

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 065**

51 Int. Cl.:

F03B 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2010 PCT/US2010/000933**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2010 WO10117414**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2010 E 10761956 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2414668**

54 Título: **WEC con aparatos de toma de fuerza mejorados**

30 Prioridad:

30.03.2009 US 211439 P
30.03.2009 US 211440 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.04.2017

73 Titular/es:

OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
1590 Red Road
Pennington, NJ 08534, US

72 Inventor/es:

CHI, WEI-MING y
HART, PHILIP, R.

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 609 065 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

WEC con aparatos de toma de fuerza mejorados

5 Antecedentes de la invención

Esta invención reivindica la prioridad de la solicitud provisional número de serie 61/211,439 presentada el 30/03/2009 POWER TAKE OFF APPARATUS FOR A WEC, y la solicitud provisional número de serie 61/211,440 presentada el 30/03/2009 titulada POWER TOWER FOR WAVE ENERGY CONVERTER.

10

Esta invención se refiere a los dispositivos de toma de fuerza (PTO) mejorados para su uso en sistemas de conversión de energía de las olas (WEC).

15

En general, los WEC incluyen: (a) un flotador (casco) que se mueve en fase con las olas; (b) un mástil o columna que está indistintamente en estado estacionario con respecto al flotador o se mueve fuera de fase con relación al flotador; y (c) un dispositivo de toma de fuerza (PTO) acoplado entre el flotador y mástil para convertir su movimiento relativo en una forma útil de energía (por ejemplo, energía eléctrica).

20

Se han sugerido muchos tipos diferentes de PTO. Sin embargo, existe una necesidad de disponer de un PTO que sea más eficiente, más confiable y más económico que los actualmente conocidos.

25

La tecnología WEC actual, como se muestra en la Fig. 1, se basa en el flotador 1 que se mueve a lo largo y en fase con la superficie de la ola, pero guiado por el mástil 2 que tiene un extremo sumergido conectado al lecho marino o a una placa de empuje 3 que hace que el mástil esté relativamente estacionario. El movimiento lineal relativo entre el flotador y el mástil se transfiere a través de un puente 4 a través de una varilla lineal de empuje 5 para accionar un sistema de toma de fuerza 10 situado en el mástil. A medida que el sistema de toma de fuerza se coloca generalmente en el interior del mástil, deben formarse una cámara hermética de agua y aire dentro del mástil y un sello lineal 30 en la porción superior del mástil.

30

Un problema con la tecnología actual es que tiene que colocarse un sistema de sello lineal en la porción superior del mástil para interconectar la varilla de empuje y asegurar que el agua y el aire no entren en el mástil. El sistema de sello también sirve como un sistema de soporte lineal para guiar la varilla de empuje. El sello lineal es un eslabón débil en el sistema, ya que es extremadamente difícil proporcionar un sellado confiable de este tipo. Por lo tanto, un objetivo es eliminar la necesidad del sistema de sello lineal. Se desea sustituir el sello lineal con un sistema tipo sello de rotación que ha tenido un desarrollo mucho más amplio y es generalmente más confiable.

35

40

Otro problema con los diseños actuales es que la varilla de empuje necesita transferir el movimiento lineal relativo entre el flotador y el mástil mientras se conecta con el sello lineal. Además de la limitación general de la longitud del golpe, la varilla de empuje tiene que manejar cargas significativas tanto en la compresión como en la tensión, y también debe tener alta resistencia al desgaste. La varilla lineal de empuje es uno de los artículos más caros y más débiles en los diseños WEC actuales. La varilla de empuje también tiene una escalabilidad limitada en sistemas más grandes. Por tanto, se desea sustituir la varilla de empuje por un sistema más confiable y económico

45

Otra técnica anterior incluye los dispositivos descritos en los documentos US6389810, US4753119 y US2008016863.

50

El documento US6389810 describe un dispositivo para convertir el movimiento vertical de las olas en una columna de agua, en trabajo utilizable. El dispositivo tiene un flotador hueco montado en el centro de una camisa de deslizamiento vertical sobre un eje vertical fijo.

55

El documento US4753119 describe un mecanismo de accionamiento para la conversión libre de reacción de un movimiento de rotación en un movimiento lineal con la ayuda de una correa dentada y de un engranaje de accionamiento, en particular para la ubicación rápida y reproducible de herramientas o tablas de herramientas. El documento US2008016863 describe un aparato de generación de energía a partir de la energía de las olas que incluye una base fija, una unidad de boya flotante y al menos un mecanismo de engranaje. La base fija tiene un eje deslizante montado en la misma para la conexión con la unidad de boya flotante.

60

En los sistemas que incorporan la invención, se evitan los problemas con la varilla de empuje y el sello lineal. En contraste con la técnica anterior mostrada en la Fig. 1, en los sistemas WEC que incorporan la invención, se elimina la transferencia del movimiento del flotador a través de una varilla de empuje, así como la necesidad de un sello lineal.

Resumen de la invención

En un aspecto de la invención, se proporciona un convertidor de energía de las olas (WEC) que comprende:

65

un flotador para el movimiento hacia arriba y hacia abajo en fase con las olas;

un mástil para guiar el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador; el mástil tiene una porción superior y una porción inferior con el flotador que se mueve entre las porciones superior e inferior en respuesta a las olas; y un dispositivo de toma de fuerza (PTO) acoplado entre el flotador y el mástil en respuesta a la interacción mecánica del flotador con la porción del mástil próxima al flotador, para la conversión de su movimiento relativo en energía útil, en el que el PTO incluye

- (a) una cremallera que se extiende verticalmente a lo largo de una porción externa del mástil; y
- (b) un convertidor lineal a giratorio acoplado a un generador eléctrico para producir energía eléctrica;

caracterizado porque el convertidor lineal a giratorio se monta dentro del flotador e incluye un miembro dentado para acoplarse con la cremallera y provocar la rotación del convertidor giratorio en función del movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador en relación con el mástil y en donde el convertidor lineal a giratorio incluye:

- (i) al menos dos ruedas dentadas dispuestas de manera que definan un plano generalmente paralelo al plano de la cremallera y en su proximidad inmediata; y
- (ii) una correa dentada de dos caras envuelta alrededor de las ruedas dentadas para acoplar con los dientes de la cremallera; la correa dentada de dos caras tiene un lado exterior y un lado interior, la correa tiene dientes en su superficie exterior para acoplarse con la cremallera y tiene dientes en su superficie lateral interior para acoplarse a una rueda dentada y provocar que las ruedas dentadas giren en respuesta al movimiento del flotador en relación con la cremallera y su mástil.

En la discusión que sigue y en las reivindicaciones adjuntas, el término "dentado" tal como se aplica a una superficie de una estructura, pretende generalmente incluir cualquier diente, cresta y/o cualquier tipo de extensiones normales a la superficie en la que su función principal es el movimiento o transmitir el movimiento. El término "rueda dentada" se refiere a cualquier diente como proyecciones dispuestas sobre un anillo de rueda para acoplarse con otras uniones dentadas, tales como correas, cadenas, cremalleras, etc. Los términos "rueda dentada" (también a veces simplemente referenciado como una "rueda dentada") y "engranaje" pueden usarse indistintamente para referirse a una rueda dentada o cilindro u otro elemento de máquina que engrana con otro elemento dentado para transmitir el movimiento o para cambiar la velocidad o la dirección. Una "cremallera" se refiere a una barra o carril dentado que se destina para engranar con otra unión o estructura dentada.

En otra modalidad, el PTO puede incluir una cremallera conectada a lo largo de una longitud seleccionada del mástil (o flotador) y una rueda dentada montada de forma giratoria, montada dentro del flotador (o mástil). La rueda dentada se diseña para acoplarse a la cremallera a través de la correa dentada, por lo que la rueda dentada gira a medida que el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo. Los generadores eléctricos se conectan a la rueda dentada para generar energía eléctrica a medida que las ruedas dentadas giran. En una modalidad particular, la cremallera puede tomar la forma de una cadena envuelta alrededor de las ruedas dentadas con los extremos de la cadena asegurados al mástil.

Alternativamente, las ruedas dentadas pueden montarse de forma giratoria sobre, o en el mástil, y la cadena puede conectarse al flotador para provocar que las ruedas dentadas giren a medida que el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo. Como anteriormente, los generadores se conectan a los ejes de las ruedas dentadas para generar la energía eléctrica a medida que las ruedas dentadas giran.

En los sistemas que incorporan la invención, una multiplicidad de carriles de soporte de mástil pueden extenderse desde el mástil central, cada carril tiene una estructura tipo cremallera que se extiende a lo largo del carril. Una pluralidad de módulos PTO, uno o más por carril, se pueden formar dentro del flotador. La ventaja de utilizar una pluralidad de módulos PTO es que, si algún módulo falla, los módulos restantes funcionan para proporcionar energía.

De acuerdo con un aspecto de la invención, un par de módulos PTO pueden interconectarse situados a cada lado de un carril de soporte de mástil, para proporcionar un funcionamiento equilibrado.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el mástil puede mantenerse estacionario indistintamente por la fijación del mástil directamente al lecho marino, como por el acople del mástil a una estructura fija en el lecho marino. Esto puede hacerse para mejorar la captura de energía y la capacidad de supervivencia del WEC a las condiciones climáticas estresantes. Un mástil formado para tener un mecanismo de toma de fuerza de golpe largo, permite al flotador del WEC compensar automáticamente las variaciones de las mareas, así como colocarse para el mantenimiento y la supervivencia a las tormentas. Es decir, el mástil puede fabricarse lo suficiente largo como para permitir variaciones de marea sin tener que mover la posición del mástil. Además, si el mástil se fabrica lo suficientemente largo para que se extienda (por ejemplo, a 10 metros) por encima de la superficie del agua, permitirá una posición de "estacionamiento" para el mantenimiento del WEC y su posicionamiento por debajo de la superficie del agua (por ejemplo, 15 m) para la supervivencia a las tormentas.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos que no se dibujan a escala y en los que números de referencia iguales indican los mismos componentes:

La Fig. 1 es un diagrama simplificado de un WEC de la técnica anterior en el que el movimiento del flotador se transfiere al accionar una varilla de empuje para operar un PTO;

5 Las Figs. 2A y 2C son secciones transversales verticales altamente simplificadas de una configuración de mástil, flotador y PTO que se utiliza para la realización de la invención;

La Fig. 2B es una vista superior de un mástil con los carriles de soporte del mástil y con un dibujo simplificado de dos módulos PTO acoplados a un carril de soporte del mástil;

10 La Fig. 3 es un dibujo isométrico de dos módulos PTO montados dentro de un flotador y a lo largo de un carril de soporte del mástil, de acuerdo con la invención;

La Fig. 4 es un dibujo ampliado de un módulo PTO revestido, de acuerdo con la invención;

La Fig. 4A es un dibujo isométrico simplificado de parte de una rueda dentada y una correa dentada que pueden usarse en la realización de la invención;

La Fig. 4B es una vista de una correa dentada de doble cara utilizada en la realización de la invención;

15 La Fig. 5 es una interpretación conceptual de un convertidor lineal a giratorio que incorpora la invención y que acciona una caja de engranajes y un generador;

La Fig. 5A es una representación isométrica de un convertidor lineal a giratorio utilizado para la realización de la invención;

20 Las Figs. 6 y 6A son, respectivamente, una vista desde la parte posterior de dos módulos PTO y una vista frontal de los dos módulos, que ilustran que los dos módulos se ubican en lados opuestos de un carril de soporte y del aparato para controlar sus movimientos y para el equilibrio de las fuerzas laterales;

Las Figs. 7A y 7B son, respectivamente, una vista superior y una vista frontal de un sistema PTO de accionamiento por rozamiento, que no forma parte de la invención;

25 La Fig. 7C es un corte transversal del mástil y del flotador de un WEC que ilustra otro aspecto de un sistema PTO de accionamiento por rozamiento que no forma parte de la invención;

La Fig. 8 es un diagrama en sección transversal altamente simplificado de un PTO con un sistema tipo piñón y cremallera que no forma parte de la invención y

La Fig. 9 muestra una estructura WEC que puede usarse para la práctica de la invención.

30 Descripción detallada de la invención

Las Figs. 2A, 2B y 2C ilustran un WEC que incorpora la invención destinado a someterse a las olas oceánicas. Las Figs. 2A y 2C muestran un flotador 1 guiado a lo largo de un mástil 2 con los módulos PTO 10a, 10b que se muestran conectados directamente entre el flotador y el mástil. En respuesta a las olas, el flotador puede moverse a lo largo de toda la longitud del mástil desde un tope superior 200a hasta un tope inferior 200b, como se ilustra en la Fig. 2C. Como se señaló anteriormente, no hay transferencia o conversión del movimiento del flotador a través de un puente y no hay ningún uso de la varilla de empuje o sello lineal, como en la técnica anterior. El dispositivo de toma de fuerza (PTO) de la invención puede incluir una pluralidad de módulos PTO (por ejemplo, 10a, 10b) conectados entre el mástil y el flotador. Las cajas de trazos discontinuos identificadas como 10a y 10b entre el flotador y el mástil, que se dibujan en las Figs. 2A y 2C, pretenden indicar que los módulos PTO de la invención reaccionan directamente a las condiciones existentes entre el flotador y la región del mástil próxima al flotador.

45 El elemento flotante (el "flotador") del WEC se monta alrededor del mástil 2 y puede lastrarse para flotar de forma natural en la superficie del mar. La flotabilidad natural del flotador significa que actuará como un "seguidor de ola" y, por lo tanto, se moverá naturalmente, hacia arriba y hacia abajo (generalmente en fase) con las olas, a media que las olas pasan alrededor del flotador. El flotador debe ser lo suficientemente robusto para sobrevivir en las condiciones marinas y por lo tanto puede fabricarse típicamente de acero con compartimentos en el interior para la flotabilidad, el lastre, y que contengan los elementos de la toma de fuerza (PTO), si se requiere.

50 Un WEC puede formarse por el ensamblaje del flotador y el mástil en la costa y luego remolcar el WEC a una ubicación deseada. Alternativamente, el flotador y el mástil pueden remolcarse por separado, el mástil puede asegurarse, y entonces el flotador puede elevarse en su posición sobre la porción superior de la estructura del mástil. Alternativamente, el flotador puede fabricarse en dos mitades (o dos partes separadas) que pueden remolcarse hasta el lugar del mástil y luego ensamblarse (atornillarse) alrededor del mástil. Los carriles de soporte (por ejemplo, 21a, 21b, 21c y 21d en la Fig. 2B o la Fig. 7C) pueden montarse a lo largo de la superficie exterior del mástil con el flotador diseñado para viajar hacia arriba y hacia abajo de estos carriles, mediante la utilización de los soportes para mantener el flotador en la alineación rotacional mientras se permite el movimiento lineal.

60 Los carriles de soporte también pueden usarse como parte de la construcción de los módulos PTO. De acuerdo con una modalidad de la invención, un mástil 2 puede formarse, como se muestra en las Figs. 2B y 2C, con una multiplicidad de carriles de soporte de mástil (por ejemplo, 21a, 21b, 21c, y 21d) que se extienden desde el mástil. Las facetas opuestas (por ejemplo, 121a, 121b) de cada carril, como se muestra en la Fig. 2c o una superficie del carril en sí (o del mástil), pueden usarse para formar una cremallera lineal a la cual puede acoplarse un módulo PTO. La Fig. 2B muestra dos módulos PTO acoplados a lo largo del lado opuesto de los cuatro carriles de soporte del mástil. Este uso de los carriles

permite la inclusión de una multiplicidad de módulos PTO (por ejemplo, 10a, 10b por carril) y la operación continua del WEC, siempre y cuando uno de los módulos PTO está en funcionamiento.

La Fig. 3 es una vista isométrica simplificada de dos módulos PTO (por ejemplo, 10a, 10b) montados en el flotador 1, diseñado para viajar hacia arriba y hacia abajo a lo largo de un carril de soporte del mástil 21. El carril de soporte del mástil 21 tiene dos facetas opuestas identificadas como 121a y 121b. Estas facetas también pueden referenciarse como los carriles. Las superficies de las facetas o carriles 121a, 121b tienen dientes o muescas y su estructura y función corresponden a las de una cremallera en una disposición de cremallera y piñón. A modo de ejemplo, un metal resistente a la corrosión tal como acero inoxidable o un material no metálico, puede usarse para formar una cremallera lineal (por ejemplo, 121a, 121b), la cual puede acoplarse en ambos lados del carril de soporte del mástil 21, o el carril 21 puede formarse con los dientes que tengan la forma requerida. Los dientes de las cremalleras lineales (121a, 121b) formadas a lo largo de los carriles (por ejemplo, 21a) se diseñan para acoplarse y provocar la rotación de los componentes correspondientes montados en el flotador. En la Fig. 3, las cremalleras lineales (121a, 121b) se destinan para engranar con la superficie exterior de una correa dentada de doble cara 101, envuelta alrededor de las ruedas dentadas 103, 105 y 107.

El flotador y el mástil se mueven generalmente hacia arriba y hacia abajo (es decir, linealmente) uno con respecto al otro. El aparato de la Fig. 3 transforma su movimiento lineal en movimiento rotativo. En la Fig. 3, cada módulo PTO (por ejemplo, 10a, 10b) incluye tres ruedas dentadas (103, 105, 107) dispuestas en una disposición triangular con dos de las ruedas dentadas (por ejemplo, 105, 107) que define un lado de un triángulo y un plano generalmente paralelo al plano de la cremallera y en su proximidad inmediata. Una correa dentada de dos caras 101 se envuelve alrededor de las ruedas dentadas y define una superficie dentada en paralelo a la superficie de la cremallera para la distancia generalmente delimitada por las ruedas dentadas 105 y 107. La correa 101 se mantiene bajo la tensión requerida por medio de una rueda guía 109. Prácticamente toda el área de la superficie de la correa 101 que se extiende entre las ruedas dentadas 105 y 107 puede entonces acoplarse con los dientes de la cremallera y transmitir una fuerza a las ruedas dentadas para provocar que giren en respuesta al movimiento relativo del flotador con la cremallera y su mástil.

El sentido de giro de la correa y las ruedas dentadas, para el movimiento hacia abajo del flotador será opuesto a la dirección del movimiento hacia arriba del flotador. Cuando los módulos PTO accionan un generador AC cuya salida se rectifica, el cambio en la dirección de rotación no afecta la producción de energía. Si se desea tener la rotación unidireccional, puede acoplarse una unidad de embrague en un punto apropiado a lo largo de la unidad que comprende el convertidor lineal a giratorio, caja de engranajes, y el generador.

Algunas de las características del módulo PTO (por ejemplo, 10a, 10b) se muestran con mayor detalle en la Fig. 4. Un generador eléctrico 34 se muestra conectado al eje de la rueda dentada 103. Esto es para propósitos de ilustración solamente. Cualesquiera de las otras ruedas dentadas se podrían haber seleccionado. Además, más de una rueda dentada podría tener su eje accionando un generador de modo que más de un generador podría accionarse por un módulo PTO. Los detalles de una rueda dentada y el acoplamiento de sus dientes (rayos) con los dientes de una correa se muestran en la Fig. 4A. La rueda dentada que se muestra en la Fig. 4A tiene un reborde para evitar que la correa se deslice de la rueda. Además, nótese que los dientes (crestas o dientes) de la rueda dentada se elevan para acoplarse y coincidir con los dientes de la correa. En la Fig. 4B se muestra una correa dentada de doble cara 101 para su empleo en la realización de la invención. La correa 101 tiene una superficie exterior (externa) cuyos dientes se diseñan para encajar y coincidir con los dientes de la cremallera (por ejemplo, formada en un lado 21a). La correa tiene una superficie interior (interna) cuyos dientes se diseñan para encajar y coincidir con los dientes (crestas o dientes) de las ruedas dentadas. Nótese que la correa tiene una anchura sustancial para proporcionar un área de superficie de contacto deseada y sustancial para acoplar con el área de la superficie de su cremallera lineal correspondiente. Una rueda guía 109 se coloca detrás de la correa para asegurar que la correa 101 se acople apropiadamente contra el carril de soporte.

En las Figs. 3 y 4 las ruedas dentadas se montan de forma fija sobre una placa que se mantiene rígidamente en su lugar. Las ruedas dentadas se interconectan en una disposición triangular, con una base del triángulo orientada hacia su correspondiente carril y cremallera. Por lo tanto, la correa 101 se envuelve alrededor de las ruedas dentadas engranada con los dientes de la cremallera lineal y gira en sentido horario o en sentido anti horario a medida que el flotador que contiene el módulo PTO se mueve hacia arriba o hacia abajo.

Como se muestra en las Figs. 5 y 5A, el aparato convertidor de lineal a giratorio (ruedas dentadas 103, 105, 107 y la correa 101) se hace funcionar de tal manera que al menos una de las ruedas dentadas (por ejemplo, 103) tiene un eje 131 que se acopla a una caja de engranajes 32 que a su vez tiene un eje 133 conectado al eje de un generador eléctrico 34. Cada rueda dentada podría tener una combinación similar conectada a su eje. Como se señaló anteriormente, la caja de engranajes se utiliza para aumentar la velocidad de rotación del eje 133 que acciona al generador eléctrico. Cualquier generador adecuado puede usarse para la realización de la invención. El funcionamiento del generador se conoce en la técnica y no necesita detallarse. Una amplia gama de generadores puede usarse para la realización de la invención. Cuando un generador no necesita accionarse a velocidades más altas para lograr el funcionamiento deseado, la caja de engranajes puede eliminarse.

Nótese que el generador puede operar además como un motor. A medida que el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo, en respuesta a las olas, el WEC se utiliza para accionar el generador para generar energía eléctrica (el modo de generador), la energía se capturará y convertirá a medida que el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo. Alternativamente, el generador/motor puede operarse como un motor (el modo de motor) y el motor puede usarse entonces para accionar el flotador hasta la posición de mantenimiento o hacia abajo, a un nivel que está libre de olas y definido como la posición de tormentas. El motor/generador también puede usarse en el modo de motor para las pruebas, o para accionar la energía de regreso al flotador para establecer la resonancia y por lo tanto la captura óptima de energía.

Para un correcto funcionamiento del sistema, es deseable mantener los dientes de la correa de un módulo 101 acoplados con los dientes de su correspondiente cremallera (por ejemplo, 121a, 121b) o carril. Las Figs. 6 y 6A muestran algunos de los detalles para el montaje de los módulos y para lograr un grado de equilibrio en su funcionamiento. La Fig. 6, que es una vista posterior de la parte posterior de dos módulos PTO (por ejemplo, 10a, 10b) y sus cajas y la Fig. 6A que es una vista de fuente de estos dos módulos PTO que ilustra que los dos módulos abrazan sus respectivos lados (por ejemplo, 121a y 121b) de un carril (por ejemplo, 21). El montaje de los módulos y la interconexión de dos módulos situados a cada lado de un carril de un mástil, permiten un buen acoplamiento y el funcionamiento equilibrado. Los dos módulos PTO se ubican en una plataforma 601 que se monta a través de un sistema de suspensión/soporte 603 a una base 605 asegurada al flotador. Los dos módulos se ubican en lados opuestos de un carril de soporte (por ejemplo, 21a). El sistema de plataforma se equipa con resortes de suspensión (o aisladores de choque) 607 entre los módulos y el tope de extremo 609 para acomodar el movimiento relativo entre el flotador y el mástil cuando el flotador se mueve a lo largo del mástil. También se permite a cada módulo PTO deslizarse de forma limitada lateralmente dentro de la plataforma del PTO. Los dos módulos PTO se conectan con un dispositivo de resorte de precarga 611 para tirar de estos dos módulos juntos y aplicar una presión constante contra su carril de soporte común. Dado que ambos módulos pueden deslizarse sobre la plataforma, toda la presión aplicada sobre el carril de soporte se equilibrará (anulará) entre estos dos módulos. Este sistema de fuerza de ciclo cerrado no transferirá la presión local (fuerza) al sistema global del flotador, pero puede asegurarse de que la presión de contacto en las superficies del carril de soporte entre estos dos módulos, sea idéntica.

Las Figs. 7A, 7B, y 7C se dirigen a ilustrar los aspectos de un sistema PTO mediante el uso del accionamiento de fricción. La Fig. 7A es una vista superior de 4 conjuntos de ruedas (710a, 710b, 710c, 710d) montados dentro de un flotador 1 y abrazando a un mástil 2. La figura 7B es una vista en sección transversal frontal del sistema PTO de la fig. 7A, que muestra las ruedas dentro del flotador. La figura 7C es similar a la Fig. 7A, pero muestra el uso de los carriles de soporte del mástil (21a, 21b, 21c, 21d) para permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador con relación al mástil mientras que limita cualquier movimiento de rotación o torsión entre los dos. Las fuerzas se aplican a las ruedas para mantener la tracción adecuada para mantenerlas rodando contra el mástil. Las ruedas se muestran a modo de ilustración solamente; virtualmente podrían ser cualquier dispositivo que pueda girar alrededor de una chumacera o eje. Las ruedas tienen un eje al que se une un generador/motor 34. A medida que el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo, las ruedas pueden y de hecho giran a lo largo de la longitud del mástil. La rotación de las ruedas, que se conectan directamente o por medio de cajas de engranajes a las unidades de motor/generador 34, genera la potencia en la salida de los generadores. Estas unidades de motor/generador también pueden usarse en un modo de "motor" para accionar el flotador hacia arriba a la posición de mantenimiento o hacia abajo a la posición de tormenta. La inflación neumática de las ruedas también da protección natural contra las cargas de impacto, y el número de ruedas permite que las fallas individuales de ruedas o accionamientos, no afecten la operación global del generador de energía.

La Fig. 8 muestra lo que es esencialmente un sistema de piñón y cremallera para la realización de la invención. Una cremallera 121 se puede formar directamente dentro y a lo largo de la superficie exterior un mástil. Una estructura de cremallera (o un eslabón de cadena o una correa dentada) 121 puede formarse de forma independiente del mástil 2 y acoplarse entonces a una superficie exterior del mástil y/o a lo largo de un carril de soporte del mástil. Una rueda dentada 283, que funciona como un piñón se monta dentro del flotador 1, pero se ubica para asegurar el acoplamiento positivo con los dientes de la cremallera 121. La rueda dentada tiene un eje conectado a una caja de engranajes 32, cuyo eje se conecta al de un generador 34. En la Fig. 8 estos componentes se montan todos en el flotador. Cuando el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo, en relación con el mástil la rueda dentada gira y acciona al generador. La cremallera se coloca a lo largo de una superficie exterior del mástil (o a una faceta de un carril de soporte del mástil) y la rueda dentada con su eje acoplado a una caja de engranajes, se coloca dentro del flotador. Alternativamente, la cremallera podría montarse en el flotador y la rueda dentada sobre o dentro del mástil.

La cremallera de la Fig. 8 (y de las otras modalidades) puede sustituirse con una cadena cuyos eslabones actúen como los dientes de la cremallera.

Una cadena (o correa) puede formarse a lo largo del mástil (en sustitución de la cremallera de la Fig. 8) y envolverse alrededor de las ruedas dentadas. En tal modalidad, una de cadena de rodillos pretensionada o una cadena de transportador, se utiliza con ruedas dentadas y ruedas guía. El eje del generador y/o la caja de engranajes se compartirá con una rueda dentada que se acopla con la cadena. Cuando el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo la rueda dentada se gira y acciona al generador y/o a la caja de engranajes. Las modalidades descritas en la presente solicitud muestran una cremallera conectada a las superficies externas de un mástil y los miembros giratorios y el

equipamiento de generación de energía montados en el flotador. Sin embargo, debe apreciarse que un WEC puede diseñarse con los miembros giratorios y los componentes de toma de fuerza (PTO) en el mástil y la cremallera lineal montada a lo largo del flotador, o alguna combinación de ambos.

5 Los WEC que se incorporan a la invención pueden diseñarse para operar en aguas poco profundas o en aguas profundas. En una modalidad, el mástil se diseña para profundidades típicas de agua de mar de 20 a 50 metros y para fijarse al fondo marino por un monopolo fijo o trípode o estructura de armadura. El mástil puede, por ejemplo, ser de 4,5 m de diámetro y muy similar al utilizado por la industria costera de la energía eólica. Tal mástil es barato de fabricar y simple de instalar por la fijación en el lecho marino mediante el uso de un martillo de pilotaje apropiado. Sin embargo, esta opción hasta la fecha sólo se ha utilizado para profundidades de hasta 20 - 25 metros y se apoya en un lecho marino arenoso o fangoso.

15 Como se muestra en la Fig. 9, para profundidades de agua mayores de 25m y/o fondos marinos no aptos para un pilote, pueden usarse un trípode u otra estructura fija como el elemento de cimentación para crear una base fija y plataforma de mantenimiento sobre la cual se monta el WEC. La estructura puede retenerse en el fondo, simplemente por gravedad o anclajes de gravedad o inmovilizarse por pilotes pequeños que pueden cementarse en el lugar en el lecho marino. La estructura del trípode puede fabricarse a partir de acero convencional utilizado como el que utiliza regularmente en las industrias costeras y marinas. Alternativamente, las camisas/conductos pueden unirse al lecho marino, la altura de la camisa/conducto y su apertura estará lo suficientemente alta y amplia para permitir que un mástil se fije razonablemente y asegure dentro de la camisa/conducto.

25 El mantenimiento de un WEC puede llevarse a cabo simplemente por medio de levantar el flotador por encima del agua. En tal caso, el flotador puede conducirse a esta posición mediante el uso del mecanismo PTO que actúa en reversa, o por un mecanismo de elevación separado. Una vez que esté en una posición elevada de mantenimiento, el flotador puede bloquearse en su lugar y luego toda la energía puede aislarse, lo que permite un trabajo seguro en los elementos del PTO en el mástil o el flotador. El acceso a la porción superior del mástil puede proporcionarse por una escalera ubicada en el lado del mástil, y subir a través de un túnel de espacio libre entre el flotador y el mástil. Una vez que se accede a la porción superior del mástil, las bocas de acceso permiten el acceso a los componentes del PTO dentro del mástil y también dentro del flotador que tiene su posición de mantenimiento justo por debajo de la porción superior del mástil, lo que permite un acceso seguro y fácil. Si el mástil se mantiene fijo y el flotador bloqueado a él, el equipo no está sujeto al movimiento y los trabajadores de mantenimiento pueden hacer más fácil su trabajo de mantenimiento/repación. Esto proporciona un acceso más confiable y fácil, que no está sujeto a un amplio rango de condiciones del mar.

35 El sistema WEC puede diseñarse para acomodarse a las condiciones de tormenta en 3 fases:
 1) Para las olas normales y grandes dentro de un rango esperado, se permite que el flotador continúe su movimiento hacia arriba y hacia abajo a lo largo del mástil, y la energía todavía puede ser captada. Si el PTO falla o no hay conexión de agarre, el flotador puede seguir moviéndose (o en "movimiento libre") en esta posición siempre que no haya posibilidad de que los toques extremos se golpeen, los cuales se colocan en cada extremo de la trayectoria total del flotador.
 2) Para las olas más grandes (mareas) que las anteriores, en las que el flotador está en mantenimiento, o no se configura para la inmersión, el flotador puede elevarse a la posición de mantenimiento, donde puede resistir con seguridad las tormentas más normales. Sin embargo, para las olas todavía más grandes, que se define como una condición de tormenta, el flotador puede sumergirse.
 45 3) La inmersión de un flotador por debajo de la superficie del mar a una profundidad en la que estará a salvo de una tormenta (por ejemplo, 10 a 15 metros por debajo de la superficie). En ese nivel, la fuerza de las olas, y especialmente las fuerzas de impulso, disminuyen considerablemente. La inmersión del flotador puede llevarse a cabo de una manera controlada mediante el uso del PTO para conducir al flotador hacia abajo hasta que enganche en una posición de "tormenta". Las precauciones de emergencia pueden incluirse también, por lo que, si el flotador no puede conducirse hacia abajo por cualquier motivo, simplemente se inunda con agua, lo que provoca su hundimiento hasta los toques de extremos inferiores, donde permanecerá de forma segura hasta que la tormenta haya pasado, el agua se bombee hacia afuera, y el flotador vuelva a funcionar normalmente.

55 Así, de acuerdo con un aspecto de la invención, el mástil puede hacerse largo para: (a) reducir el inconveniente y el problema de que el flotador golpee regularmente los toques extremos; (b) permitir una posición de mantenimiento por encima del nivel del mar, y (c) permitir que el flotador quede sumergido para sobrevivir a las tormentas.

Sin embargo, se debe entender que los dispositivos PTO y sistemas que incorporan la invención pueden realizarse con WEC en los que el mástil puede ser flotante o estacionario.

60 Una característica de la invención es que el PTO se basa en un mecanismo de accionamiento mecánico rotatorio e incluye rodamientos giratorios y sellos giratorios. Por lo tanto, se elimina la necesidad de una varilla de empuje o sellos lineales. Las ventajas de la invención por lo tanto incluyen, pero no se limitan a: el uso de componentes más ligeros que los utilizados en un sistema de accionamiento lineal mecánico de unión rígida; el uso de rodamientos giratorios y sellos giratorios, los cuales son más desarrollados y confiables que los sellos lineales; y la eliminación de la varilla de empuje

cara y poco confiable. Las cajas de engranajes hacen posible el funcionamiento de los generadores a una velocidad mayor y más eficiente. Los componentes del PTO pueden ser modulares, lo que permite el mantenimiento y reemplazo en el lugar.

Reivindicaciones

1. Un convertidor de energía de las olas (WEC), que comprende:
 5 un flotador para el movimiento hacia arriba y hacia abajo en fase con las olas;
 un mástil para guiar el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador; el mástil tiene una porción superior y una porción inferior con el flotador que se mueve entre las porciones superior e inferior en respuesta a las olas; y
 10 un dispositivo de toma de fuerza (PTO) acoplado entre el flotador y el mástil en respuesta a la interacción mecánica del flotador con la porción del mástil próxima al flotador, para la conversión de su movimiento relativo en energía útil, en el que el PTO incluye
 (a) una cremallera que se extiende verticalmente a lo largo de una porción externa del mástil; y
 (b) un convertidor lineal a giratorio acoplado a un generador eléctrico para producir energía eléctrica;
 15 caracterizado porque el convertidor lineal a giratorio se monta dentro del flotador e incluye un miembro dentado para acoplarse con la cremallera y provocar la rotación del convertidor giratorio en función del movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador en relación con el mástil y en donde el convertidor lineal a giratorio incluye:
 (i) al menos dos ruedas dentadas dispuestas de manera que definan un plano generalmente paralelo al plano de la cremallera y en su proximidad inmediata; y
 20 (ii) una correa dentada de dos caras envuelta alrededor de las ruedas dentadas para acoplar con los dientes de la cremallera; la correa dentada de dos caras tiene un lado exterior y un lado interior, la correa tiene dientes en su superficie exterior para acoplarse con la cremallera y tiene dientes en su superficie lateral interior para acoplarse a una rueda dentada y provocar que las ruedas dentadas giren en respuesta al movimiento del flotador en relación con la cremallera y su mástil.
- 25 2. Un WEC como el que se reivindica en la reivindicación 1 en donde el generador se acopla al convertidor lineal a giratorio a través de una caja de engranajes que tiende a aumentar la velocidad de rotación del generador.
3. Un WEC como el que se reivindica en la reivindicación 1, en donde el convertidor lineal a giratorio incluye una
 30 correa dentada de dos caras que tiene un lado exterior y un lado interior, los dientes en el lado exterior se acoplan con la cremallera y los dientes en el lado interior se acoplan con una rueda dentada y provocan que giren en función del movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador en relación con el mástil.
4. Un WEC como el que se reivindica en la reivindicación 1, en donde el convertidor lineal a giratorio incluye
 35 medios para mantener la tensión en la correa y los medios para mantenerlo acoplado con su correspondiente cremallera.
5. Un WEC como el que se reivindica en la reivindicación 1, en donde el convertidor lineal a giratorio incluye tres
 40 ruedas dentadas dispuestas en una disposición triangular, con dos de las ruedas dentadas que definen un lado del triángulo y un plano generalmente paralelo al plano de la cremallera y en proximidad cercana a la misma.
6. Un WEC como el que se reivindica en la reivindicación 5, en donde al menos una de las ruedas dentadas se
 45 acopla a un generador para producir energía eléctrica.
7. Un WEC como el que se reivindica en la reivindicación 5, en donde el convertidor lineal a giratorio incluye
 45 medios para mantener la tensión en la correa y los medios para mantenerlo acoplado con su cremallera y mástil correspondiente.

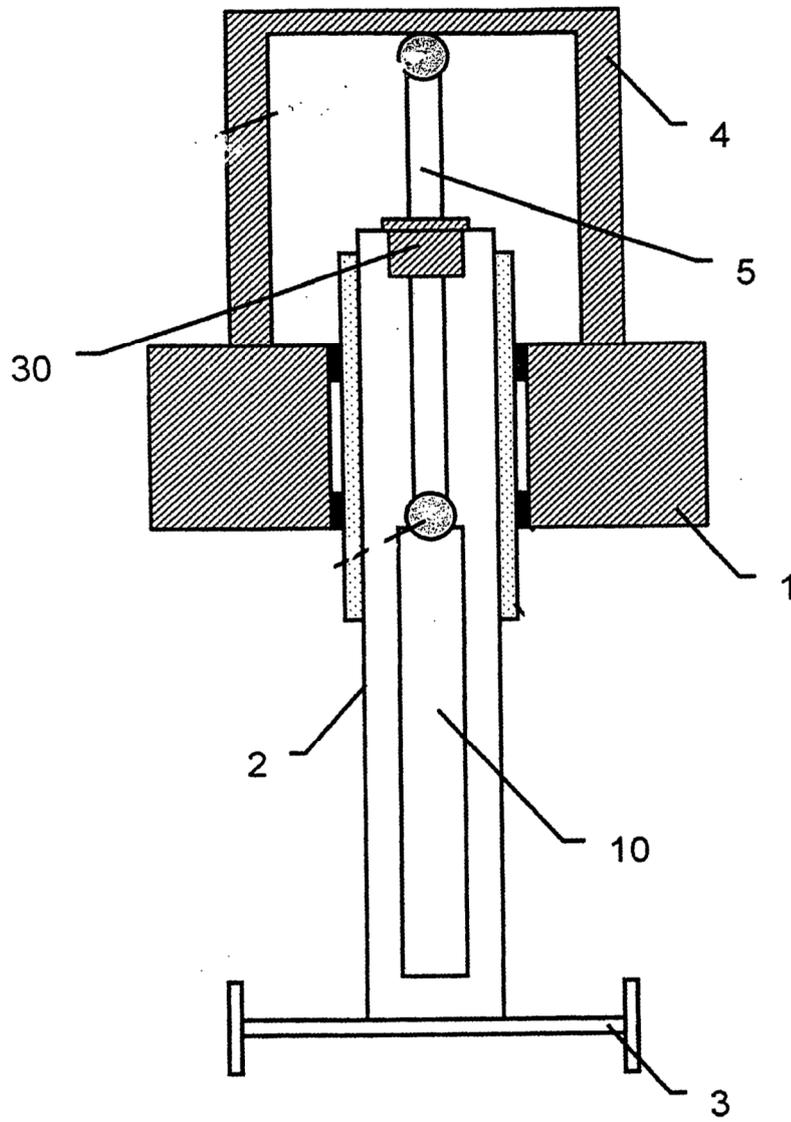


FIG. 1 - Técnica Anterior

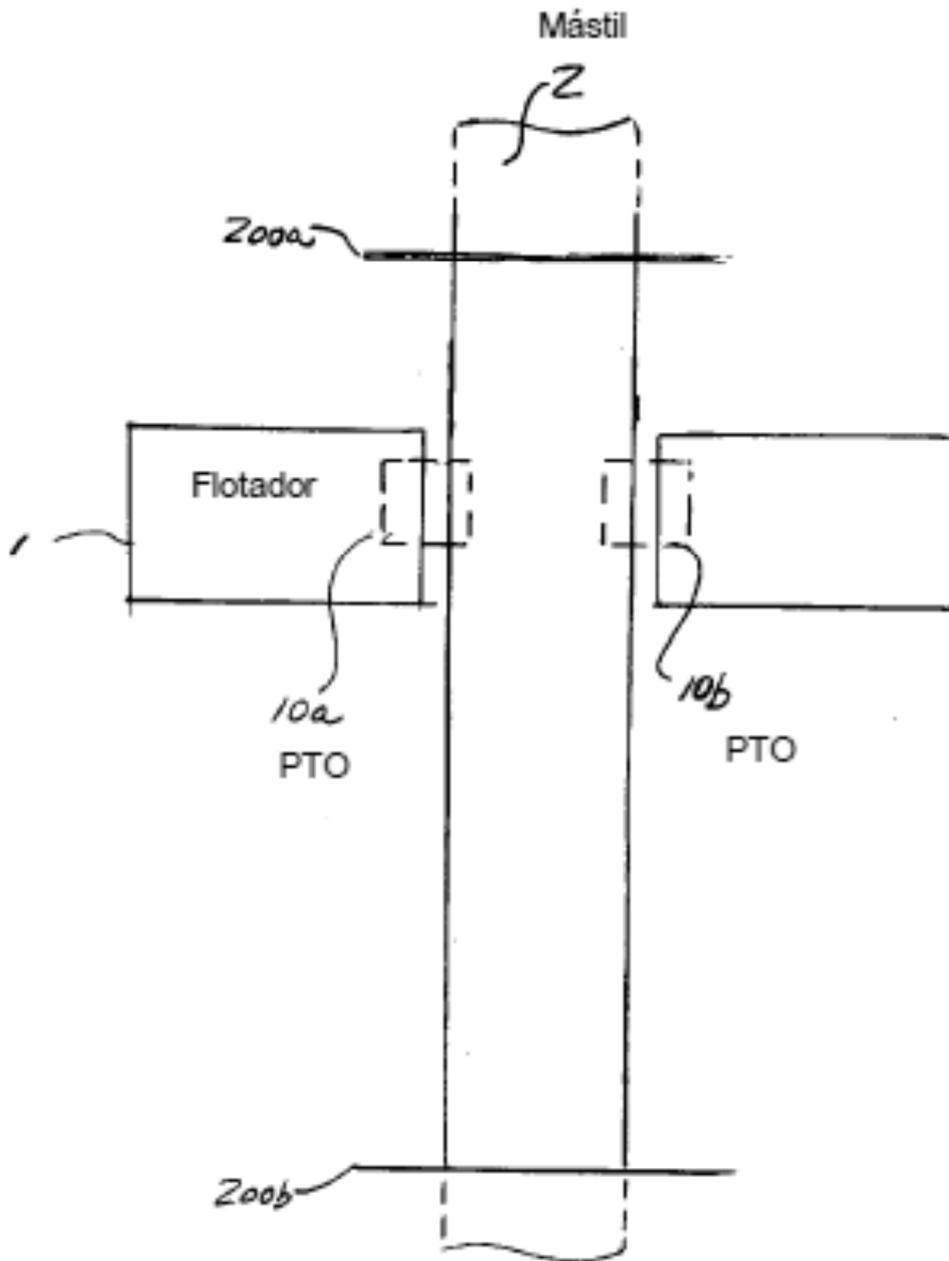
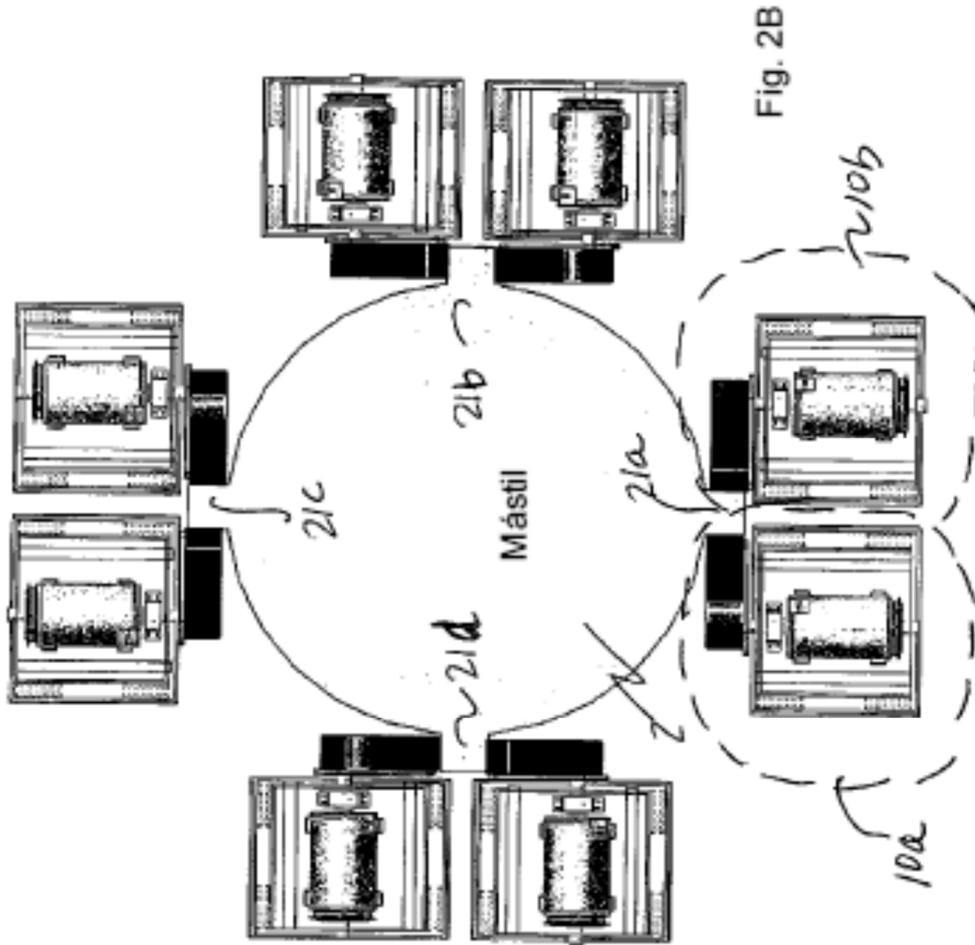


Fig. 2A



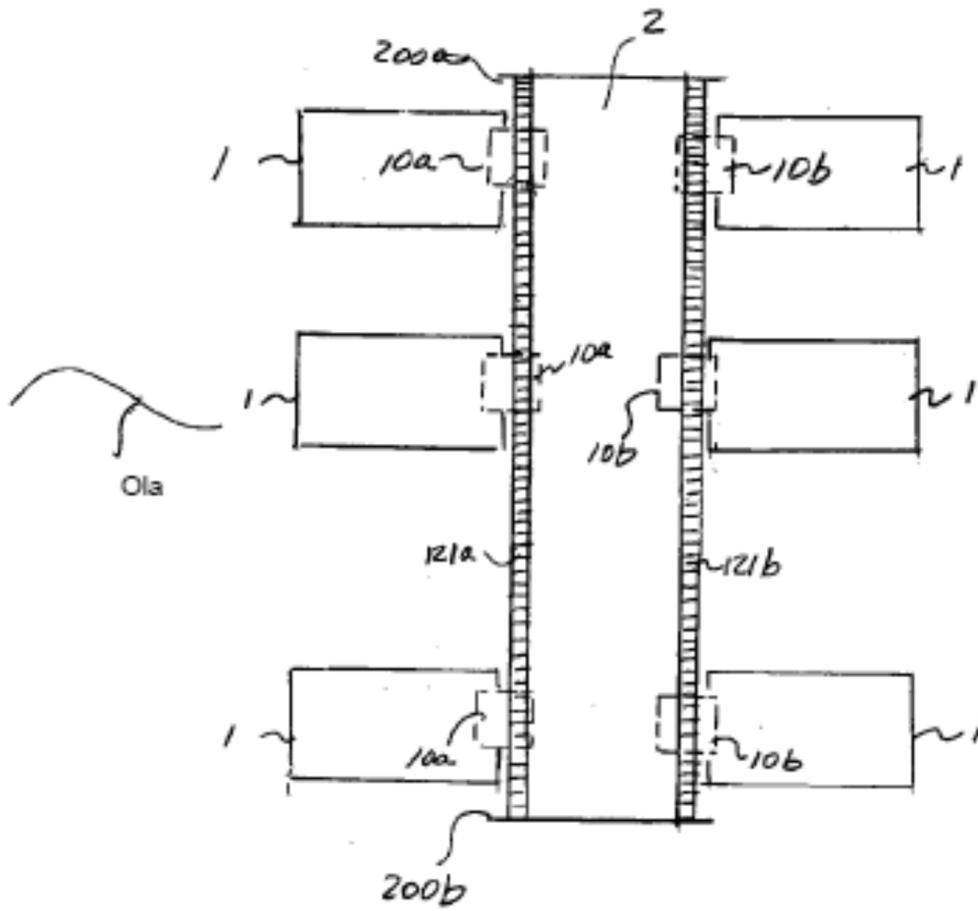
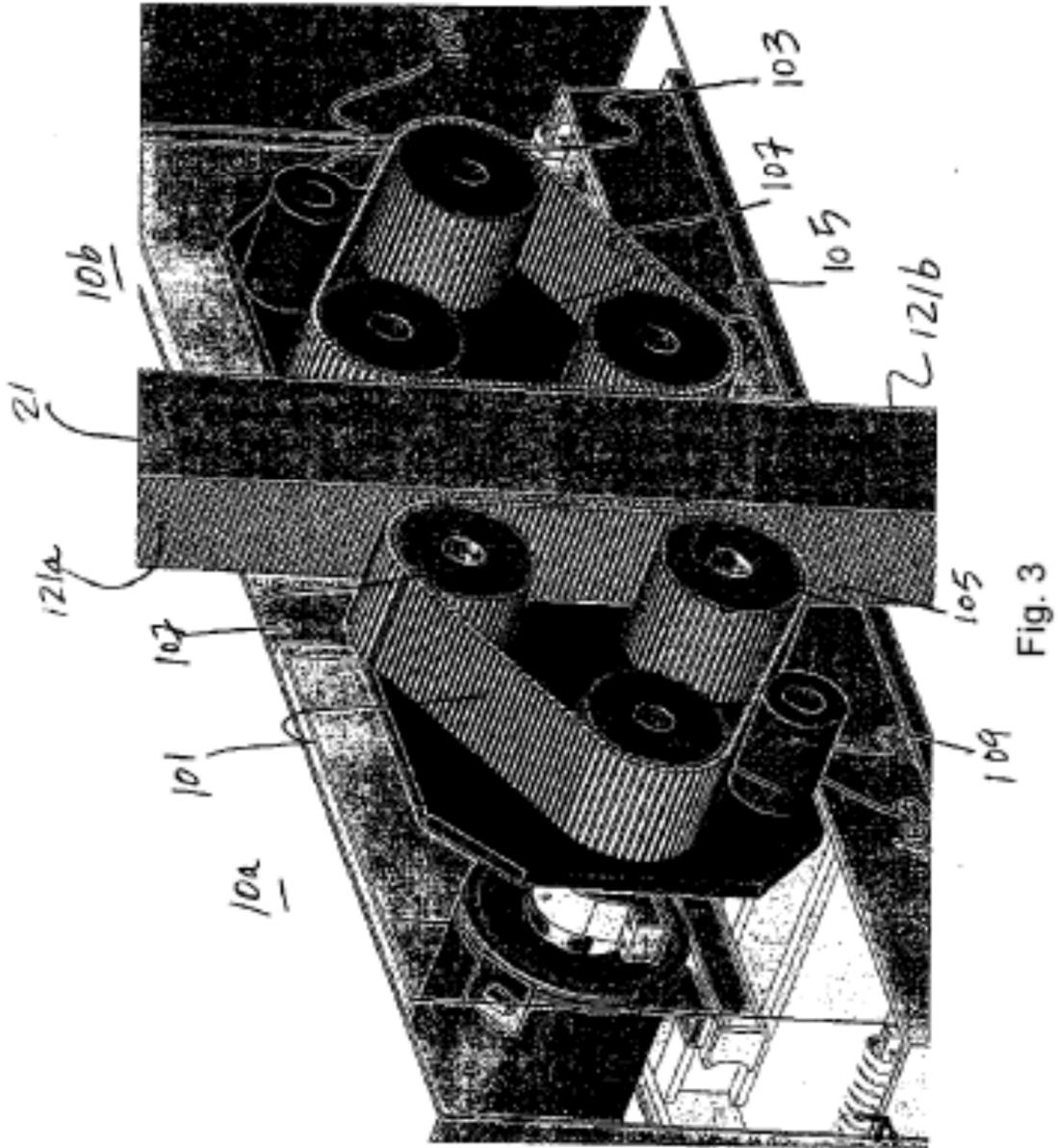


Fig. 2C



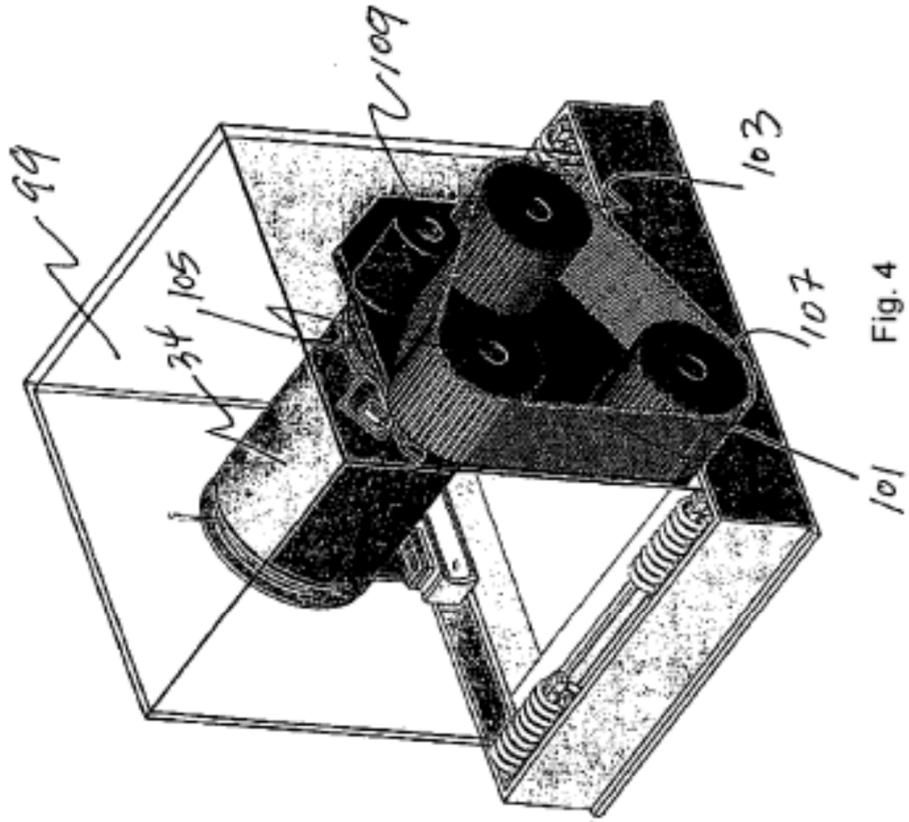


Fig. 4

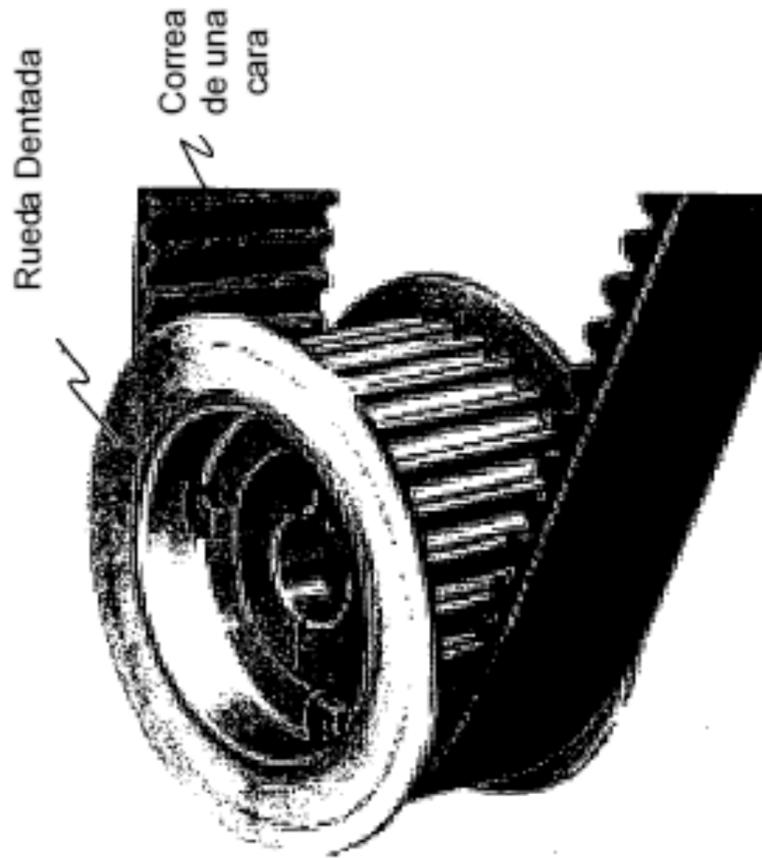


Fig. 4A

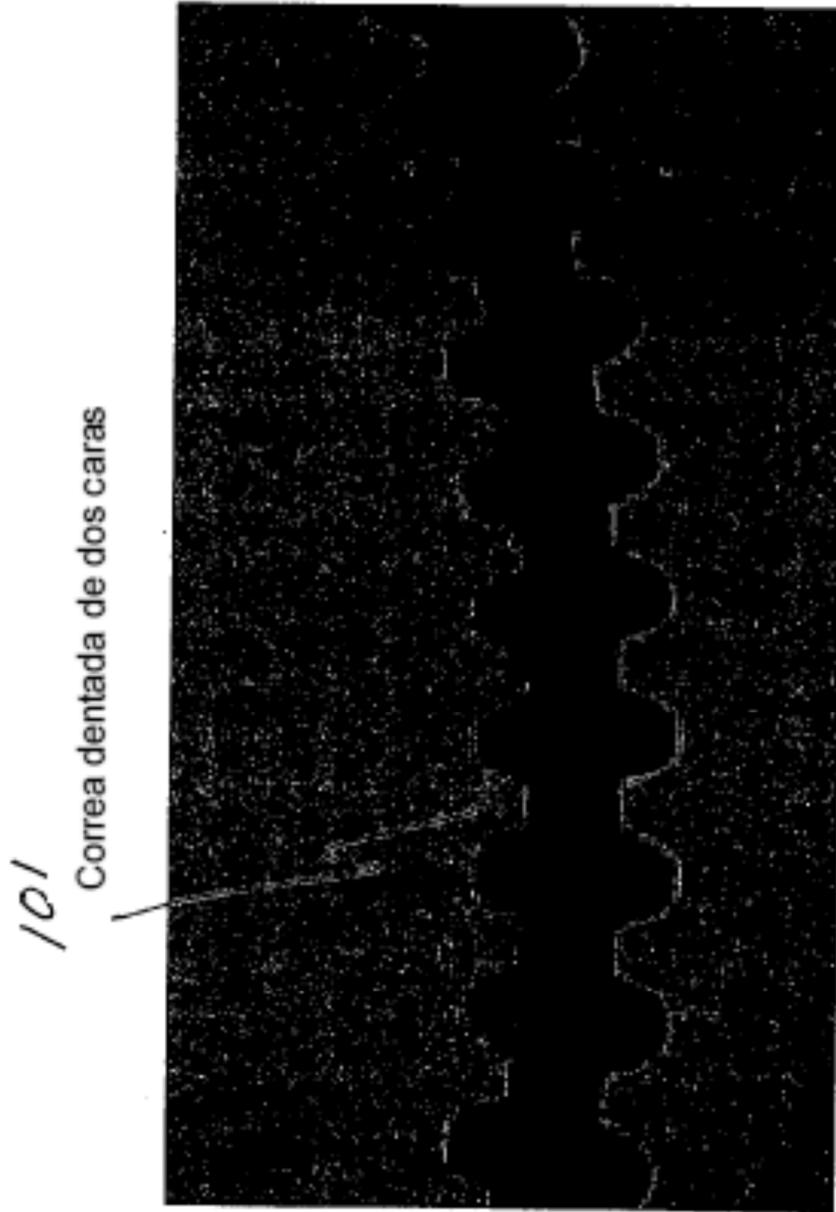


Fig. 4B

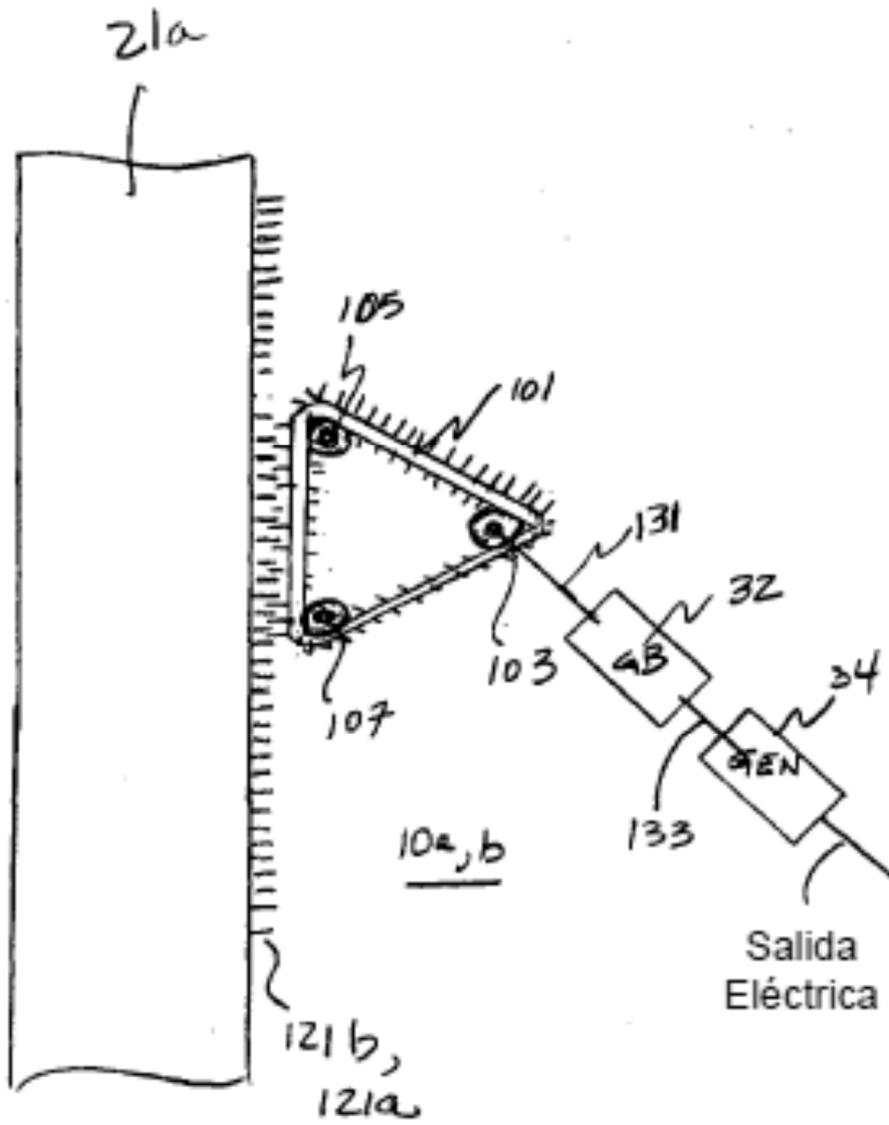


Fig. 5

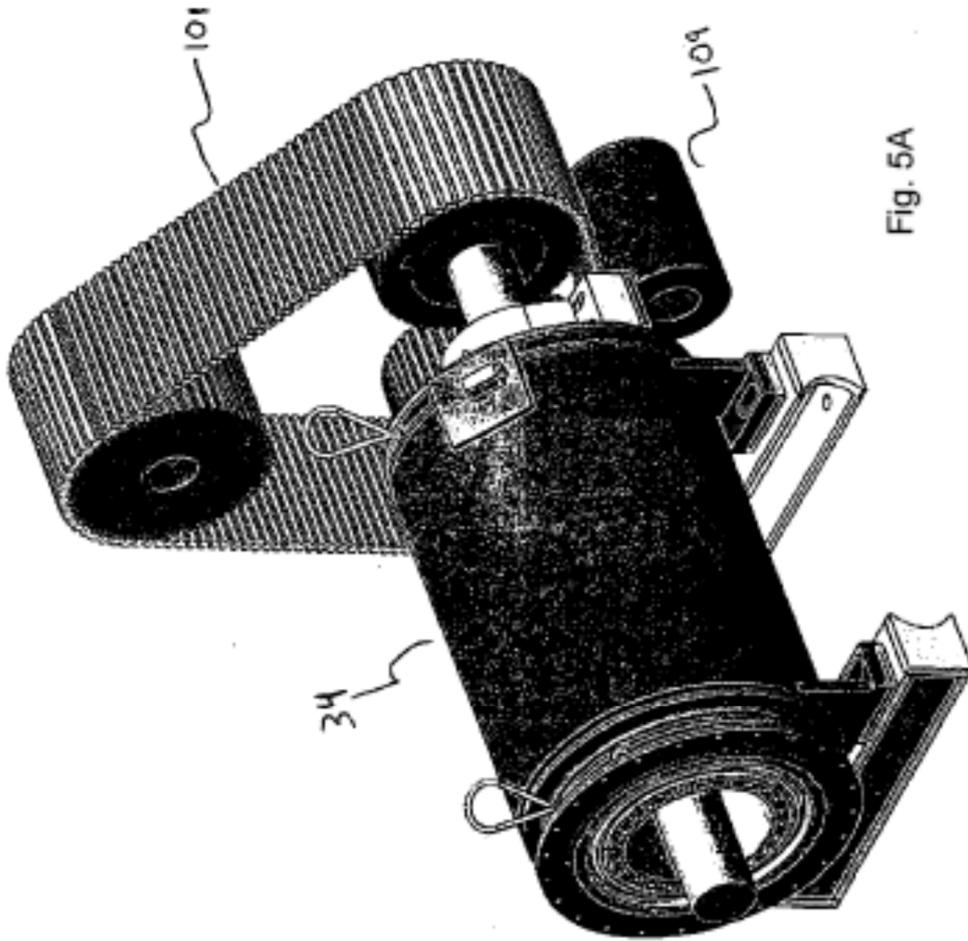


Fig. 5A

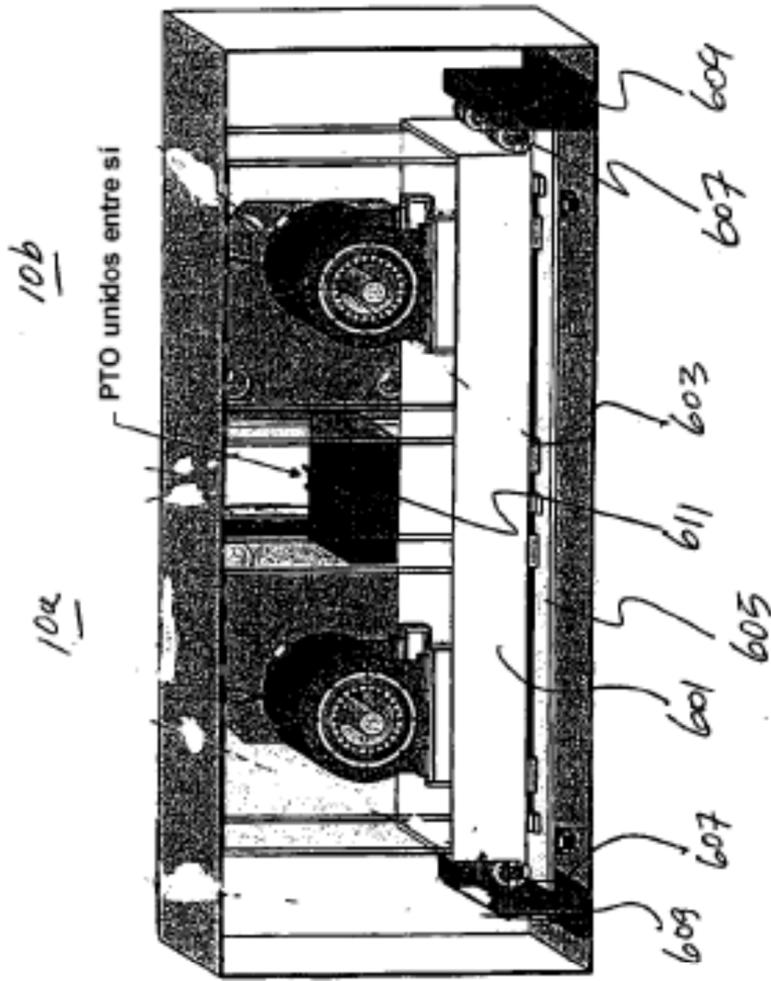


Fig. 6

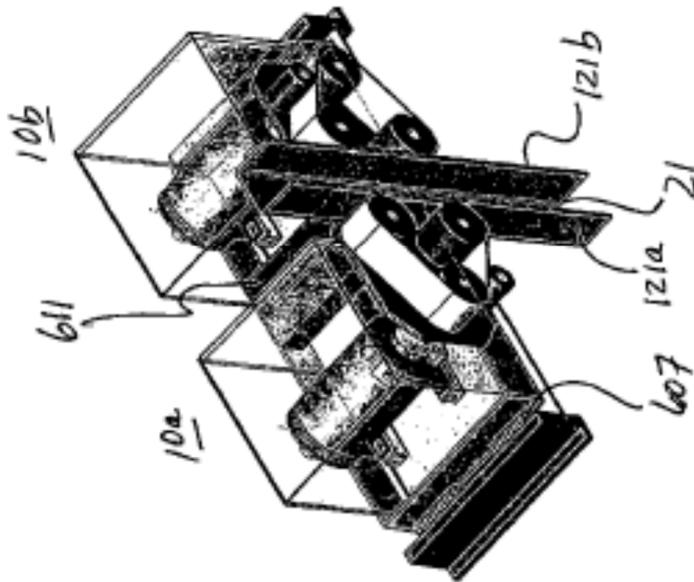


Fig. 6A

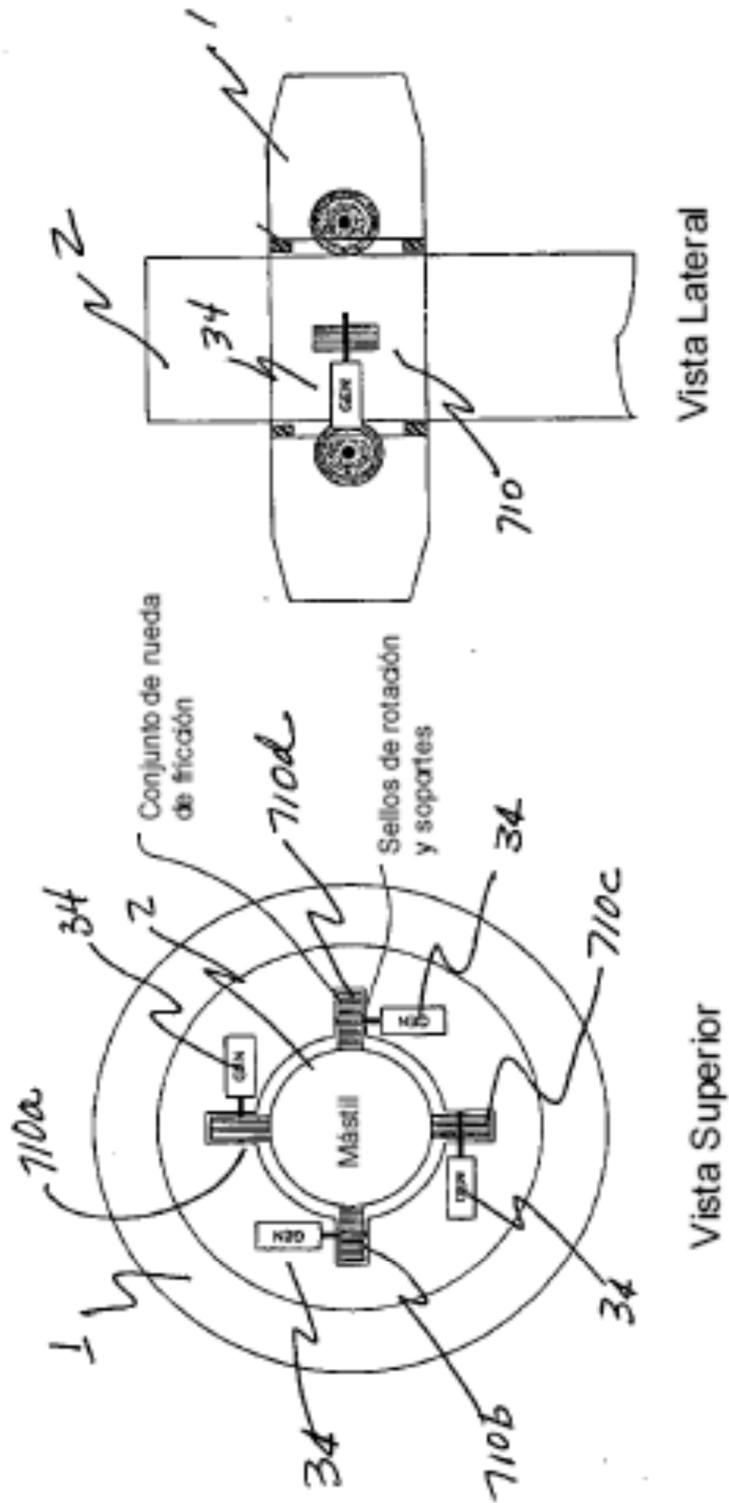


Fig. 7B

Fig. 7A

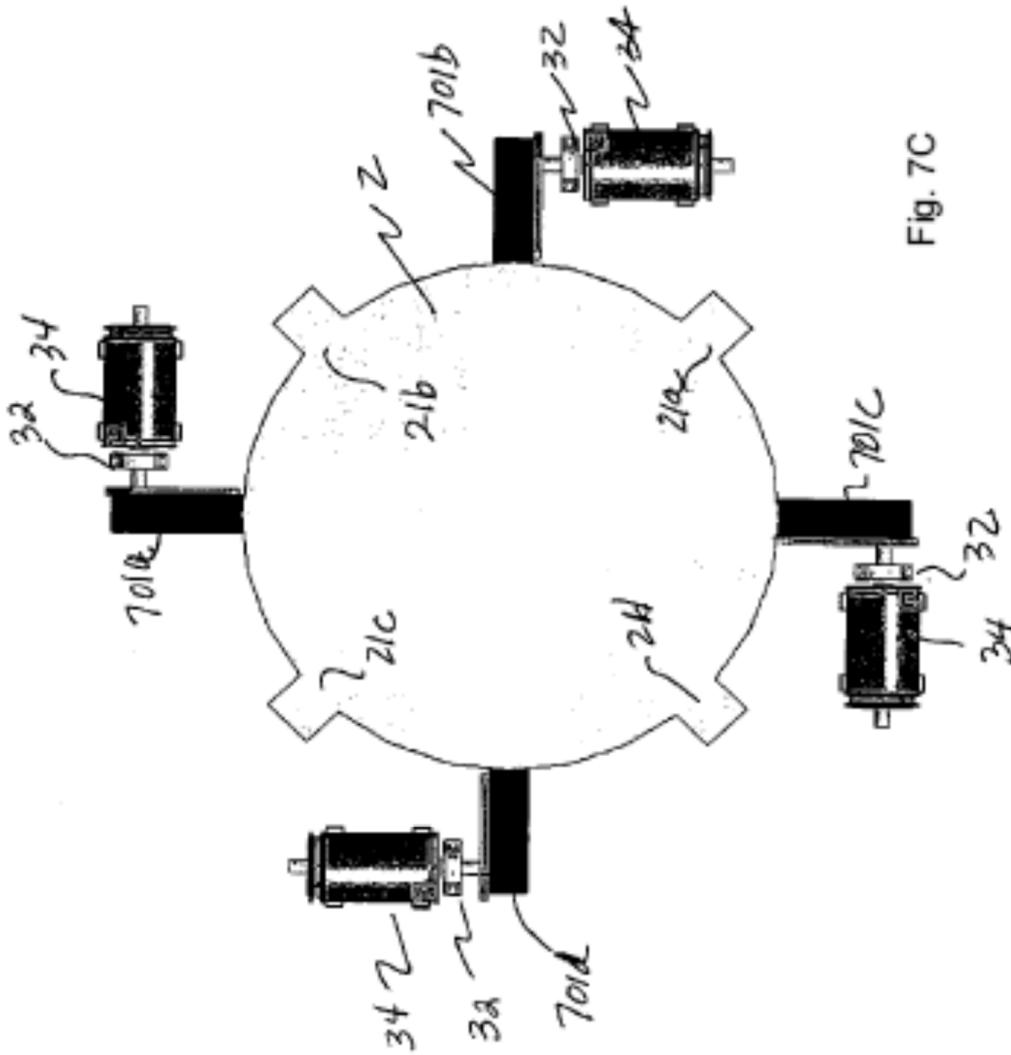


Fig. 7C

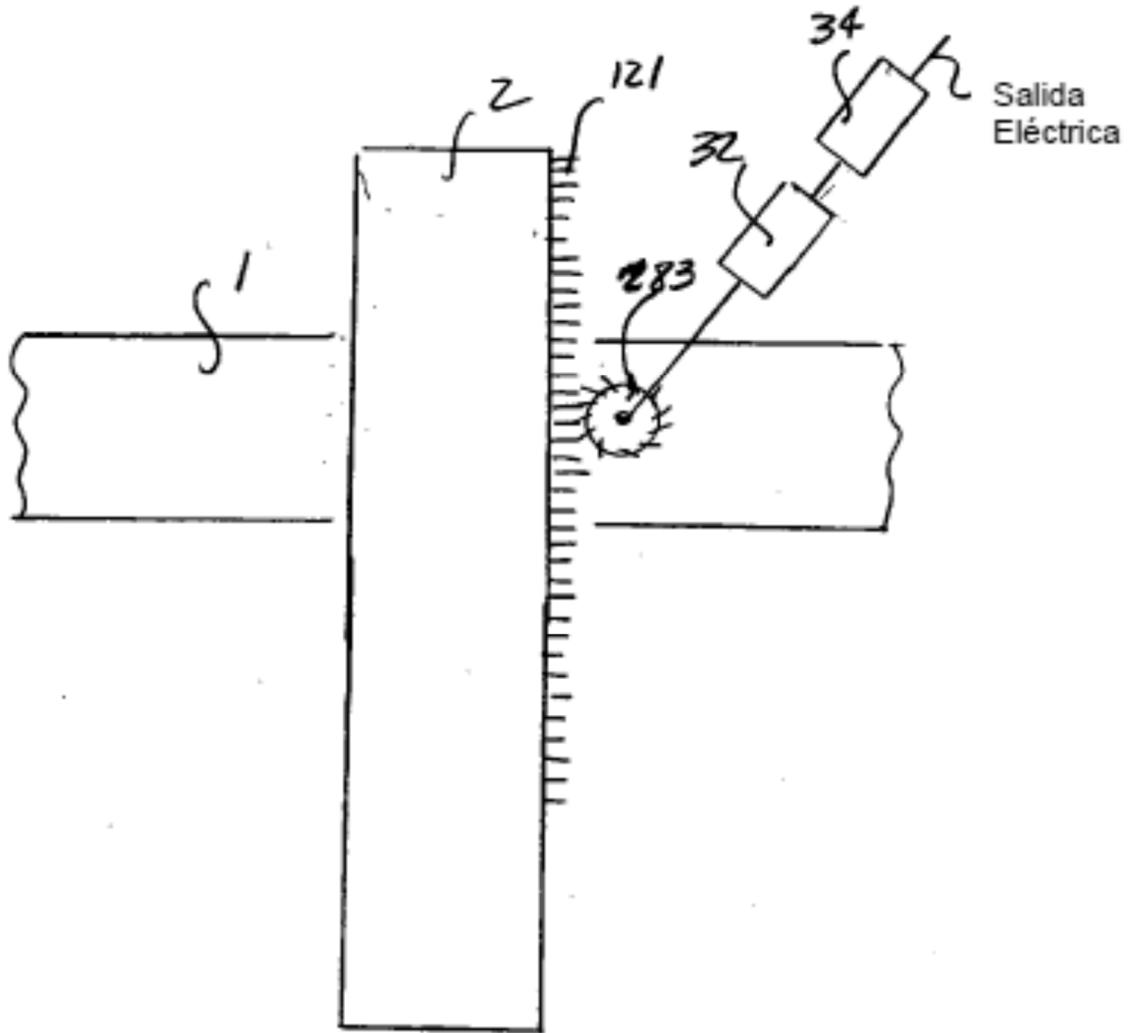


Fig. 8

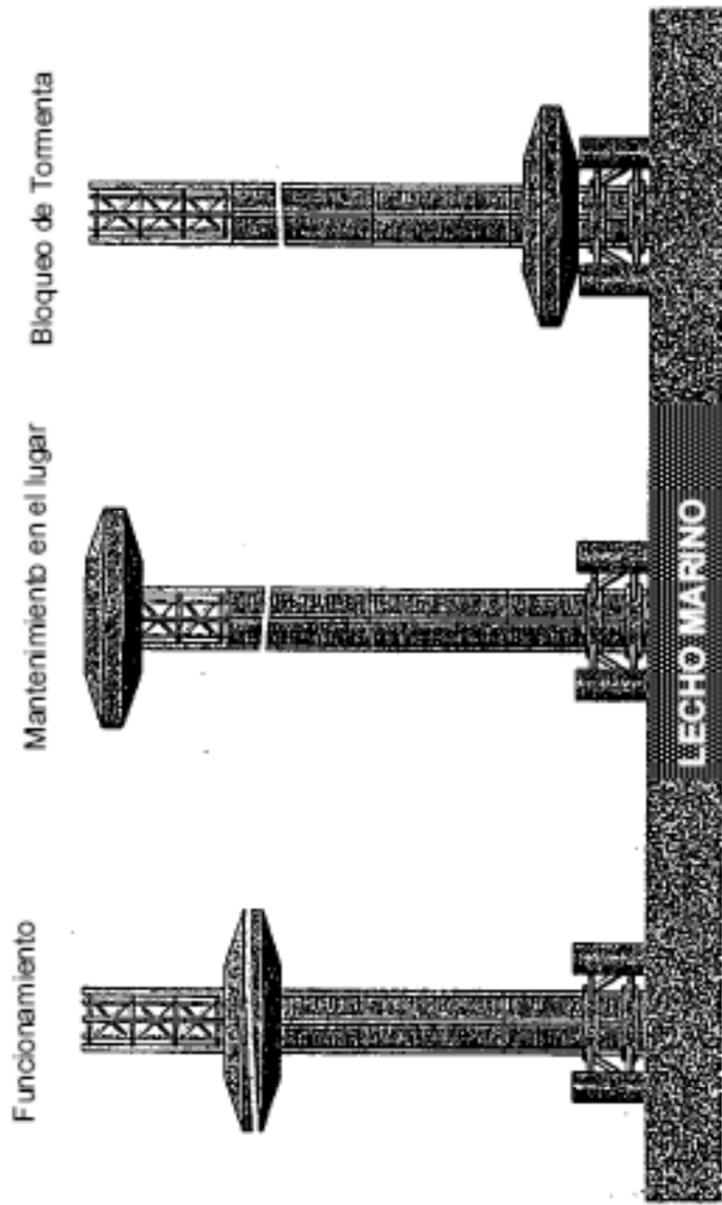


Fig. 9