

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 904 287**

51 Int. Cl.:

<b>F03B 13/20</b>	(2006.01) <b>H02K 35/04</b>	(2006.01)
<b>H02K 7/18</b>	(2006.01) <b>H02K 7/106</b>	(2006.01)
<b>H02K 35/02</b>	(2006.01) <b>H02P 25/18</b>	(2006.01)
<b>H02P 3/22</b>	(2006.01)	
<b>B60L 7/00</b>	(2006.01)	
<b>F03B 13/18</b>	(2006.01)	
<b>H02P 9/00</b>	(2006.01)	
<b>H02P 25/06</b>	(2006.01)	
<b>H02K 3/28</b>	(2006.01)	
<b>H02K 41/03</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2005 PCT/US2005/008469**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2005 WO05089284**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2005 E 05730007 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.12.2021 EP 1735175**

54 Título: **Convertidor de energía de las olas (WEC) con frenado magnético**

30 Prioridad:

**16.03.2004 US 553666 P**

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

**04.04.2022**

73 Titular/es:

**OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
28 Engelhard Drive, Suite B  
Monroe Township NJ 08831, US**

72 Inventor/es:

**STEWART, DAVID, B. y  
TAYLOR, GEORGE, W.**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 904 287 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

Convertidor de energía de las olas (WEC) con frenado magnético

Referencias cruzadas a solicitudes relacionadas

- 5 Esta solicitud reivindica la prioridad del Número de Serie de la solicitud de patente provisional 60/553,666 titulada Convertidores de Energía de las Olas (WECs) con Generadores Eléctricos Lineales (LEGs) presentada el 16/03/2004.

Antecedentes de la invención

- 10 Esta invención se refiere a aparatos y métodos para inhibir el movimiento excesivo entre componentes móviles seleccionados de un convertidor de energía de las olas (WEC). Los convertidores de energía de las olas (WECs) conocidos incluyen dos componentes básicos los cuales, cuando se colocan en un cuerpo de agua, están diseñados para moverse entre sí, en respuesta al movimiento de las olas del océano (mar). Uno de los dos componentes puede indicarse como un "flotador" (o carcasa) y el otro de los dos componentes puede indicarse como una "columna" central (árbol o larguero). Un dispositivo de toma de potencia (PTO) está conectado entre los dos componentes para convertir su movimiento relativo en energía eléctrica.

- 15 Un problema al que se enfrentan los solicitantes puede explicarse haciendo referencia a la Figura 1 y suponiendo que el flotador 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la columna 12 en respuesta al movimiento de las olas y observando que las fuerzas debidas a las olas pueden variar considerablemente. Por ejemplo, las fuerzas de las olas pueden ser de tal magnitud (por ejemplo, durante una tormenta) que el recorrido del flotador en relación con la columna puede exceder un "rango operativo" deseado y puede, si no se bloquea, causar la separación del flotador de la columna. Es decir, el flotador puede desprenderse o romperse de la columna. Por lo tanto, es deseable y/o necesario  
20 limitar el recorrido del flotador con respecto a la columna a un rango operativo predeterminado. Es deseable y/o necesario limitar el movimiento más allá del rango operativo para reducir la posibilidad de movimiento excesivo (y separación potencial) el cual puede ocurrir debido a las fuerzas extremas frecuentemente presentes (por ejemplo, durante una tormenta) en mares y océanos.

- 25 Para impedir el problema, la técnica anterior se basa en diversos sistemas hidráulicos y mecánicos (por ejemplo, resortes y/o amortiguadores) para detener y bloquear el movimiento excesivo. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un sistema de la técnica anterior que utiliza topes mecánicos, el cual ilustra un sistema de amortiguación mecánica en el cual se conecta un dispositivo de toma de potencia (PTO) entre la carcasa 10 y una columna 12 central y los medios 801a, 801b, 801c y 801d de amortiguación mecánicos se utilizan para impedir que la carcasa 10 suba por encima de un cierto nivel con respecto a la cabeza 803 del árbol y descienda por debajo de un cierto nivel con respecto  
30 a la cabeza del árbol. En este tipo de sistema, puede haber fuerzas excesivas aplicadas a los topes 801a, b, c, y d. La dependencia de topes mecánicos y/o amortiguadores en general no es satisfactoria debido al coste y porque están sujetos a desgaste y averías debido a las fuerzas que se les aplican. Los topes y/o amortiguadores se muestran en la Figura 1, pero existe un problema similar con los sistemas hidráulicos y/u otros sistemas mecánicos.

- 35 El uso de bobinas electromagnéticas para controlar el movimiento de dispositivos alternativos se analiza en diversos documentos de la técnica anterior. Por ejemplo, en FR2480860A1 se divulga un dispositivo de potencia de las olas en el cual una placa plana está articulada de manera deslizante en un extremo a la vez que su otro extremo se mueve hacia arriba y hacia abajo con el paso de las olas, moviendo a su vez émbolos que llevan bobinas en un generador eléctrico lineal. En el punto más alto de su movimiento, el extremo de la placa se bloquea introduciendo una corriente opuesta en las bobinas más altas. Una vez que la onda se ha movido, la placa se libera, cae y genera un pulso adicional de electricidad. La FR2319015A1 divulga un motor de combustión interna propuesto en el cual el movimiento del pistón está destinado a generar electricidad a través de un motor eléctrico lineal. Se incorporan bobinas a través de las cuales se puede pasar corriente para controlar el movimiento del pistón. La DE4338103A1 divulga una máquina de olas en la cual la columna se estabiliza utilizando aletas radiales para resistir el movimiento vertical. En US3696251, el generador tiene un estator y un inducido acoplados entre sí por resortes que sirven para limitar el movimiento.

- 45 Resumen de la invención

De acuerdo con la invención, el problema del movimiento excesivo puede aliviarse utilizando medios electromagnéticos para frenar y/o amortiguar el movimiento entre la carcasa y la columna cuando se mueven más allá de ciertos puntos entre sí.

De acuerdo con la invención, se proporciona un convertidor de energía de las olas (WEC) que comprende:

- 50 un flotador y una columna destinados a ser colocados en un cuerpo de agua con el flotador y la columna moviéndose entre sí en función de las olas presentes en el cuerpo de agua;

un conjunto de imán permanente (PMA) montado en una de la columna y el flotador y un conjunto de bobina de inducción (ICA) montado en el otro de la columna y flotador para provocar que se generen voltajes a través del conjunto de bobina de inducción (ICA) cuando el PMA y el ICA, montados en el flotador y la columna, se mueven entre sí dentro

de un rango operativo predeterminado por lo que el movimiento relativo del flotador y la columna se convierte en energía eléctrica; y

aparato magnético montado encima y debajo del conjunto de la bobina de inducción para inhibir el movimiento de la columna en relación con el flotador cuando el PMA se mueve por encima o por debajo del ICA, fuera del rango operativo predeterminado,

en donde el aparato magnético comprende:

a) una primera placa de metal eléctricamente conductiva, montada sobre el ICA, para generar un campo magnético entre el PMA y dicha primera placa cuando el PMA está muy cerca de dicha primera placa de una naturaleza para inhibir el movimiento del flotador con respecto a la columna más allá de dicho rango operativo; y una segunda placa de metal eléctricamente conductiva montada debajo del ICA para generar un campo magnético entre el PMA y dicha segunda placa cuando el PMA está muy cerca de dicha segunda placa de una naturaleza para inhibir el movimiento del flotador en relación con la columna más allá de dicho rango operativo; o

b) un primer conjunto de bobina de frenado montado sobre el ICA y un segundo conjunto de bobina de frenado montado debajo del ICA, en donde los conjuntos de bobina de frenado están en cortocircuito o comprenden un interruptor habilitado selectivamente conectado a través de cada conjunto de bobina de frenado para cortocircuitar selectivamente el conjunto de bobina de frenado, por el cual cuando la columna y el flotador se mueven de tal manera que el PMA (30a) se acerca al primer o segundo conjunto de bobina de frenado y lo atraviesa, se induce un gran voltaje a través del conjunto de bobina de frenado, provocando el cortocircuito una alta corriente circulante en el conjunto de bobina de frenado que genera un campo magnético que se opone al movimiento fuera del rango operativo predeterminado.

En una realización de la invención, el dispositivo PTO es un generador eléctrico lineal (LEG) el cual incluye un conjunto magnético permanente (PMA) unido a uno del flotador y la columna del WEC y un conjunto de bobina de inducción (ICA) unido al otro del flotador y la columna del WEC. Siempre que el árbol y la carcasa se muevan entre sí, dentro del rango operativo predeterminado, se producen voltajes a través del ICA, a medida que el PMA pasa sobre el ICA. Los voltajes se capturan para proporcionar la salida de potencia eléctrica útil del WEC. Cuando el movimiento del árbol y la carcasa excede el rango de operación, el PMA (o el ICA) del PTO puede usarse como parte del sistema de frenado electromagnético.

Los conjuntos de bobina de frenado primero y segundo pueden cortocircuitarse selectivamente (o automáticamente) cuando la carcasa y el árbol se mueven más allá del rango operativo y el PMA entra dentro del ámbito físico de los conjuntos de bobina de frenado. Al cortocircuitar las bobinas cuando el PMA pasa frente a las bobinas de "frenado", se genera una alta corriente dentro del conjunto de bobinas que genera un fuerte campo magnético que se opone al movimiento del PMA. El fuerte campo magnético actúa entonces como un frenado que ralentiza, si no detiene, el movimiento del PMA y la columna (o flotador) en los cuales está montado en relación con la carcasa (o árbol) al cual están unidos los conjuntos de bobinas.

El uso de bobinas de frenado con interruptores habilitados selectivamente conectados a través de ellas permite la introducción de un sistema de amortiguación selectiva. Alternativamente, las bobinas pueden estar permanentemente en cortocircuito. El uso de placas de metal (cobre o hierro o un metal similar) proporciona una amortiguación fija cuando el PMA pasa por las placas de metal.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos (los cuales no están dibujados a escala), los caracteres de referencia similares indican componentes similares; y

La Figura 1 es un diagrama que ilustra un sistema de frenado mecánico de la técnica anterior.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema de frenado que incorpora la invención en el cual un PMA está montado en el árbol de un WEC y las bobinas del sistema de frenado están montadas en la carcasa del WEC;

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un sistema de frenado que incorpora la invención, en el cual un PMA está montado en la carcasa de un WEC y las bobinas del sistema de frenado están montadas en el árbol del WEC;

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema de frenado que incorpora la invención en el cual placas metálicas, dispuestas encima y debajo del conjunto de bobina de inducción del PTO, interactúan con la PMA para amortiguar el recorrido;

La Figura 5A es un diagrama esquemático que muestra que el PTO es un LEG que incluye un conjunto de bobina ICA y un PMA de imán de superficie para interactuar con conjuntos de bobina de frenado en cortocircuito.

La Figura 5B es un diagrama en sección transversal de una estructura que implementa el sistema de la Figura 5A;

La Figura 6A es un diagrama esquemático que muestra que el PTO es un LEG que incluye un ICA y un PMA de imán de superficie con placas de reacción para proporcionar frenado.

La Figura 6B es un diagrama en sección transversal de una estructura que implementa el sistema de la Figura 6A;

5 La Figura 7 es un diagrama en sección transversal de otra estructura para implementar el sistema de la Figura 6A, donde el PMA se forma usando imanes “enterrados”;

La Figura 8 es un diagrama en sección transversal de otra estructura para implementar el sistema de la Figura 5A, donde el PMA se forma utilizando imanes “enterrados”;

La Figura 9A ilustra la condición de un PMA en movimiento y una placa de reacción estacionaria o conjunto de bobina donde el PTO es un LEG;

10 La Figura 9B ilustra la condición de una placa de reacción móvil o conjunto de bobina y un PMA estacionario donde el PTO es un LEG;

La Figura 9C ilustra la condición de un PMA en movimiento y una placa de reacción estacionaria o conjunto de bobina donde el PTO puede ser un sistema distinto de un LEG;

15 La Figura 9D ilustra la condición de una placa de reacción móvil o conjunto de bobina y un PMA estacionario en donde el PTO puede ser un sistema distinto de un LEG;

La Figura 10 es un diagrama esquemático de un sistema de frenado que incorpora la invención donde el PTO es un LEG y donde el ICA del PTO se usa para proporcionar una acción de frenado en combinación con el PMA del LEG; y

Las Figuras 11A, 11B, 11C y 11D ilustran diferentes configuraciones de WEC que emplean sistemas LEG y sistemas de frenado que incorporan la invención.

20 Descripción detallada de la invención

Con referencia a la Figura 2, se muestra una columna 3 y una carcasa 5 de un convertidor de energía de las olas (WEC) el cual puede ser, por ejemplo, del tipo que se muestra en las Figuras 11A, 11B, 11C y 11D y/o de cualquier otra configuración adecuada. Un conjunto magnético permanente (PMA) 30a está montado y unido a un lado de la columna 3, y un conjunto de bobina de inducción (ICA) 20a está montado y unido al flotador 5 frente al PMA 30a. A medida que el flotador 5 se mueve con relación a la columna 3 sobre un rango definido como el “rango de operación”, (véase la Figura 1) se producen voltajes de salida a través del ICA 20a. Estos voltajes se alimentan a un convertidor de potencia (que se muestra para incluir una red 111a rectificadora y una carga 520a) para producir voltaje útil del sistema y salida de corriente (potencia). Por lo tanto, el PMA 30a y el ICA 20a funcionan como los elementos básicos del circuito de toma de potencia (PTO).

30 El PTO también puede incluir un PMA 30b (el cual se muestra que es mucho más largo que 30a) y un conjunto de bobina de inducción (ICA) 20b el cual puede ser de tamaño similar o más pequeño que el ICA 20a. El ICA 20b se muestra conectado a una red 111b de conmutación conectada a una carga 520b.

35 El ICA 20a está dispuesto a lo largo de (y unido a) la carcasa 5 a una distancia “d1” la cual se encuentra dentro del rango operativo del sistema de generación eléctrica. Montado encima del ICA 20a (y por encima del rango operativo) hay un primer conjunto 200a de bobina de “frenado” y montado debajo del ICA 20 (y por debajo del rango operativo) hay otro conjunto 200b de bobina de “frenado”. Un interruptor Sa está conectado a través del conjunto 200a de bobina y un interruptor Sb está conectado a través del conjunto 200b de bobina.

40 En la discusión de la operación que sigue, se asume que el flotador (carcasa) 5 se mueve hacia arriba y hacia abajo en relación con la columna (árbol) 3. Sin embargo, puede ocurrir lo contrario (es decir, el flotador puede estar fijo y la columna puede moverse), o tanto el flotador como la columna pueden moverse entre sí. En todos los casos, el elemento del PTO y el sistema de frenado adjunto a un componente del WEC se mueve con su componente. Es decir, el ICA 20a (y 20b) montado y unido al flotador 5 se mueve con el flotador y el PMA 30a (y 30b) unido al árbol 3 se mueve con el árbol. A medida que el PMA 30a (o 30b) se mueve a través y sobre el ICA 20a (o ICA 20b), se inducen voltajes a través del conjunto de bobina, debido al paso del PMA 30 (o 30b) sobre las bobinas, el cual puede expresarse como  $e=N(d\phi/dt)$ ; donde N es un factor de acoplamiento de flujo,  $\phi$  es el flujo magnético entre el PMA y el ICA, y  $d\phi/dt$  es el cambio de flujo en función del cambio en el tiempo. Estos voltajes inducidos se capturan rectificando la red 111a (o una red 111b de conmutación) y se procesan y alimentan a través de las líneas 310a, 312a (o 310b, 312b) de salida a un convertidor 520a (o 520b) de potencia para producir voltajes de salida los cuales son una función del movimiento relativo del flotador y la columna. Los voltajes de salida también pueden usarse para impulsar cualquier carga adecuada acoplada a las líneas de salida.

50 En respuesta a las olas del océano, se desea que haya un movimiento del flotador en relación con la columna siempre que el movimiento y el desplazamiento estén controlados y de tal manera que el PMA 30a y el ICA 20a se muevan dentro de un rango operativo prescrito dentro del cual la energía útil es generada. Sin embargo, cuando el desplazamiento entre la columna 3 y el flotador 5 excede el rango operativo prescrito y el flotador (o columna) se

mueve fuera del rango deseado del PTO, entonces es deseable, y/o necesario, limitar la excursión adicional del flotador (o columna) en relación con la columna (o flotador).

En el sistema de la Figura 2, el movimiento de la carcasa y la columna entre sí cuando se mueven fuera de un rango operativo prescrito puede ser limitado o inhibido por el cierre oportuno de los interruptores Sa o Sb los cuales activan el sistema de frenado. Por ejemplo, el interruptor Sa se cierra cuando el ICA 20a (y el flotador) cae por debajo de un punto predeterminado (o el PMA 30a se eleva por encima del extremo superior del rango operativo) y el interruptor Sb se cierra cuando el ICA 20a (y el flotador) se eleva por encima de un punto predeterminado (o el PMA 30a desciende por debajo del extremo inferior del rango operativo). Normalmente, cuando el árbol y la carcasa se mueven de tal manera que el PMA 30a se acerca a las bobinas 200a de frenado y las atraviesa, se induce un gran voltaje a través de las bobinas 200a debido al paso del PMA 30a sobre las bobinas. Cuando se aplica un cortocircuito a través de las bobinas 200a cerrando el interruptor Sa, se genera una alta corriente circulante dentro de la bobina 200a. Esta alta corriente genera un campo magnético el cual se opone al movimiento ascendente adicional del ICA 20a (y la carcasa en la cual está montado) en relación con el PMA 30a (y el árbol en el cual está montado) y tiende a impedir un mayor movimiento del flotador con respecto a la columna. La energía también se disipa ayudando en la acción de frenado.

De manera similar, cuando el árbol y la carcasa se mueven de tal manera que el PMA 30a se acerca a las bobinas 200b de "frenado" y las atraviesa, se induce un gran voltaje a través de las bobinas 200b debido al paso del PMA 30a. Cuando se aplica un cortocircuito a través de las bobinas 200b cerrando el interruptor Sb, se genera una alta corriente circulante dentro de la bobina 200b. Esta alta corriente genera un campo magnético el cual se opone al movimiento adicional del ICA 20a (y la carcasa a la cual está unido) con respecto al PMA 30a (y el árbol al cual está unido). Por lo tanto, los conjuntos 200a y 200b de bobinas proporcionan un frenado magnético muy eficaz para impedir el movimiento excesivo del árbol (columna) con respecto al flotador (carcasa) más allá de un rango operativo deseado.

En la Figura 2, el PMA 30a tiene una longitud d2 la cual es mucho más corta que la longitud d1 sobre la cual está dispuesto el ICA 20a. En sistemas que utilizan generadores eléctricos lineales (LEGs) y un sistema de frenado magnético, el PMA puede tener una longitud igual o mayor que el ICA, como se muestra para PMA 30b e ICA20b. Además, los circuitos para convertir y procesar la salida del ICA puede ser un circuito de conmutación (por ejemplo, 111b) o un circuito rectificador (por ejemplo, 111a).

La invención se ilustra utilizando un generador eléctrico lineal (LEG) que funciona como dispositivo de toma de potencia (PTO) de un WEC. El sistema de frenado magnético de la invención puede usarse con las diferentes estructuras WEC que se muestran en las Figuras 11 A-11 D y con diferentes sistemas de toma de potencia (PTO) que utilizan diferentes tipos de LEGs como se describe con mayor detalle en las aplicaciones copendientes asignadas al mismo cesionario que el cesionario de esta solicitud y cuyas enseñanzas se incorporan en el presente documento como referencia: a) Sistemas y Métodos de Emparejamiento de Impedancia Activa para Convertidores de Energía de las Olas, S/N 11/035,323 presentada el 1/3/05; b) Circuito de Conmutación de Bobinas para Generador Eléctrico Lineal, S/N 11/030,932 presentada el 1/7/05; y c) Circuitos para Aumentar la Eficiencia de un Generador Eléctrico Lineal, S/N 11/030,933 presentada el 1/7/05.

Una ventaja del sistema de "frenado" de la Figura 2 es que se utiliza la misma tecnología o similar (es decir, bobinas e imanes) para el PTO y para el sistema de frenado. Sin embargo, debe apreciarse que el sistema de frenado de la invención puede usarse con cualquier PTO adecuado y en diversos sistemas en donde dos componentes se mueven entre sí. Esto es así, siempre que los componentes (por ejemplo, el árbol y la carcasa) estén configurados de tal manera que un PMA se pueda unir a uno de los componentes y un conjunto de bobina de frenado se pueda unir al otro componente y los dos componentes se muevan con respecto entre sí de tal manera que el PMA pasa a lo largo del conjunto de bobina de "frenado" para permitir la generación de la fuerza contraria (de frenado).

El ICA 20 puede estar formado por una configuración de bobina "roscada" (por ejemplo, 20b) o una configuración de bobina segmentada (por ejemplo, 20a). A medida que el PMA (30a y/o 30b) pasa a lo largo y por encima del ICA (20a y/o 20b), dentro del rango operativo, se inducen voltajes en las bobinas los cuales están muy cerca del PMA que pasa. Los voltajes inducidos en las bobinas se acoplan a través de una red rectificadora (por ejemplo, 111a) o una red de conmutación (por ejemplo, 111 b) a una carga (por ejemplo, 520a o 520b) la cual puede incluir circuitos para procesar adicionalmente la energía eléctrica capturada.

Colocando bobinas de "frenado" (por ejemplo, 200a, 200b) por encima y por debajo de los ICAs (20a y 20b), se proporciona un sistema de "frenado" el cual puede inhibir el movimiento del árbol (carcasa) con respecto a la carcasa (árbol). Por lo tanto, cuando la carcasa (o árbol) se mueve fuera del "rango operativo" relativo al árbol (o carcasa) y más allá de un nivel prescrito, el conjunto de frenado electromagnético, cuyos elementos están montados en la carcasa y el árbol, tiende a bloquear la carcasa y árbol juntos e impide que la carcasa (o árbol) se mueva más en relación con el árbol (o carcasa). Una vez que la carcasa y el árbol están bloqueados entre sí, el árbol y la carcasa se moverán al unísono, hasta que el campo magnético disminuya en intensidad o se abran los interruptores (Sa o Sb). Se tiene en cuenta que las bobinas 200c y 200d de frenado adicionales pueden colocarse, respectivamente, por encima y por debajo del ICA 20b. Estas bobinas de frenado adicionales están diseñadas para interactuar con el PMA 30b.

Los interruptores Sa y Sb (y Sc y Sd) que se muestran conectados a través de las bobinas de frenado pueden implementarse utilizando cualquier interruptor adecuado. Por ejemplo, estos interruptores pueden ser del tipo mostrado

y enseñado en las aplicaciones de referencia asignadas al presente cesionario, cuyas enseñanzas se incorporan en el presente documento, y se pueden controlar y hacer que funcionen como se enseña en el mismo. En resumen, como se muestra y se enseña en las referencias citadas, estos interruptores (por ejemplo, Sa, Sb, Sc, Sd) pueden encenderse y apagarse a través de sensores (51a, 51b) de posición los cuales pueden incluir un aparato para detectar la posición física de la carcasa en relación con la columna.

Por lo tanto, los interruptores de "frenado" (por ejemplo, Sa, Sb, Sc, Sd) pueden encenderse y apagarse a través de sensores de posición ubicados a lo largo del árbol y/o carcasa los cuales luego proporcionarían señales de posición a los circuitos de sensor incluidos en los sensores 51a, 51b. Alternativamente, los sensores 51a, 51b pueden ser sensores de voltaje los cuales detectan el voltaje desarrollado a través de bobinas seleccionadas del ICA y/o las bobinas de frenado para determinar la posición del PMA con respecto al ICA para luego cerrar los interruptores (por ejemplo, Sa, Sb) y luego cortocircuitar las bobinas de frenado. Por lo tanto, los interruptores que ponen en cortocircuito las bobinas de frenado pueden encenderse y apagarse en función de la detección de los voltajes que se generan en diversas bobinas para determinar la posición relativa del árbol y la carcasa.

El control de posición puede ser necesario cuando el PMA es relativamente largo en comparación con la longitud del ICA; y, más aún, si el PMA es más largo que la longitud sobre la cual está dispuesto el ICA. Debe apreciarse que se pueden usar imanes 30c, 30d de frenado adicionales para proporcionar una acción de frenado adicional, si es necesario.

Debe apreciarse que una vez que el PMA ya no se mueve con respecto a las bobinas, el voltaje inducido en las bobinas va hacia cero, es decir, las bobinas de frenado funcionarán para proporcionar una acción de frenado cuando haya movimiento entre el PMA y las bobinas de frenado. Sin embargo, después de realizar la acción de frenado, el voltaje a través de la bobina de frenado y la corriente a través de ella se dirige hacia cero y luego se liberan el árbol y la carcasa. Por lo tanto, es posible tener las bobinas de frenado en cortocircuito permanente (particularmente cuando el PMA es corto con respecto al ICA), como se muestra para las bobinas 200e y 200f en la Figura 3. Por lo tanto, se puede utilizar un sistema altamente pasivo con bobinas en cortocircuito permanente para poner en práctica la invención.

La Figura 3 también ilustra que la bobina de inducción y los conjuntos de bobina de frenado se pueden montar en el árbol 3 y los conjuntos de PMA se pueden montar en la carcasa 5. De lo contrario, el funcionamiento del sistema de la Figura 3 es similar al de la Figura 2.

En la Figura 4, una placa 210a de metal está montada sobre el ICA 20a y una placa 210b de metal está montada debajo del ICA 20a. Las placas de metal pueden ser de hierro o cobre o materiales similares que tengan alta conductividad eléctrica. Cuando el PMA 30a se acerca mucho a las placas 210a o 210b de metal, se generan fuertes fuerzas electromagnéticas que se oponen al movimiento e inhiben el movimiento y/o desplazamiento adicional. La interacción entre el PMA y las placas de metal es tal que el árbol (o carcasa) en el cual se monta el PMA y al cual está unido se mantendrá en su lugar con respecto a la placa (210a, 210b) de metal y la carcasa (árbol) en la cual se fija la placa de metal. La atracción magnética inhibirá el movimiento adicional entre estas dos carcasas y el árbol. Además, el sistema también puede incluir conjuntos 200c y 200d de bobinas con interruptores Sc y Sd los cuales proporcionarían una aplicación selectiva del sistema de frenado, como se describió anteriormente.

En las Figuras 5-8 se muestran diferentes sistemas para implementar la invención. Los diferentes sistemas pueden incluir el uso de un PTO que comprenda un LEG con un ICA 20 y un PMA 30. El PMA 30 usado para generar voltajes eléctricos útiles y para usar en el sistema de frenado puede formarse con (a) imanes de superficie; (b) imanes enterrados; o (c) cualquier otra configuración adecuada que incluya estructuras de núcleo/imán permanente híbrido y electroimanes. El conjunto de frenado electromagnético puede incluir: (a) un conjunto de bobina de frenado en donde las bobinas se cortocircuitan selectivamente; (b) un conjunto de bobina de frenado en donde las bobinas están en cortocircuito permanente; o (c) el conjunto de frenado incluye una placa conductiva (metálica); o cualquier otra configuración adecuada.

La Figura 5A muestra un conjunto de LEG que incluye un PMA 30 formado con imanes de superficie (véase la Figura 5B) y un ICA 20 para generar voltajes suministrados a un convertidor 520 de potencia. El PMA 30 está conectado a uno de la carcasa y la columna y el ICA 20 está conectado al otro de la carcasa y la columna. Como se describió anteriormente, el ICA 20 y el PMA se mueven uno con relación al otro dentro del rango operativo y los voltajes generados a través de las bobinas se suministran al convertidor de potencia, o cualquier otra carga adecuada. Los conjuntos 200u y 200d de bobina de frenado se forman, respectivamente, por encima y por debajo del conjunto 20 de bobina. Las bobinas de los conjuntos 200u y 200d se muestran en cortocircuito. Alternativamente, como se discutió anteriormente, las bobinas 200u y 200d pueden cortocircuitarse selectivamente a través de un interruptor conectado a través de las bobinas para generar selectivamente una condición de cortocircuito cuando el PMA se mueve muy cerca de las bobinas 200u, 200d de frenado.

En funcionamiento, cuando el PMA 30 se desplaza hacia arriba más allá del conjunto 20 de bobina y pasa sobre la región de bobina indicada como 200u, se genera una fuerza electromagnética muy fuerte que se opone al movimiento del conjunto magnético en relación con las bobinas en cortocircuito y tiende a impedir que el conjunto magnético se mueva más allá de la región de la bobina en cortocircuito. Esto tiende a hacer que la carcasa y la columna en las cuales

se unen los imanes y las bobinas se bloqueen en su posición entre sí. Al mismo tiempo, cualquier corriente inducida en los devanados de la bobina hace que se disipe mucha energía en forma de calor.

De manera similar, cuando el PMA 30 viaja en una dirección descendente más allá del ICA 20 y pasa sobre la región de la bobina indicada como 200d, se genera una fuerza electromagnética muy grande que se opone al movimiento del conjunto magnético en relación con las bobinas en cortocircuito y tiende a impedir que el conjunto magnético se mueva hacia abajo más allá del conjunto de bobina.

La Figura 5B es un diagrama en sección transversal (no a escala) de una estructura para implementar el ICA 20, los conjuntos 200u, 200d de bobina de frenado y el PMA 30. Los conjuntos de bobina (o estator) incluyen una estructura 123 de soporte, la cual puede incluir un yugo ferromagnético opcional, sobre el cual está montado, o formado, un núcleo de armadura ranurado con laminaciones. Las bobinas pueden ser bobinas o láminas de alambre aisladas eléctricamente conductivas. Las bobinas se enrollan dentro de las ranuras. En la Figura 5B, las bobinas correspondientes a las bobinas 200u y 200d de frenado se muestran en cortocircuito. Se forma un recinto 117 no ferromagnético para envolver el núcleo del inducido para protegerlo de los elementos y del roce. El conjunto de la bobina está separado del PMA por un espacio 125 de aire. En la Figura 5B, el PMA incluye una estructura 127 de soporte en la cual está montado un yugo 122 ferromagnético dentro del cual están montados imanes permanentes 121a, 121b. Se forma un recinto 129 no ferromagnético para envolver el PMA para protegerlo.

En la Figura 6A, los conjuntos de bobinas en cortocircuito de la Figura 5A se reemplazan por placas 210u y 210d de reacción. Las placas de reacción son de un material altamente conductivo (por ejemplo, cobre) para inducir una fuerza de frenado/amortiguación electromagnética de un tipo similar al desarrollado con las bobinas en cortocircuito de la Figura 5A. Se tiene en cuenta que el efecto de frenado se puede mejorar agregando materiales 123u o 123d ferromagnéticos detrás de las placas 210 de reacción. La Figura 6B es un diagrama en sección transversal (no a escala) de una estructura para implementar el sistema de la Figura 6A. En la Figura 6B, las placas 210u y 210d de reacción están montadas en la estructura 123 de soporte.

En la Figura 7 hay un conjunto 20 de bobina y placas 210u y 210d de reacción como en las Figuras 6A y 6B. Sin embargo, la Figura 7 muestra que el PMA puede formarse usando una configuración de imán permanente enterrado el cual, en algunos casos, puede ser más eficiente y/o más fácil de fabricar que los imanes de superficie enterrados. La Figura 8 muestra una estructura en la cual el PMA se forma utilizando imanes enterrados, y los conjuntos de bobinas de "frenado" están en cortocircuito.

Las Figuras 9A y 9B ilustran el rango de recorrido no amortiguado y el rango de recorrido amortiguado de la carcasa y la columna debido al efecto de frenado de los conjuntos de LEG, utilizando LEGs como dispositivo de PTO. Cuando los conjuntos de imanes (Figura 9A) y/o los conjuntos de bobinas (Figura 9B) exceden el rango de recorrido no amortiguado (o parcialmente no amortiguado), el frenado electromagnético entra en juego causando un rango de recorrido muy amortiguado y tendiendo a limitar más el recorrido de la carcasa en relación con la columna. Estas estructuras y sistemas hacen uso de los imanes y bobinas existentes que se utilizan para generar energía eléctrica y/o conjuntos de imán/bobina similares y, mediante la adición de algunos componentes similares, funcionan para introducir un sistema de frenado/amortiguación muy eficaz para proteger el WEC durante mares fuertes y condiciones de tormenta las cuales requieren que el WEC se coloque en un modo de protección (por ejemplo, condición de bloqueo). Como se indicó anteriormente, las bobinas para proporcionar un frenado dinámico pueden estar en cortocircuito selectivo o en cortocircuito permanente.

Las Figuras 9C y 9D ilustran que en un sistema de frenado magnético, el dispositivo PTO puede ser cualquier medio adecuado (por ejemplo, hidráulico o electromagnético) para convertir el movimiento relativo de la carcasa y la columna en energía eléctrica útil. Sin embargo, se puede usar una disposición electromagnética de imanes y bobinas (o placas de reacción) para proporcionar el frenado/amortiguación cuando la distancia de recorrido entre la carcasa y la columna excede un valor predeterminado. Por lo tanto, durante el rango indicado de "recorrido no amortiguado", se puede usar cualquier dispositivo PTO para convertir el movimiento mecánico entre la carcasa y la columna en energía eléctrica. Debe entenderse que en la región de recorrido "no amortiguado" hay algo de amortiguación debido a la extracción de potencia por parte del sistema. Sin embargo, esta amortiguación se realiza para extraer potencia útil y no para intentar impedir que la parte del sistema se mueva entre sí. Claramente, cuando el recorrido de la carcasa excede el rango "no amortiguado", el sistema de amortiguación electromagnético que comprende conjuntos magnéticos y placas de reacción o conjuntos de bobinas en cortocircuito se utiliza para proporcionar frenado/amortiguación de la carcasa y la bobina a las cuales se conectan los conjuntos magnéticos y las bobinas están unidas para impedir el movimiento entre la carcasa y la columna central.

La Figura 10 ilustra que el ICA 20 del PTO puede usarse como parte del mecanismo de frenado cuando el conjunto de bobina (o el PMA) se mueve fuera del rango operativo. Por lo tanto, un interruptor S1 mostrado conectado a través del conjunto 20 de bobina estaría cerrado, creando un cortocircuito a través de las bobinas, cuando el conjunto de bobina (y o el PMA o un PMA) está por encima o por debajo del rango operativo. Esta función de conmutación también se puede realizar mediante interruptores (no se muestran) integrados en el convertidor de potencia.

Aunque la invención se ha ilustrado usando una sola fase, se contempla la invención para su uso en sistemas multifase (por ejemplo, trifásicos).

## REIVINDICACIONES

1. Un convertidor de energía de las olas (WEC) que comprende:

un flotador (5) y una columna (3) destinados a ser colocados en un cuerpo de agua con el flotador y la columna moviéndose entre sí en función de las olas presentes en el cuerpo de agua;

- 5 un conjunto de imán permanente (PMA) (30) montado en una de la columna y flotador y un conjunto de bobina de inducción (ICA) (20) montado en el otro de la columna y flotador para provocar que se generen voltajes a través del conjunto de bobina de inducción (ICA) cuando el PMA y el ICA, montados en el flotador y la columna, se mueven entre sí dentro de un rango operativo predeterminado, por lo que el movimiento relativo del flotador y la columna se convierte en energía eléctrica; y
- 10 aparato magnético montado encima y debajo del conjunto de bobina de inducción para inhibir el movimiento de la columna en relación con el flotador cuando el PMA se mueve por encima o por debajo del ICA, fuera del rango operativo predeterminado,  
en donde el aparato magnético comprende:
  - 15 a) una primera placa (210a) de metal eléctricamente conductiva, montada sobre el ICA (20), para generar un campo magnético entre el PMA (30) y dicha primera placa cuando el PMA está muy cerca de dicha primera placa de una naturaleza para inhibir el movimiento del flotador con respecto a la columna más allá de dicho rango operativo; y una segunda placa (210b) de metal eléctricamente conductiva montada debajo del ICA (20) para generar un campo magnético entre el PMA (30) y dicha segunda placa cuando el PMA está muy cerca de dicha segunda placa de una naturaleza para inhibir el movimiento del flotador con respecto a la columna más allá de dicho rango operativo; o
  - 20 b) un primer conjunto (200c o 200e) de bobina de frenado montado sobre el ICA y un segundo conjunto (200d o 200f) de bobina de frenado montado debajo del ICA, en donde los conjuntos de bobina de frenado están en cortocircuito (200e, 200f) o comprenden un interruptor (Sc, Sd) habilitado selectivamente conectado a través de cada conjunto (200c, 200d) de bobina de frenado para cortocircuitar selectivamente el conjunto de bobina de frenado, por lo que a medida que la columna y el flotador se mueven de manera que el PMA (30a) se acerca a, y pasa a través del primer o segundo conjunto de bobina de frenado, se induce un gran voltaje a través del conjunto de bobina de frenado, provocando el cortocircuito una alta corriente circulante en el conjunto de bobina de frenado que genera un movimiento de campo magnético opuesto fuera del rango operativo predeterminado.
- 25 2. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 1, en donde dicho PMA (30) está montado en uno de la columna (3) y el flotador (5) y el ICA está montado en el otro de la columna y el flotador, y en donde la columna puede moverse hacia arriba y hacia abajo en relación con el flotador.
- 30 3. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la columna (3) es estacionaria y el flotador (5) se mueve hacia arriba y hacia abajo con respecto a la columna.
4. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la columna (3) y el flotador (5) pueden ambos moverse entre sí.
- 35 5. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 1, en donde el flotador (5) es estacionario y la columna (3) se mueve hacia arriba y hacia abajo con respecto al flotador.
6. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 1, en donde dicho WEC incluye medios (51a, 51b) para detectar la posición de al menos uno del PMA y el ICA para controlar el encendido y apagado de los interruptores (Sc, Sd) habilitados selectivamente conectados a través de las bobinas de frenado.



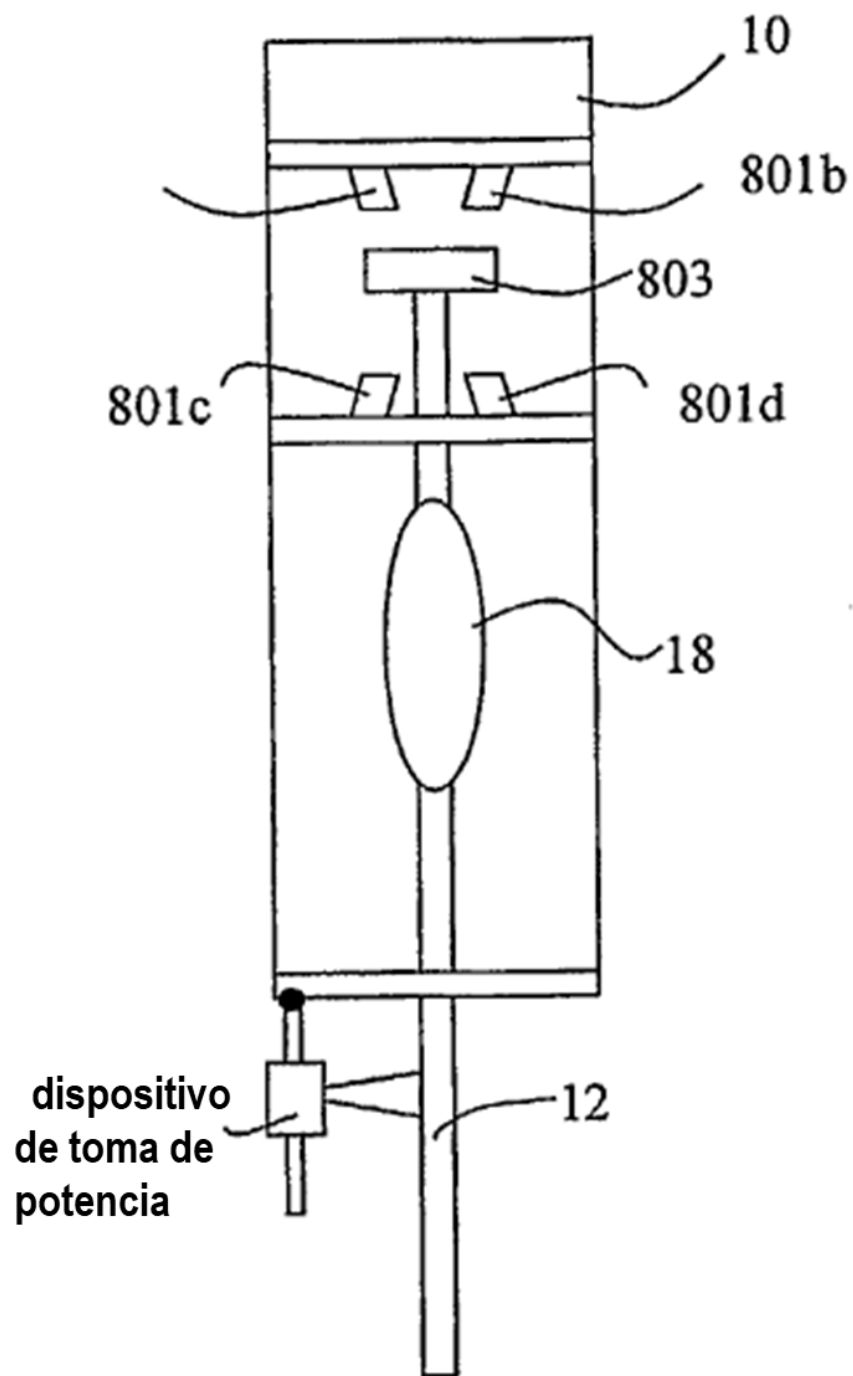


FIGURA 1 - TÉCNICA ANTERIOR

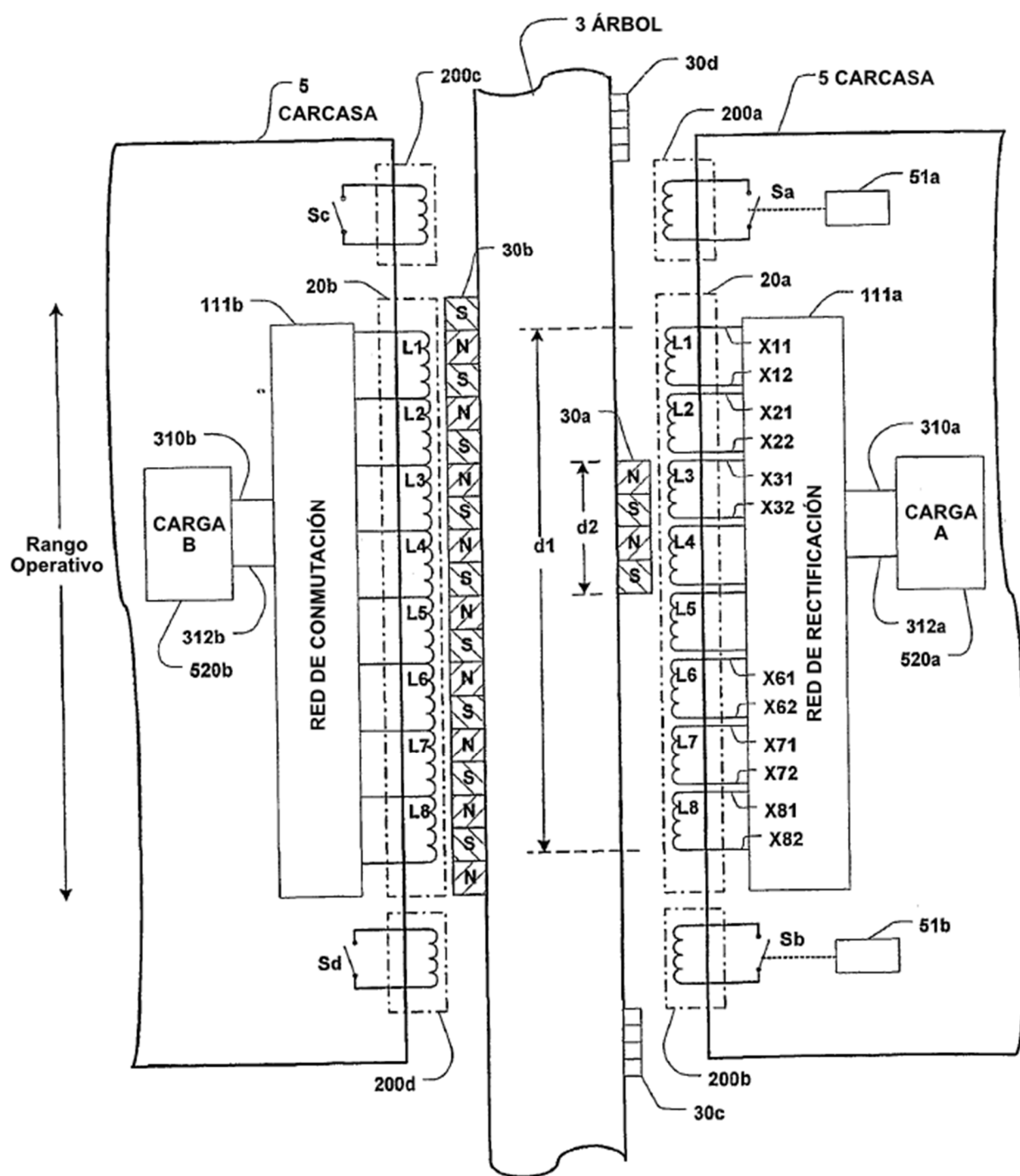


FIGURA 2

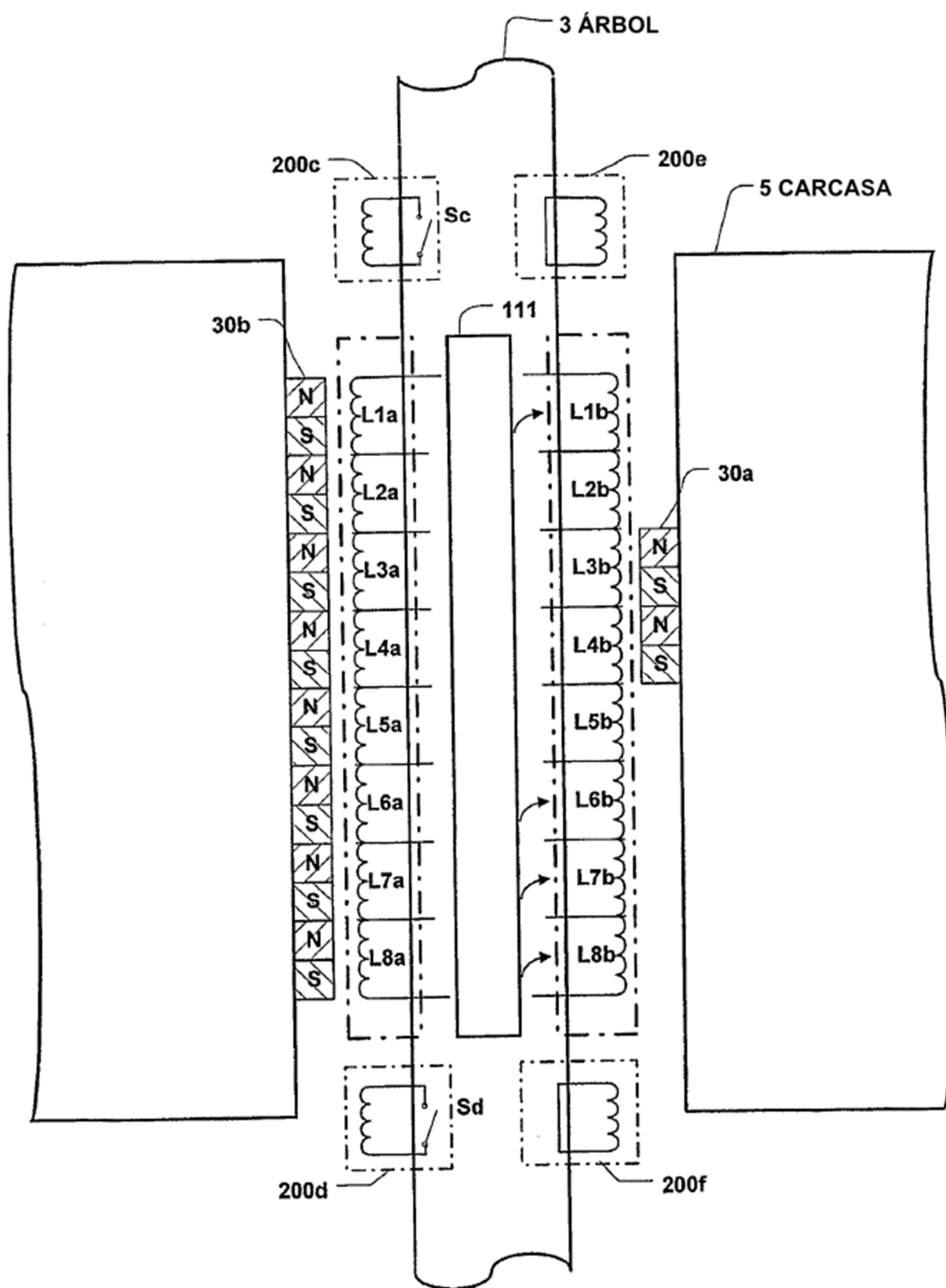


FIGURA 3

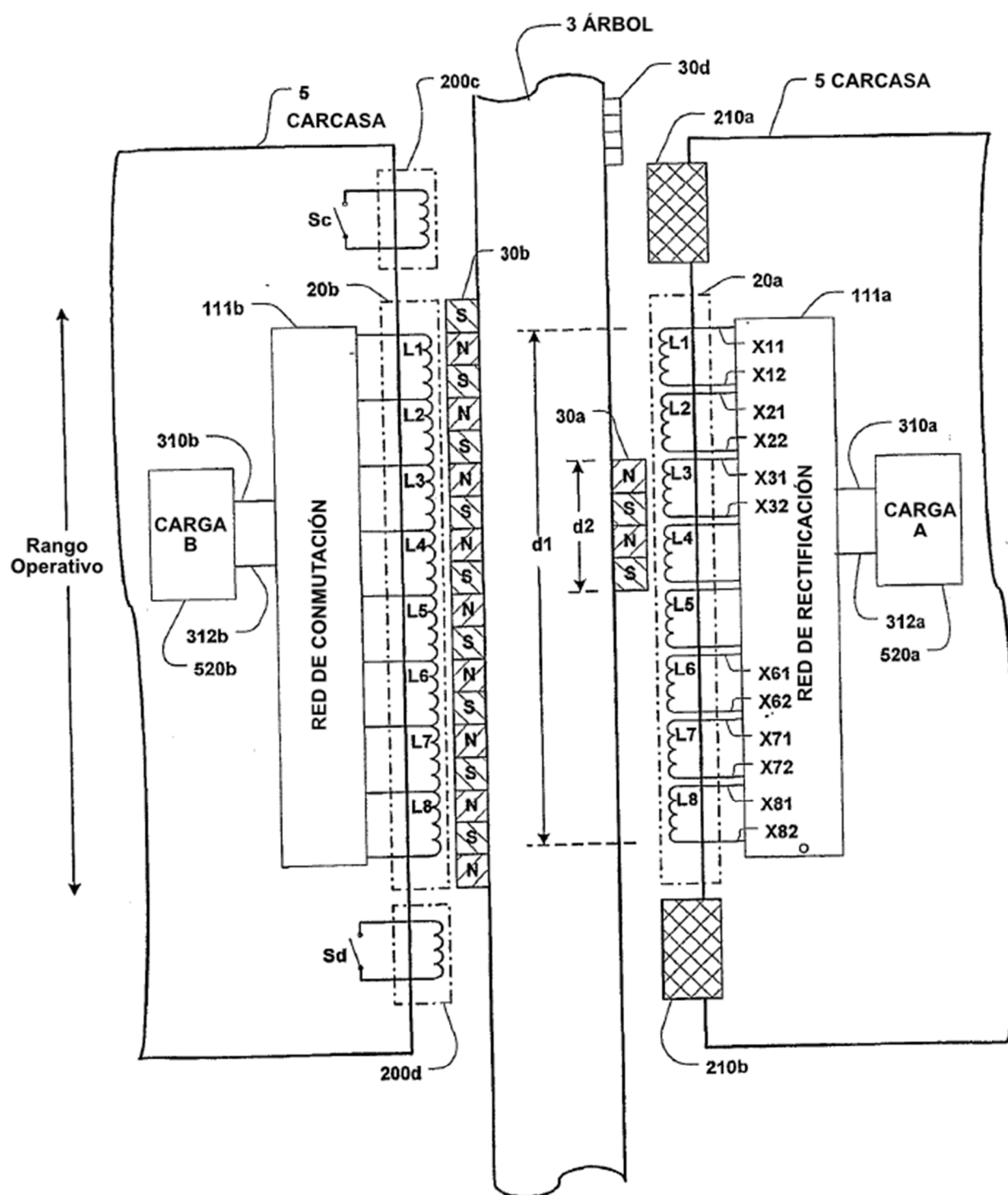
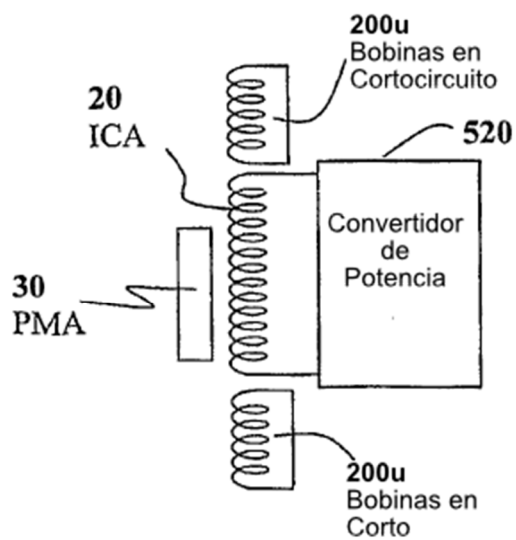
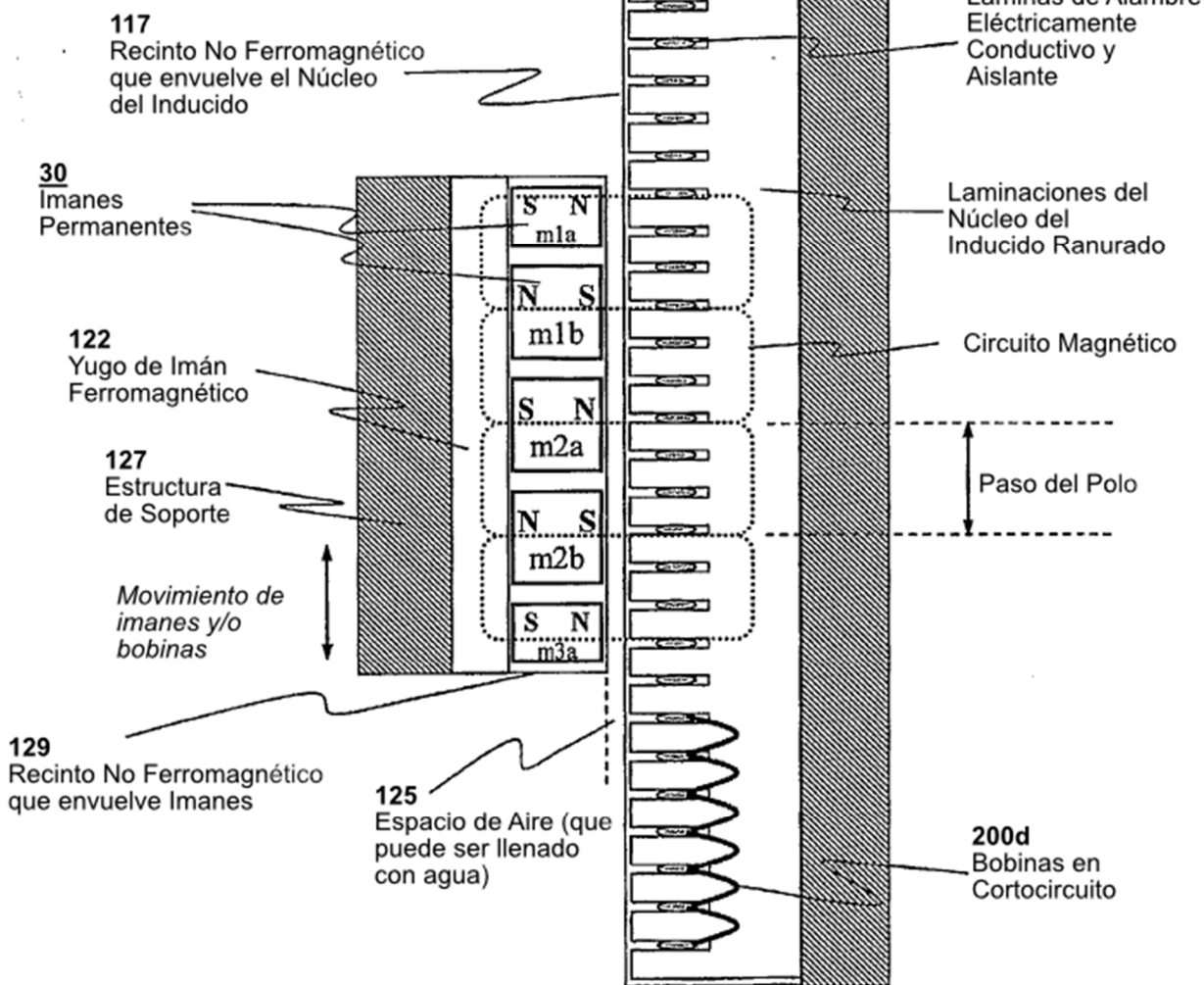


FIGURA 4



**FIGURA 5A**



**FIGURA 5B**

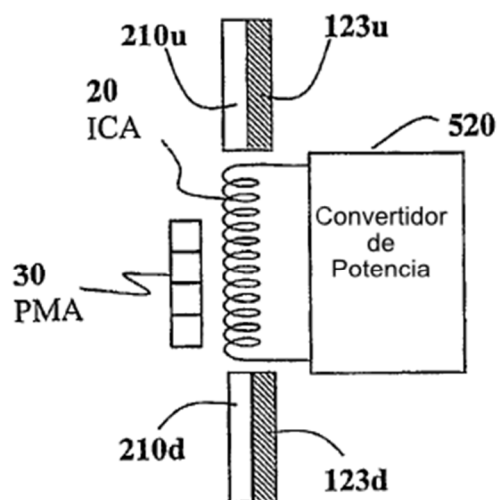


FIGURA 6A

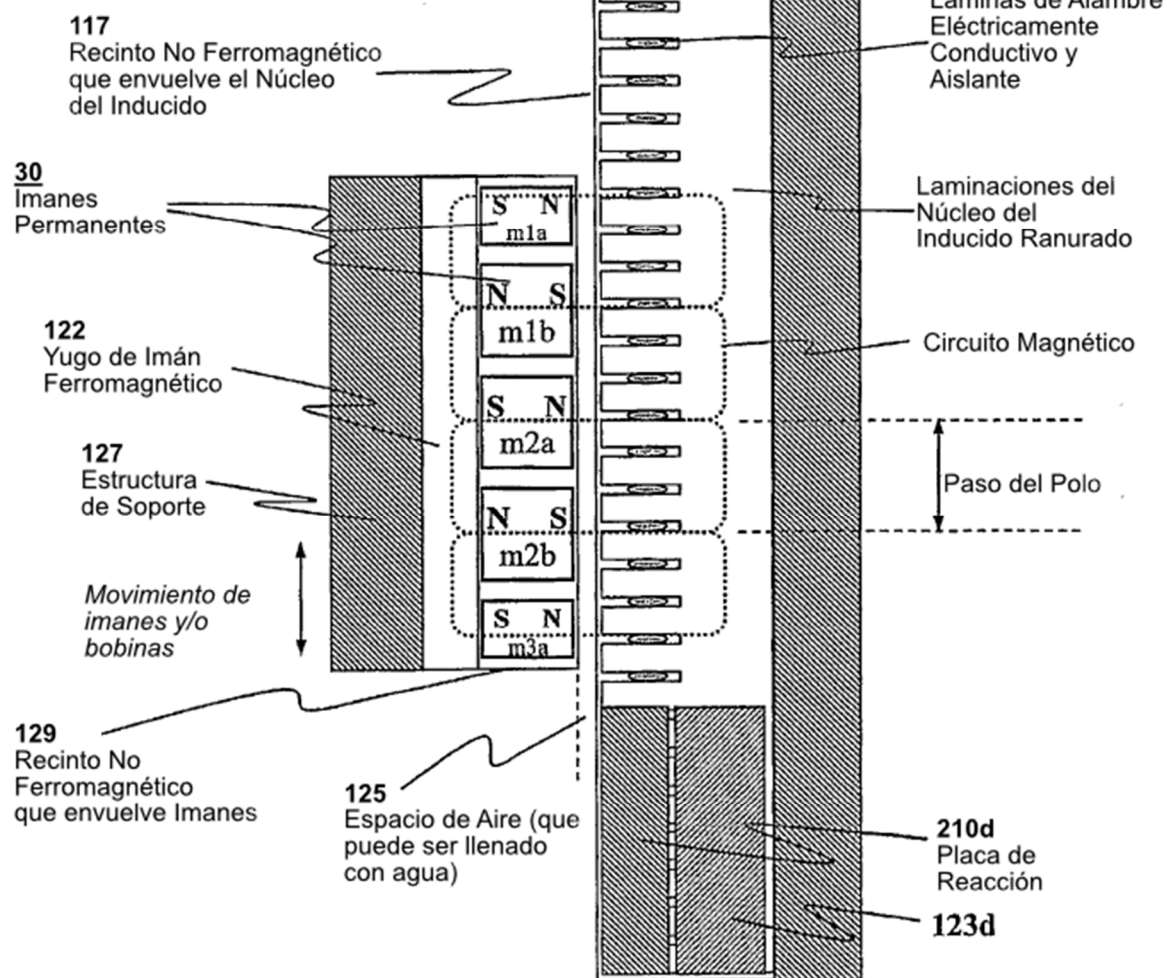


FIGURA 6B

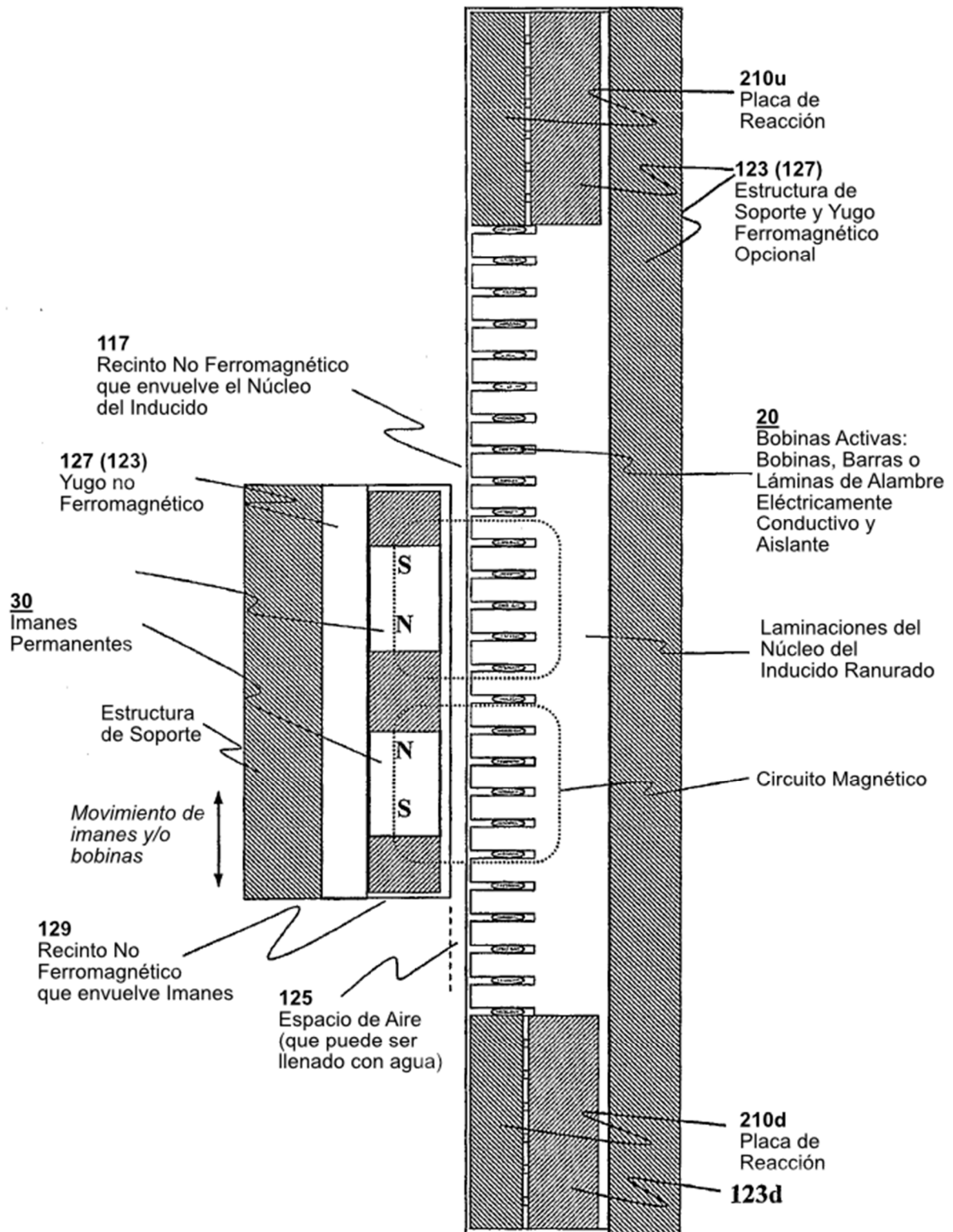


FIGURA 7

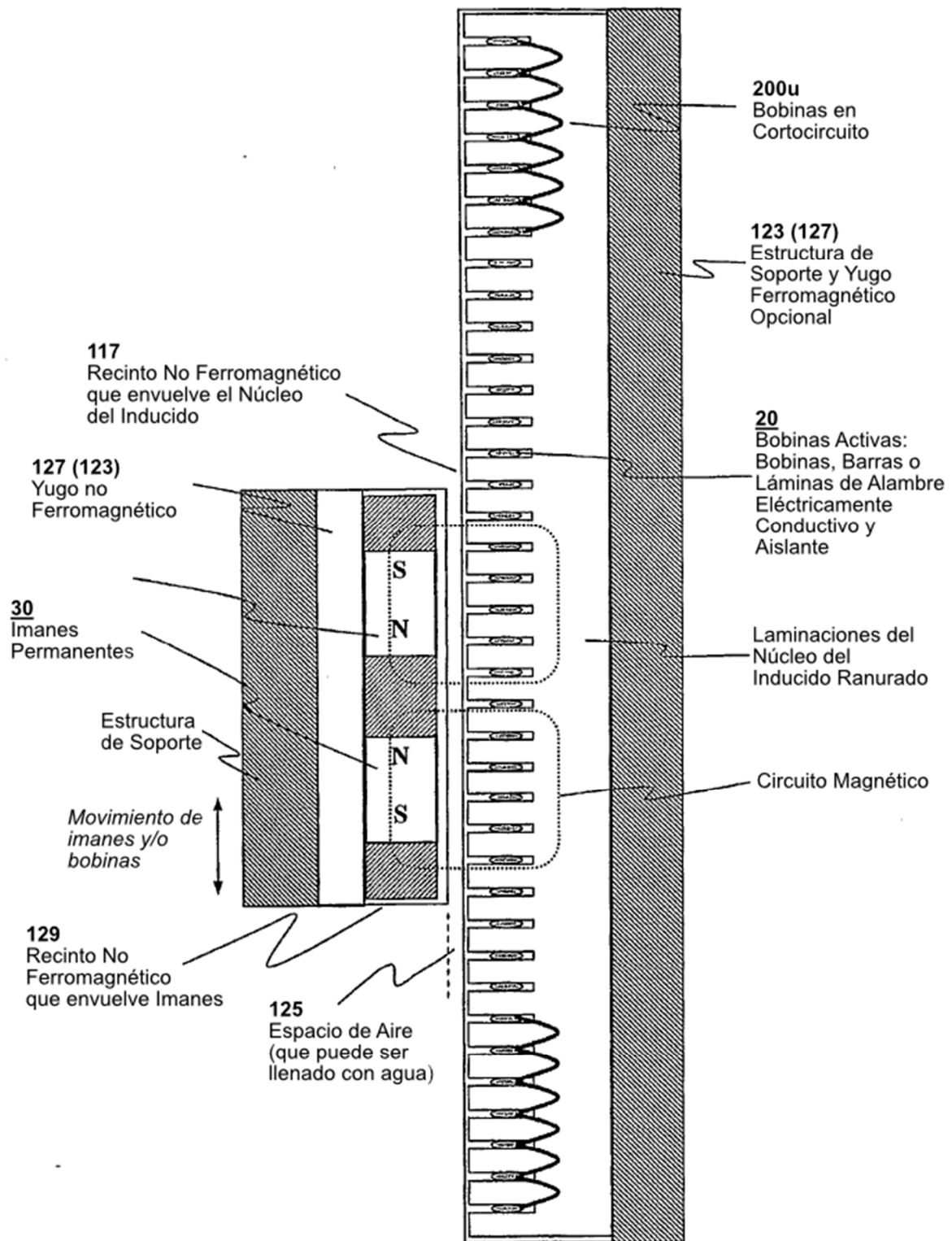


FIGURA 8



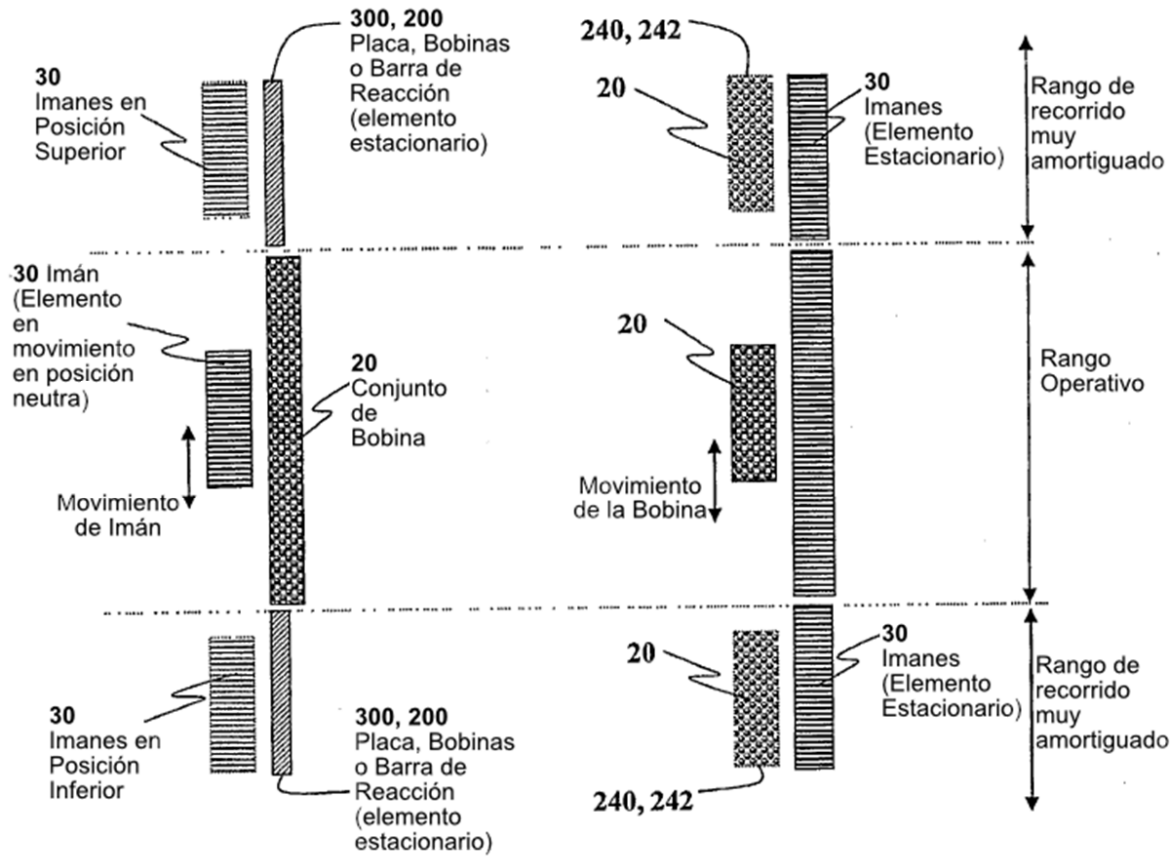


FIGURA 9A

FIGURA 9B

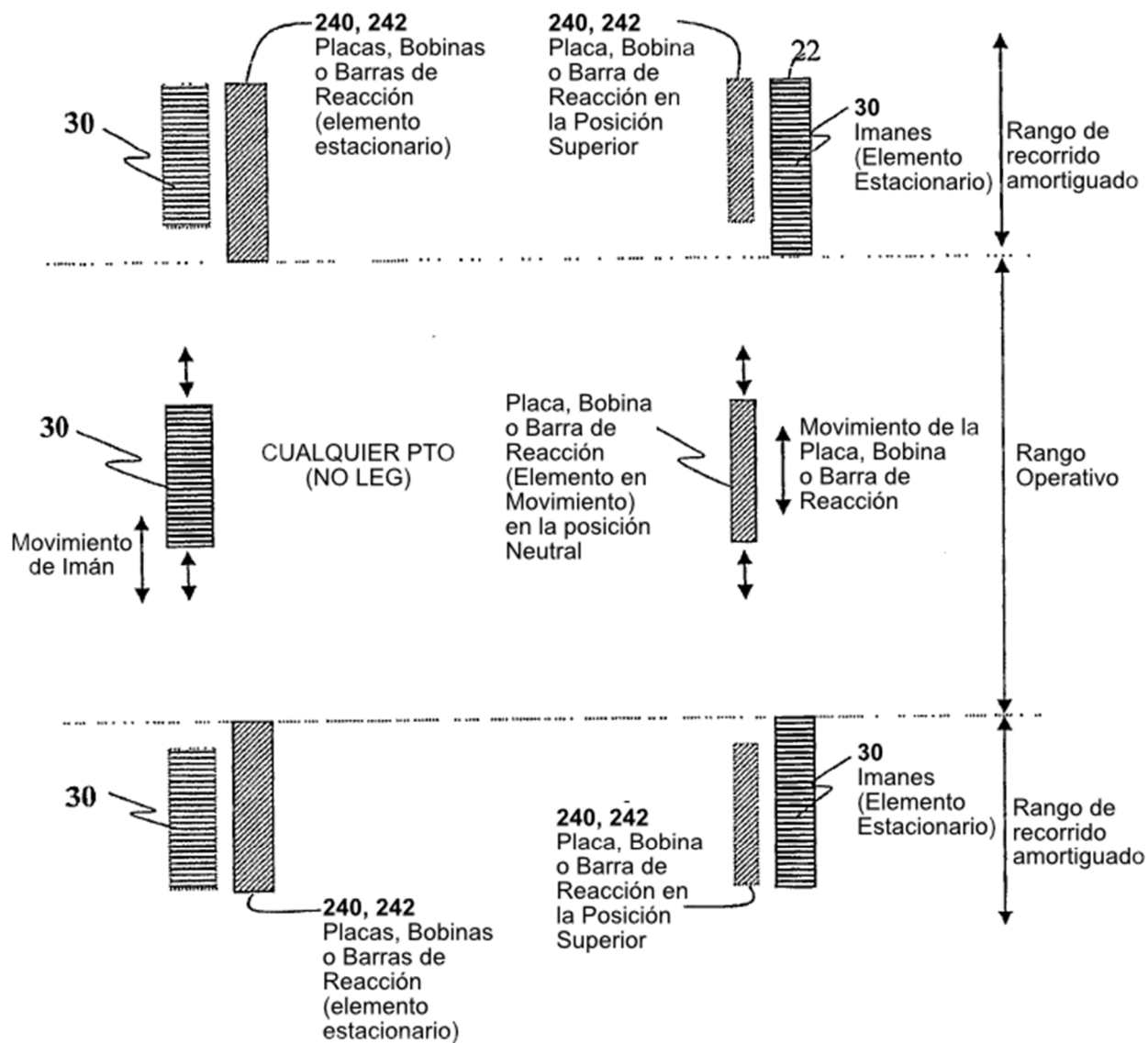


FIGURA 9C

FIGURA 9D

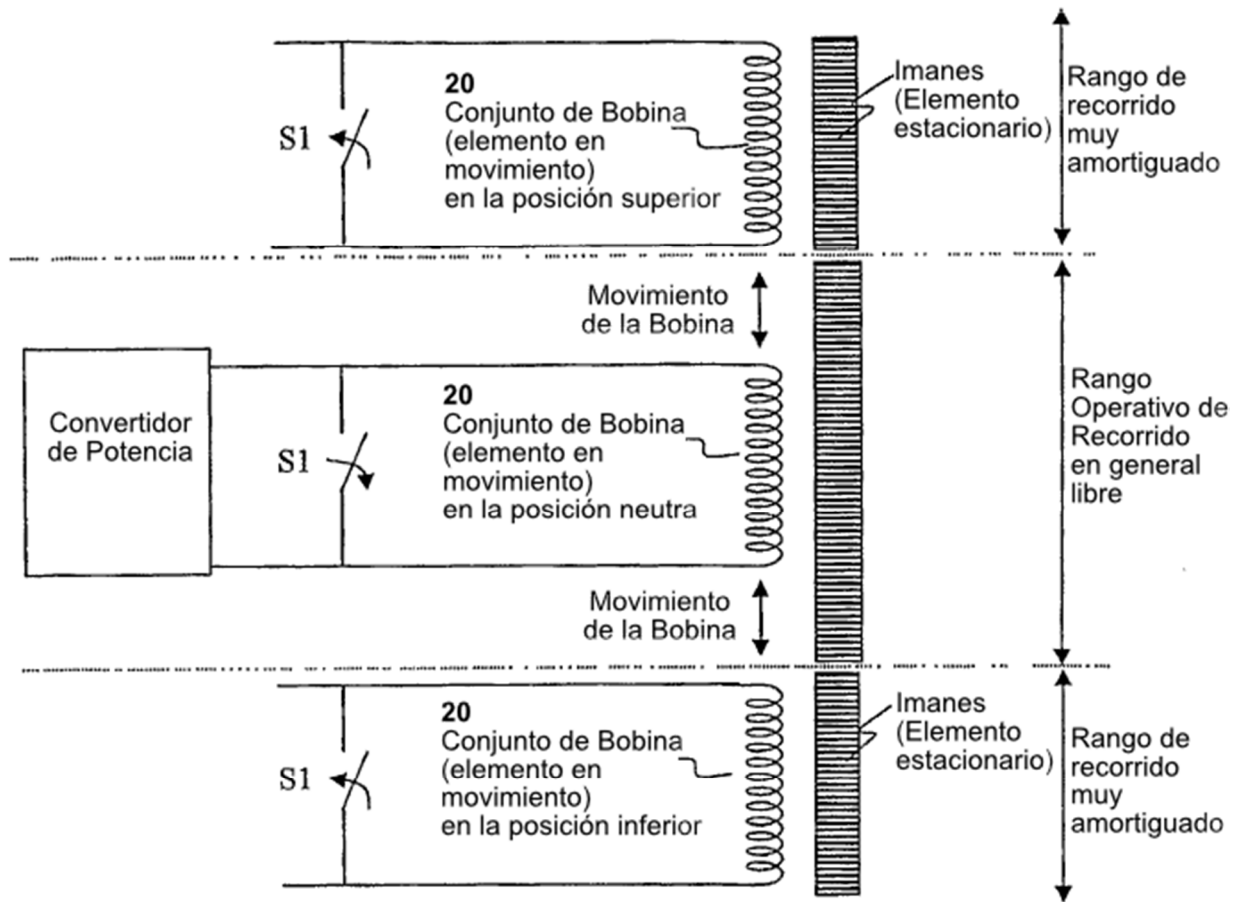


FIGURA 10

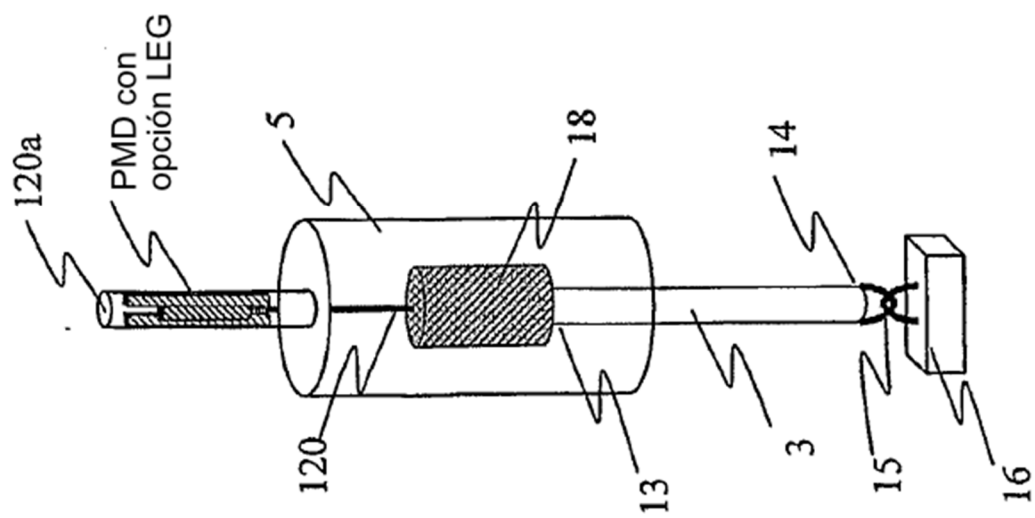


FIGURA 11A

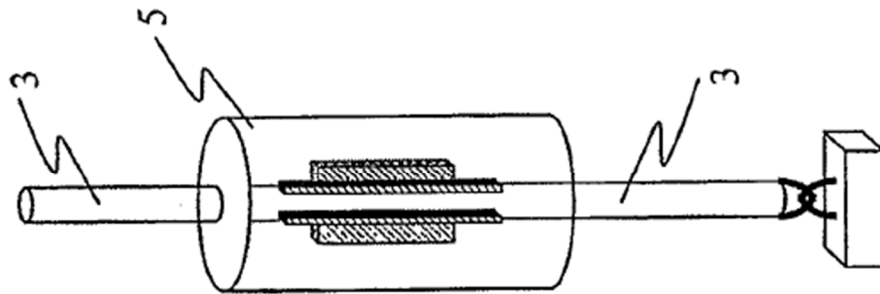


FIGURA 11B

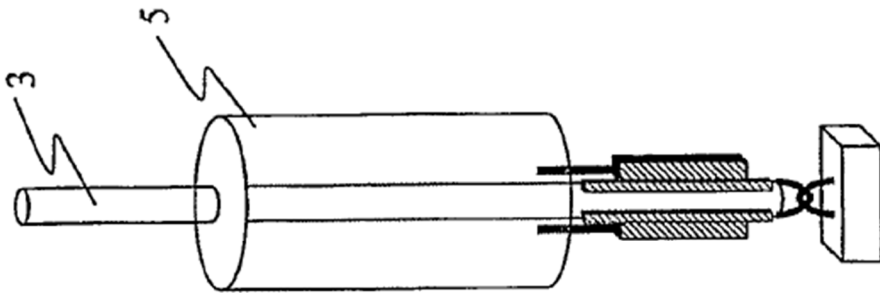


FIGURA 11C

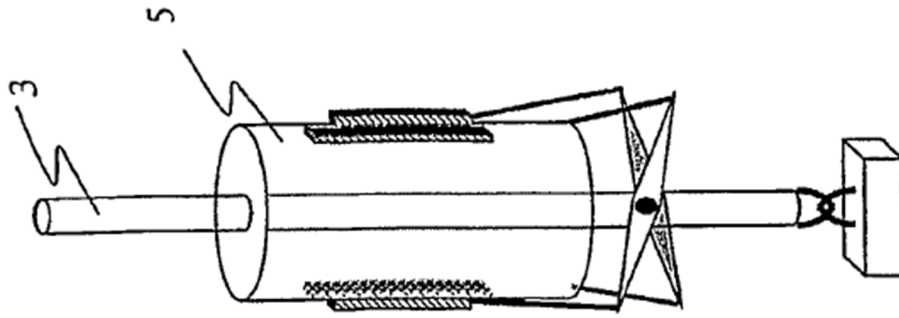


FIGURA 11D