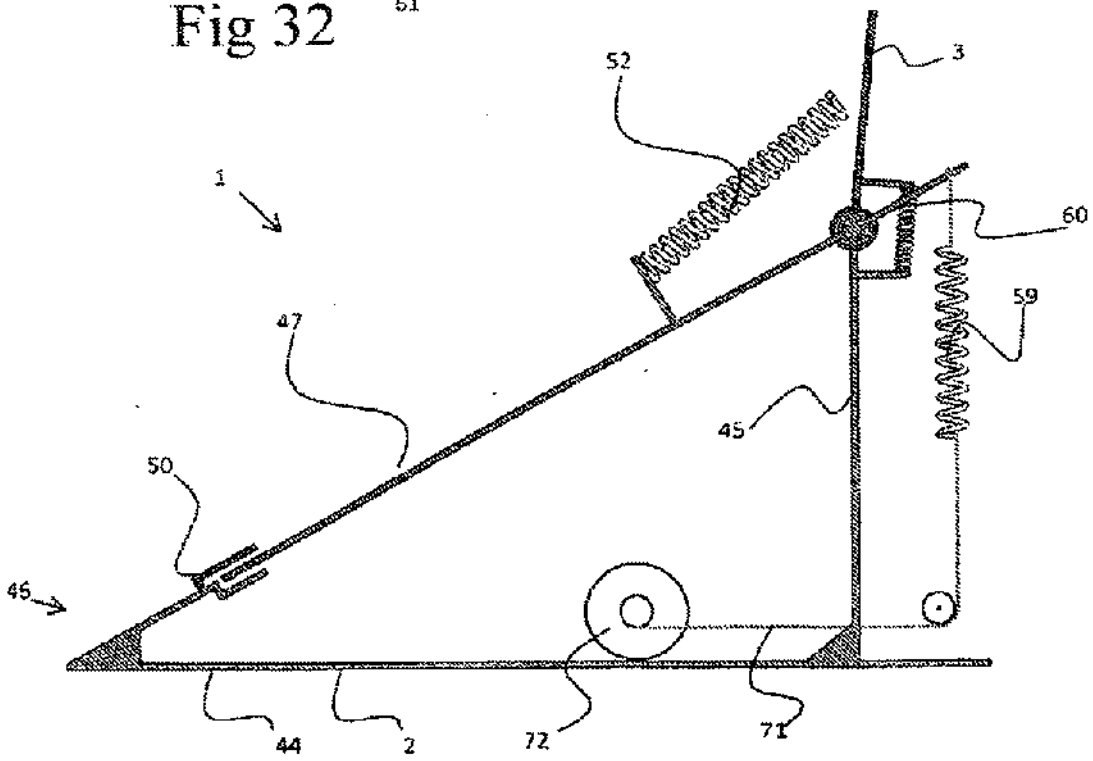

Fig 34

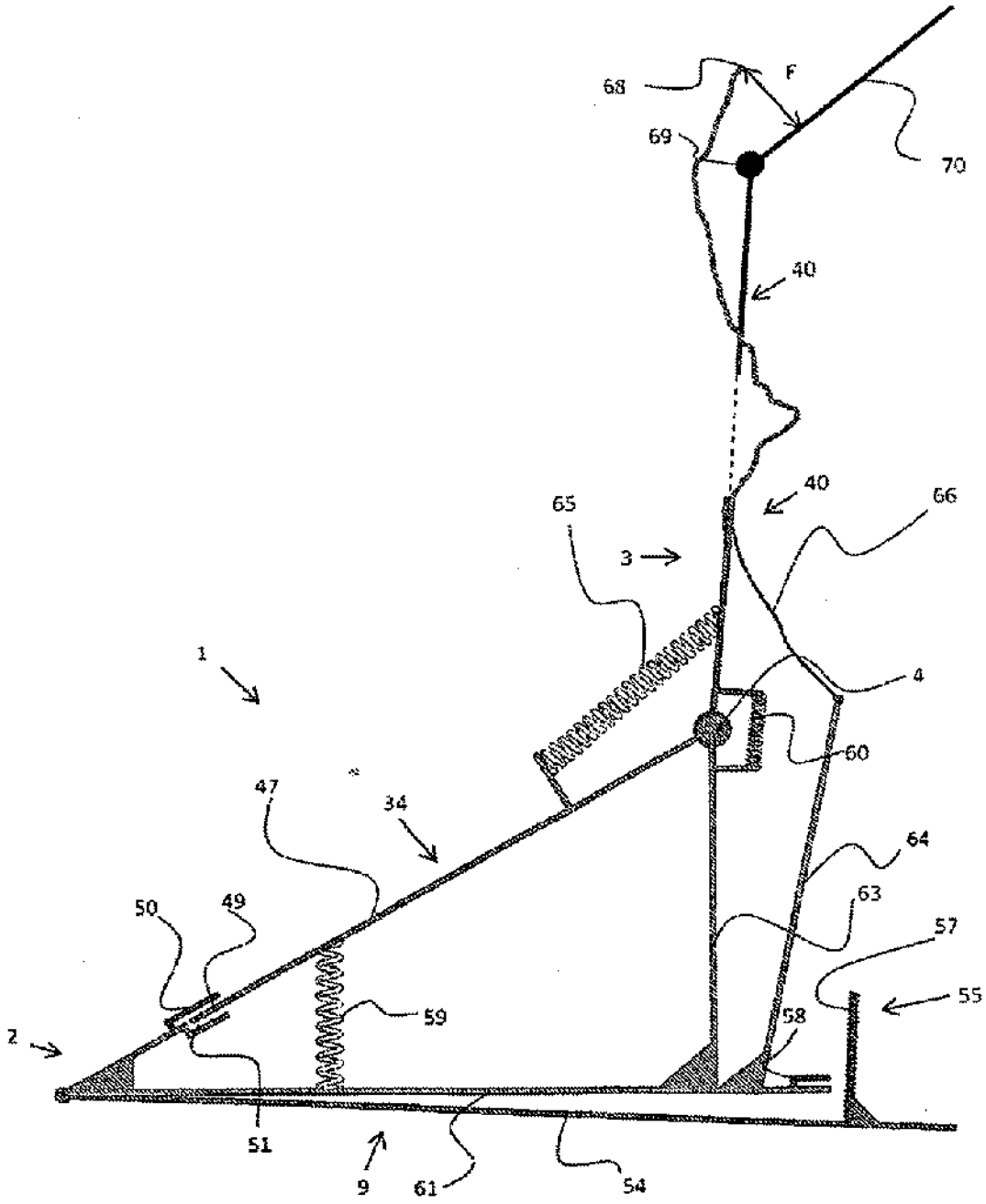

Fig 33