



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 473**

51 Int. Cl.:
F03B 13/18 (2006.01)
F03B 13/20 (2006.01)
F03B 15/00 (2006.01)
F16F 1/36 (2006.01)
F16F 15/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08736385 .9**
96 Fecha de presentación : **18.04.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2148984**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.02.2010**

54 Título: **Dispositivo para la conversión de la energía de las olas.**

30 Prioridad: **18.04.2007 EP 07106450**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.09.2011

73 Titular/es: **TECHNOLOGY FROM IDEAS LIMITED**
Unit 3B Cleaboy Business
Park Old Kilmeaden Road
Waterford, IE

72 Inventor/es: **Healy, Robert y**
McEvoy, Paul

74 Agente: **Isern Cuyás, María Luisa**

ES 2 364 473 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la conversión de la energía de las olas.

La presente invención se refiere a dispositivos para la conversión de la energía de las olas, que comprenden una estructura de amortiguación.

La creciente preocupación con respecto a las fuentes de energía tradicionales ha dado lugar a la investigación de fuentes de energía alternativas renovables. La energía de las olas es una fuente de energía renovable y los países con litorales extensos y fuertes vientos predominantes podrían producir cantidades considerables de electricidad a partir del oleaje.

La energía de las olas se refiere a la energía de las olas de la superficie del océano y a la captura de esta energía con el fin de generar electricidad. En general, cuanto mayor es la ola tanta más energía contiene y, por lo tanto, tanta más energía puede obtenerse de la misma. En concreto, la cantidad de energía que puede obtenerse de las olas se determina por la altura de la ola, la velocidad de la ola, la longitud de la ola y la densidad del agua.

Para capturar la energía de las olas pueden utilizarse diversos tipos de dispositivos. Todos estos dispositivos funcionan sobre un principio similar. La fuerza de la ola actúa sobre un órgano móvil que la absorbe y reacciona contra un punto fijo. El punto fijo puede ser una estructura terrestre o fundada en el lecho marino u otra estructura móvil pero resistente a la fuerza. La fuerza de la ola tiene como resultado un movimiento oscilatorio del órgano que la absorbe y el producto de la fuerza de la ola y el movimiento correspondiente representa la energía convertida.

El documento WO 2004/085843 da a conocer una instalación para capturar la energía de las olas en la que una plataforma, dispuesta de modo que flote sobre la superficie del mar, está conectada mediante una línea a un generador lineal anclado al lecho marino. Cuando la plataforma se mueve arriba y abajo debido al movimiento de las olas sobre la superficie del mar, este movimiento se transmite mediante la línea al rotor del generador, que adquiere un movimiento alternativo correspondiente entre las chapas del estator. Para proporcionar una fuerza adicional descendente y mantener tensa la línea de conexión se utiliza un muelle tensor.

El documento US 6,857,266 da a conocer un convertidor de energía de las olas que comprende dos flotadores de superficie conectados mediante enlaces de toma de fuerza. Los enlaces incluyen unos cilindros hidráulicos que están conectados a un árbol central, que está conectado al flotador interior. Tal disposición de pistones permite cierta libertad de movimiento entre los dos flotadores oscilantes. La energía puede capturarse a través de los movimientos de los cilindros hidráulicos.

Existen diversas desventajas asociadas con los dispositivos de absorción de energía ya conocidos. Durante estados del oleaje por lo demás benignos pueden producirse olas extremas (es decir olas excepcionalmente grandes con respecto al estado normal del oleaje, u olas rápidamente cambiantes). Tales olas de gran tamaño pueden hacer que la fuerza ejercida sobre el enlace o acoplamiento entre el órgano móvil y el punto fijo sea excesiva. El resultado de esto puede ser una rotura del acoplamiento, especialmente en dispositivos sin una amortiguación natural, como los con-

vertidores de energía lineales. Por consiguiente, estos dispositivos tienen poca capacidad de supervivencia, incluso en condiciones normales del oleaje. Otra desventaja asociada con los convertidores de energía de las olas ya conocidos es su baja eficacia en la captura de energía. Los dispositivos típicos son capaces de capturar energía de las olas sólo dentro de un margen relativamente estrecho de frecuencias de olas y estados de energía. Aunque los dispositivos más avanzados pueden ajustar su respuesta para permitirles optimizar la captura de energía de cualquier estado dado del oleaje, este ajuste lento proporciona normalmente una buena respuesta sólo para el espectro medio de energía del estado del oleaje en cuestión. Pocos dispositivos pueden responder con suficiente rapidez a las frecuencias individuales dentro de un único estado del mar.

Un objeto de la invención es proporcionar una estructura de amortiguación en un dispositivo de conversión de energía de las olas (dispositivo WEC: "Wave Energy Conversión") que contrarreste o amortigüe automáticamente toda fuerza extrema de las olas. Otro objeto de la invención es proporcionar una estructura de amortiguación en un dispositivo WEC que presente una eficacia mejorada en la captura de energía. Un objeto más de la invención es proporcionar una estructura de amortiguación en un dispositivo WEC que permita una captura de energía adicional en un amplio margen de frecuencias de olas. Un objeto más de la invención es proporcionar una estructura de amortiguación en un WEC que permita al WEC mantener una orientación óptima con respecto a la ola.

La presente invención se refiere a un dispositivo de conversión de energía de las olas (WEC) tal y como se define en la reivindicación 1.

El primer órgano y el segundo órgano presentan diferentes respuestas de frecuencia al movimiento de las olas, lo que produce un movimiento relativo entre éstos cuando las olas inciden en ellos. Tanto el primer como el segundo órgano son órganos móviles del dispositivo WEC.

El absorbedor de energía de amortiguación u órgano de amortiguación es pasivo. El término "pasivo", tal y como se utiliza en la presente memoria, indica que la respuesta de tensión-deformación del órgano de amortiguación es una función del material o los materiales comprendidos en el mismo, o de su diseño, forma o configuración, en lugar de una construcción mecánica que requiera alguna alimentación adicional, como aire o presión hidráulica.

Según la invención, el absorbedor de energía de amortiguación o el órgano de amortiguación tiene una respuesta de tensión-deformación no lineal, reversible y compuesta (es decir combinada o acumulativa o híbrida). La respuesta compuesta la proporcionan una pluralidad de elementos dentro del órgano de amortiguación, de modo que el órgano de amortiguación tiene una respuesta de tensión-deformación no lineal compleja dentro de su intervalo de funcionamiento normal. Así, el órgano de amortiguación puede comprender una pluralidad de materiales, cada uno de ellos con una respuesta de tensión-deformación específica (y convenientemente cada uno con una respuesta diferente). La respuesta de tensión-deformación del órgano de amortiguación resultante es así una combinación de las respuestas de los materiales individuales o la respuesta de tensión-deformación acumulativa de los elementos combinados. Esto permite lograr per-

files de tensión-deformación más complejos que los que puede proporcionar un único elemento o material. En una realización, el órgano de amortiguación podría variar en espesor a lo largo de su longitud. Por lo tanto, la respuesta de tensión-deformación del órgano de amortiguación variaría también a lo largo de la longitud del órgano de amortiguación. La respuesta de tensión-deformación del órgano de amortiguación resultante es así una combinación de las respuestas de las distintas partes de espesor. El órgano de amortiguación podría comprender igualmente una pluralidad de componentes de distinta longitud, distintos materiales o distinto espesor. En todos estos casos, la respuesta global de tensión-deformación del órgano de amortiguación es una combinación de las respuestas individuales de las partes que lo integran.

Un material u órgano con una respuesta de tensión-deformación no lineal es aquel en el que la fuerza antagonista ejercida por el material u órgano está relacionada de forma no lineal con la fuerza aplicada al mismo y con el grado de aplicación de dicha fuerza. En la presente invención, el movimiento del órgano móvil en respuesta al movimiento de la ola ejerce una fuerza en el órgano de amortiguación. La fuerza antagonista ejercida por el órgano de amortiguación sobre el órgano móvil está relacionada de forma no lineal con la fuerza aplicada y el grado de aplicación de esta fuerza. El órgano de amortiguación de la presente invención presenta una respuesta de tensión-deformación no lineal reversible. Por ejemplo, el órgano de amortiguación puede ser capaz de experimentar un cambio de forma reversible en respuesta a una fuerza aplicada. Convenientemente presenta una pluralidad de respuestas de tensión-deformación no lineales dentro de su intervalo de funcionamiento.

El órgano de amortiguación ejerce preferentemente una fuerza antagonista pequeña (o nula) hasta que la fuerza aplicada, o el grado de la fuerza aplicada, sobrepasa un umbral, por encima del cual la fuerza antagonista ejercida aumenta rápidamente con el aumento de la fuerza aplicada. En la figura 1 se muestra un ejemplo de una respuesta de este tipo. El valor umbral se ha seleccionado de modo que la fuerza antagonista aumente rápidamente cuando la fuerza aplicada alcance un nivel en el que de otro modo sería probable que se produjesen daños en el WEC. La figura 19 muestra algunas respuestas de tensión-deformación no lineales compuestas o acumulativas para órganos de amortiguación con una pluralidad de elementos. Como puede verse en la figura, pueden lograrse más perfiles de tensión-deformación complejos de lo que es posible con un único material o elemento. Como puede verse, el perfil de tensión-deformación compuesto puede tener cierto número de puntos de no linealidad, de tal modo que el órgano de amortiguación proporciona un aumento rápido de la fuerza antagonista en varios umbrales o niveles de fuerza aplicada, con una respuesta esencialmente lineal entre estos puntos.

Según una realización de la presente invención, la respuesta de tensión-deformación del órgano de amortiguación puede adaptarse para cada dispositivo WEC individual y las condiciones previstas en las que pueda utilizarse el dispositivo, en lugar de utilizar un único diseño genérico. La respuesta se adapta seleccionando cuidadosamente el diseño y la composición del órgano de amortiguación, por ejemplo seleccionando una combinación de materiales comprendidos

en el órgano de amortiguación, o la forma y la configuración del órgano de amortiguación, para lograr las características de respuesta deseadas.

El término "adaptar" tal y como se utiliza en la presente memoria indica que al material o los materiales utilizados se les da una forma o configuración que permite que la respuesta de tensión-deformación satisfaga un perfil de rendimiento específico deseado. Así, el material o los materiales deben estar diseñados y modificados para satisfacer la curva deseada o requerida. Dicha adaptación es necesaria para cada dispositivo con el fin de optimizar su rendimiento para los estados de oleaje a los que se espera que vaya a estar sometido.

Según una realización de la presente invención, el diseño y/o la composición del órgano de amortiguación pueden permitir una adaptación de la respuesta del dispositivo WEC a la magnitud de las fuerzas aplicadas al dispositivo y/o el grado de cambio de las fuerzas aplicadas. El órgano de amortiguación comprende una pluralidad de componentes, cada uno de los cuales puede reaccionar a diferentes márgenes de fuerzas aplicadas y/o grados de la fuerza aplicada.

Según una realización de la invención, puede preverse una pluralidad de órganos de amortiguación, estando cada órgano de amortiguación dispuesto para amortiguar el movimiento del dispositivo esencialmente a lo largo de un solo eje. Como se ha explicado más arriba, cada órgano de amortiguación tiene un perfil de tensión-deformación compuesto (que incluye dos o más respuestas de tensión-deformación distintas). La orientación y/o el diseño de cada órgano de amortiguación pueden permitir al amortiguador o la estructura de amortiguación proporcionar distintas respuestas de tensión-deformación a lo largo de diferentes ejes. De este modo es posible adaptar a las condiciones previstas la respuesta de tensión-deformación de la estructura de amortiguación en cada dirección. La estructura de amortiguación puede así adaptarse para tener diferentes respuestas a como mínimo una de, y convenientemente a todas, las fuerzas de subida y bajada (verticales), de cabeceo (de rotación) y de deriva (laterales). Pueden preverse tanto órganos de amortiguación compresivos como de tracción, así como una combinación de órganos de amortiguación compresivos y de tracción.

En una realización, un órgano de amortiguación, dispuesto para amortiguar fuerzas de deriva (laterales), se utiliza para limitar la respuesta lateral máxima del dispositivo. El órgano de amortiguación está situado u orientado adecuadamente de modo que su efecto de amortiguación se aplique en lo posible sólo a las fuerzas de deriva. Otro órgano de amortiguación, dispuesto para amortiguar las fuerzas de subida y bajada (verticales) (entre componentes del dispositivo WEC), puede utilizarse para limitar la extensión vertical máxima del dispositivo. Análogamente, este órgano de amortiguación está situado u orientado de modo que su efecto de amortiguación se aplique sólo a las fuerzas de subida y bajada. Un control independiente sobre las distintas fuerzas que actúan sobre el dispositivo permite una mayor precisión a la hora de adaptar la respuesta global de la estructura de amortiguación a las condiciones, con el fin de proteger el dispositivo.

La presente invención ofrece diversas ventajas con respecto a los dispositivos WEC ya conocidos. La naturaleza de la estructura de amortiguación proporcio-

na una estabilidad estructural y una resiliencia mejoradas, lo que impide una rotura del dispositivo WEC causada por olas extremas.

La estructura hace posible también una captura de energía más eficaz. Las olas del océano no tienen nunca una única frecuencia y siempre comprenden componentes de frecuencia elevada además del componente de frecuencia principal. El componente de frecuencia principal cambia con el estado del mar y algunos dispositivos pueden ajustar su respuesta para sintonizar esta frecuencia, pero son pocos los dispositivos WEC capaces de reaccionar con la rapidez suficiente para capturar la energía de componentes del oleaje de frecuencia elevada dentro de un único estado del mar. El órgano de amortiguación es capaz de reaccionar a los componentes de frecuencia elevada de las olas, permitiendo así al dispositivo WEC capturar energía de los componentes de frecuencia elevada de las olas. El órgano de amortiguación puede así funcionar como un dispositivo de almacenamiento de energía, que almacena temporalmente la energía capturada de las olas de tal modo que ésta puede realimentarse a un sistema de toma de fuerza vinculado con el dispositivo WEC. El aumento adicional de la captura de energía resulta de los estados del mar adicionales a los que puede accederse gracias a la estabilidad estructural y la resiliencia mejoradas.

La presente invención proporciona también una ventaja adicional sobre los dispositivos WEC actuales. El órgano (o los órganos) de amortiguación aplica(n) convenientemente fuerzas antagonistas con componentes tanto laterales como verticales y de este modo actúa(n) automáticamente para enderezar el órgano móvil, que mantiene así durante su uso una orientación óptima con respecto a las olas, es decir por lo general una orientación perpendicular a la dirección de desplazamiento de las olas. Esto reduce el riesgo de que el sistema de acoplamiento del dispositivo WEC sufra daños causados por una tensión producida por diferencias angulares entre los órganos móviles y fijos del dispositivo WEC.

El órgano de amortiguación puede comprender un material flexible capaz de deformarse de manera reversible en respuesta a una fuerza aplicada. El material puede ser un material elástico no lineal. El órgano de amortiguación puede comprender un material deformable de manera resiliente que presente una respuesta de tensión-deformación no lineal reversible. Según diversas realizaciones de la invención, el órgano de amortiguación puede comprender un muelle que no siga la ley de Hook, un material de caucho, un material viscoelástico o un biopolímero. Entre los ejemplos de tales materiales se incluyen poliuretano, Avery FTI 125 y vimentina. El órgano de amortiguación puede comprender un material dilatante.

El órgano de amortiguación puede comprender un material que tenga una pluralidad de filamentos en haz, opcionalmente entretejidos. Los filamentos pueden ser similares a las fibras musculares. Los filamentos pueden estar formados por una pluralidad de materiales diferentes, tales que el material compuesto resultante tenga las características de tensión-deformación no lineales reversibles deseadas. El órgano de amortiguación puede comprender una hoja o membrana de material. La hoja o membrana puede estar perforada. La hoja o membrana puede comprender una pluralidad de capas. Las capas pueden formar

una estructura tipo colchón. En la hoja pueden preverse válvulas o dispositivos electrónicos que permitan la captura de energía o la detección de estados del oleaje.

El órgano de amortiguación puede comprender un material compuesto. El material compuesto puede comprender múltiples capas, tales como, por ejemplo, estructuras viscoelásticas de compuesto epoxi.

El órgano de amortiguación puede comprender combinaciones de los materiales arriba expuestos, así como otros materiales que presenten las características de tensión-deformación no lineales requeridas.

A continuación se describen diversas realizaciones de un dispositivo de conversión de energía de las olas según la invención, además de disposiciones no incluidas en el alcance de la invención que se muestran con fines únicamente de referencia, aludiendo a los dibujos adjuntos, de los que:

La figura 1 es un gráfico que muestra la fuerza antagonista en función de la fuerza aplicada para un material que tiene una respuesta de tensión-deformación no lineal reversible;

La figura 2 es una vista en perspectiva de un dispositivo de conversión de energía de las olas, que comprende una estructura de amortiguación según una disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 3 es una vista desde arriba del dispositivo de conversión de energía de las olas de la figura 2;

La figura 4 es una vista lateral en alzado del dispositivo de conversión de energía de las olas de la figura 2;

La figura 5 es una representación esquemática de un dispositivo de conversión de energía de las olas, que comprende una estructura de amortiguación según una disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 6a es una representación esquemática de las fuerzas aplicadas al flotador del dispositivo WEC en el nivel máximo de una ola extrema;

La figura 6b es una representación esquemática de las fuerzas aplicadas al flotador del dispositivo WEC en el nivel máximo de una ola normal;

La figura 6c es una representación esquemática de las fuerzas aplicadas al flotador del dispositivo WEC en el seno de una ola extrema;

La figura 7 es una representación esquemática de una serie de dispositivos WEC interconectados;

La figura 8 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación alternativa según una disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 9 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según otra disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 10 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según otra disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 11 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según otra disposición no incluida en

el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 12 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según otra disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 13 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según otra disposición no incluida en el alcance de la invención que se muestra con fines únicamente de referencia;

La figura 14 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC de penetración de superficie doble, que comprende una estructura de amortiguación según una realización de la invención;

La figura 15 es una vista en corte en perspectiva del dispositivo WEC de la figura 14;

La figura 16 es una vista en corte en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según una realización de la invención;

La figura 17 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según otra realización de la invención;

La figura 18 es una vista en perspectiva de un dispositivo WEC, que comprende una estructura de amortiguación según una realización de la invención; y

La figura 19 es un gráfico que muestra la tensión en función de la deformación para órganos de amortiguación que tienen una respuesta de tensión-deformación no lineal, reversible y compuesta.

En las figuras 2 a 4 de los dibujos se muestra un dispositivo WEC 1 del tipo absorbedor puntual, que comprende una estructura de amortiguación 2. Este tipo de dispositivo WEC absorbe energía producida por el movimiento vertical de la superficie del océano durante estados de oleaje, es decir altura variable de la columna de agua en la ubicación del dispositivo. La estructura de la presente invención es igualmente aplicable a otros tipos de dispositivo WEC.

El dispositivo 1 comprende un órgano absorbedor móvil o flotador 3 y un primer órgano fijo 4. El primer órgano fijo 4 puede estar anclado o amarrado al lecho marino o simplemente ser suficientemente pesado para proporcionar una inercia inherente que impida un movimiento importante del mismo en respuesta al movimiento de las olas, como por ejemplo un lastre flotante. Durante el uso, el primer órgano fijo 4 está sumergido bajo la superficie del océano. La flotabilidad del órgano móvil 3 se elige de modo que éste flote sobre o cerca de la superficie del océano. Entre el órgano móvil 3 y el órgano fijo 4 está previsto un enlace o acoplamiento 5. El enlace 5 comprende un dispositivo de toma de fuerza para convertir el movimiento relativo entre el órgano móvil 3 y el órgano fijo 4 en energía eléctrica. El dispositivo de toma de fuerza puede ser, por ejemplo, un generador eléctrico lineal.

La estructura de amortiguación 2 comprende un segundo órgano fijo 6 y un órgano de amortiguación 7. El segundo órgano fijo 6 es un anillo exterior esencialmente rígido dispuesto de forma esencialmente concéntrica alrededor del flotador 3 del dispositivo 1. El órgano de amortiguación 7 comprende una pluralidad de muelles 8 que presentan un comportamiento de tensión en función de deformación reversible y no

lineal, o que no sigue la ley de Hook, dispuestos entre el flotador 3 y el anillo 6.

Durante el uso, el dispositivo está dispuesto de tal modo que el órgano fijo o lastre 4 queda sumergido bajo la superficie del océano. El órgano móvil 3 está dispuesto de tal manera que flota sobre o cerca de la superficie del océano. Al aproximarse una ola oceánica 10 al dispositivo 1, la flotabilidad del órgano móvil hace que éste se mueva hacia arriba con la superficie del océano. El primer órgano fijo 4 es resistente al movimiento de las olas y por lo tanto permanece esencialmente inmóvil. El órgano móvil 3 se mueve por tanto en relación con el primer órgano fijo 4. El dispositivo de toma de fuerza convierte este movimiento relativo en energía eléctrica. Al rebasar la ola 10 el dispositivo 1, el órgano móvil 3 se mueve hacia abajo en relación con el primer órgano fijo 4. El dispositivo de toma de fuerza convierte también este movimiento relativo en energía eléctrica.

En cada caso, el movimiento del órgano móvil 3 ejerce una fuerza sobre la estructura de amortiguación 2. El anillo 6 es resistente al movimiento de las olas y, por lo tanto, permanece esencialmente inmóvil. Cuando una ola 10 pasa por el dispositivo 1, el movimiento ascendente del flotador 3 ejerce una fuerza vertical hacia arriba F_u sobre los muelles 8 del órgano de amortiguación 7, como se muestra en la figura 5. El movimiento hacia adelante de la ola ejerce también una fuerza de deriva lateral F_R sobre el dispositivo WEC. En respuesta a una ola extrema, los muelles 8 del órgano de amortiguación 7 ejercen una fuerza antagonista de amortiguación F_e sobre el flotador 3. La fuerza antagonista de amortiguación comprende una componente vertical F_c , Y y una componente horizontal F_c , x . La componente vertical de la fuerza antagonista contrarresta la fuerza vertical hacia arriba F_u , mientras que la componente horizontal de la fuerza antagonista contrarresta la fuerza de deriva lateral aplicada por la ola.

La fuerza antagonista de amortiguación aumenta de forma no lineal con respecto tanto a la fuerza aplicada como al grado de cambio de la fuerza aplicada. Con olas normales, la fuerza antagonista de amortiguación es muy pequeña, como se muestra en la figura 6b, y el movimiento del flotador 3 en respuesta a la ola no se ve afectado en esencia. Sin embargo, si la fuerza aplicada (o el grado de cambio de la fuerza aplicada) sobrepasa un umbral, por ejemplo en el caso de una ola extrema, la fuerza antagonista de amortiguación es mucho mayor, como se muestra en las figuras 6a y 6c, impidiendo así un movimiento extremo del flotador 3. La respuesta de tensión-deformación no lineal de los muelles 8 se elige de modo que el umbral se alcance para las olas que presenten un tamaño y una velocidad que de lo contrario causarían probablemente la rotura del dispositivo 1. La aplicación de una fuerza antagonista de amortiguación apropiada impide así la rotura del enlace 5 entre el flotador 3 y el primer órgano fijo 4.

La estructura de amortiguación 2 permite también una captura de energía más eficaz, dado que el órgano de amortiguación 7 es capaz de reaccionar a los componentes de frecuencia elevada de las olas incidentes, permitiendo así al dispositivo WEC capturar energía de los componentes de frecuencia elevada de las olas. El órgano de amortiguación 7 funciona como un dispositivo de almacenamiento de energía, que almacena temporalmente la energía capturada de las

olas y la realimenta al sistema de toma de fuerza del dispositivo WEC 1.

Además, dado que el órgano de amortiguación 7 aplica fuerzas antagonistas que tienen componentes tanto laterales como verticales, actúa automáticamente para enderezar el órgano móvil 3. Esto impide al dispositivo WEC 1 permanecer en una posición u orientación ladeada en el océano, manteniendo así una orientación óptima con respecto a las olas. Esto reduce el riesgo de que el sistema de acoplamiento 5 del dispositivo WEC 1 sufra daños causados por una tensión producida por diferencias angulares entre el órgano móvil 3 y los órganos fijos 4 del dispositivo WEC.

Como se muestra en la figura 7, es posible interconectar varios dispositivos WEC, que comprenden estructuras de amortiguación como las arriba descritas, para formar una estructura a modo de balsa. Los dispositivos WEC pueden estar interconectados por medio de órganos fijos, que pueden ser rígidos. Como alternativa, los dispositivos WEC pueden estar interconectados por medio de órganos de amortiguación.

En la figura 8 de los dibujos se muestra un dispositivo WEC 91 del tipo absorbedor puntual, que comprende una estructura de amortiguación 92. El dispositivo 91 comprende un órgano absorbedor móvil o flotador 93 y un primer órgano fijo 94, tal y como se describe más arriba con referencia a las figuras 2 a 4. Entre el órgano móvil 93 y el órgano fijo 94 está previsto un enlace o acoplamiento 95, también tal y como se describe más arriba. La estructura de amortiguación 92 comprende un segundo órgano fijo 96 y un órgano de amortiguación 97. El segundo órgano fijo 96 es un anillo exterior esencialmente rígido dispuesto de forma esencialmente concéntrica alrededor del flotador 93 del dispositivo 91, tal y como se describe más arriba. El órgano de amortiguación 97 comprende una pluralidad de amortiguadores en forma de muelles 98 que presentan un comportamiento de tensión en función de deformación reversible y no lineal, o que no sigue la ley de Hook, dispuestos entre el flotador 93 y el anillo 96.

La estructura de amortiguación 92 de la figura 8 proporciona al dispositivo 91 una protección mejorada contra fuerzas de subida y bajada (verticales). Cuando el dispositivo está en reposo, el segundo órgano fijo 96 se halla debajo del flotador 93, de manera que el órgano de amortiguación está dispuesto en un ángulo agudo con respecto al flotador 93. De este modo, el órgano de amortiguación puede ejercer una fuerza antagonista mucho mayor en dirección vertical que en dirección lateral, proporcionando así al dispositivo una mayor protección contra fuerzas de subida y bajada excesivas. Los distintos amortiguadores pueden, de forma similar, estar colocados u orientados para ser aplicados a movimientos relativos específicos previstos en el dispositivo.

La figura 9 muestra un dispositivo WEC 101 del tipo absorbedor puntual, que comprende una estructura de amortiguación 102. El dispositivo 101 comprende un órgano absorbedor móvil o flotador 103, un primer órgano fijo 104 y un enlace o acoplamiento 105 entre los mismos, como se muestra en la figura 9. La estructura de amortiguación 102 comprende un segundo órgano fijo 106 y un órgano de amortiguación 107. El segundo órgano fijo 106 es un anillo exterior esencialmente rígido dispuesto de forma esencialmente concéntrica alrededor del flotador 103

del dispositivo 101 y el órgano de amortiguación 107 comprende, como ya se ha descrito, una pluralidad de amortiguadores 108, como se muestra en la figura 9.

La estructura de amortiguación 102 de la figura 9 proporciona al dispositivo 101 una protección mayor contra las fuerzas de cabeceo. Los amortiguadores 108 están dispuestos por parejas, de tal modo que un muelle de cada pareja está unido a la parte superior del flotador 103 y el otro está unido a la parte inferior del flotador 103. Las fuerzas de cabeceo provocan una rotación del dispositivo alrededor del centro de gravedad (o la línea de flotación). Las fuerzas de cabeceo producidas por las olas hacen que el flotador 103 rote sobre este punto. Con el fin de contrarrestar estas fuerzas, los amortiguadores 108 se utilizan para aplicar fuerzas antagonistas a cierta distancia del centro de rotación. Cuanto mayor es la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza antagonista y el centro de rotación, tanto menor es la fuerza de amortiguación necesaria para contrarrestar el cabeceo.

La figura 10 muestra un dispositivo WEC 111 similar al mostrado en la figura 8. La estructura de amortiguación 112 de la figura 10 proporciona al dispositivo 111 una protección mayor contra las fuerzas de deriva (laterales). Los amortiguadores 118 están unidos por uno de sus extremos 119 al segundo órgano fijo 116, como en las realizaciones anteriores. Sin embargo, por el otro extremo 1110 cada muelle 118 se halla en contacto con el flotador 113, pero no está unido fijamente al mismo. En el extremo 1110 del muelle está previsto un rodillo 1111, de modo que el flotador 113 puede moverse libremente en dirección vertical (es decir perpendicularmente al muelle), pero el amortiguador ejerce una fuerza de amortiguación si el flotador se mueve lateralmente (debido a la deriva). Esta disposición permite a la estructura de amortiguación funcionar sólo en una única dirección, dejando al flotador libre para moverse en otras direcciones. También pueden utilizarse amortiguadores adicionales para controlar el movimiento en las otras direcciones.

En disposiciones alternativas, el rodillo puede sustituirse por otro elemento que permita al muelle deslizarse libremente en una sola dirección.

La figura 11 muestra un dispositivo WEC 121 que combina las características de las figuras 8 y 10. La estructura de amortiguación 122 protege al dispositivo 121 contra las fuerzas de subida y bajada y de deriva excesivas. Esta disposición permite adaptar independientemente en distintas direcciones las fuerzas antagonistas ejercidas por la estructura de amortiguación. Esto hace posible contrarrestar las fuerzas no deseadas o excesivas en una dirección concreta sin influir en las fuerzas perpendiculares y con un menor efecto en las fuerzas no perpendiculares. En esta realización, el dispositivo 121 incluye dos órganos fijos adicionales en forma de anillos 126a y 126b.

En disposiciones alternativas, ambos órganos fijos 126a y 126b pueden combinarse en un solo elemento. Como alternativa, pueden dividirse en múltiples órganos fijos. La disposición mostrada en la figura 11 puede adaptarse para su uso en cualquier orientación.

La figura 12 muestra un dispositivo WEC 131 en el que la estructura de amortiguación 132 protege al dispositivo contra las fuerzas de deriva y cabeceo excesivas. En esta disposición, los amortiguadores 138 están dispuestos en parejas como en la figura 9. Sin embargo, cada amortiguador 108 está provisto de un rodillo 1311 en uno de sus extremos, para permitir

al flotador moverse libremente en dirección vertical. Así, los amortiguadores 138 se utilizan para controlar las fuerzas de cabeceo y deriva. En la realización mostrada, tanto el cabeceo como la deriva se controlan mediante un solo juego de amortiguadores. Sin embargo, las dos fuerzas podrían controlarse por separado previendo una estructura de amortiguación intermedia para separar los amortiguadores de protección contra la deriva y los amortiguadores de protección exterior tendría un juego de amortiguadores para proteger a la estructura intermedia contra la deriva (como se muestra en la figura 10, por ejemplo), mientras que la estructura de amortiguación intermedia comprendería amortiguadores para proteger el flotador (y así el dispositivo WEC) contra el cabeceo (como se muestra en la figura 9, por ejemplo).

La figura 13 muestra un dispositivo WEC 141 que comprende una estructura de amortiguación 142 que protege al dispositivo contra las fuerzas de subida y bajada excesivas, así como las fuerzas de cabeceo y deriva combinadas. Las fuerzas de cabeceo y deriva se controlan juntas como en la figura 12. Están previstas parejas de amortiguadores separados verticalmente 148a. Los amortiguadores 148a están unidos por uno de sus extremos 149 al órgano fijo 146. En el otro extremo 1411 está previsto un rodillo 1410 para permitir a los amortiguadores 148a moverse libremente en dirección vertical a lo largo del flotador 143. Las fuerzas de subida y bajada se controlan mediante unos amortiguadores 148b que están unidos al flotador 143 y al órgano fijo 146.

Las figuras 14 y 15 muestran un dispositivo WEC de penetración de superficie doble que incorpora una estructura de amortiguación según la presente invención. La disposición es similar a la mostrada en la figura 13. El dispositivo 151 comprende un flotador central 153 y un órgano exterior o "donut" 154. El flotador 153 y el donut 154 presentan respuestas de frecuencia al movimiento de las olas distintas, de modo que responden de forma diferente a las olas que inciden en el dispositivo. Esto provoca un movimiento relativo entre los componentes, del que puede capturarse energía. En esta realización, los órganos de amortiguación 158 están dispuestos entre el flotador 153 y el donut 154 para amortiguar el movimiento relativo entre los mismos. Los amortiguadores de esta reali-

zación controlan las fuerzas de subida y bajada, deriva y cabeceo sobre el dispositivo como se ha descrito más arriba con referencia a la figura 13. Los amortiguadores protegen al dispositivo contra las fuerzas de cabeceo y deriva que hacen que el flotador 153 y el donut 154 choquen uno con otro y también controlan las extensiones de subida y bajada máximas permitidas entre los componentes.

La figura 16 muestra un dispositivo WEC 171 que comprende una estructura de amortiguación que protege al dispositivo contra las fuerzas de deriva excesivas. La estructura de amortiguación comprende una pluralidad de *i* amortiguadores 178, de modo que se reduce la fuerza máxima aplicada a cualquiera de los mismos. Los amortiguadores 178 están provistos en sus extremos interiores 1710 de unos rodillos o dispositivos de baja fricción 1711 (y no están unidos fijamente al flotador) para permitir a los amortiguadores funcionar en modo compresivo.

La figura 17 muestra un dispositivo WEC 181 que comprende una estructura de amortiguación 182. El dispositivo WEC es similar al mostrado en las figuras 14 y 15. La estructura comprende una pluralidad de muelles de mayor longitud, que se han encajado en el estrecho espacio que queda entre el flotador central 183 y el donut 184. Esta disposición resulta particularmente útil en los casos en que se requiera un amortiguador largo para lograr la respuesta deseada, pero el estrecho espacio entre los elementos del dispositivo limite la forma en la que puede disponerse el amortiguador. Esta disposición requerirá normalmente que los amortiguadores estén dispuestos en parejas para evitar la aplicación de fuerzas de rotación entre los flotadores 183 y 184.

La figura 18 muestra un dispositivo WEC de flotación en superficie 211, que comprende dos órganos flotantes 213 y 214 que están diseñados para flotar sobre la superficie del agua. Los flotadores pueden girar uno en relación con el otro en todas las direcciones. Las olas que inciden en el dispositivo hacen que cada flotador cabecee, suba y baje y derive, produciendo un movimiento relativo entre los mismos. Entre los flotadores, en el punto de giro, están previstos unos amortiguadores 218 para controlar la extensión máxima y el grado de extensión entre los flotadores a controlar. Los amortiguadores pueden ser de tracción o compresivos, o una mezcla de ambos.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la conversión de la energía de las olas (dispositivo WEC: "Wave Energy Conversión") (151; 171; 181; 211), que comprende una estructura de amortiguación que comprende:

un primer órgano móvil (153; 183; 213), un segundo órgano móvil (154; 174; 184; 214) y un órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) unido al primer órgano móvil y al segundo órgano móvil,

caracterizado porque el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) es pasivo y tiene una respuesta de tensión-deformación no lineal, reversible y compuesta, comprendiendo el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) una pluralidad de elementos y siendo la respuesta compuesta una combinación de las respuestas de cada uno de los elementos que integran dicha pluralidad.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) comprende una pluralidad de componentes de diferente longitud, material o espesor.

3. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) comprende un material flexible capaz de deformarse de manera reversible en respuesta a una fuerza aplicada.

4. Dispositivo según la reivindicación 3, en el que el material es un material elástico no lineal.

5. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) comprende un material de caucho o poliuretano.

6. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) comprende un material con una pluralidad de filamentos en haz.

7. Dispositivo según la reivindicación 6, en el que los filamentos están formados por una pluralidad de materiales diferentes, de tal modo que el material

compuesto resultante tiene las características de tensión-deformación no lineales reversibles deseadas.

8. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) comprende una hoja de material.

9. Dispositivo según la reivindicación 8, en el que la hoja de material comprende múltiples capas.

10. Dispositivo según la reivindicación 8, en el que la hoja está perforada.

11. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) comprende un material compuesto.

12. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) ejerce una fuerza antagonista nula hasta que la fuerza aplicada o el grado de la fuerza aplicada sobrepasa un umbral.

13. Dispositivo según la reivindicación 12, en el que el órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) ejerce una fuerza antagonista que aumenta rápidamente con el aumento de la fuerza aplicada por encima del umbral.

14. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que la estructura de amortiguación comprende una pluralidad de órganos de amortiguación (158; 178; 188; 218) y en el que cada órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) está dispuesto para amortiguar el movimiento del dispositivo esencialmente a lo largo de un solo eje.

15. Dispositivo según la reivindicación 14, en el que la orientación y/o el diseño de cada órgano de amortiguación (158; 178; 188; 218) es tal que la estructura de amortiguación proporciona distintas respuestas de tensión-deformación a lo largo de distintos ejes.

16. Dispositivo según la reivindicación 15, en el que la estructura de amortiguación está adaptada para tener distintas respuestas a como mínimo una de, y convenientemente a todas, las fuerzas de subida y bajada (verticales), de cabeceo (de rotación) y de deriva (laterales).

45

50

55

60

65

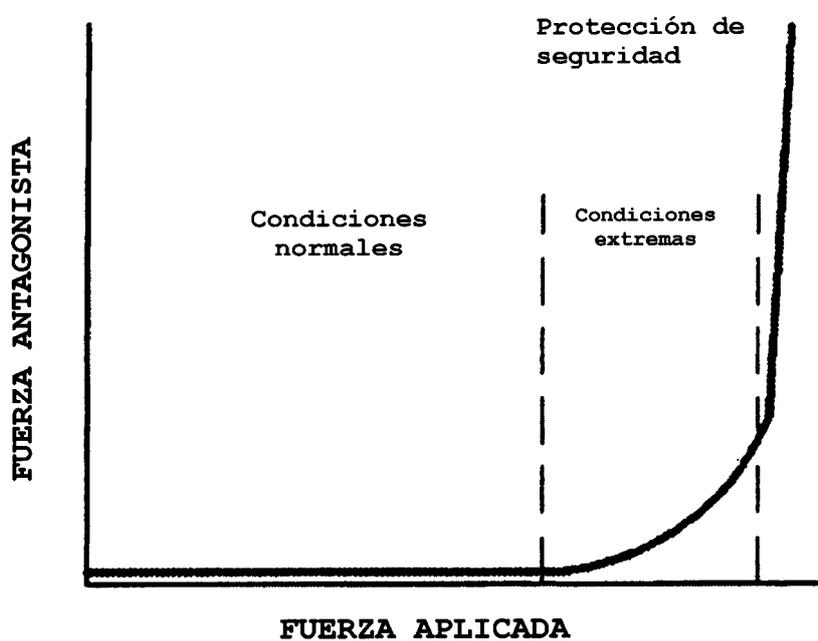


FIGURA 1

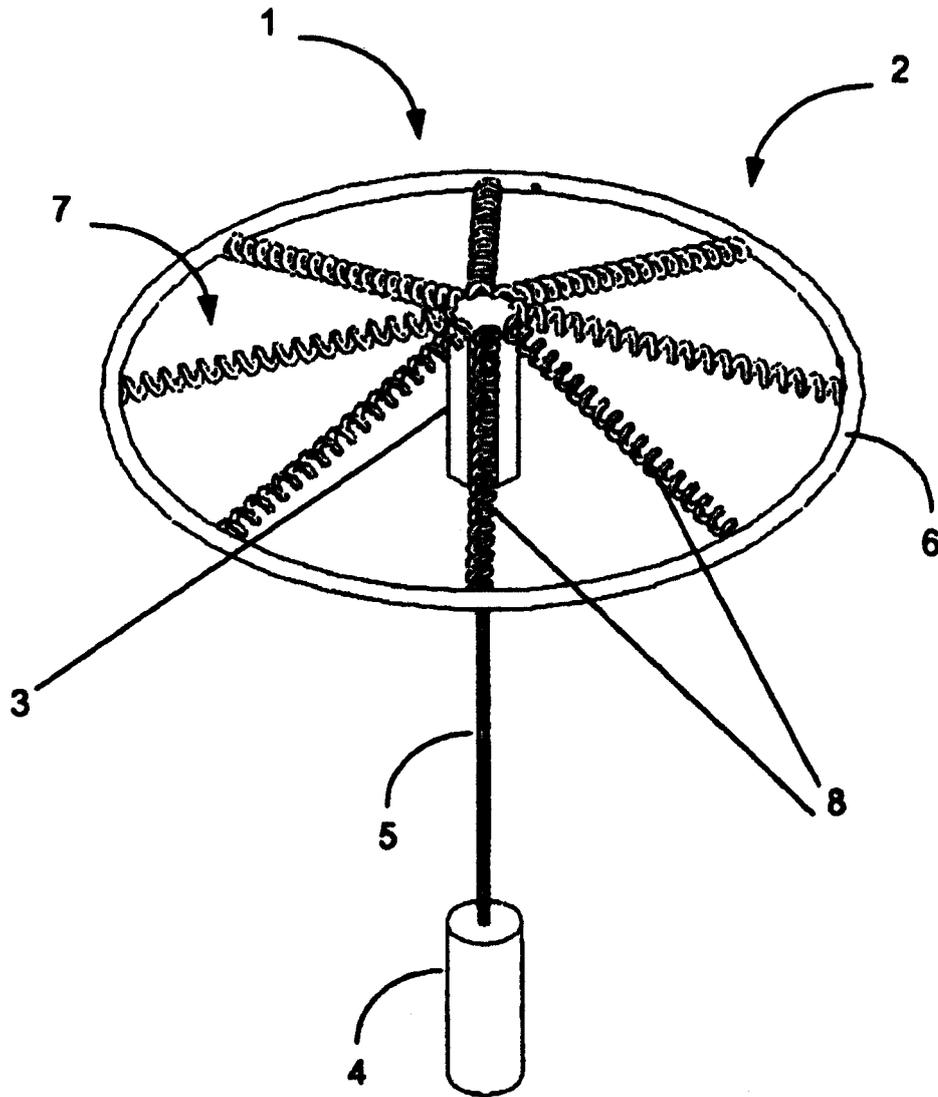


FIGURA 2

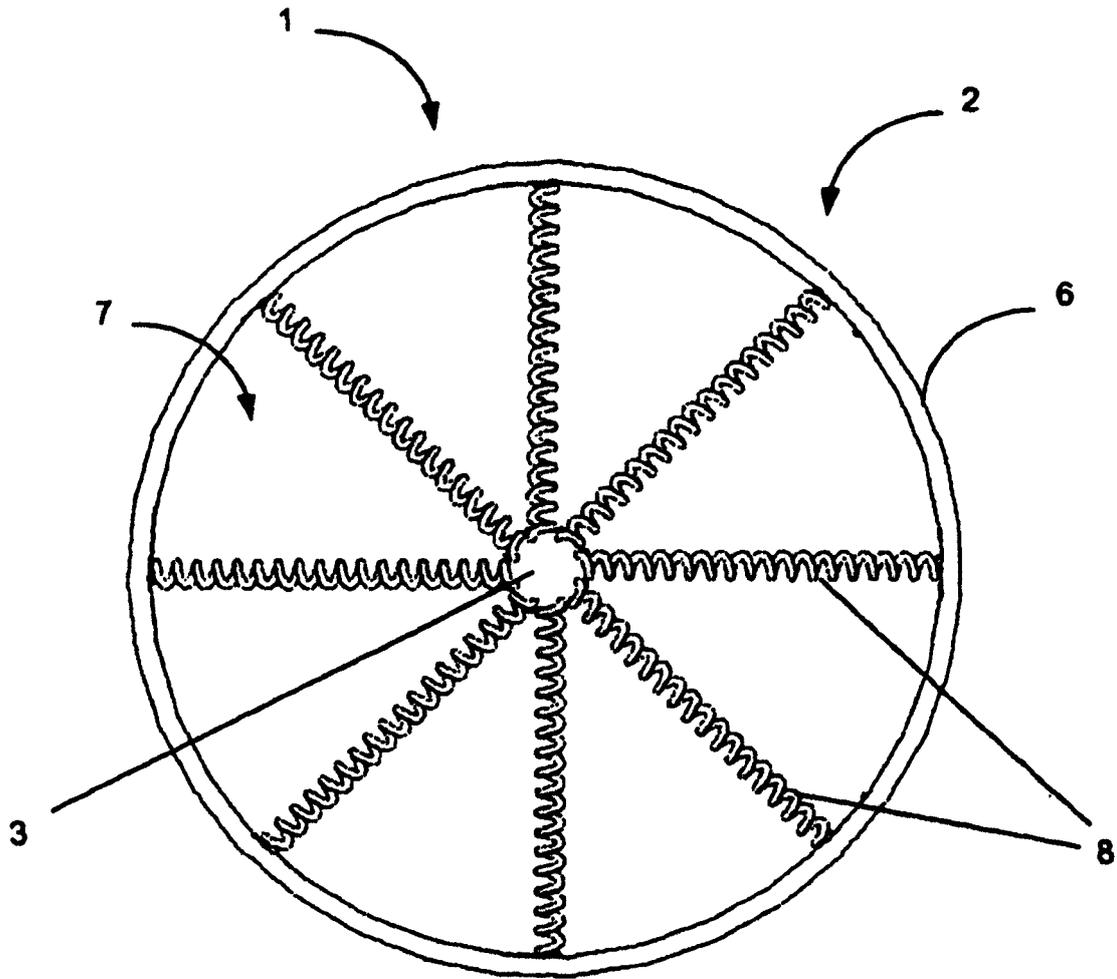


FIGURA 3

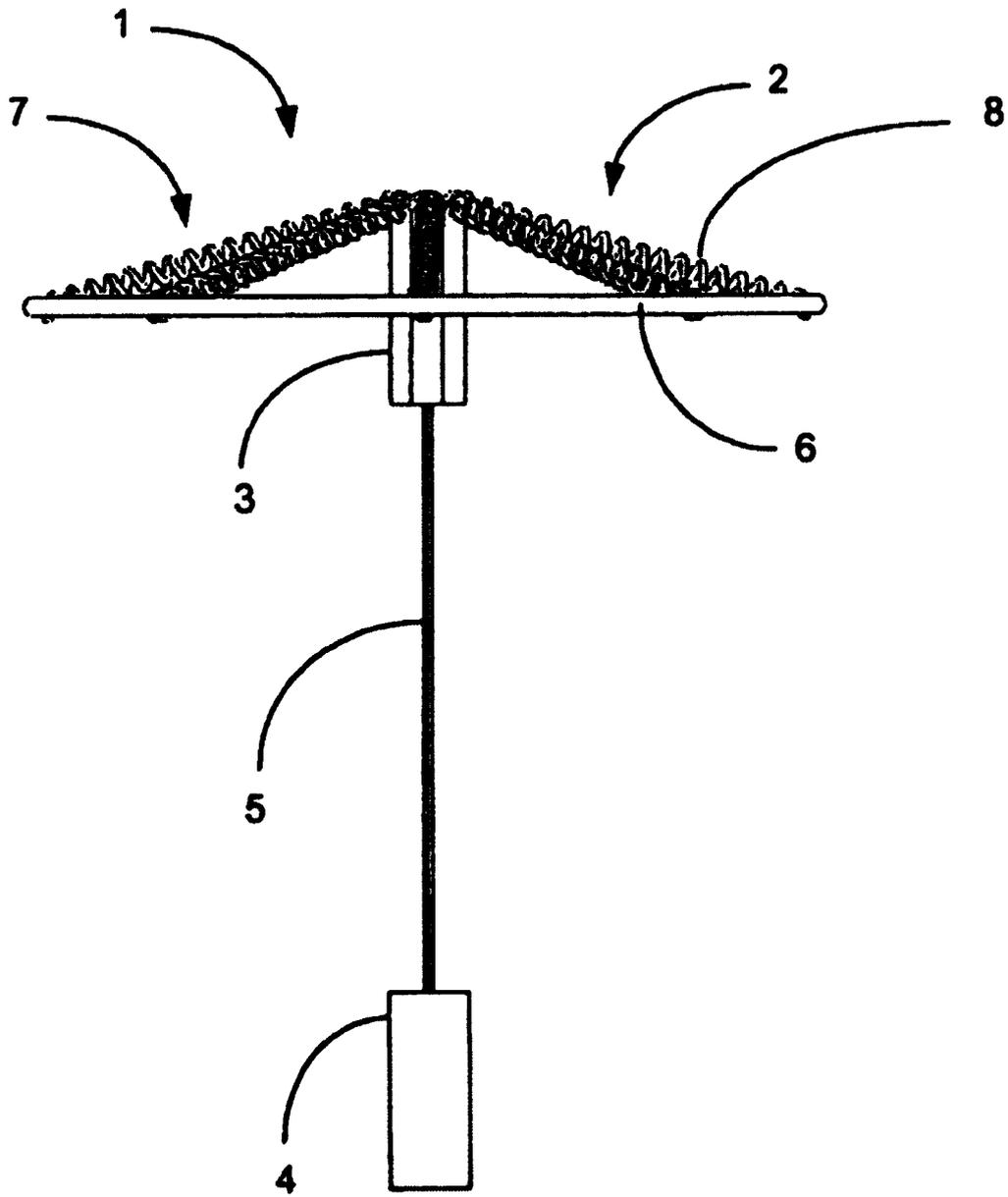


FIGURA 4

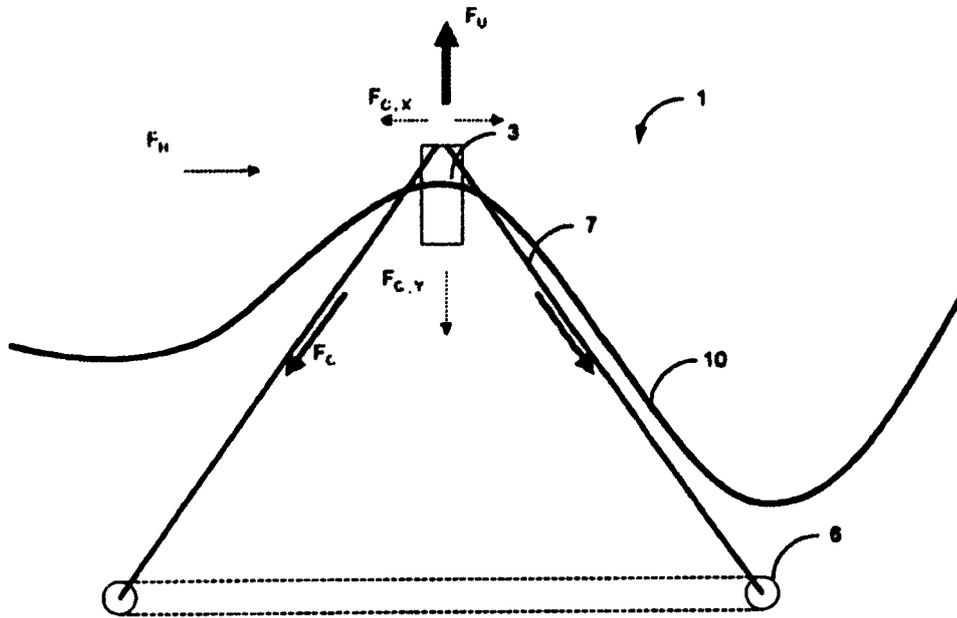


FIGURA 5

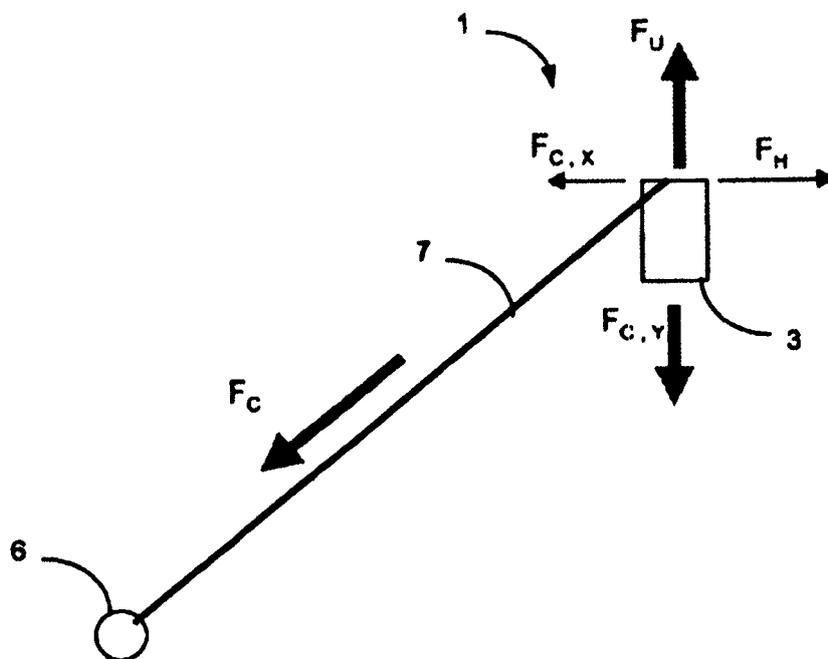


FIGURA 6a

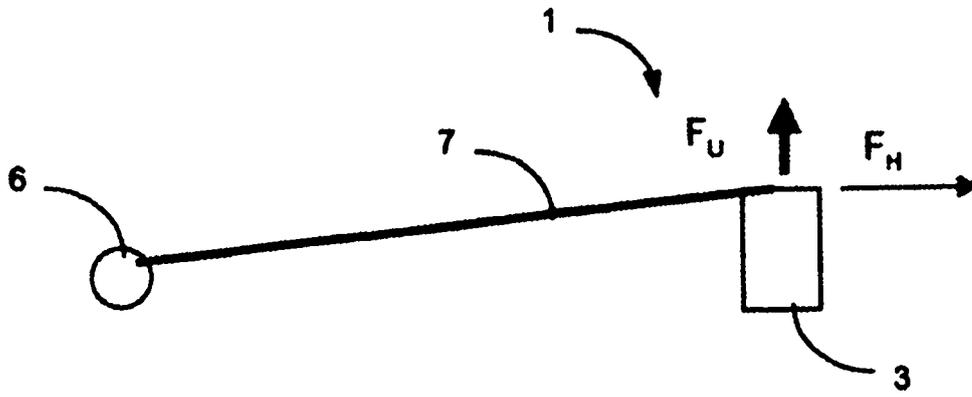


FIGURA 6b

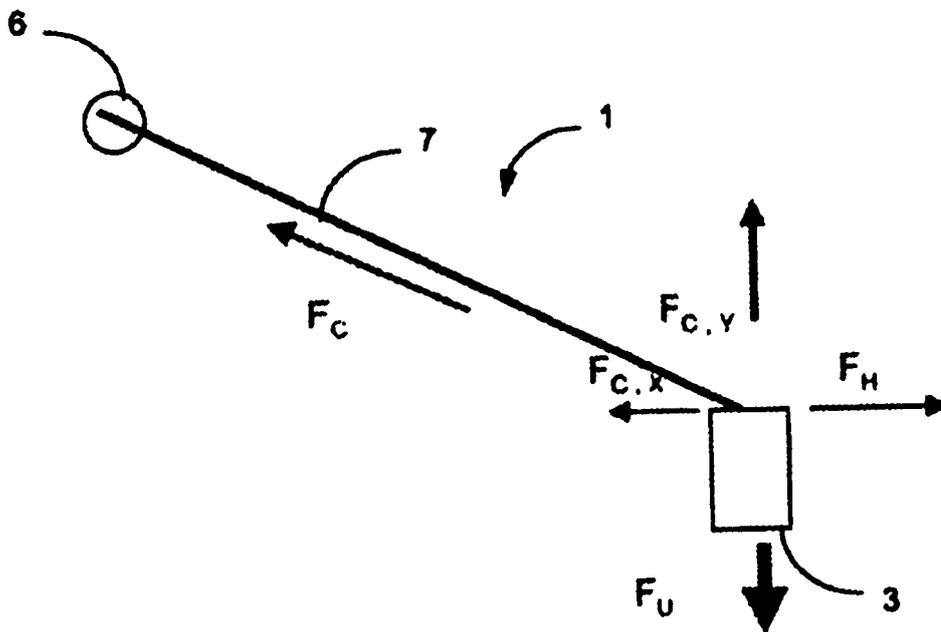


FIGURA 6c

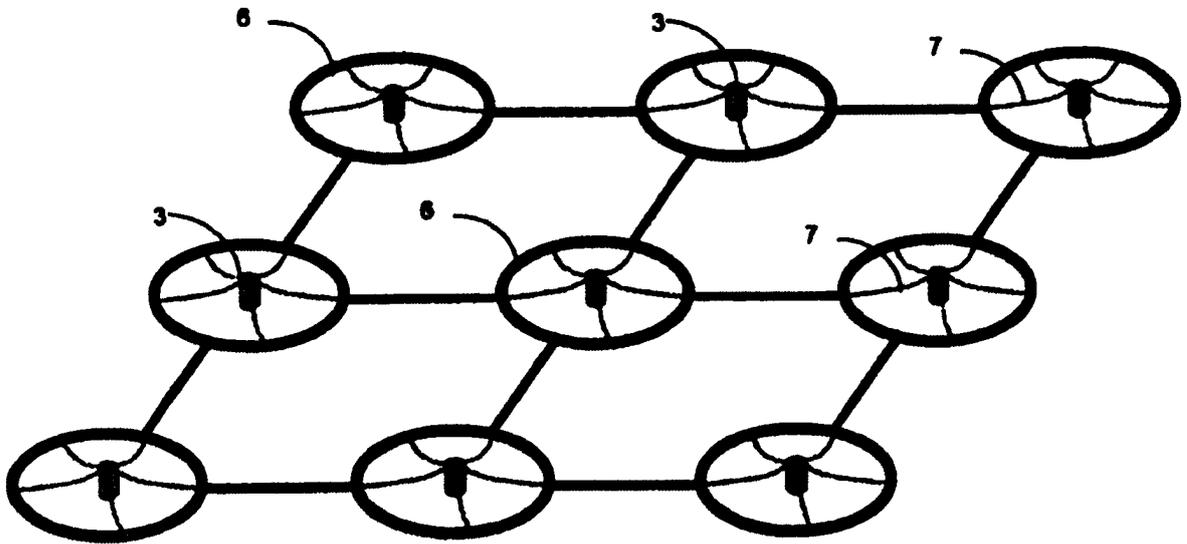


FIGURA 7

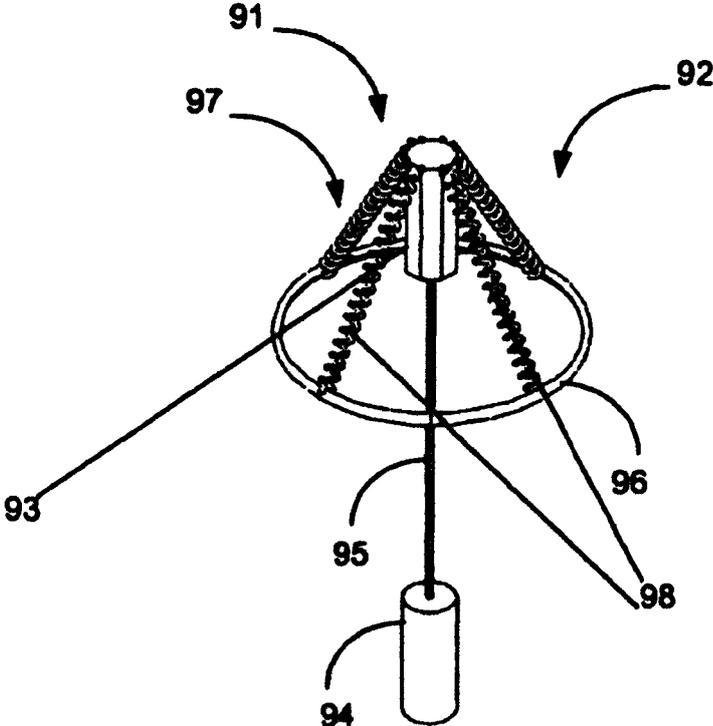


FIGURA 8

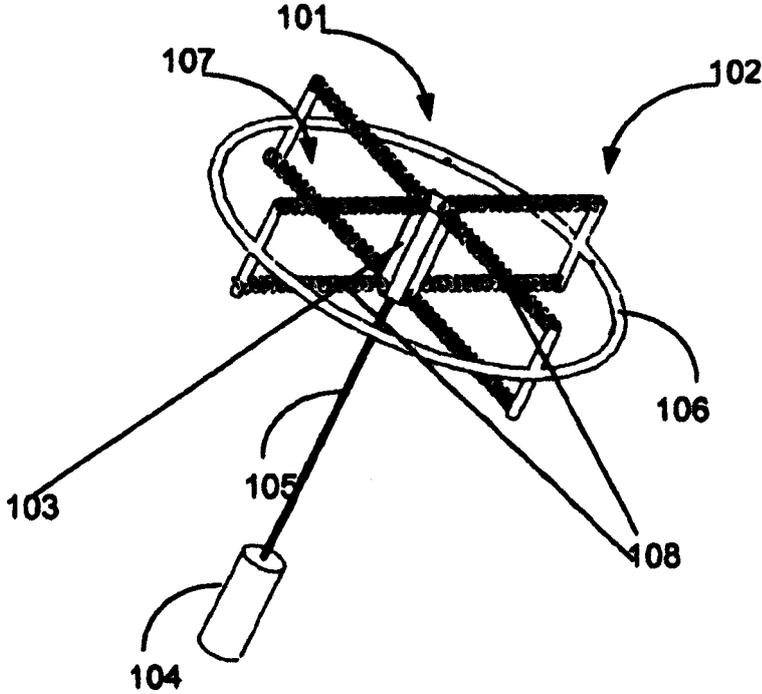


FIGURA 9

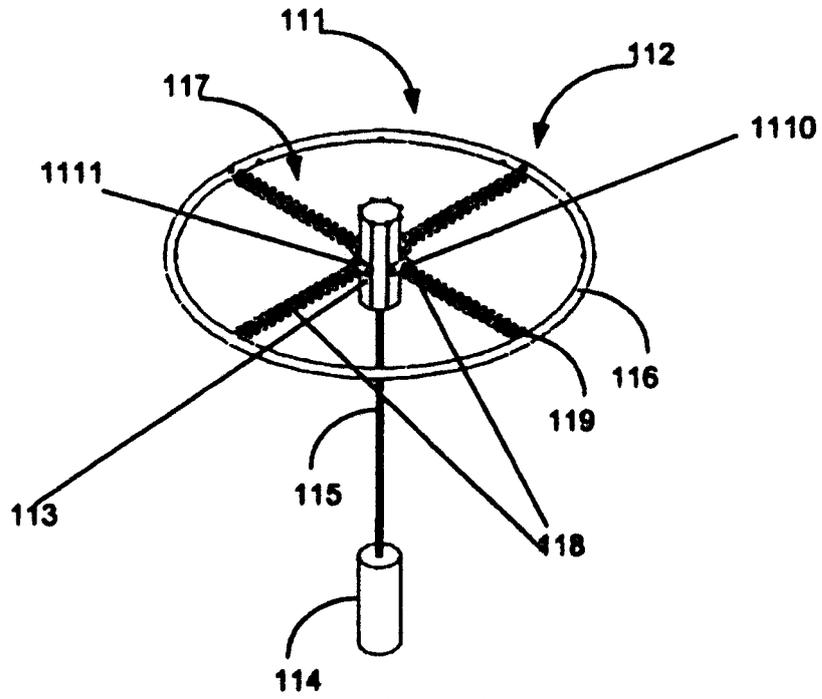


FIGURA 10

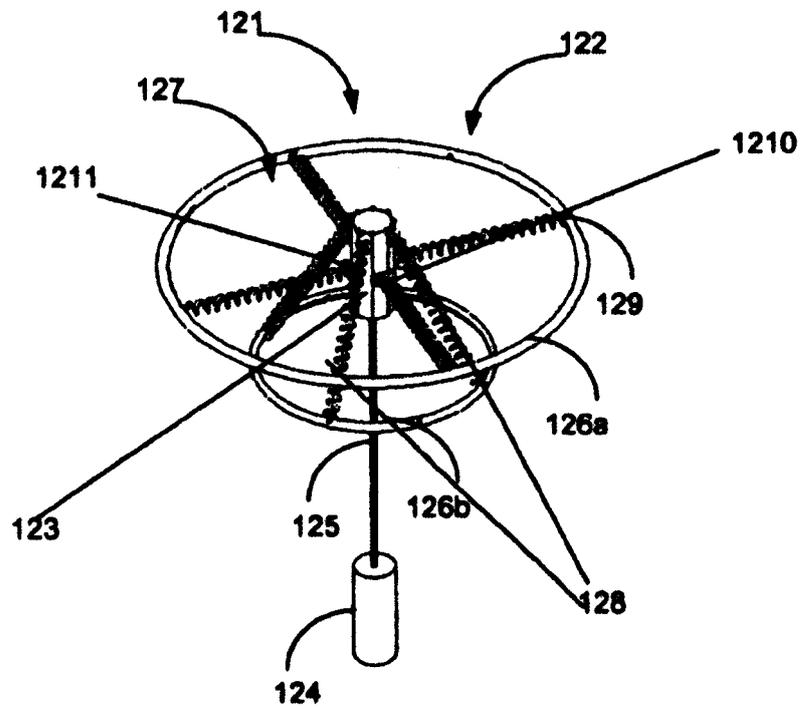


FIGURA 11

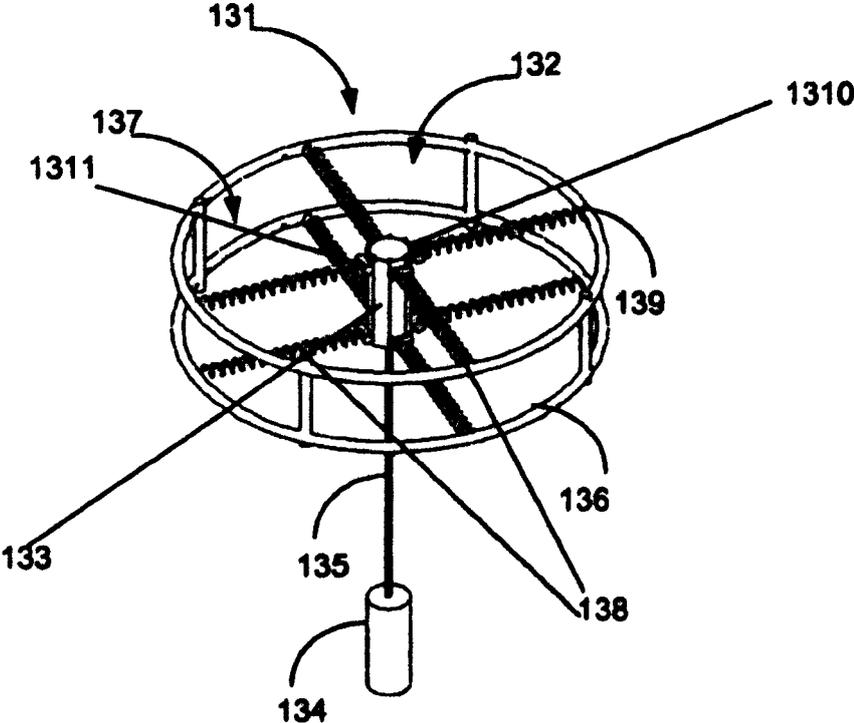


FIGURA 12

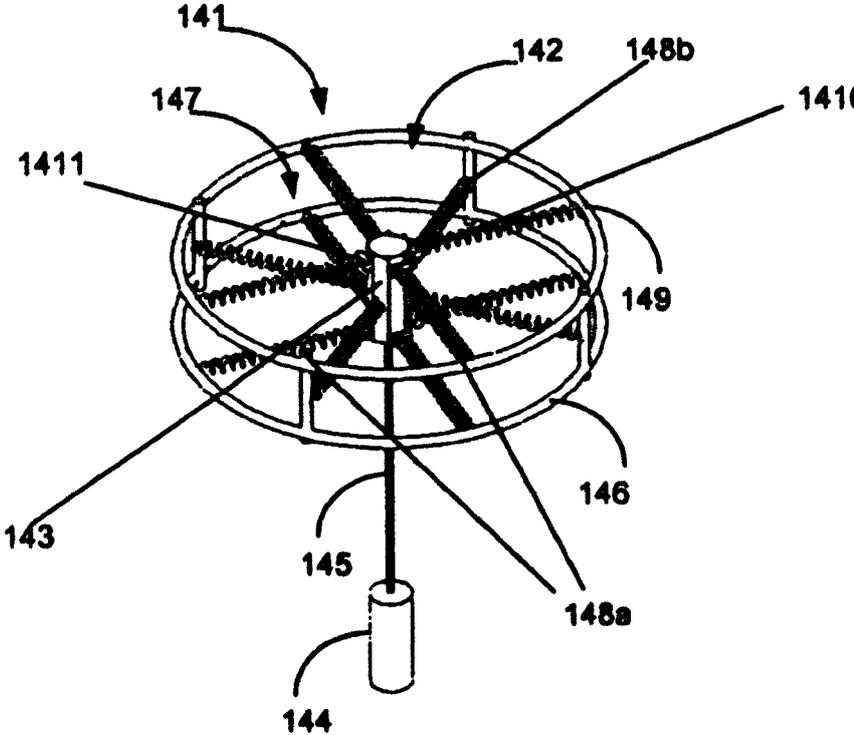


FIGURA 13

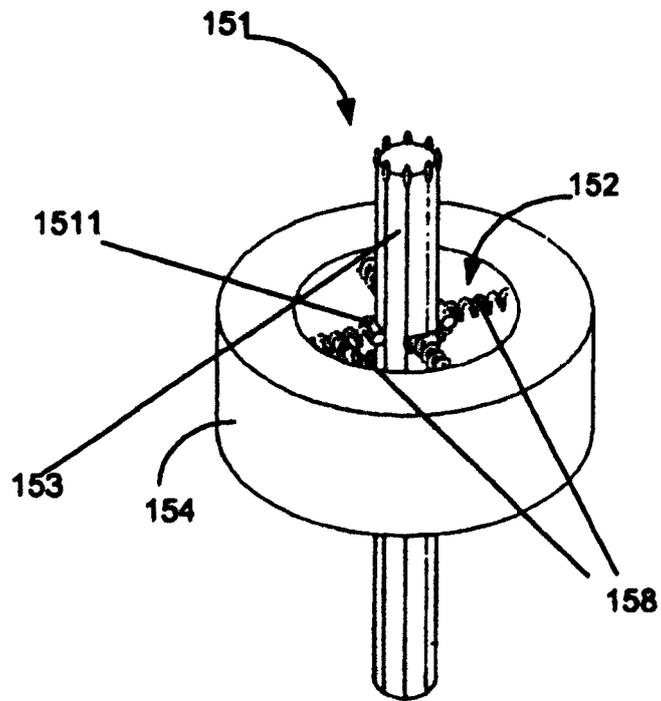


FIGURA 14

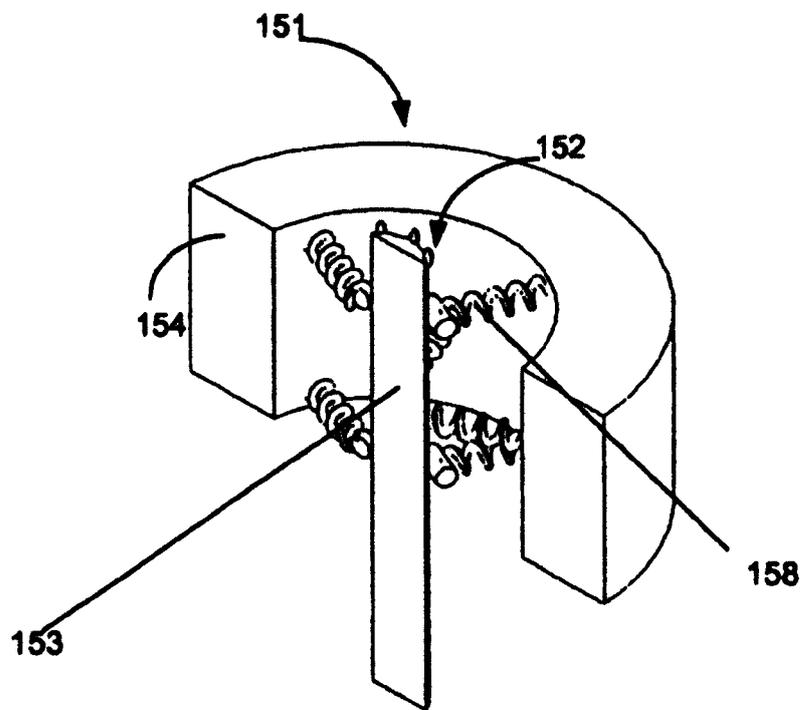
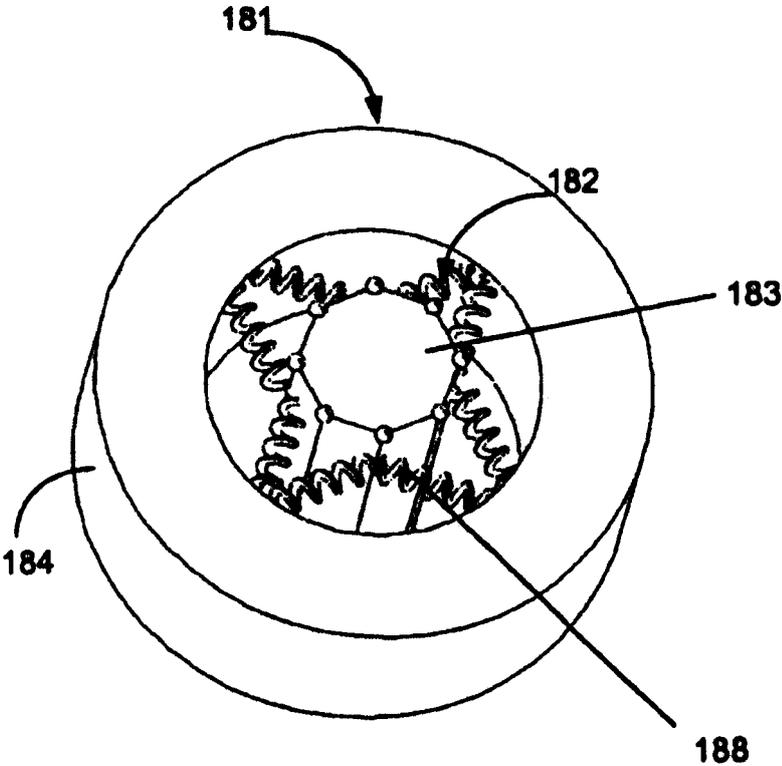
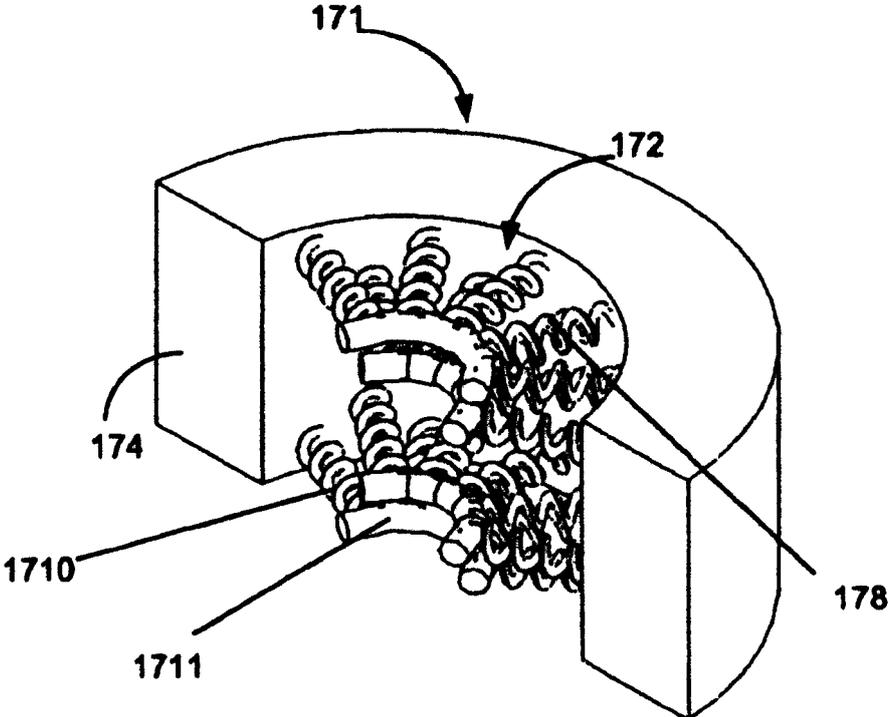


FIGURA 15



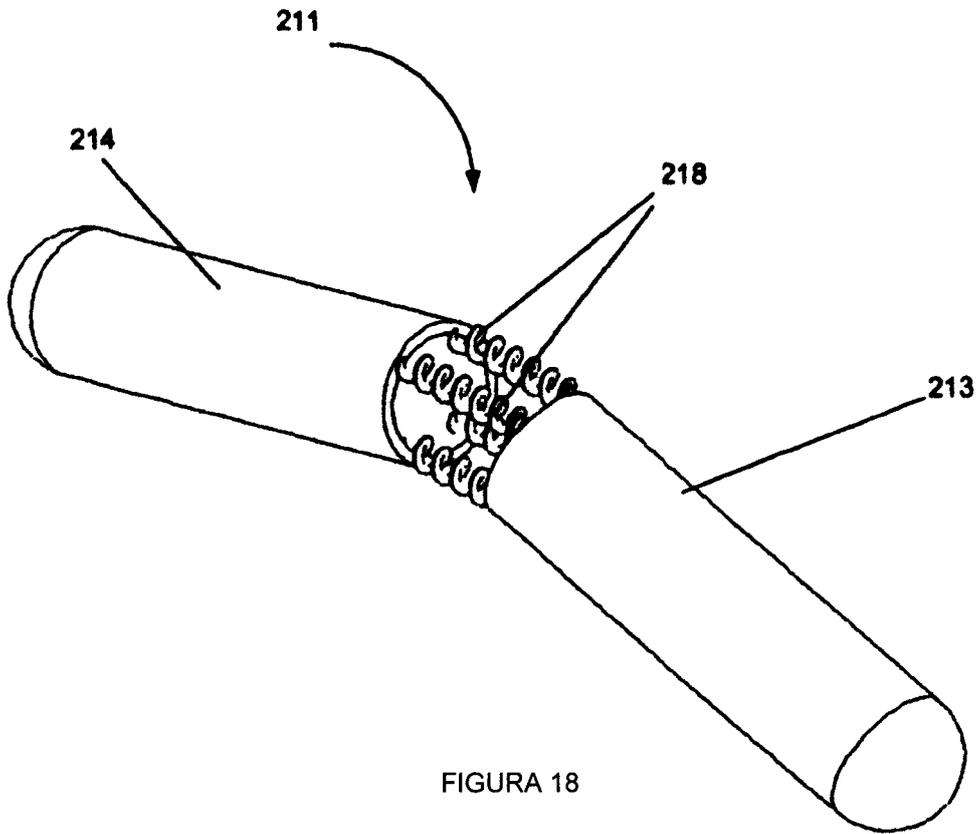


FIGURA 18

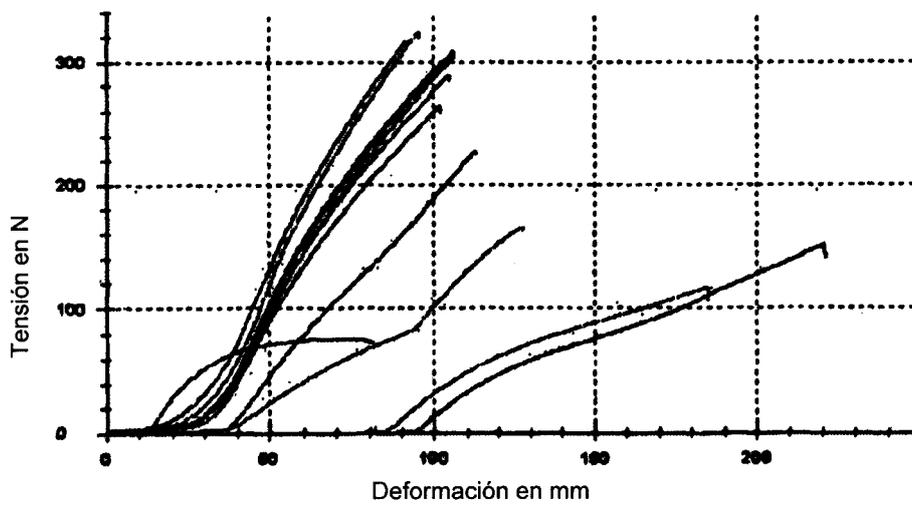


FIGURA 19