

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 882**

51 Int. Cl.:

H02K 35/02 (2006.01)

H02K 11/04 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

F03B 13/18 (2006.01)

F03B 13/20 (2006.01)

F03B 15/00 (2006.01)

H02P 3/22 (2006.01)

B60L 7/00 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

H02P 25/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2005 E 05725733 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 1733141**

54 Título: **Convertidores de energía de olas (WECs) con generadores eléctricos lineales (LEGs)**

30 Prioridad:

16.03.2004 US 553666 P

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

09.02.2016

73 Titular/es:

**OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
1590 REED ROAD
PENNINGTON, NJ 08534, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 558 882 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

Convertidores de energía de olas (WECs) con generadores eléctricos lineales (LEGs).

Antecedentes de la invención

5 Esta invención se relaciona con el aparato, sistemas y métodos para convertir la energía presente en las olas de la superficie del océano en energía eléctrica.

10 Un sistema conocido para capturar energía de las olas de la superficie del océano incluye: (a) una primera estructura (la cual puede ser o intercambiable referida aquí como un "casco" o "embarcación" o "flotador") la cual, cuando está ubicada en un cuerpo de agua, está diseñada para moverse hacia arriba y hacia abajo, generalmente, en fase con las olas en el agua y de este modo absorber y/o liberar energía; (b) una segunda estructura (la cual puede ser o intercambiable referida aquí como un "eje", "palo", "columna" o pistón) la cual está ya sea estacionaria o se mueve en general fuera de fase con respecto a las olas y la primera estructura; y (c) un dispositivo mecánico o de toma de potencia hidráulica (PTO) acoplado entre la primera y la segunda estructura y el cual en respuesta al movimiento relativo entre la primera y la segunda estructura está diseñado para producir movimiento mecánico o hidráulico el cual es entonces convertido en energía eléctrica. La especificación SCHANZH~P1371.EPI1~~2013-07-29 con cambios aceptados.doc.

15 Los dispositivos de toma de potencia (PTO) de una técnica anterior incluyen combinaciones de dispositivos hidráulicos, dispositivos neumáticos, y/o traductores mecánicos (por ejemplo un sistema de piñón y cremallera de engranajes), y generadores eléctricos giratorios de diversos tipos y formas (generador de imán permanente, generador de inducción). Estos dispositivos convierten el movimiento relativo entre el casco y el eje en movimiento mecánico o hidráulico el cual es entonces convertido en energía eléctrica. Estos dispositivos y los sistemas que los emplean tienden a ser ineficientes, costosos de hacer y difíciles de diseñar para supervivencia.

20 Para impedir algunos de estos problemas se ha sugerido utilizar un generador eléctrico lineal (LEG) para un dispositivo de toma de potencia (PTO). Sin embargo, los sistemas de conversión de energía de las olas conocidos utilizan generadores que tienen limitaciones de rendimiento, coste, confiabilidad y/o supervivencia resultantes de la configuración y/o del tipo sugerido del generador eléctrico lineal. Las deficiencias de los sistemas de conversión de energía de las olas utilizan generadores eléctricos lineales que incluyen lo siguiente:

- 25 1. los generadores eléctricos lineales conocidos tienen una carrera o rango de movimiento limitados, limitando la cantidad de potencia que puede ser extraída, resultando en diseños mecánicos complejos, costosos para limitar el rango de fuerza aplicada al dispositivo de toma de potencia, y/o disminuyendo la supervivencia de los sistemas convertidores de energía de las olas; y/o
- 30 2. en los sistemas de generador eléctrico lineal conocidos, las bobinas de inducción son una parte integral del casco o la columna (por ejemplo las bobinas de inducción rodean uno de los elementos estructurales del convertidor de energía de las olas), resultando en diseños mecánicos complejos y costosos; y/o
- 35 3. los montajes conocidos de imán de generador eléctrico lineal y de la bobina de inducción deben estar alojados en conjunto en un cerramiento impermeable, necesitando dispositivos de sellado no confiables y/o costosos en una interfaz de aire/agua.

Estas deficiencias se superan en los sistemas que incorpora la invención.

40 La WO 03/058055 A1 divulga un convertidor de energía de las olas comprendiendo un flotador y una columna previstos para estar ubicados en un cuerpo de agua con el flotador moviéndose con respecto a la columna como una función de las olas presente en el cuerpo de agua. Un generador lineal consiste de un imán adyacente al flotador, moviéndose con respecto a los bobinados estáticos en la columna. Las guías centran el movimiento del imán dentro de las bobinas.

45 La US 2003/0020281 A1 divulga un convertidor de energía de las olas en el cual un alternador, que flota libremente en la superficie del agua, tiene un imán y unas estructuras de bobina de alambre que se someten al movimiento relativo en respuesta al movimiento de las olas.

Resumen de la invención:

Un sistema convertidor de energía de las olas (WEC) que incorpora la invención incluye un dispositivo de toma de potencia (PTO) que convierte directamente la energía mecánica en energía eléctrica y mitiga y/o impide los problemas enumerados anteriormente.

50 Un WEC que incorpora la invención incluye, por ejemplo, un casco y una columna con un dispositivo PTO conectado entre el casco y la columna. El casco y la columna están contruidos de manera que, cuando están ubicados en un cuerpo de agua y en respuesta a las olas en el cuerpo de agua, hay un movimiento relativo entre el casco y la columna. El dispositivo PTO incluye un sistema de generador eléctrico lineal (LEG) diseñado para producir energía eléctrica, directamente, en respuesta al movimiento relativo entre el casco y la columna.

5 El dispositivo de toma de potencia (PTO) de la invención incluye un montaje de imán permanente (PM) alojado separadamente de un montaje de bobina de inducción el cual está acoplado electromagnéticamente al montaje PM. Cada montaje puede estar encerrado en su propio cercamiento impermeable. El dispositivo de toma de potencia (PTO) funciona como un generador eléctrico lineal (LEG) el cual puede ser también denominado como un generador sincrónico lineal (LSG). Típicamente, uno de los montajes de imán permanente y de la bobina de inducción está ubicado en, o dentro, o unido a, el casco y se mueve en la medida que el casco se mueve; y el otro de los montajes de imán permanente y la bobina de inducción está ubicado en o unido a la columna y bien se mueve como se mueve la columna o permanece estacionario si la columna está estacionaria. El movimiento relativo entre el casco y la columna, cuando están ubicados en un cuerpo de agua y en respuesta a las olas en el cuerpo de agua, genera que los montajes de imán permanente y de la bobina de inducción unidos (o montados), sean accionados uno después del otro, en respuesta al movimiento de las olas, resultando en la generación de un voltaje el cual es una función del movimiento relativo y por último genera una corriente que es generada en las bobinas cuando una carga externa se conecta a través de las bobinas.

15 A manera de ejemplo, cuando un sistema que incorpora la invención está ubicado en un cuerpo de agua tal como un océano, las olas del océano que pasan aplican una fuerza en un casco que está libre de moverse hacia arriba o hacia abajo con respecto a la columna (la cual no necesita estar estacionaria; pero que, para facilidad de la explicación, se asume que está estacionaria). Esta fuerza resulta en el movimiento del casco con respecto al de la columna (por ejemplo un elemento estacionario del sistema convertidor de energía de las olas). El dispositivo PTO, el cual incluye un generador eléctrico lineal acoplado entre el casco y la columna desarrolla una fuerza la cual es "típicamente" opuesta (contrarrestada) a la aplicada por la ola que pasa. En los sistemas que incorpora la invención, un sistema de guía y de cojinete puede mantener la alineación relativa de los montajes del imán y la bobina de inducción y el espacio entre estos.

20 En un WEC que incorpora la invención, los montajes de imán permanente y los montajes de la bobina de inducción, alojados en cerramientos separados, pueden estar ubicados en numerosas ubicaciones diferentes dentro, o en el WEC. Los montajes de imán y de la bobina de inducción no son una parte integral de la estructura mecánica del convertidor de energía de las olas. Estos pueden estar ubicados de manera que proporcionen la mayor conversión de la potencia eficiente y/u optimicen el diseño del casco y la columna, que incluye la simplicidad del diseño, facilidad de la instalación y el servicio.

25 De acuerdo con la invención, los montajes de imán y de la bobina de inducción no necesitan estar alojados en un encierro común y por lo tanto no requieren sellos impermeables para dicho encierro.

30 Otra ventaja de los montajes de imán y de la bobina de inducción en encierros separados es que la carrera del sistema (para la mayoría de realizaciones) está limitada solo por la longitud del sistema de rodamiento y alineación. El sistema de rodamiento y alineación puede ser lo suficientemente largo de manera que impida la restricción del rango de movimiento del casco que se mueve, minimizando de este modo las cargas de impacto y el diseño estructural para sobrevivir a estas cargas de impacto.

35 Un LEG ubicado entre el casco y la columna central puede ser utilizado para proporcionar acción de frenado, o amortiguación entre el casco y la columna cuando el recorrido del casco con respecto al de la columna excede una distancia predeterminada.

40 Debido a las fuerzas de las olas el casco tiende a torcerse y girar (rotación) con respecto a la columna cuando el WEC está en el agua. Un esquema anti-rotacional incluye una formación de una columna central multi-cara (por ejemplo un cuadrado) rodeado por la pared interna del casco conformada para tener una estructura complementaria por la cual el casco no puede girar con respecto a la columna. Este esquema incluye la formación de muchas superficies paralelas entre la pared interna del casco y los lados de la columna central. Los montajes del LEG puede también estar fácilmente formados entre las superficies paralelas y sus dimensiones se pueden mantener para asegurar un acoplamiento bueno y eficiente.

45 Es también importante empaquetar los montajes magnéticos y de la bobina de inducción de manera que el flujo magnético acoplado entre estos montajes se maximice y las pérdidas de corrientes de torbellino se reduzcan con el fin de obtener un aumento en la eficiencia de la producción de potencia eléctrica.

Breve descripción de los dibujos:

50 En los dibujos acompañantes como referencia los caracteres se denotan como los componentes; y

La Figura 1A es un diagrama ilustrativo (no a escala) que muestra la instalación de un montaje de generador eléctrico lineal (LEG) por encima del casco de un WEC, de acuerdo con la invención;

Las Figuras 1A1 y 1A2 ilustran en más detalle la ubicación de un montaje de imán permanente y un montaje de la bobina de inducción en la estructura de la Figura 1A;

55 La Figura 1B es un diagrama (no a escala) que muestra la instalación de un montaje de LEG dentro del casco de un WEC, de acuerdo con la invención;

- Las Figuras 1 B1 y 1 B2 son vistas transversales de un montaje de LEG montado en una columna cuadrada; la columna cuadrada está diseñada para proporcionar anti-rotación (por ejemplo, para impedir la rotación del casco con respecto a la columna) a la vez que simultáneamente proporciona superficies paralelas entre el casco y la columna para permitir la formación de un LEG más eficiente;
- 5 La Figura 1C es un diagrama (no a escala) que muestra la instalación de un LEG por debajo de un WEC, de acuerdo con la invención;
- Las Figuras 1C1 y 1C2 son diagramas que ilustran, en más detalle, las ubicaciones alternativas de un montaje de imán permanente y un montaje de bobina de inducción en la estructura de la Figura 1C;
- 10 La Figura 1 C3 es una vista lateral que ilustra un montaje de bobina que se mueve a través de un montaje de imán permanente, de acuerdo con la invención;
- La Figura 1D es un diagrama (no a escala) que muestra la instalación de un montaje de imán permanente y el montaje de bobina de inducción de un LEG en el exterior del casco de un WEC con un medio para proporcionar multiplicación de velocidad, de acuerdo con la invención;
- 15 La Figura 1D1 es un diagrama en más detalle (no a escala) del sistema de la Figura 1D que ilustra la multiplicación de velocidad;
- La Figura 1D2 es un diagrama (no a escala) del sistema de la Figura 1D que ilustra la multiplicación de velocidad con el LEG posicionado en la pared interna del casco del WEC;
- La Figura 1D3 es otro diagrama (no a escala) del sistema de la Figura 1D que ilustra la multiplicación de velocidad con las bobinas electromagnéticas de un LEG instalado a lo largo de la pared externa del casco del WEC y el imán permanente que pasa a lo largo del exterior de las bobinas;
- 20 Las Figuras 1D4, 1D5, y 1D6 ilustran variaciones de la invención;
- Las Figuras 1E hasta 1H son diagramas ilustrativos (no a escala) de realizaciones de la invención en las cuales el casco (flotador) se mueve en general en fase con las olas y la columna o el eje están sin ataduras y se pueden mover en general fuera de fase con el movimiento de las olas con un montaje LEG conectado de manera que sea movido por el casco y la columna;
- 25 La Figura 2A es un diagrama de sección transversal de parte del WEC y del dispositivo de toma de potencia (PTO) de la Fig. 1A;
- La Figura 2B es un diagrama de sección transversal de parte del WEC y el dispositivo PTO de la Figura 1B;
- 30 La Figura 2C es un diagrama de sección transversal que ilustra, que en las estructuras WEC que se muestran en las Figuras 1A-1H, la columna central puede ser multi-cara (por ejemplo, una columna cuadrada que tiene 4 lados), con la pared interna del casco que tiene una faceta paralela a cada lado de la columna central y con un montaje LEG ubicado entre cada lado de la columna central y una faceta correspondiente de la pared del casco interna;
- La Figura 2D es diagrama de sección transversal de parte del WEC y el dispositivo PTO de la Figura 1D;
- 35 Las Figuras 3A, 3B, 3C y 3D representan, ilustrativamente, diferentes configuraciones de formaciones magnéticas y de montajes de bobina de inducción adecuados para el uso en la práctica de la invención;
- La Figura 4A es ilustrativa de un LEG con una configuración de montaje de imán permanente de "superficie" utilizando un alambre eléctrico conductor, barras de bobinas o papel de aluminio para la práctica de la invención;
- La Figura 4B es ilustrativa de un LEG con una configuración de montaje de imán permanente "enterrado" utilizando un alambre eléctrico conductor, barras de bobinas o papel de aluminio para la práctica de la invención;
- 40 Las Figuras 4C y 4C1, 4C2, 4C3, y 4C4 son diagramas ilustrativos del aparato para definir y mantener un espacio fijo entre las bobinas y los imanes permanentes de un LEG utilizado para la práctica de la invención;
- La Figura 5 muestra una configuración de bobina de generador eléctrico lineal trifásico para uso en la práctica de la invención;
- Las Figuras 6A, 6B, y 6C representan diversos WEC para el uso en la práctica de la invención;
- 45 La Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra diversas combinaciones posibles de características de diseño para la práctica de la invención;
- La Figura 8 es un diagrama ilustrativo de una disposición de frenado/amortiguación de una técnica anterior que utiliza un medio mecánico para limitar la longitud de desplazamiento del casco y el eje de un WEC;

Las Figuras 8A hasta la 8D son diagramas ilustrativos (correspondientes a las Figuras 1A hasta la 1D) que muestran el uso del LEG de la invención para proporcionar el frenado (también referido como “amortiguación”) cuando el desplazamiento vertical entre el casco y la columna del WEC excede los valores predeterminados;

La Figura 8E es un diagrama ilustrativo de un sistema WEC que incorpora la invención;

- 5 Las Figuras 9A1, 9B1, 9C1, y 9D1 son diagramas esquemáticos que ilustran el uso de los LEG para proporcionar frenado o amortiguación, de acuerdo con la invención;

Las Figuras 9A2, 9B2, 9C2 y 9C2 son diagramas ilustrativos de estructuras las cuales pueden ser usadas para proporcionar amortiguación magnética (frenado) de acuerdo con la invención;

- 10 Las Figuras 10A y 10B ilustran el rango de desplazamiento no amortiguado cuando se usa cualquier dispositivo PTO y del rango de desplazamiento amortiguado del casco y la columna debido al efecto de frenado de los montajes LEG, de acuerdo con la invención;

Las Figuras 10C y 10D ilustran el rango de desplazamiento no amortiguado y del rango de desplazamiento amortiguado del casco y la columna debido al efecto de frenado de los montajes LEG, utilizando los LEG como el dispositivo PTO;

- 15 La Figura 10D1 ilustra el uso de la conmutación de bobina para cortar selectivamente la bobina en la medida que esta se desplaza a través de diferentes regiones del desplazamiento;

La Figura 11 es un diagrama que ilustra una disposición de empaquetado LEG sujeta a pérdidas sustanciales de corrientes de torbellino;

- 20 La Figura 12 es un diagrama ilustrativo de un diagrama de empaquetado de un LEG, de acuerdo con la invención, para reducir las pérdidas de corrientes Eddy entre el montaje de imán permanente y el montaje de bobina de inducción;

La Figura 13A es un diagrama de bloques de un sistema de conversión de potencia LEG utilizando una configuración de rectificador pasivo;

- 25 La Figura 13B es un diagrama de bloques de un sistema de conversión de potencia LEG utilizando una configuración de rectificador activo;

La Figura 13C es un diagrama de bloques de un sistema de conversión de potencia LEG utilizando una configuración de rectificador activo;

La Figura 14 es un diagrama de bloques de un WEC con el PTO siendo un LEG con la carga acoplada al LEG; y

- 30 Las Figuras 15a y 15b son diagramas en forma de onda que ilustran el voltaje y la potencia generadas con los LEG instalados en los WEC, de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

I. Sistemas adecuados para la práctica de la invención

- 35 Los convertidores de energía de las olas (WECs) adecuados para la práctica de la invención pueden incluir sistemas del tipo que se muestran en las Figs. 6A, 6B, y 6C. La Fig. 6A muestra un casco 10 neutralmente flotante sumergida típicamente por debajo de la superficie del océano con una columna 12 (palo) vertical atada o anclada. La Fig. 6B muestra un casco flotante típicamente flotando en la superficie del océano también con una columna 12 (palo) vertical atada o anclada. La Fig. 6C ilustra un amortiguador de energía de las olas dual donde el casco 10 y el palo 12 se mueven con respecto el uno con el otro, el casco está en general en fase con las olas y el palo se tiende a mover fuera de fase con el casco y/o las olas del océano. Cada uno de los WEC que se muestran en las Figs. 6A, 40 6B y 6C pueden incluir una, o más, tomas de potencia (PTO) el cual incluye un dispositivo 20 de generador eléctrico lineal (LEG) conectado entre el “casco” y el “palo”.

- 45 En general, cualquier WEC el cual incluye una primera y segunda estructura (por ejemplo, un casco y un palo) los cuales, en respuesta a las fuerzas tales como las producidas por las olas del océano, más con respecto la una a la otra puede ser adecuada para la práctica de la invención. De acuerdo con la invención, un PTO, el cual incluye un generador 20 eléctrico lineal (LEG), puede estar acoplado entre la primera y la segunda estructura para convertir su movimiento relativo en energía eléctrica directa. Además, de acuerdo con la invención, el PTO puede estar ubicado en muchos lugares diferentes, proporcionando un alto grado de libertad en el diseño de la configuración física del sistema.

Generador eléctrico lineal (LEG)

- 50 Se propone un generador lineal eléctrico (LEG) como los WEC de dispositivo de toma de potencia (PTO) por un número de razones. Se estima que la eficiencia proyectada de todo el sistema eléctrico esté por encima de 90% a

una fuerza y velocidad nominales. Esta eficiencia es muy superior de al menos el 80% de eficiencia del sistema hidráulico-eléctrico existente. Los componentes hidráulicos son también costosos, tienen vida y confiabilidad limitadas, y presentan desafíos de instalación y mantenimiento. La eliminación de los componentes hidráulicos es una razón importante para el uso de LEG.

5 Un beneficio significativo del LEG es que este permite la implementación de una mejora significativa en la eficiencia y en las características de supervivencia. Un aspecto de la invención es que esta permite implementar un sistema de concordancia de impedancia activo (AIMS) el cual incluye retroalimentar la potencia a la boya (WEC) durante una porción de cada ciclo de ola. Se ha encontrado que el uso de un sistema hidráulico para la retroalimentación no es posible en una base a largo plazo. La vida de un motor hidráulico, cuando se opera como una bomba, se reduce significativamente. El LEG, por otra parte, puede ser operado como un motor y/o como un generador, dependiendo de la dirección del flujo de corriente y la fuerza mecánica aplicada. En consecuencia, el LEG permite una concordancia de impedancia activa, con un aumento resultante en la eficiencia WEC.

15 Un LEG puede también estar configurado con una carrera esencialmente ilimitada. Esta característica tiene un beneficio enorme en términos de diseño estructural y supervivencia del WEC. En los diseños de WEC existentes, las fuerzas impacto, no las fuerzas de las olas, controlan el diseño estructural. También los WECs tienen carrera limitada, impulsados por la longitud finita del cilindro hidráulico u otros dispositivos PTO mecánicos, los cuales requieren un sistema mecánico con topes y amortiguadores finales para absorber las cargas de impacto. El ancla, la unión universal, y la columna deben estar también diseñadas para manejar estas cargas. En un sistema que incorpora la invención, sin estos topes finales, la fuerza en los componentes estructurales es limitada a la ejercida por el dispositivo de toma de potencia (el LEG en este caso). Con la adición de bandejas de cobre o aluminio al final de la carrera de toma de potencia normal, se puede implementar la amortiguación (frenado) pasiva. Esta amortiguación sirve para tomar energía fuera de la boya en condiciones de tormenta. En consecuencia, el diseño estructural de un WEC que utiliza sistemas LEG es muy simplificado.

Las ventajas del uso de generadores lineales eléctricos (LEGs) son:

- 25 1. la eliminación de dispositivos hidráulicos u otros dispositivos de traslación mecánicos – esto debería dar como resultado una ganancia significativa en la eficiencia ya que hay pérdidas de potencia sustancial (eficiencia) asociadas con sistemas de conversión de traslación hidráulicos y mecánicos.
- 30 2. el coste del ciclo de vida de los sistemas LEG debería ser más económico que los sistemas hidráulicos bomba/generador.
3. la ganancia LEG en la eficiencia más confiable que los sistemas hidráulicos.
4. los sistemas LEG permiten una operación de flujo de potencia bidireccional.

II. Configuraciones de los sistemas que usan un LEG para toma de potencia

Los WEC que se muestran en las Figs. 6A, 6B y 6C pueden incorporar montajes LEG como se muestran en las Figs. 1A hasta la 1H. Ciertos aspectos de la invención pueden estar descritos con referencia a los dibujos. Los WEC están previstos para estar ubicados en un cuerpo de agua (por ejemplo, un océano) y las olas ocasionan que el casco 10 se mueva hacia arriba y hacia abajo con respecto a la columna 12 central (pistón o palo). Esto es, el movimiento hacia arriba y hacia debajo de la olas del océano aplica una fuerza al casco 10, generando un movimiento hacia arriba y hacia abajo con respecto al palo 12 el cual puede ser un miembro estacionario del sistema convertidor de energía de las olas. Alternativamente, el palo 12 puede ser un miembro móvil, pero cuyo movimiento tiende a estar fuera de fase con el movimiento del casco. En las Figs. 1A-1D, el palo 12 se muestra anclado y estacionario con el casco 10 que se mueve hacia arriba y hacia abajo. En las Figs. 1E-1H, el casco 10 y el palo 12 pueden ambos moverse uno con respecto al otro, con el casco tendiéndose a mover, en general, en una dirección opuesta al palo.

Las Figuras 1A, 1B, 1C y 1D muestran cuatro configuraciones diferentes de convertidores de energía de las olas (WECs) que utilizan montajes 20 de generador eléctrico lineal. Los montajes 20 de LEG incluyen un montaje 22 de imán permanente (PM) y un montaje 24 de bobina de inducción. De acuerdo con la invención, el montaje 22 de imán permanente (PMA) y el montaje 24 de bobina de inducción (ICA) no necesitan estar encerrados en una cubierta sellada común. Los montajes de imán y de bobina de inducción de encierros separados proporcionan opciones que no son posibles con las máquinas eléctricas lineales de cubierta común conocidas. Como se muestra en las Figuras 1A-1D, los montajes LEG pueden estar ubicados por encima, por debajo, adentro o afuera de un casco de convertidor de energía de las olas. En la Fig. 1A, el montaje 20 de LEG está montado por encima del casco 10. En la Fig. 1B, el montaje LEG está montado dentro (adentro) del casco 10. En la Fig. 1C, el montaje 20 LEG está montado por debajo del casco 10. También en la Figura 1C1, el montaje 22 de imán permanente está fijado a la columna 12 del WEC y el montaje 24 de bobina de inducción está acoplado a el casco. En la Fig. 1C2, los imanes 22 permanentes están acoplados mecánicamente a el casco 10 del WEC y los montajes 24 de bobina de inducción están fijados a la columna 12.

En la Fig. 1D, el montaje 20 LEG está montado en el exterior del casco 10. En la Fig. 1A, y en las Figs. 1A1 y 1A2 detalladas, el LEG 20 está situado en un columna mástil que se extiende por encima del casco 10 WEC. El WEC incluye un casco 10 y una columna 12 (palo) central articulada (pivotada) que tiene un extremo 13 superior y un extremo 14 inferior. El palo 12 se muestra conectado a su extremo 14 inferior a través de una unión 15 universal a

un ancla 16 diseñada para mantener el palo 12 estacionario. El palo está conectado en su extremo 13 superior a un flotador 18 de columna. Hay un vínculo mecánico, o “varilla 120 de empuje”, que se extiende hacia arriba del palo 12 y del flotador 18, que funciona para mantener estable uno del montaje magnético LEG y el montaje de bobina de inducción a la vez que el casco y el mástil al cual está unido el otro del montaje magnético LEG y el montaje de bobina de inducción se mueve hacia arriba y hacia abajo. En la porción 120a de la varilla 120 de empuje que se extiende por encima de la parte superior 101 del casco 10 se monta una porción del generador eléctrico lineal con la otra porción que se mantiene o asegura de, o a, la pared interior del tope. Los montajes (24, 22) de ICA y PMA están posicionados uno con respecto al otro de manera que haya una pequeña diferencia entre ellos para asegurar un acoplamiento electromagnético fuerte entre las bobinas y los imanes a la vez que permiten “sin obstáculos” el movimiento lineal (vertical) físico con respecto al otro. Esto es, el movimiento relativo sin obstáculos excepto para las fuerzas ejercidas debido a la generación de potencia deseada y la extracción de potencia.

En la Fig. 1A1, el montaje 22 magnético está asegurado a la varilla 120a de empuje (la cual puede estar atada y estacionaria o sin atar y moverse en general fuera de fase con el casco) y el montaje 24 de bobina de inducción está montada físicamente a lo largo de la pared interna del tope de manera que se mueve hacia arriba y hacia abajo en la medida que el casco 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo. En la Fig. 1A2, el montaje 24 de bobina está asegurado a la varilla 120a de empuje, la cual se asume que está estacionaria, y el montaje 22 de imán permanente está montado físicamente de manera que se mueve hacia arriba y hacia abajo en la medida que el casco 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo. En consecuencia, cualquiera de las bobinas se mueve con respecto a los imanes como en la Fig. 1A1 o los imanes se mueven con respecto a las bobinas como en la Fig. 1A2. En cualquier configuración hay un movimiento relativo entre las bobinas y los imanes en la medida que el casco se mueve hacia arriba y hacia abajo. Teniendo en cuenta que, alternativamente, las bobinas y los imanes pueden moverse en relación uno al otro como se ilustra en las Figs. 1E-1H.

En la Fig. 1B, el LEG está localizado dentro de la cubierta del WEC. En esta realización, la cubierta y los ensamblajes de los cojinetes del LEG pueden (o no) estar integrados. En esta configuración la torsión entre las paredes internas de la cubierta y la columna 12 central pueden ser más pronunciadas y afectar negativamente la operación del LEG

En general existe un problema en que hay fuerzas de torsión y de giro entre el casco 10 y la columna 12 central que tienden a ocasionar que el casco gire con respecto a la columna (o viceversa). Una solución al problema que se muestra en las Figs. 1 B1 y 1 B2 es hacer la forma de la columna 12 central de manera que esta tenga multiplicidad de lados (por ejemplo, tres o más lados) con la columna montada mediante el centro del casco y la pared interna o sección del núcleo del casco que tiene una estructura complementaria a los lados de la columna. Las paredes 110 internas del casco 10 pueden estar formadas con superficies paralelas a las paredes externas o lados de la columna. Las Figs. 1 B1 y 1 B2 muestran la sección transversal de la pared 110 interna del casco 10 a ser de forma cuadrada en una manera complementaria a la forma de cuadrado de la columna 12 central. Para este tipo de diseño “anti-giratorio” la tendencia del casco a girar con respecto a la columna se ha reducido significativamente, si no es eliminado. También, las superficies paralelas y opuestas están formadas las cuales hacen que sean fáciles de localizar y mantener los montajes LEG. El montaje 24 de bobina de inducción puede estar montado en uno de los lados de la columna 12 y la(s) pared(es) 110 interna(s) del casco y el montaje magnético permanente puede estar montado en el otro de los lados de la columna 12 y la(s) pared(es) 110 interna(s) del casco. Como se discute más adelante, la formación de montajes LEG a lo largo de superficies paralelas ayuda en la formación de montaje LEG cuyas dimensiones y movimiento son fáciles de controlar resultando en un LEG más confiable y más eficiente.

La Figura 1 B1 muestra una sección transversal de LEG de fuerza superior, de potencia superior. La unidad incluye cuatro montajes LEG cada uno con un montaje 22 de imán permanente movable y un montaje 24 de bobina de inducción de estator estacionario. El LEG está configurado en una configuración de caja por dos razones. Primera, la fuerza de atracción de imán-estator grande es algo negada si los imanes se mantienen aparte por una estructura de soporte. Segunda, la longitud general del LEG cuadrilátero puede estar hecha de un cuarto de longitud de un solo LEG. Pueden considerarse otras configuraciones. Por ejemplo, el LEG puede estar implementado como uno o más montajes imán-estator de espalda, como se muestra en la Fig. 1 B2.

En la Fig. 1C, el LEG 20 está ubicado por debajo del casco 10. En esta configuración el montaje LEG está desacoplado de las cargas de flexión y de torsión del casco WEC comparado con el sistema de la Fig. 1B. Esta aproximación, permite la carrera extendida con un diseño mecánico relativamente simple. Esta configuración también facilita la instalación y el servicio, y desacopla el(los) montaje(s) LEG de cargas de flexión y de torsión asociadas con el casco.

Una vista un poco más detallada es de dos posibles configuraciones diferentes del LEG 20 de la Fig. 1C que se muestra en las Figs. 1 C1 y 1 C2. En la Fig. 1C1, el montaje 22 de imán permanente se muestra ubicado a lo largo del eje 12, (el cual se asume que es, pero no necesita ser) estacionario, a la vez que el ICA 24 está conectado a un extremo del casco 10 y se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo largo del PMA 22, en la medida que el casco 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo con respecto al eje 12. Se tiene en cuenta que un espacio de aire (este podría ser un espacio de líquido) se mantiene entre los dos montajes, 22 y 24. En la Fig. 1 C2, el ICA 24 se muestra ubicado a lo largo del eje 12 (el cual se asume que es, pero no necesita ser, estacionario), a la vez que el PMA 22 está conectado a un extremo del casco 10 y se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo largo del ICA 24, en la medida que

el casco 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo con respecto al eje 12. Se tiene en cuenta que la Fig. 1C3 muestra una vista lateral del ICA 24 que es propulsado por el casco 10 a través del PMA 22. En la implementación que se muestra en la Fig. 1C1, el montaje 22 magnético está montado en la porción inferior de la columna 12 la cual está asegurada al lecho del océano de una forma que el movimiento vertical se ve limitado, pero aún se permite el movimiento lateral. Muchos montajes magnéticos permanentes y de bobina de inducción pueden estar ubicados alrededor de la columna inferior (la cual puede ser un cilindro, o cualquier estructura multi-cara).

En todas las configuraciones que se muestran en esta aplicación, la acción de las olas fuerza el casco para moverse hacia arriba y hacia abajo, generando un movimiento relativo entre las bobinas de inducción y los imanes permanentes. Se tiene en cuenta que los montajes de bobina y magnéticos están diseñados para pasar uno sobre otro con un pequeño "espacio" entre los montajes que se mantiene relativamente constante para asegurar un buen acople electromagnético todo el tiempo. De esta forma, la fuerza y el movimiento mecánicos son convertidos en corriente y voltaje eléctricos de una manera eficiente.

La Fig. 1D muestra que una diversidad de diferentes montajes LEG (por ejemplo, 20a, 20b) que pueden estar ubicados en el exterior del casco WEC. En la Fig. 1D una parte del LEG (por ejemplo, uno de los montajes magnéticos permanentes y de bobina de inducción) está montado a lo largo de la pared externa del casco 10 y la otra parte del LEG (por ejemplo, el otro de los montajes magnéticos y de bobina) está montado para pasar por, y opuesto, la primera parte. Se tiene en cuenta que muchos brazos 920a, 920b articulados (radio) están acoplados a la columna 12 a través de un punto 901 de pivote. Cada brazo (920a, 920b) articulado está conectado a un extremo del casco 10 y en su otro extremo a una parte del LEG, para generar movimiento entre los montajes de bobina y magnéticos en respuesta al movimiento del casco. Una característica deseable de este diseño es que la velocidad relativa estator-imán puede aumentarse sustancialmente para producir una salida eléctrica elevada. Como resultado, el requerimiento de fuerza de LEG y el tamaño se pueden reducir a la mitad. Una desventaja de esta aproximación es la carrera limitada que se puede lograr.

Las configuraciones que se muestran en las Figs. 1A, 1C y 1D tienen una ventaja en que las cargas de flexión y torsión del casco están desacopladas de los montajes LEG. Las configuraciones que se muestran en las Figs. 1A, 1B y 1C tienen una ventaja en que la carrera puede ser más larga que el rango de movimiento del casco, para impedir cargas de impacto y resultado en problemas de diseño mecánicos. Cada una de las Figuras 1A-1D muestran dos montajes LEG imán/bobina, pero estos evidenciarían que los sistemas que incorpora la invención pueden estar configurados con cualquiera de los montajes multi-LEG que operan al mismo tiempo.

Las porciones de la estructura de los LEG perfilados en las Figs. 1A-1D se presentan en un poco más de detalle en las Figs. 2A-2D. Las Figuras 2A, 2B, 2C, y 2D muestran vistas de sección transversal de los LEGs los cuales pueden usarse en los WEC que se muestran en las Figs. 1A, 1B, 1C y 1D y como los montajes pueden estar montados en o dentro de un WEC. En cada una de estas figuras se muestran numerosos montajes LEG. Cada configuración puede incluir uno, o más de un, montaje LEG. La Figura 2A muestra una varilla 120a de empuje con una estructura 123 de soporte LEG en los cuatro lados de la varilla de empuje. El soporte 123 LEG proporciona la estructura para mantener los montajes 24a, 24b, 24c, 24d de bobina de inducción, separados de este por un espacio 125 de aire, y correspondiente a cada montaje de bobina hay un montaje 22a, 22b, 22c, 22d magnético. Cada montaje magnético se muestra montado en una bandeja de respaldo la cual a su vez está montada en un soporte 127a, b, c, d LEG el cual está conectado al casco 111 interna del casco o del tope.

La Figura 2B es similar a la Figura 2A con el LEG montado entre la columna 12 y la pared 110 interna del casco 10, correspondiente a la estructura del WEC de las Figs. 1B y 1F.

La Figura 2C muestra una sección transversal de cuatro montajes LEG los cuales pueden ser usados con el WEC de la Fig. 1C o 1G (o con cualquier otro de los WECs). De acuerdo con las Figs. 1C y 2C, la porción inferior de la columna 12 central (y también toda la columna) sería de la forma como una columna cuadrada. Conectado o montado a cada uno de los 4 lados de la columna 12 hay un montaje 123 de soporte LEG con un montaje 24 de bobina montado en cada soporte 123 LEG. Opuesto a cada montaje de bobina se ubica un montaje 22 magnético separado del montaje de bobina por un espacio 125 de aire. Cada montaje magnético está montado en una bandeja 122 de respaldo de imán la cual está unida a un soporte 127 de LEG. Los soportes 127 individuales de LEG pueden estar interconectados con un soporte 112 externo de LEG opcional (que se muestra de una forma octagonal en la Fig. 2C, pero el cual puede tener cualquier otra forma) para contener los montajes de LEG.

La Figura 2D muestra una sección transversal de cuatro montajes LEG los cuales pueden ser usados con el WEC de la Fig. 1D o 1H y aquellos que se muestran en las Figs. 1 D1, 1 D3, 1 D4, 1 D5 (o con cualquiera de los otros WECs). De acuerdo con la Fig. 1D y 2D, la columna 12 interna (eje) puede ser una columna cuadrada y la pared 110 interna del casco 10 puede también formar una columna cuadrada que rodea la columna 12 para impedir la rotación del casco con respecto a la columna. La Fig. 2D muestra 4 montajes LEG montados en una pared externa de un casco. Cada montaje LEG, como en las otras figuras, incluye un soporte 123 LEG, un montaje 24 de bobina montado en un soporte 123, un espacio de aire, un montaje 22 magnético, una bandeja 122 de soporte magnética y una bandeja 127 de soporte de LEG. El PMA 22 y su soporte están conectados a un brazo 923 articulado para hacer que el montaje se mueva en la dirección opuesta al movimiento del casco como se muestra en la Fig. 1D, 1H y en

las Figs. 1 D1, 1D3, 1D4, 1D5. Se tiene en cuenta que, en general, la ubicación y el montaje del ICA 24 y del PMA 22 pueden intercambiarse, como ya se ha discutido.

5 Las Figuras 1A- 1D y las Figuras 2A-2D ilustran que hay muchas posibles ubicaciones de los montajes LEG y de los acoples mecánicos para el casco y el eje. Estas diferentes configuraciones son posibles, en parte, debido al uso de configuraciones LEG "flexibles" que incorpora la invención.

10 Las Figuras 3A, 3B, 3C y 3D son diagramas ilustrativos que muestran cuatro posibles geometrías de imán permanente y de bobina de inducción. En la Fig. 3A, el montaje 22a de imán es relativamente corto y diseñado para moverse con respecto al montaje 24a de bobina de inducción el cual está diseñado para ser relativamente largo (y para ser estacionario o moverse fuera de fase con respecto al montaje magnético). En la Fig. 3B el montaje 24b de bobina de inducción está diseñado para ser corto y para moverse con respecto al montaje 22b magnético el cual está diseñado para ser largo (y para ser estacionario o moverse fuera de fase con respecto al montaje de bobina). En la Fig. 3C, el montaje 22c está diseñado para ser largo y para moverse con respecto al montaje 24c de bobina de inducción correspondiente el cual está diseñado para ser corto (y para ser estacionario o moverse fuera de fase con respecto al montaje magnético). En la Fig. 3D el montaje 24d de bobina de inducción está diseñado para ser largo y para moverse con respecto al montaje 22d de imán permanente correspondiente el cual está diseñado para ser corto (y para ser estacionario o moverse fuera de fase con respecto al montaje de bobina). Esto muestra cuatro de las muchas variaciones posibles en las geometrías de los montajes de bobina y de imán.

También hay que señalar que los montajes magnético y de bobina pueden ambos ser capaces de moverse al mismo tiempo (preferiblemente a diferentes velocidades y/o en direcciones opuestas).

20 Como ya se ha discutido y como se muestra en algunas de las figuras, se puede intercambiar la ubicación de los montajes magnéticos y de bobina. Por ejemplo, los imanes pueden estar montados en la columna interna central (palo o eje) y las bobinas pueden estar montadas en el miembro externo (en el interior o el exterior del casco). Alternativamente, las bobinas pueden estar montadas en la columna central interna (palo o pistón) y los imanes pueden estar montados en el miembro externo (casco o embarcación). Las configuraciones que se muestran en las Figs. 3A y 3B pueden ser fáciles de implementar que las configuraciones que se muestran en las Figs. 3C y 3D. La configuración que se muestra en la Fig. 3A (un imán corto que se mueve, bobinas largas estacionarias) impide la necesidad de mover cables, pero presente un problema debido a las pérdidas disipadoras en las bobinas largas (las cuales pueden requerir intercambiar las bobinas para reducir las pérdidas disipadoras). La configuración que se muestra en la Fig. 3B (una bobina corta que se mueve, imanes permanentes largos estacionarios) pueden entregar una mejor eficiencia de conversión mecánica-eléctrica e impide la necesidad del intercambio de bobinas. Las realizaciones que tienen un estator corto (montaje de bobina) y un imán largo, mantienen baja la impedancia de la bobina de inducción. Las otras configuraciones tienen ventajas que pueden hacerlas preferidas para ciertos sistemas. Sin embargo, debido a los problemas con imanes largos y potentes hay configuraciones donde se prefiere una configuración de un imán corto y una bobina larga.

35 Las Figuras 4A y 4B son diagramas de secciones transversales que muestran la formación de dos montajes de imanes permanentes diferentes y las configuraciones de montaje de bobina. La figura 4A muestra una estructura la cual puede denominarse una configuración de imán permanente de "superficie". En la estructura de la Fig. 4A, los imanes 22s permanentes están montados en una bandeja 122s ferromagnética la cual está montada en una estructura 127s de soporte magnética. El montaje magnético puede estar puesto en un encierro 411 no ferromagnético. Los imanes (mia, mib) del montaje magnético están fijados en la superficie de la bandeja "magnética" con los imanes magnetizados en una dirección particular a la dirección del movimiento relativo entre las bobinas de inducción y los imanes (mia, mib). Cada imán (mia-norte-polo sur) tiene una polaridad opuesta a de su imán vecino (mib-sur-polo norte).

45 Es posible configurar cada polo magnético fuera de múltiples imanes (por ejemplo un polo magnético puede actualmente tener diversos imanes lado a lado magnetizados con la misma polaridad). La distancia longitudinal entre los centros de los imanes adyacentes (o de polaridad opuesta) es el "nivel del polo". Los imanes están polarizados opuestos y el número de imanes por montaje es típicamente un múltiplo de dos.

50 El montaje 24s de bobina de inducción incluye una armadura de ranura de un material ferromagnético el cual funciona como un balancín montado en una estructura 123s de soporte de bobina. El montaje de bobina de inducción está encerrado en un encierro 413 no ferromagnético. Como se muestra en la Fig. 4A, muchas ranuras se forman en el balancín, en el lado frente al montaje 22 de imán permanente, y las bobinas conductoras (bobinas, o barras, o el papel de aluminio de alambre aislado y de conductor eléctrico) se insertan en estas ranuras. Las ranuras son perpendiculares a la dirección de movimiento relativo entre los montajes de imán y de bobina. Cada bobina está formada de un material eléctrico conductor (por ejemplo, alambre de cobre) que entra en la ranura en un lado del balancín, sale de la ranura en el otro lado, recorre hacia otra ranura localizada en una distancia de un nivel de polo magnético en la dirección longitudinal y sale en la misma ranura en el otro lado del balancín. El número de ranuras y bobinas puede ser cualquier múltiplo de dos por nivel de polo de montaje magnético.

Por ejemplo una implementación trifásica tendría tres bobinas ubicadas en seis ranuras que cubren una distancia longitudinal igual a la del nivel del polo magnético. Este patrón de bobinas puede repetirse sobre la longitud del montaje de bobina y las bobinas pueden estar conectadas en serie, eléctricas, para aumentar la salida del voltaje.

5 El movimiento de las bobinas con respecto a los imanes provoca un voltaje al ser inducida en las bobinas que es proporcional a la magnitud y velocidad de cambio del flujo magnético. La corriente eléctrica fluye a través de las bobinas cuando una carga externa está conectado entre los terminales de las bobinas.

10 Con respecto a la Fig. 4A, un "circuito" magnético se comprende de un imán polarizado norte, un espacio de aire entre el imán polarizado norte y los montajes de bobina de inducción, el montaje de bobinas y el balancín, el espacio de aire entre un imán polarizado sur y los montajes de bobina, el imán polarizado sur, y la bandeja de respaldo del imán ferromagnético. La fuerza y el movimiento mecánicos se convierten en corriente y voltaje eléctricos a través de esta conversión electromagnética.

15 La Figura 4B muestra una bandeja 127x de soporte magnética en la cual está montado un balancín 122x no ferromagnético en el cual está montada una bandeja ferromagnética la cual incluye imanes permanentes contenidos dentro de la bandeja ferromagnética. En una realización particular del tipo que se muestra en la Fig. 4B, dos polos norte se ubican uno al lado del otro (y opuestos) y dos polos sur uno al lado del otro. Esta estructura en general se refiere como una configuración de imán permanente "enterrado". Cada uno de los montajes magnéticos y de bobina están puestos separadamente en encierros no ferromagnéticos como se muestra en la Fig. 4A. La configuración de "imán de superficie" de la Fig. 4A así como la configuración de "imán enterrado" de la Fig. 4B son opciones viables para implementar la invención.

20 Existe un problema en mantener la distancia "espacio" entre el montaje de bobina de inducción y el montaje magnético relativamente constante en la medida que los dos montajes se cruzan. Existe también un problema en la fabricación de montajes magnéticos largos para el uso en sistemas contemplados. Las Figuras 4C y 4C1 ilustran como puede mantenerse el espacio entre el montaje de bobina y el montaje magnético sobre distancias relativamente largas las cuales los imanes y/o las bobinas tienen que recorrer con respecto a la otra bajo condiciones adversas. Dos características del diseño que se muestran en estas figuras se deberían notar. Una, los imanes están divididos en segmentos relativamente pequeños (por ejemplo, 22a, 22b, 22c, etc.) y dos, los diversos segmentos están separados y soportados por cojinetes, 401. Esta construcción elimina la necesidad de formar un montaje magnético unitario largo que tiene medidas precisas y facilita el requerimiento que el espacio pequeño y muy preciso se mantenga entre el montaje magnético unitario largo y el montaje de bobina de inducción. En las Figs. 30 4C y 4C1 los montajes 24 de bobina de inducción están montados en y soportados por una estructura 403 de soporte de bobina la cual puede estar unida (o acoplada) a una columna 12 central o casco 10. Los montajes 22a, b, c magnéticos segmentados, están montados en y soportados por una estructura 405 de soporte magnética la cual puede estar unida al casco 10 o la columna 12. Los cojinetes 401 funcionan para mantener los montajes de bobina y de imán separados manteniendo el espacio deseado entre los dos montajes. Al mismo tiempo, los cojinetes 401 ayudan también en el movimiento de los dos montajes con respecto el uno del otro. Los cojinetes 401 pueden ser 35 circulares (ruedas) para permitir un desplazamiento fácil. Una configuración posible se muestra en la Fig. 1B2 en la cual las ruedas pueden montarse en un riel.

40 La Figura 5 ilustra una disposición de bobina trifásica (3) con el contorno de un montaje magnético que pasa por encima del montaje de bobina con el fin de inducir la generación de un voltaje trifásico en los montajes de bobina. Pueden enrollarse muchas vueltas (N) de la bobina en cada posición de polo para aumentar el voltaje generado a través de cada bobina ya que $e = (N)(d\Phi/dt)$, donde Φ es el flujo magnético que enlaza las bobinas.

La Figura 7 es un gráfico que ilustra un número de posibles combinaciones diferentes de diseño mecánico de convertidor de energía de las olas y de configuraciones LEG. El gráfico muestra un rango amplio de configuraciones las cuales pueden abracarse de acuerdo con la invención.

45 Multiplicación de velocidad

El voltaje y la frecuencia de la potencia eléctrica obtenida de un LEG es una función de la velocidad con la cual los imanes y las bobinas interactúan (por ejemplo, la velocidad a la cual el uno pasa sobre, o por, el otro). En general, duplicando la velocidad de las bobinas (o los imanes) que pasan los imanes (o las bobinas) del LEG resulta en el doble del voltaje y frecuencia de salida obtenidas de un LEG para una configuración de bobina dada. Para una 50 entrada de potencia fija, duplicar la velocidad de las bobinas (o los imanes) que pasan los imanes (o las bobinas) del LEG resulta en la reducción a la mitad de la fuerza ejercida en o por el LEG y en consecuencia en el tamaño del montaje de bobina. En consecuencia, esto es algunas veces deseable para aumentar la velocidad de las bobinas que pasan a lo largo de los imanes. Un sistema para cumplir este resultado se muestra en la Fig. 1D la cual muestra los LEGs consecutivamente ubicados en la pared exterior del casco WEC.

55 La Fig. 1 D1 detalla el WEC que se muestra en la Fig. 1D con un montaje LEG e ilustra que puede estar referido como un sistema multiplicador de velocidad de un generador eléctrico lineal. Para apreciar la estructura del sistema, con referencia también al diagrama de sección transversal de la Fig. 2D la cual muestra un posicionamiento típico del eje 12 y del casco 10 y los montajes LEG los cuales incluyen un montaje de bobina y un montaje de imán

permanente separados por un espacio de aire. En la Fig. 1 D1, el eje 12 está atado y el casco 10 está posicionada alrededor del eje y permanece posicionada así; pero esta puede moverse hacia arriba y hacia abajo con respecto al eje 12 central a través de los cojinetes 910, 911 de eje, los cuales le permiten deslizarse hacia arriba y hacia abajo. El montaje 20 LEG incluye: (a) un montaje 22 de imán permanente el cual está ubicado en o a lo largo de la pared externa del casco y el cual funciona a lo largo de la longitud del casco 10; y (b) un montaje 24 de bobina de inducción también ubicado en el exterior del casco, al exterior del montaje magnético. Un brazo 920 de radio está conectado al eje 12 de columna en un punto 901 de pivote (fulcro), por el cual los dos extremos del brazo 920 de radio pueden moverse hacia arriba y hacia abajo como un balancín. Un extremo, 925, del brazo 920 de radio está unido a el casco 10 y se mueve hacia arriba y hacia abajo con el casco. El otro extremo, 921, 902, del brazo 920 de radio está acoplado al montaje de bobina (o al montaje magnético) y hace que este se mueva en una dirección opuesta a la dirección en la cual se mueve el casco. La multiplicación de la velocidad se obtiene variando el radio de la distancia a partir del punto de pivote a los extremos del brazo de radio. En la Fig. 1D1 la longitud del brazo de radio a partir del punto de pivote al extremo 925 acoplado al casco 10 se define como "a" y la longitud del brazo de radio a partir del punto de pivote al otro extremo 921, 902 se define como "b". Un extremo 921 del brazo 920 de pivote está acoplado al punto 902 de pivote el cual está acoplado a través del brazo 923 articulado (barra) a un punto 905 de pivote el cual conecta a un extremo del montaje 24 de bobina. Otro extremo 925 el brazo 920 de pivote está acoplado a un punto 903 de pivote el cual está acoplado a través de un brazo 927 articulado a un punto 904 de pivote el cual está conectado al lado derecho inferior del casco 10, como se muestra en la fig. 1 D1.

La presión diferencial entre las superficies superior e inferior del WEC 10 (por ejemplo, el casco 10) hace que el casco 10 se mueva hacia abajo con velocidad v_1 , como se muestra en la Fig. 1D1. El casco 10 hace un recorrido en una trayectoria en general paralela al palo (eje) con el eje 12 que pasa a través de los cojinetes 910, 911. El casco 10 está conectada al brazo 920 de radio a través de un brazo 927 articulado. Cuando el casco 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo esta ocasiona que el punto 903 sea empujado hacia abajo y los puntos 901 y 902 sean impulsados hacia arriba. Se asume que la longitud del brazo articulado del punto 903 al punto 901 de pivote central es "a" y que la longitud del brazo articulado del punto 901 de pivote central al punto 902 es "b". El brazo 920 de radio el cual está conectado al eje en un punto 901 de pivote puede producir diferentes relaciones de multiplicación cambiando las dimensiones de "a" y/o "b". Esto es, el brazo 920 de radio se extiende para una distancia "a" entre el punto 901 de pivote y el extremo 925 del brazo 920 y se extiende una distancia "b" entre el punto 901 de pivote y el extremo 921 del brazo 920. Se asume que el brazo 920 puede moverse y asegurarse de manera que la distancia "a" puede ser igual o menor a la distancia "b". Cuando "a" es igual a "b", la velocidad v_1 es igual a la velocidad v_2 ; cuando "b" es mayor que "a", la velocidad v_2 es mayor que v_1 . De hecho, cuando "b" es el doble del valor de "a", v_2 es el doble del valor de v_1 . La relación de v_2 a v_1 puede estar expresada a continuación: v_2 es aproximadamente igual a (b/a) veces v_1 .

Un montaje 22 de imán permanente del LEG 20 se muestra unido a lo largo de la longitud del casco 10 WEC. El montaje 24 de bobina de inducción está acoplado magnéticamente (ajustado) al montaje 22 magnético y está restringido físicamente para recorrer a lo largo del montaje magnético. El montaje de bobina está conectado al extremo 921 o al brazo 920 de radio por el la biela 923. El montaje 24 de bobina se mueve hacia arriba cuando el WEC se mueve hacia abajo y viceversa cuando el casco 10 se mueve hacia arriba. Ajustando la relación del brazo de radio de "a" y "b", se pueden obtener diferentes velocidades relativas entre el montaje 22 magnético permanente (que funciona como el rotor) y el montaje 24 de bobina (que funciona como el estator) del LEG.

La velocidad relativa (delta v) puede estar descrita a continuación:

$$\text{Delta } v = v_1 + v_2 = v_1(b+a)/a$$

Nota: para interpretar correctamente la ecuación 1A hay que recordar que v_1 y v_2 van en direcciones opuestas de manera que si se asigna un signo positivo a una dirección, la dirección opuesta es un menos.

La Fig. 1 D2 ilustra que el montaje LEG puede estar localizado en la pared interna del casco 10. La operación de esta configuración es por lo demás similar a la de la Fig. 1 D1.

La Fig. 1 D3 ilustra que el montaje 24 de bobina de inducción puede ser presentado a lo largo de la longitud del casco y que un montaje 22 de imán permanente puede estar acoplado a un extremo de una barra 923 de manera que se mueva hacia atrás y hacia delante a través y a lo largo del montaje de bobina.

La Fig. 1 D4 ilustra que la sección 150u está formada a o por encima de la parte superior del casco 10 y una sección 150d está formada a o por debajo de la parte inferior del casco 10. Las secciones 150u y 150d pueden ser parte del montaje LEG y proporcionan un recorrido adicional para el montaje de bobina o magnético. Alternativamente, las secciones 150u y 150d pueden incluir un medio para frenado o amortiguación del recorrido del montaje magnético e impedir que este vaya más allá de las partes superior o inferior del casco 10. Las secciones 150u y 150d pueden incluir, por ejemplo, bobinas en corto circuito o una barra de cobre o cualquier aparato similar el cual proporcionará una contrafuerza fuerte al movimiento del montaje magnético.

La Fig. 1 D5 ilustra que el LEG puede estar formado de una ranura en una pared externa del casco.

La Fig. 1 D6 ilustra que el montaje LEG podría también estar ubicado a lo largo de la columna dentro del casco.

Sistemas de frenado/amortiguación electromagnéticos

La Figura 8 ilustra un sistema de amortiguación mecánico de una técnica anterior en el cual un PTO está conectado entre el casco 10 y la columna 12 central y los medios 801 a, 801 b, 801 c y 801 d de amortiguación mecánica son utilizados para impedir que el casco 10 se vaya por encima de cierto nivel con respecto a la cabeza 803 del eje y que se vaya por debajo de cierto nivel con respecto a la cabeza del eje. En este tipo de sistema, puede haber fuerzas excesivas aplicadas a los topes 801 a, b, c, y d. De acuerdo con la invención el frenado/amortiguación dinámicos pueden ser logrados utilizando un medio electromagnético acoplado entre el casco y la columna.

La Figura 9A1 muestra un montaje 22 magnético del LEG formado con los imanes de superficie (ver la Fig. 4A) los cuales están previstos para moverse con respecto al montaje 24 de bobina del LEG para generar energía eléctrica útil. Los montajes magnéticos están conectados a uno del casco y la columna y los montajes de bobina están conectados al otro del casco y la columna. Como se describe anteriormente, el montaje 24 de bobina del LEG está presente a lo largo del rango de recorrido deseado del montaje 22 magnético para generar señales de potencia eléctrica las cuales se suministran a un convertidor de potencia. Una región 240u de bobina está formada por encima del montaje 24 de bobina y una región 240d de bobina está formada por debajo del montaje 24 de bobina. Las bobinas de la región 240u y 240d están en cortocircuito. Alternativamente, las bobinas 240u y 240d podrían estar selectivamente en corto circuito a través de un interruptor conectado a través de las bobinas para ocasionales que se pongan en corto circuito cuando el montaje magnético se mueva en estrecha proximidad a las bobinas.

En operación, cuando el montaje 22 magnético recorre en la dirección hacia arriba más allá del montaje 24 de bobina y pasa sobre la región de bobina denotada como 240u, se genera una fuerza electromagnética muy fuerte opuesta al movimiento del montaje magnético con respecto a las bobinas en corto circuito y tiende a impedir que el montaje magnético se mueva hacia arriba más allá de la región de bobina en corto circuito. Esto tiene a ocasionar que el casco y la columna en las cuales los imanes y las bobinas están unidos se bloqueen en una posición frente a frente cada una. Concurrentemente cualquier corriente inducida en las bobinas genera mucha energía para disiparse en la forma de calor.

De una forma similar, cuando el montaje 22 magnético hace un recorrido en una dirección hacia abajo más allá del montaje 24 de bobina y pasa sobre la región de bobina denotada como 240d, se genera una fuerza electromagnética muy grande opuesta al movimiento del montaje electromagnético para cortocircuitar las bobinas y tiene a impedir que el montaje magnético se mueva hacia abajo más allá del montaje de bobina.

En la Figura 9B1, los montajes de bobina cortocircuitados de la Fig. 9A1 son reemplazados por bandejas 242u y 242d de reacción. Las bandejas de reacción son de un material conductivo superior (por ejemplo, cobre) para inducir una fuerza de frenado/amortiguación electromagnética de un tipo similar a la desarrollada con las bobinas en corto circuito de la Fig. 9A1. Se tiene en cuenta que puede mejorarse el efecto de frenado adicionando materiales ferromagnéticos por detrás de las bandejas de reacción.

En la Fig. 9C1 el montaje 22 magnético incluye imanes enterrados, de un tipo similar a aquellos que se muestran en la Fig. 4B. El montaje 24 de bobina es similar al que se muestra en la Fig. 4B y la operación de frenado/amortiguación es similar a la descrita en la Fig. 9A1.

En la Fig. 9D1 el montaje magnético del LEG incluye imanes enterrados y el frenado/amortiguación se lleva a cabo utilizando bandejas 242u, 242d de reacción como se ilustra por la Fig. 9B1.

Las Figuras 9A2, 9B2, 9C2, 9D2 muestran secciones transversales de parte de las estructuras de frenado/amortiguación las cuales puede ser usadas para la práctica de la invención.

Las Figuras 10A y 10B ilustran que en un sistema de frenado dinámico, el dispositivo PTO puede ser cualquier medio adecuado (por ejemplo, hidráulico o electromagnético) para convertir el movimiento relativo del casco y la columna en energía eléctrica útil. Sin embargo, una disposición electromagnética de los imanes y las bobinas (o bandejas de reacción) puede usarse para proporcionar el frenado/amortiguación cuando la distancia de recorrido entre el casco y la columna excede un valor predeterminado. En consecuencia durante el rango indicado de "recorrido sin amortiguación", cualquier dispositivo PTO puede usarse para convertir el movimiento mecánico entre el casco y la columna en energía eléctrica. Debe entenderse que en la región de recorrido "sin amortiguación" hay alguna amortiguación debido a la extracción de potencia por el sistema. Sin embargo, esta amortiguación es hecha para extraer potencia útil y no para intentar detener la parte del sistema de moverse con respecto a la otra. Claramente, cuando el recorrido del casco excede el rango "sin amortiguación" el sistema de amortiguación electromagnético comprende montajes magnéticos y bandejas de reacción o montajes de bobinas en corto circuito que son usados para proporcionar frenado/amortiguación del casco y la bobina a las cuales los montajes magnéticos y de bobinas están unidas con el fin de impedir el movimiento entre el casco y la columna central.

Las Figuras 10C y 10D ilustran el rango de recorrido sin amortiguación y el rango de recorrido amortiguado del casco y la columna debido al efecto de frenado de los montajes LEG, utilizando los LEGs como dispositivo PTO. Cuando los montajes de imán (Fig. 10C) y/o los montajes de bobina (Fig. 10D) exceden el rango de recorrido sin amortiguación (o parcialmente sin amortiguación) el frenado electromagnético entra en juego generando un rango de recorrido amortiguado muy fuerte y tendiendo a limitar cualquier recorrido adicional del casco con respecto a la

columna. Estas estructuras y sistemas hacen uso de los imanes y las bobinas existentes usados para generar energía eléctrica y/o montajes de imán/bobina similares y por la adición de unos pocos componentes similares que funcionan para introducir un sistema de frenado/amortiguación muy efectivo para proteger el WEC durante marejadas y condiciones de tormenta las cuales requieren que el WEC está ubicado en un modo protector (por ejemplo, la condición de bloqueo). Como se señaló anteriormente, las bobinas que proporcionan frenado dinámico pueden estar en corto circuito selectivamente o en corto circuito permanentemente.

Empaquetado del LEG:

La Figura 11 ilustra que de acuerdo con la invención, el montaje 22 magnético está empaquetado independientemente del montaje 24 de bobina de inducción. El montaje 22 magnético está encerrado en una caja 222 de acero y el montaje de bobina de inducción está encerrado en una caja 224 de acero. Un problema con ese empaquetado es que, como el montaje magnético pasa sobre el montaje de bobina (o viceversa) hay pérdidas de corrientes Eddy debido al cambio en el flujo magnético dentro de las cajas de acero de eléctricas conductivas. En la medida que los imanes pasan sobre estas, el cambio en el flujo magnético induce un voltaje en las cubiertas ($\epsilon = (k)(d\Phi/dt)$) y, dada la conductividad eléctrica superior de las cubiertas, resulta en corrientes materiales de cobertura superior, las cuales a su vez resultan en pérdidas de potencia y campos magnéticos parásitos que pueden tener una clase del rendimiento del LEG. Otro problema con esta aproximación del empaquetado es que las cubiertas del montaje de imán y del montaje de bobina proporcionan una trayectoria de reluctancia baja para el flujo magnético para acoplarse con el polo o polos adyacente(s). Como resultado, el flujo menos magnético rodea los conductores eléctricos en el montaje de bobina, reduciendo de este modo la eficiencia del circuito magnético y por consiguiente la del LEG.

Los solicitantes reconocen este problema y lo solucionan utilizando el aparato que se muestra en la Fig. 12. En la Figura 12, el montaje 24 de bobina de inducción está encerrado en una cubierta no ferromagnética la cual puede ser, por ejemplo, un encierro plástico o una caja de acero inoxidable la cual es transparente para las líneas magnéticas. También los encierros pueden ser muy delgados (por ejemplo, en el orden de 0.010" a 0.020") para reducir sustancialmente, si no eliminar, las pérdidas de corrientes de torbellino. Se tiene en cuenta que al hacer las cajas ultra delgadas, incluso se pueden usar las cajas de acero, como se muestra en la Fig. 11, con una reducción significativa en las pérdidas de corrientes de torbellino.

Un diagrama de bloques simplificado de un WEC anclado se muestra en la Figura 14. La ecuación simplificada de movimiento para el WEC es:

$$F_{IN} = M_{WEC} \cdot \frac{dV_S}{dt} + F_C \quad (1)$$

donde V_S es la velocidad del casco, F_{IN} es la fuerza diferencial aplicada al casco por las olas del océano, dV_S/dt es la aceleración del casco WEC, y F_C es la fuerza contraria ejercida en el casco en la medida que se extrae potencia eléctrica de la carga.

La reescritura de la Ecuación (1) en términos de parámetros del sistema, se obtiene para una carga resistiva

$$\rho g A H \cdot \frac{\delta}{2} = \rho A L \cdot \frac{dV_S}{dt} + F_C = \rho A L \cdot \frac{dV_S}{dt} + \frac{K_E K_F V_S}{R_L} \quad (2)$$

donde ρ es la densidad de masa del agua, g es la gravedad, A es el área de plataforma del casco, H es la altura de las olas (pico a valle), L es la longitud de una boya, K_E y K_F son las constantes de fuerza y voltaje de un generador eléctrico, y R_L es la resistencia de carga del generador.

El parámetro K_E se refiere al voltaje del generador a la velocidad relativa de los montajes de imán y de bobina de un LEG.

$$V_{LINEA-LINEA} = K_E \cdot V_S \quad (3)$$

El parámetro K_F se refiere a la fuerza de respaldo LEG como una función de la corriente de línea del generador.

$$F_{LEG} = K_F \cdot I_{GEN} \quad (4)$$

donde I_{GEN} es la corriente de línea del generador.

Para una boya WEC sumergida, el parámetro δ es derivado directamente de la solución de la ecuación de las olas y representa la caída en la presión en la dimensión vertical. Este está dado por:

$$\delta = \left(1 - \cosh\left(\frac{2\pi L}{\lambda}\right) + \tanh\left(\frac{2\pi D_w}{\lambda}\right) \cdot \sinh\left(\frac{2\pi L}{\lambda}\right) \right) \quad (5)$$

donde D_w es la profundidad de agua y λ satisface la relación $2\pi\lambda = gT^2 \tanh\left(\frac{2\pi D_w}{\lambda}\right)$. Para el movimiento sinusoidal (una ola regular), se puede usar la notación compleja. Se define $F_{IN} = 0.5\rho gAH \cdot \delta \sin(\omega t)$ como la función de fuerza de entrada efectiva ocasionada por una ola incidente en el casco, la solución para la velocidad del casco con una carga R_L resistiva es:

$$V_S = \text{Re} \left[\frac{F_{IN} R_L}{K_E K_F (1 + j\omega\tau)} \right] = \text{Re} \left[\frac{V_{SM}}{1 + j\omega\tau} \right] \quad (6)$$

donde $\text{Re}[X]$ denota la parte real de X ,

$$V_{SM} = \frac{F_{IN} R_L}{K_E K_F} \quad (7)$$

es la velocidad del casco pico, $\omega = 2\pi/T$ es la frecuencia angular de entrada de la ola, $\tau = R_L C_{EFF}$ y

$$C_{EFF} = \frac{\rho AL}{K_E K_F} = \frac{M_{WEC}}{K_E K_F} \quad (8)$$

es una capacitancia proporcional a la masa de la columna de agua en el cilindro.

Se puede observar de la Ecuación (6) que las dinámicas del sistema con una carga resistiva pueden representarse como un filtro de paso bajo de primer orden con punto de 3 dB de $\omega_3 = 1/\tau$. Debe señalarse que todos los parámetros mecánicos y eléctricos podrían estar derivados de la solución para la velocidad del casco dada en la Ecuación (1). Las ecuaciones correspondientes para la carrera del casco S , sin potencia P_{out} , y la carga resistiva óptima $(R_L)_{OPT}$ se presentan a continuación.

La ecuación para la carrera del casco es la siguiente:

$$Carrera = \text{Re} \left[\frac{V_S}{j\omega} \right] = \text{Re} \left[\frac{V_{SM}}{j\omega(1 + j\omega\tau)} \right] \quad (9)$$

La ecuación para la potencia de salida del generador está dada a continuación:

$$P_{SALIDA} = \frac{v_L^2}{2R_t} = \frac{K_E^2 \omega_s^2}{2R_L} = \frac{K_E |V_S|^2}{2R_L} = \frac{F_{IN}^2 R_L}{2K_F^2 (1 + \omega^2 R_L^2 C_{EFF}^2)} \quad (10)$$

donde v_L es el voltaje de línea y ω_s es la velocidad del eje angular del generador.

Se observa que el término M_{WEC} en la Ecuación (8) es el equivalente eléctrico a una capacitancia efectiva. La potencia máxima es entonces transferida a la carga del generador si la carga eléctrica es el conjugado complejo de la impedancia de la fuente (por ejemplo un inductor efectivo y un resistor). Esto puede mejorar en gran medida la eficiencia en la transferencia de potencia. La adición de un elemento "inductivo" modifica el sistema de la ecuación de movimiento (1) y resulta en un sistema de segundo orden en velocidad.

La Figura 15a muestra un voltaje de salida del LEG como una función de la velocidad diferencial del casco a la columna del WEC (por ejemplo, la velocidad del casco con respecto a la columna). Como se muestra, la amplitud del voltaje de salida del LEG es proporcional a la velocidad. El voltaje de salida del LEG es también proporcional al flujo magnético y a la configuración de bobina. La frecuencia de voltaje de salida del LEG se muestra también que es proporcional a la velocidad. Esto puede explicarse a continuación. Cada vez que una bobina pasa sobre un par de polos (imanes norte-sur) de produce un ciclo de voltaje. Si la bobina pasa sobre la pareja de polos en menos tiempo (debido a la velocidad aumentada), se aumenta la frecuencia del voltaje de salida.

La Figura 15b muestra la potencia de salida del LEG como una función del casco WEC para la velocidad diferencial de la columna. En el ejemplo que se muestra, la potencia LEG es máxima cuando la velocidad del casco a la columna es elevada. La potencia promedio del WEC es aproximadamente una mitad de la potencia pico.

Se debe apreciar que:

1. Como la velocidad del PMA o del ICA se aumenta por la relación del brazo de palanca [$v_{leg} = v_{flotador} * (a+b)/a$], la fuerza efectiva baja por la relación del brazo de palanca [potencia (velocidad x fuerza) se mantiene igual]. Para una palanca 1:1, la velocidad relativa se duplica a la vez que la fuerza efectiva se reduce a la mitad.

2. Pero, el tamaño requerido del montaje de imán el cual es aproximadamente proporcional a la fuerza (típicamente 20-25 kN por metro cuadrado) puede reducirse a la mitad, si la fuerza se reduce a la mitad. El resultado neto es que el tamaño del PMA puede reducirse significativamente (por ejemplo, de 6 metros cuadrados a 3 metros cuadrados).

3. Reduciendo el tamaño de un componente (por ejemplo, el PMA) por la relación de la palanca, generalmente conlleva en que el tamaño (por ejemplo, la longitud) del otro componente (por ejemplo el ICA que funciona como el estator) tiene que aumentar por la relación del brazo de palanca. Para una palanca 1:1, la longitud del estator se duplica a la vez que la longitud del montaje de imán se reduce a la mitad. Dado que los montajes de imán y de bobina tienen alguna longitud que no es cero, la relación no es del todo proporcional a la relación del brazo de palanca.

Los beneficios de incorporar estas características incluyen:

1. El voltaje producido en la salida del ICA es proporcional a la velocidad para un nivel del polo fijo del PMA. El nivel del polo mínimo es en general fijado por el ancho del espacio de aire que se puede mantener. El nivel del polo debería ser de al menos 25 veces el ancho del espacio de aire. La eficiencia en general aumenta con el voltaje. Por lo tanto, un voltaje y una velocidad superiores en general se traducen en una eficiencia superior. Un voltaje superior es bueno debido a que disminuyen las corrientes y las pérdidas I^2R disminuyen. También, un voltaje superior es bueno debido a que los dispositivos de conmutación de convertidor de potencia a menudo tienen una caída de voltaje fija (por ejemplo 1.8V para transistores IGBT).

2. La frecuencia es proporcional a la velocidad para un nivel del polo fijo. El nivel del polo mínimo es en general fijado por el ancho del espacio de aire que se puede mantener. Un sistema rectificador pasivo (comprendido de un conjunto de diodos y capacitores) en general se desempeña mejor y/o es más pequeño para una frecuencia eléctrica superior. Si es una preocupación una onda del voltaje, la frecuencia superior ayuda a reducir el tamaño de los capacitores o la cantidad de ondas de voltaje

3. El montaje de imán permanente es típicamente la pieza más pesada y más costosa del sistema LEG. Por lo tanto, reduciendo su tamaño a costa de aumentar el tamaño del estator en general ayuda al peso y al coste del sistema.

4. La contracción del tamaño del montaje de imán tiene diversos beneficios

a) Más fácil de proteger para la recolección de escombros

b) Más fácil para proteger el personal

c) Menos fuerza atractiva PMA-ICA, lo cual simplifica el diseño de cojinetes; (esto es importante ya que, por ejemplo, un LEG pequeño de 1 KW tiene 4 toneladas de fuerza atractiva.)

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor de energía de las olas (WEC) comprendiendo:
 - 5 un flotador (10) y una columna (12) previstos para estar ubicados en un cuerpo de agua, con el flotador y la columna que se mueven con respecto al otro como una función de las olas presentes en el cuerpo de agua;
 - 10 un montaje (22) de imán permanente (PMA) unido a uno de la columna y el flotador y un montaje (24) de bobina de inducción (ICA) unido al otro de la columna y el flotador para hacer que el PMA y el ICA se muevan sobre el otro y para que los voltajes se generen a través del ICA cuando el PMA y el ICA unidos al flotador y a la columna se muevan con respecto el uno al otro por lo cual el movimiento relativo del flotador y la columna se convierte en energía eléctrica;
 - 15 el PMA está encerrado en un primer encierro (411) y el ICA está encerrado en un segundo encierro (413) diferente e independiente del primer encierro;
 - 20 caracterizado porque:
 - una primera estructura (127) de soporte está contenida dentro del primer encierro unido a uno del flotador y la columna, y la primera estructura de soporte está dividida en segmentos;
 - 25 el PMA está dividido en segmentos, cada uno de los segmentos del PMA está unido a cada uno de los segmentos de la primera estructura de soporte;
 - 30 el montaje de bobina se extiende a lo largo de una segunda estructura (123) de soporte contenida dentro del segundo encierro, la segunda estructura de soporte está dispuesta opuesta a dicha primera estructura de soporte de manera que el montaje de bobina de inducción y el montaje de imán permanente están posicionados entre la primera y la segunda estructura de soporte;
 - 35 al menos uno de las ruedas y cojinetes (401) están posicionados entre la primera y la segunda estructura de soporte para: (a) mantener un espacio relativamente constante entre el PMA y el ICA; y (b) facilitar el movimiento entre el PMA y el ICA; y
 - un par de al menos uno de las ruedas y cojinetes está unido a cada uno de los segmentos de la primera estructura de soporte y se resbale o rueda a lo largo de la segunda estructura de soporte.
2. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dichos primero y segundo encierros están hechos de un material impermeable para permitir que el primer y el segundo encierros, que contienen el PMA y el ICA, sean posicionados en el agua.
3. Un WEC como se reivindicó, en la reivindicación 2, en donde el primer y el segundo encierros están formados de un material no ferromagnético.
4. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 3, en donde la cubierta del encierro está hecha muy delgada para reducir sustancialmente las pérdidas de corrientes de torbellino.
5. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1 en donde el PMA y el ICA están unidos a su respectiva porción del flotador y la columna y están montados en las paredes del flotador y la columna.
6. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el PMA y el ICA están unidos a su respectiva porción del flotador y la columna y están ubicados por encima del flotador.
7. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el PMA y el ICA están unidos a su respectiva porción del flotador y la columna y están localizados por debajo del flotador.
8. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el PMA incluye imanes permanentes dispuestos en una configuración de imán de superficie y en donde los imanes exceden una estructura de soporte de imán contenida dentro del primer encierro; y en donde el ICA incluye bobinas conductoras eléctricas enrolladas alrededor de un núcleo de armadura de ranura que yace sobre una estructura contenida dentro del segundo encierro.
9. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 8 en donde la estructura de soporte de imán y la estructura de soporte de bobina incluyen un balancín ferromagnético.
10. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el PMA incluye imanes permanentes dispuestos en una configuración de imán enterrado y en donde el PMA incluye una estructura de soporte de imán contenida

dentro de un primer encierro; y en donde el ICA incluye bobinas conductoras eléctricas enrolladas alrededor de un núcleo de armadura de ranura y una estructura de soporte contenido dentro del segundo encierro.

5 11. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 10 en donde la estructura de soporte de imán incluye una bandeja ferromagnética que yace sobre una estructura de soporte ferromagnética.

10 12. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1 en donde el PMA que incluye una estructura de soporte correspondiente está unido a uno de la columna y el flotador y el ICA que incluye una estructura de soporte correspondiente está unido al otro del flotador y la columna.

13. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1 en donde uno del PMA y el ICA, que incluyen una estructura de soporte correspondiente, está unido a una pared externa del flotador y el otro del PMA y el ICA está posicionado de manera que se enfrente e interactúe con el otro del PMA y el ICA unidos en la pared externa.

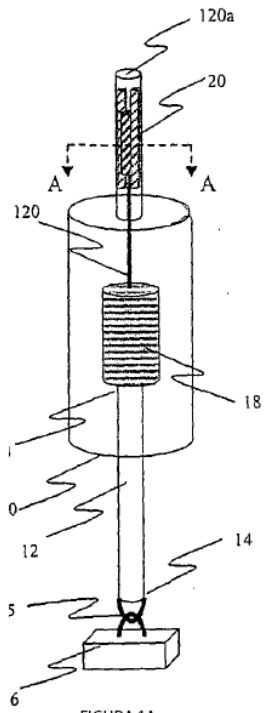


FIGURA 1A
WEC con LEG anclado
"Configuración A"

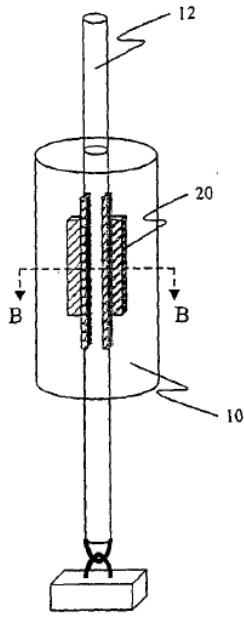


FIGURA 1B
WEC con LEG anclado
"Configuración B"

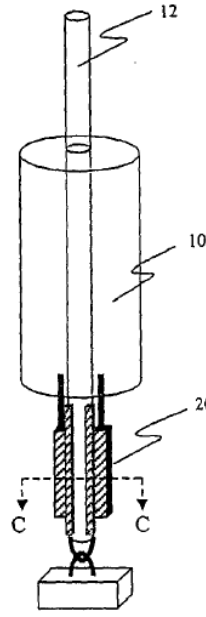


FIGURA 1C
WEC con LEG anclado
"Configuración C"

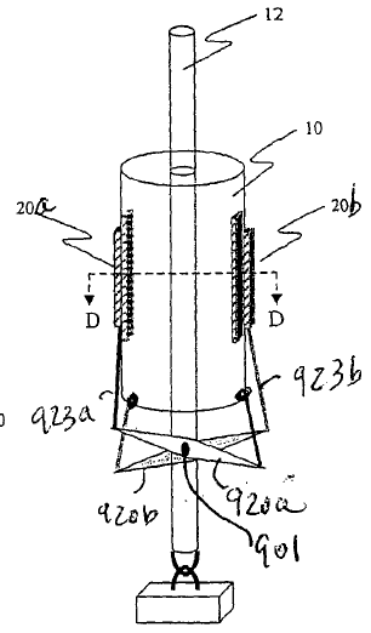


FIGURA 1D
WEC con LEG anclado
"Configuración D"

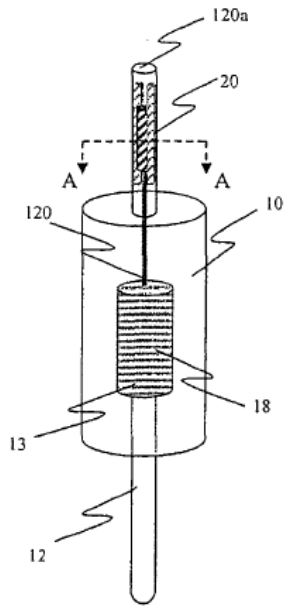


FIGURA 1E
Amortiguador doble WEC con LEG
"Configuración E"

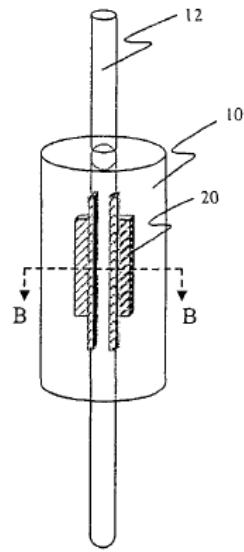


FIGURA 1F
Amortiguador doble WEC con LEG
"Configuración F"

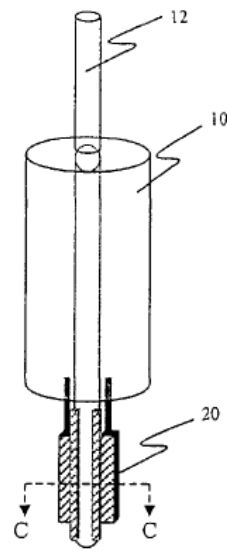


FIGURA 1G
Amortiguador doble WEC con LEG
"Configuración G"

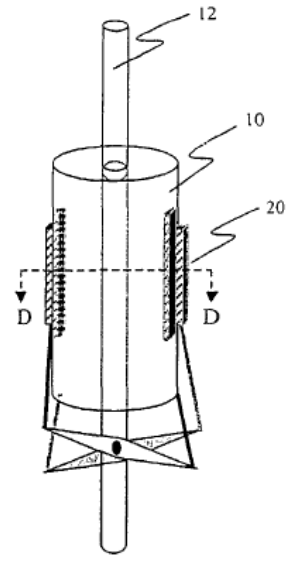


FIGURA 1H
Amortiguador doble WEC con LEG
"Configuración H"

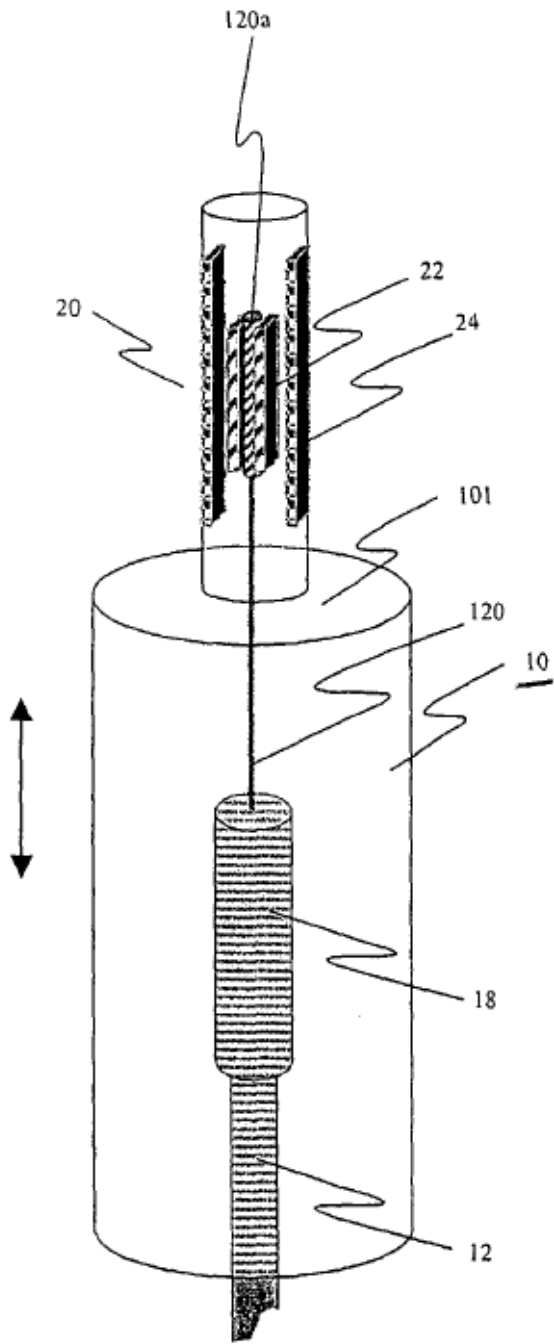


FIGURA 1A1
Detalle de Configuración A
de bobina movizada WEC con LEG

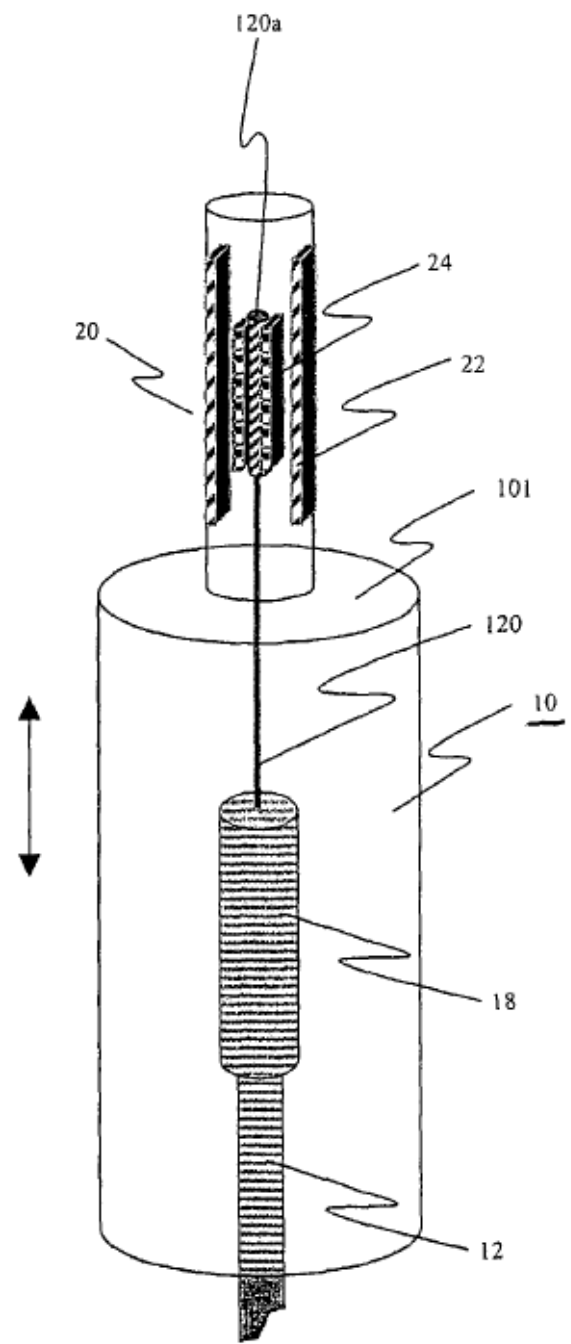


FIGURA 1A2
Detalle de Configuración A
de imán movizado WEC con LEG

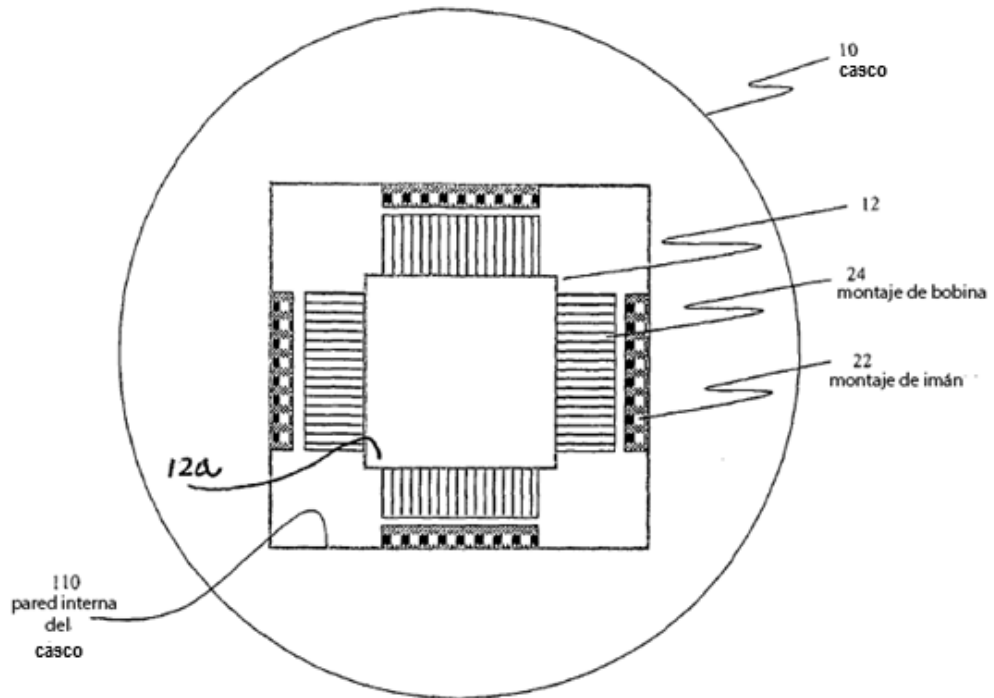


FIGURA 1B1

Vista de sección transversal de un LEG de cuatro lados

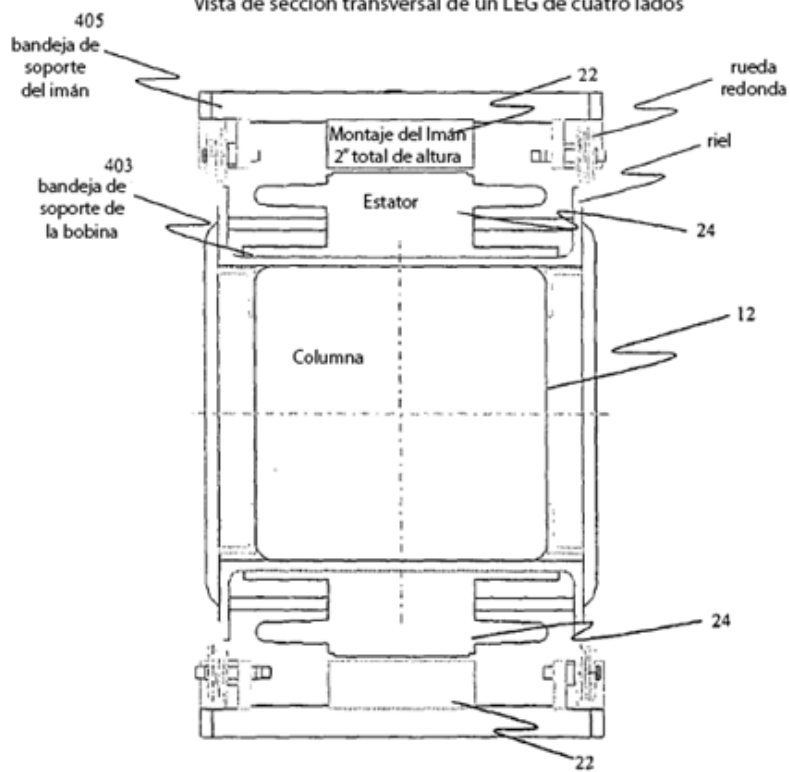


FIGURA 1B2

Vista de sección transversal de un LEG de dos lados

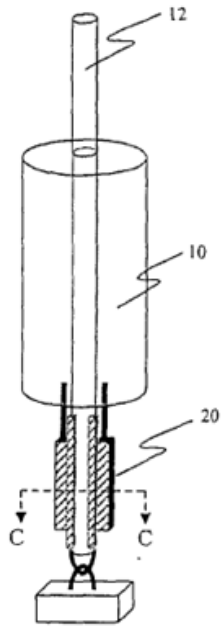


FIGURA 1C

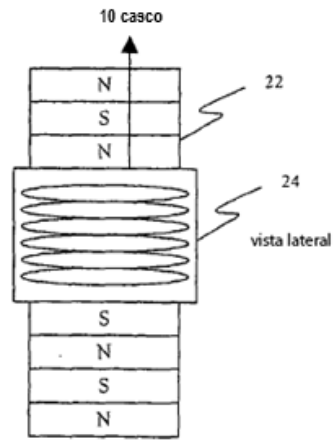


FIGURA 1C3

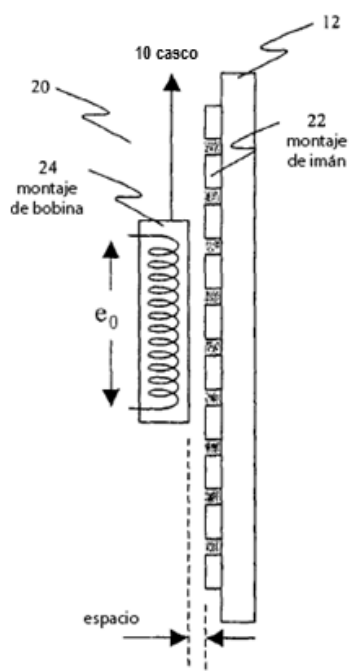


FIGURA 1C1

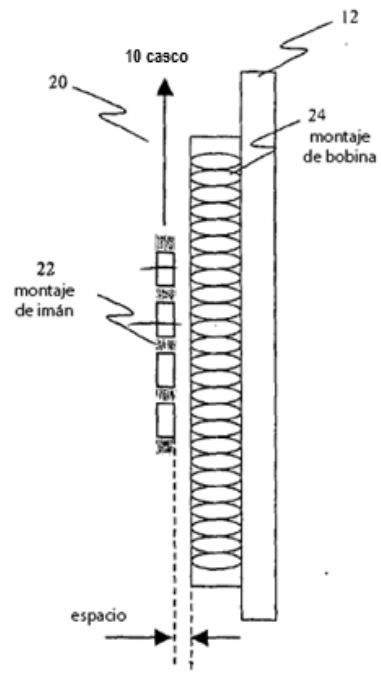
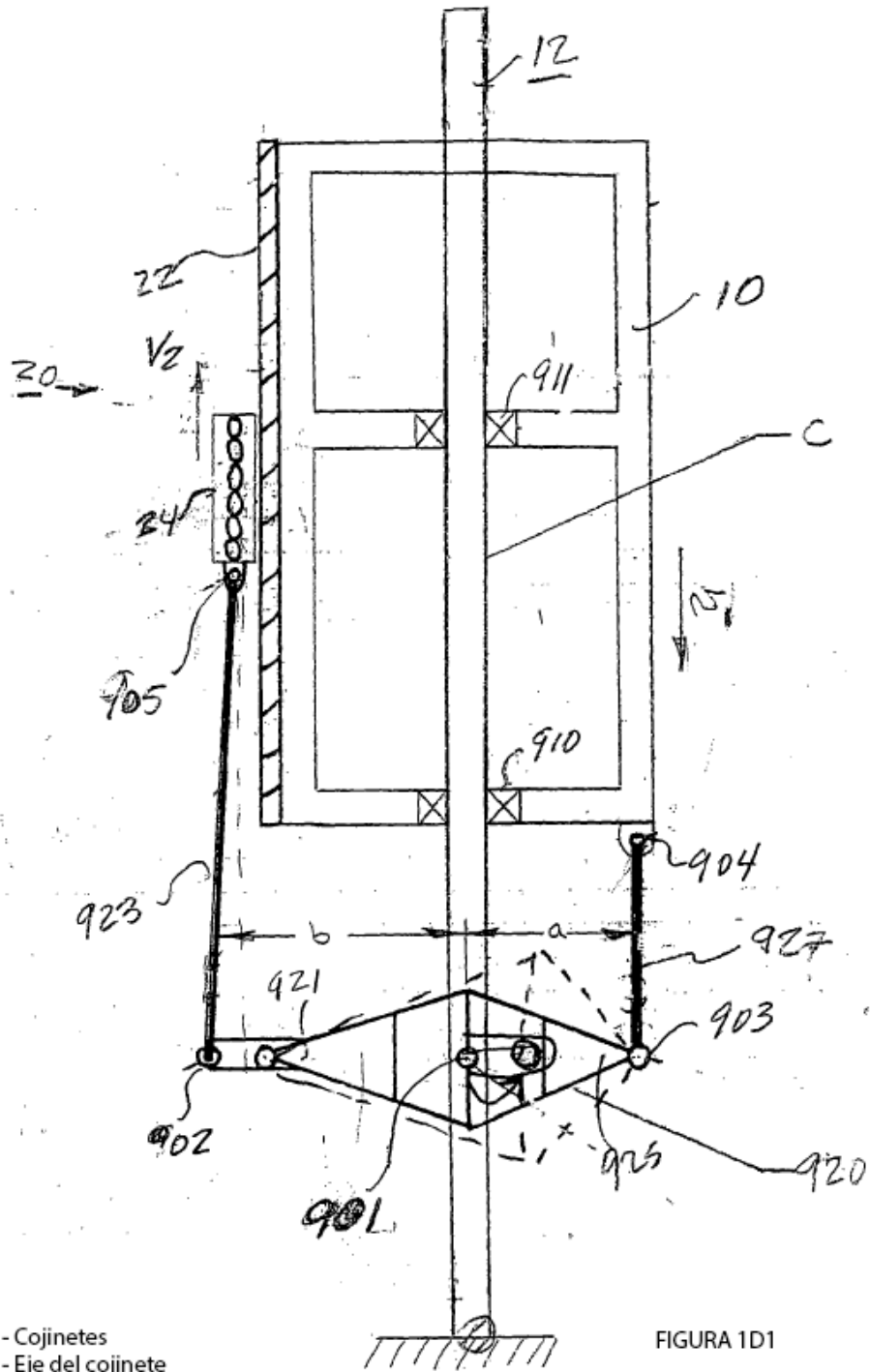


FIGURA 1C2



- 910, 911 - Cojinetes
- C - Eje del cojinete
- D - Brazo articulado
- E - Brazo de radio
- F - Brazo de conexión
- G - Estator generador lineal (bobinas)
- H - Imán generador lineal
- I - Convertidor de energía de las olas

901, 902, 903, 904, 905 - Puntos de pivote

FIGURA 1D1

FIGURA 1D1

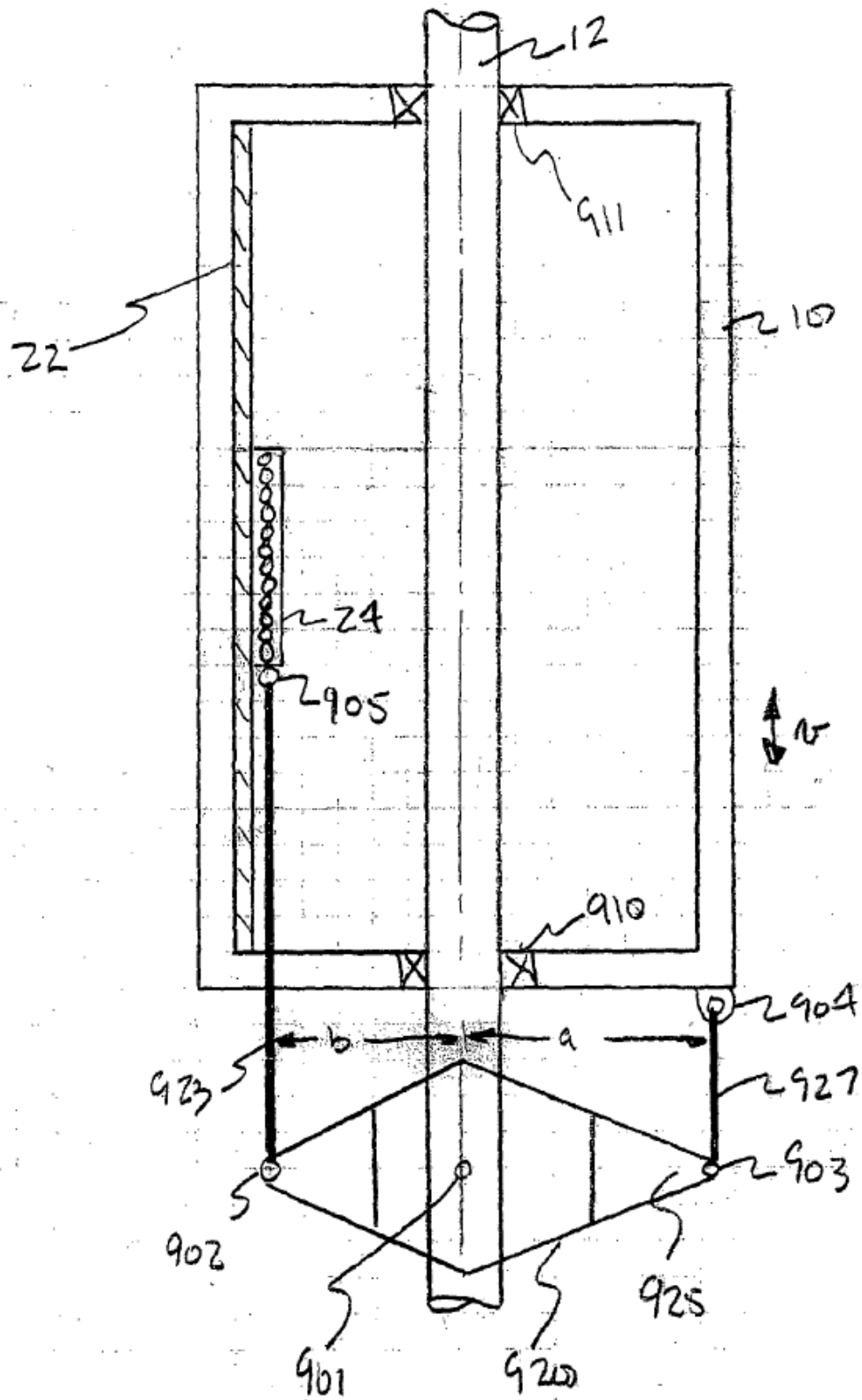
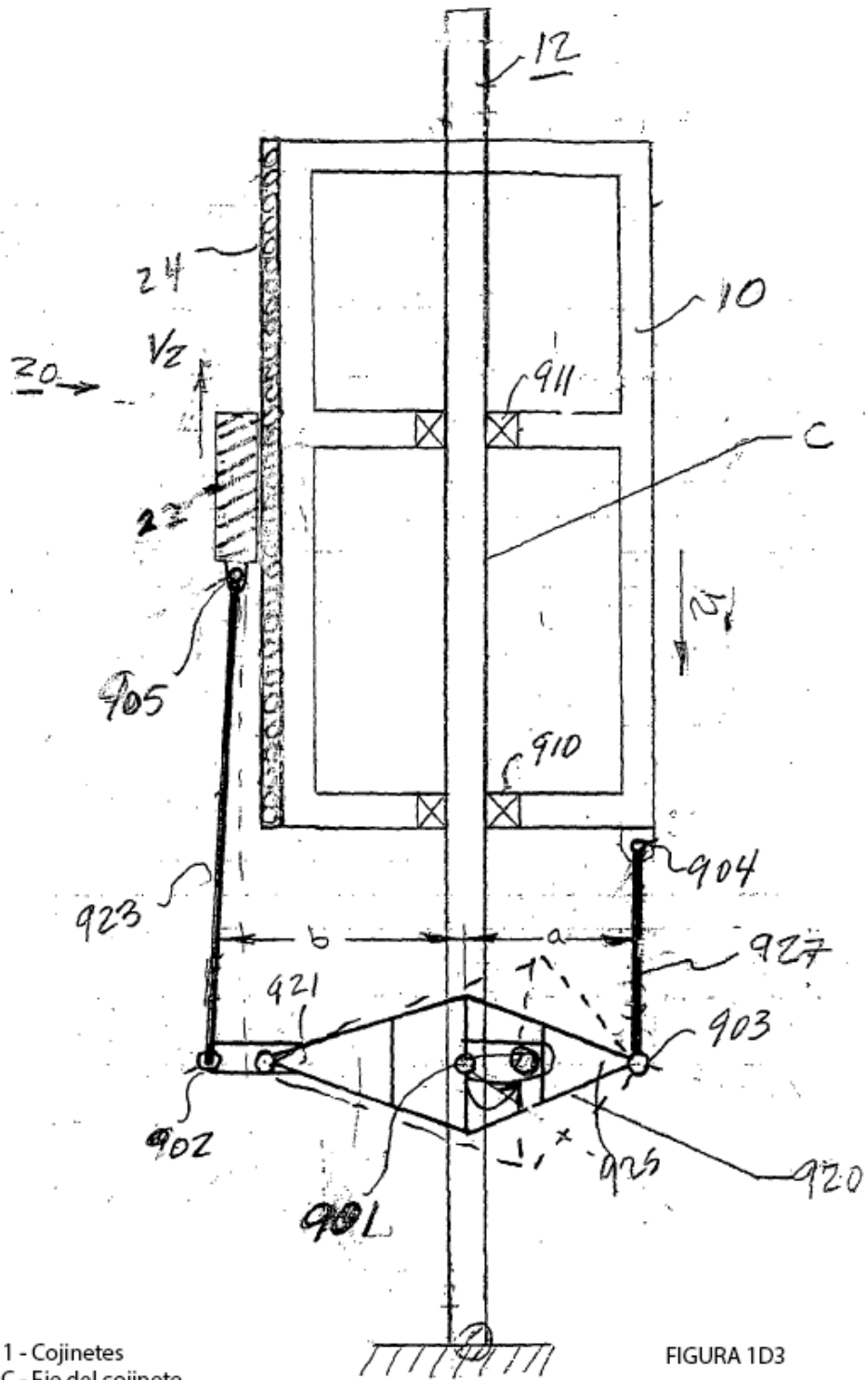


FIGURA 1D2

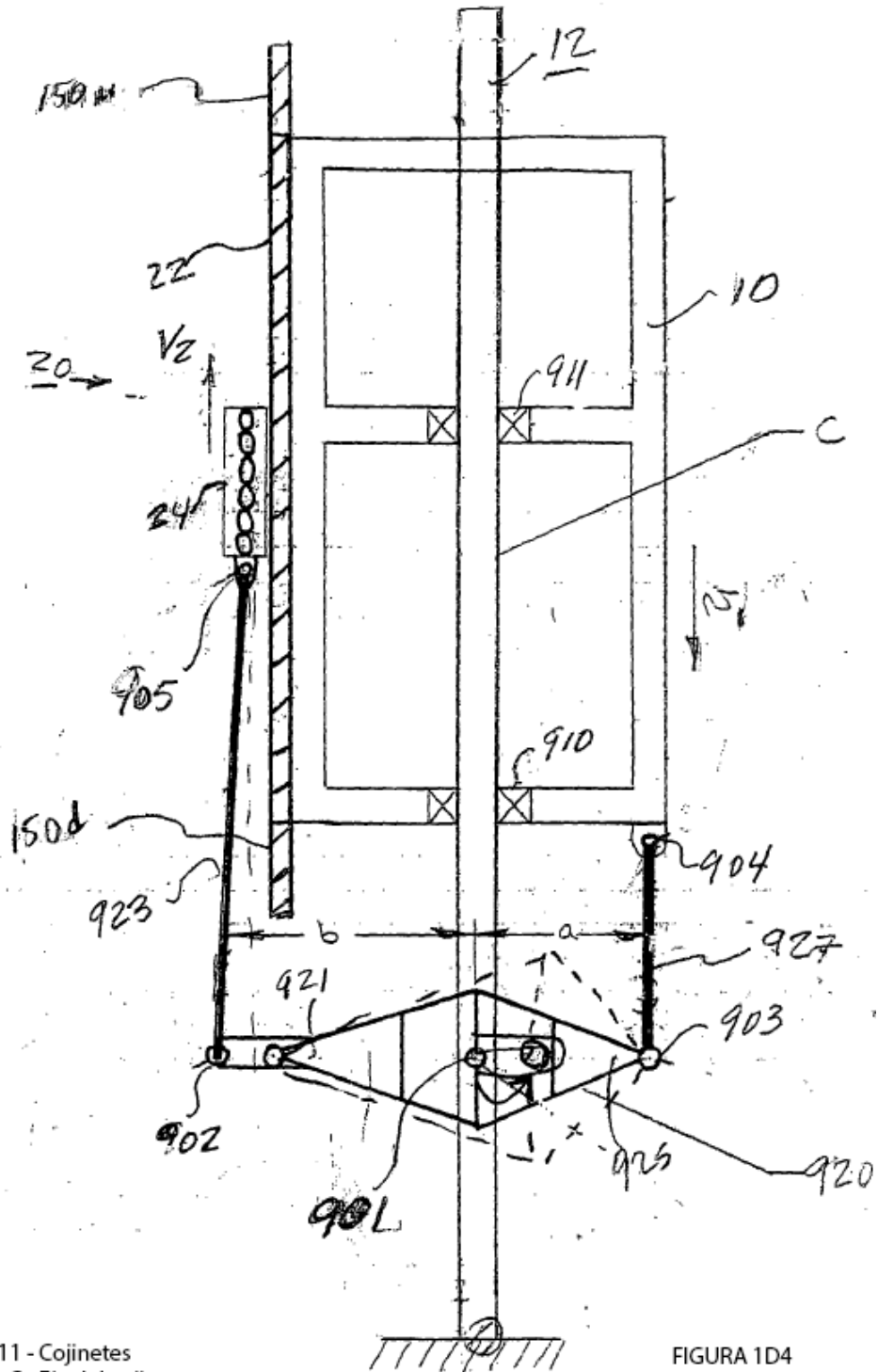


- 910, 911 - Cojinetes
 C - Eje del cojinete
 D - Brazo articulado
 E - Brazo de radio
 F - Brazo de conexión
 G - Estator generador lineal (bobinas)
 H - Imán generador lineal
 I - Convertidor de energía de las olas

901, 902, 903, 904, 905 - Puntos de pivote

FIGURA 1D3

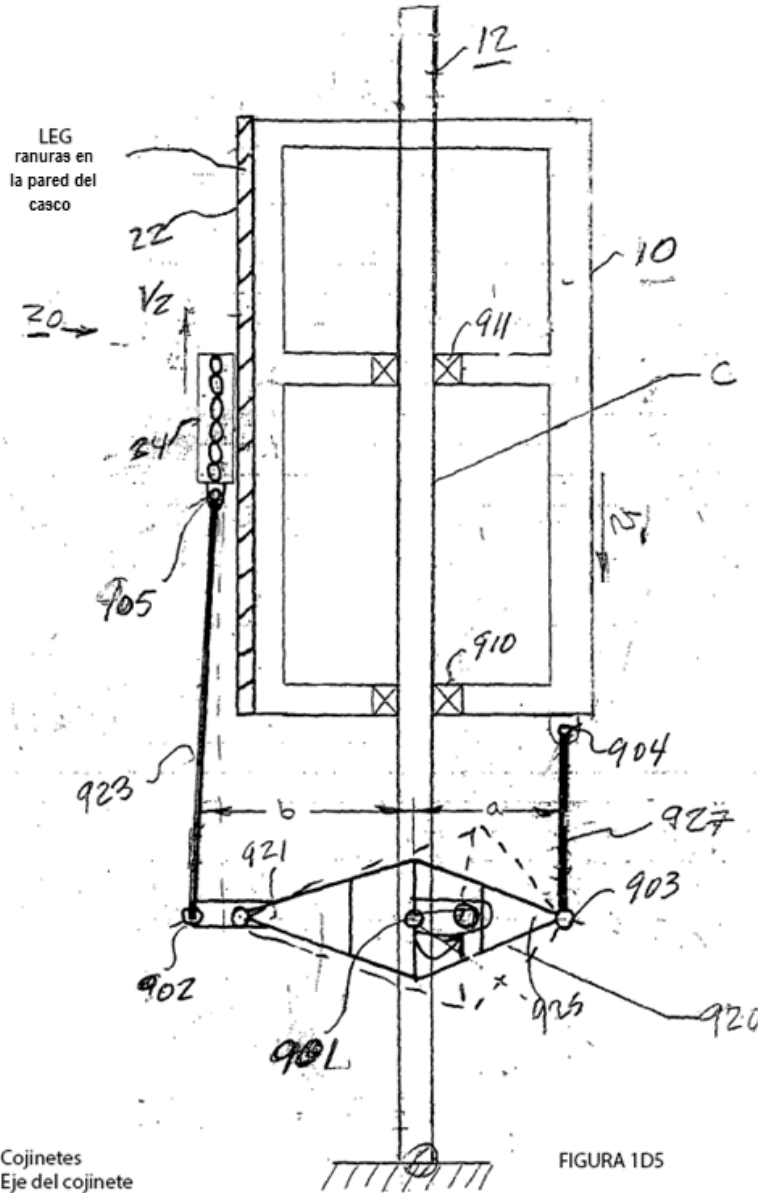
FIGURA 1D3



- 910, 911 - Cojinetes
- C - Eje del cojinete
- D - Brazo articulado
- E - Brazo de radio
- F - Brazo de conexión
- G - Estator generador lineal (bobinas)
- H - Imán generador lineal
- I - Convertidor de energía de las olas

901, 902, 903, 904, 905 - Puntos de pivote

FIGURA 1D4



- 910, 911 - Cojinetes
- C - Eje del cojinete
- D - Brazo articulado
- E - Brazo de radio
- F - Brazo de conexión
- G - Estator generador lineal (bobinas)
- H - Imán generador lineal
- I - Convertidor de energía de las olas

901, 902, 903, 904, 905 - Puntos de pivote

FIGURA 1D5

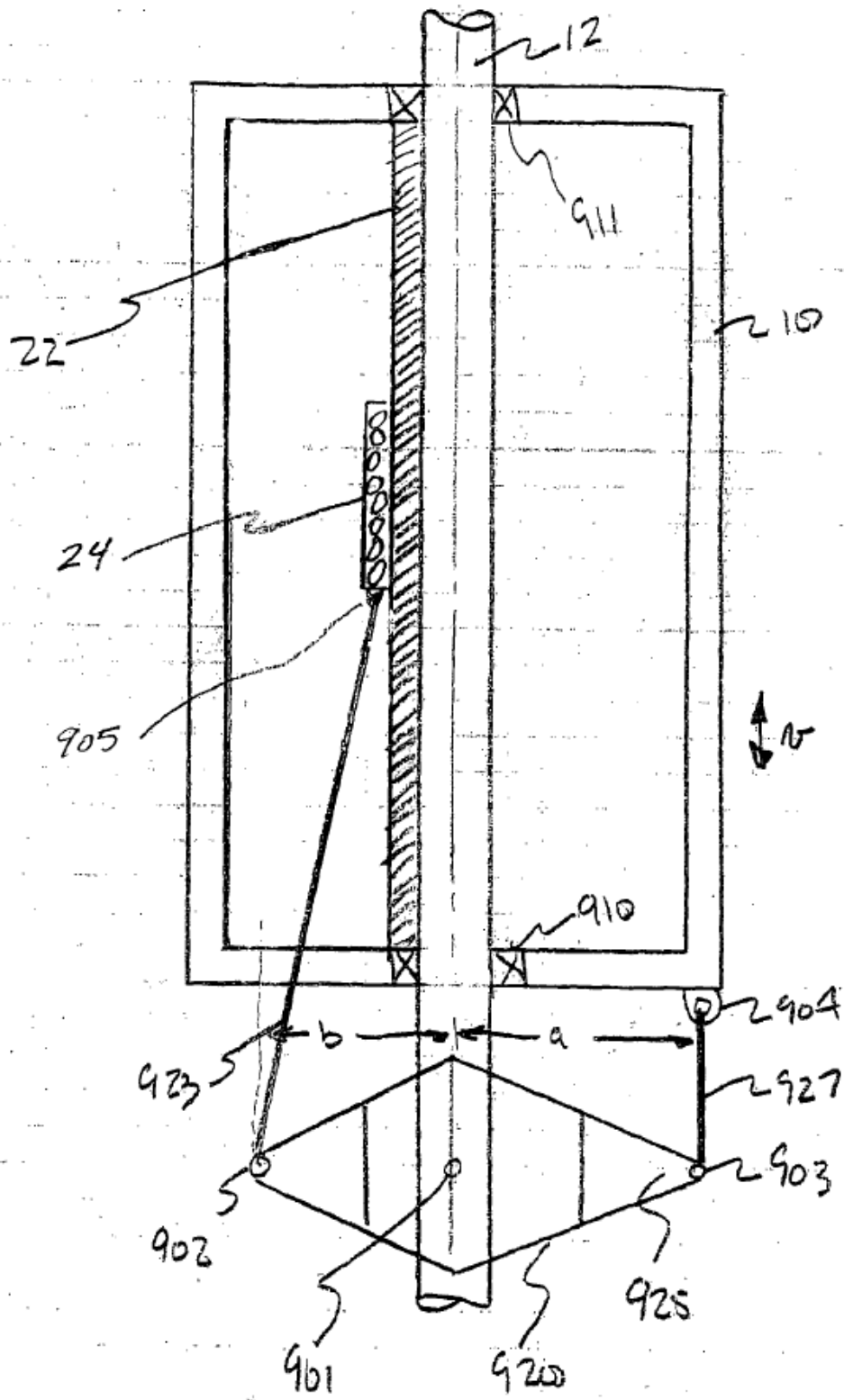


FIGURA 1D6

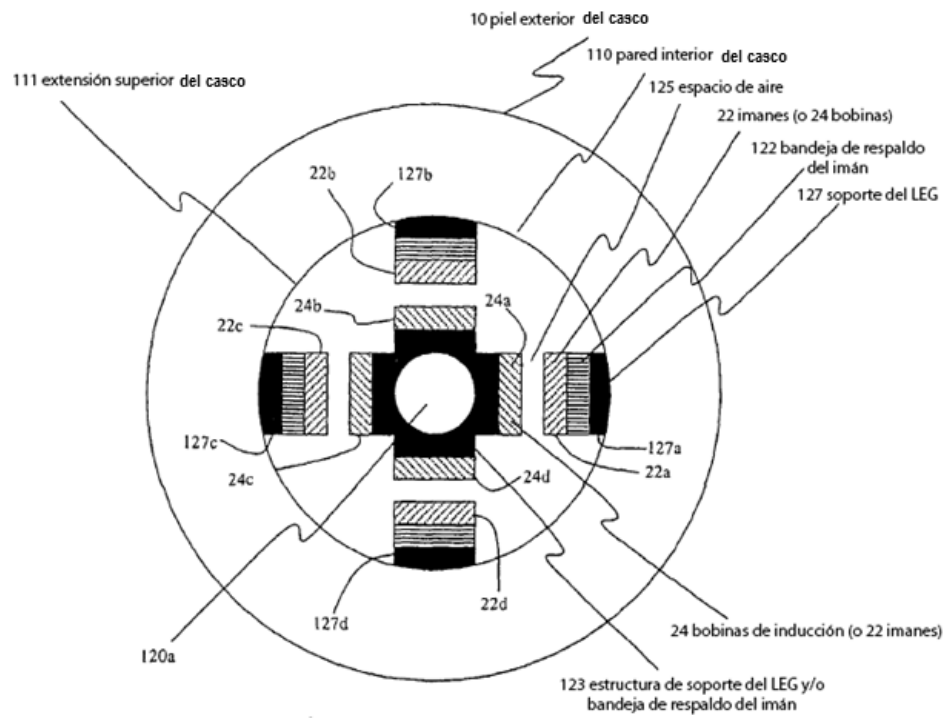


FIGURA 2A
 Sección transversal del WEC con LEG
 Configuraciones A & E
 (no a la misma escala como la FIGURA 1)

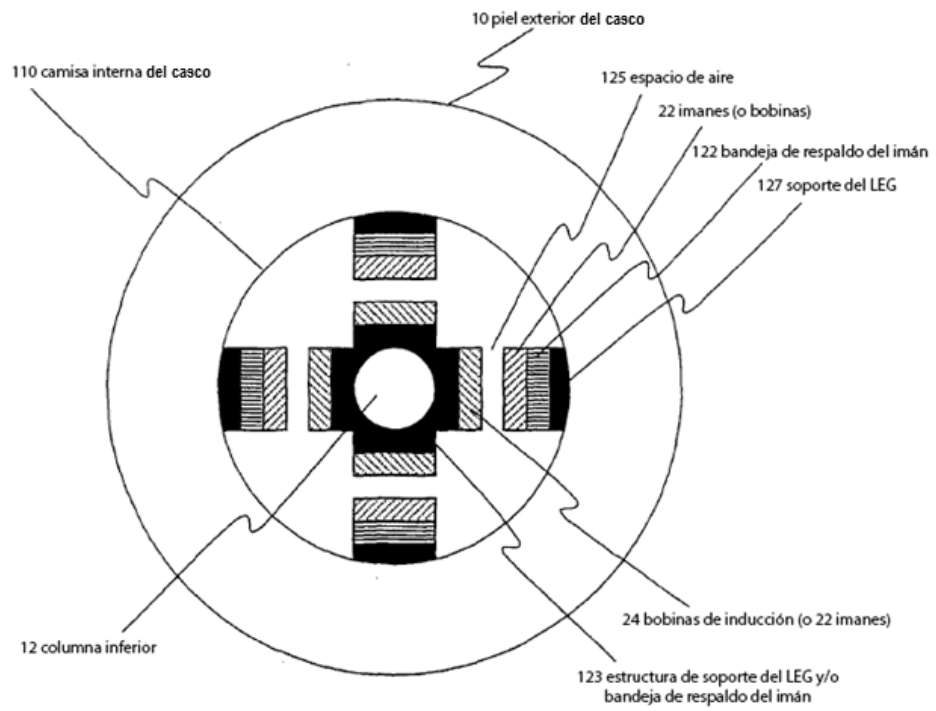


FIGURA 2B
Sección transversal del WEC con LEG
Configuraciones B & F
(no a la misma escala como la FIGURA 1)

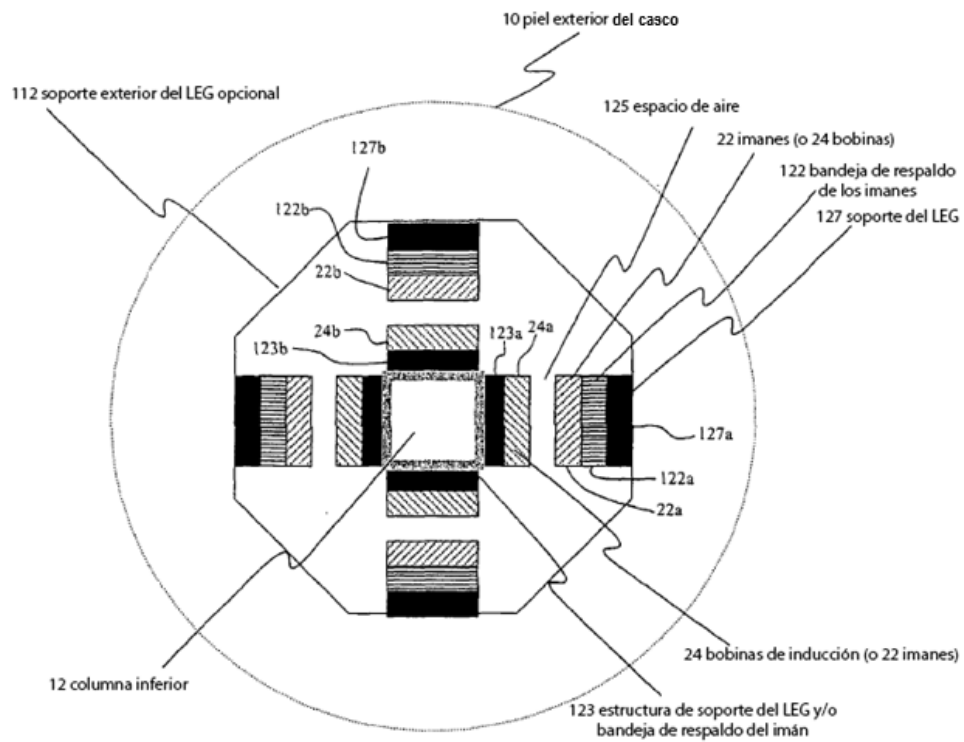


FIGURA 2C
 Sección transversal del WEC con LEG
 Configuraciones C & G
 (no a la misma escala como la FIGURA 1)

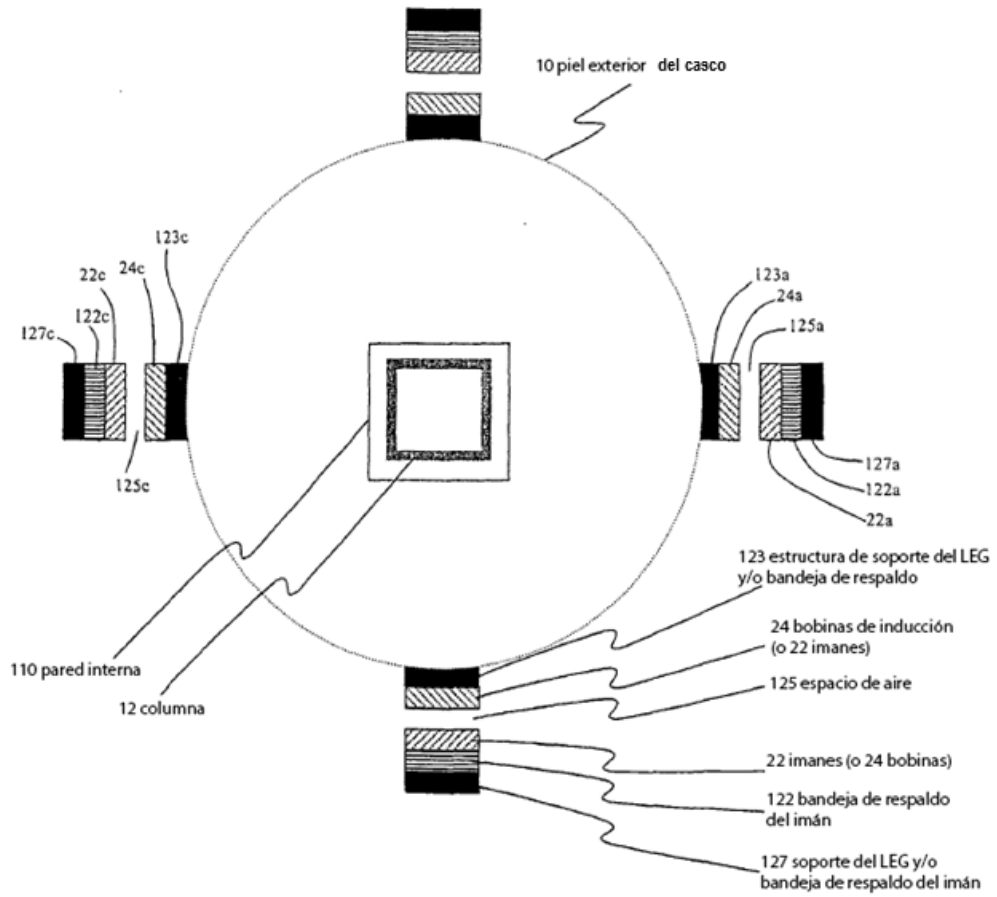


FIGURA 2D
 Sección Transversal del WEC con LEG
 Configuraciones D & H
 (no a la misma escala como la FIGURA 1)

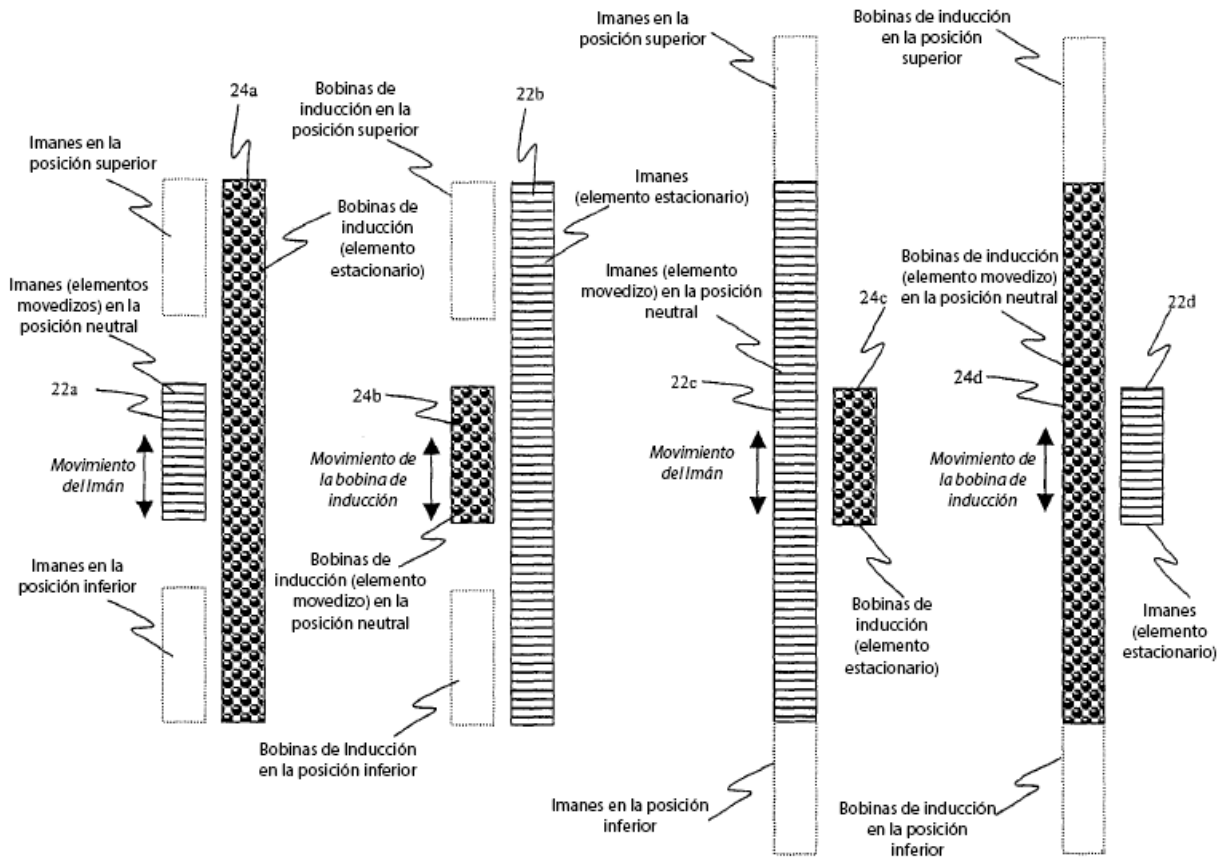


FIGURA 3A
WEC con LEG
Configuración 1:
Imán de movimiento corto /
Bobina de inducción
estacionaria larga

FIGURA 3B
WEC con LEG
Configuración 2:
Bobinas de inducción
de movimiento cortas / imanes
estacionarios largos

FIGURA 3C
WEC con LEG
Configuración 3:
Imán de movimiento largo /
Bobina de inducción
estacionaria corta

FIGURA 3D
WEC con LEG
Configuración 4:
Bobinas de inducción
de movimiento largas / imanes
estacionarios cortos

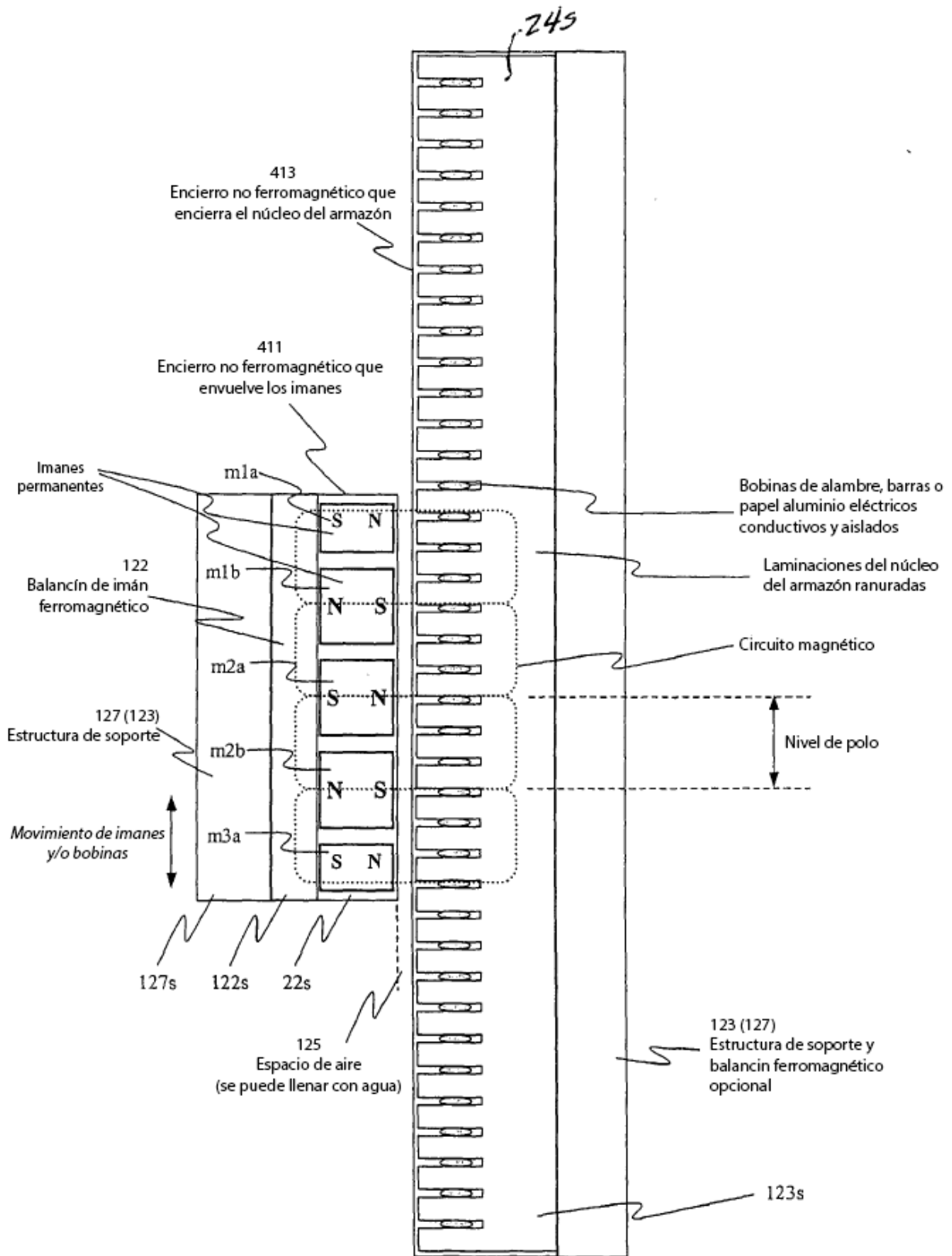


FIGURA 4A
 Configuración de imán permanente de superficie del LEG
 (se muestra configuración de imán corto, bobina larga)

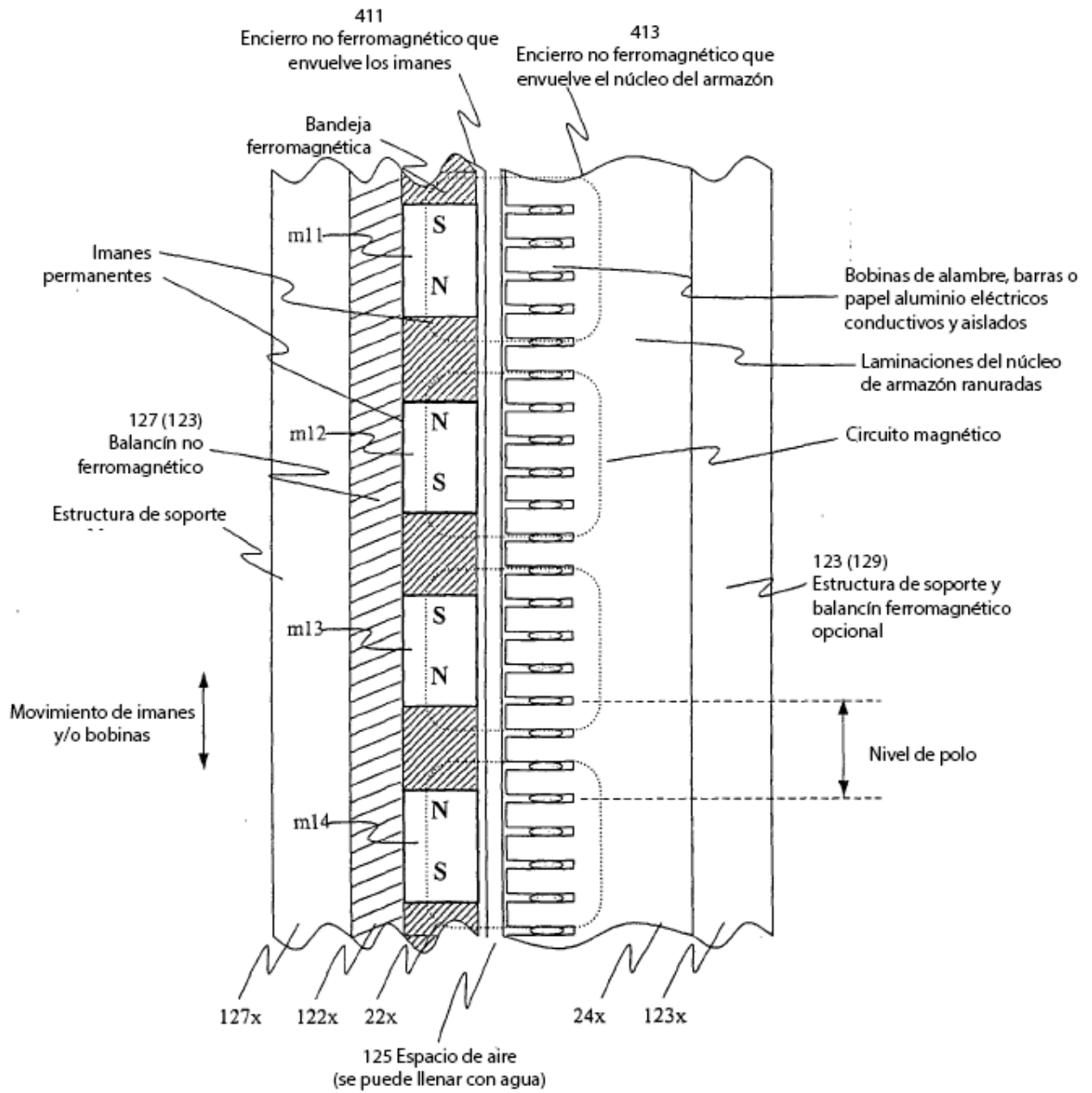


FIGURA 4B
Configuración de imán permanente enterrado del LEG

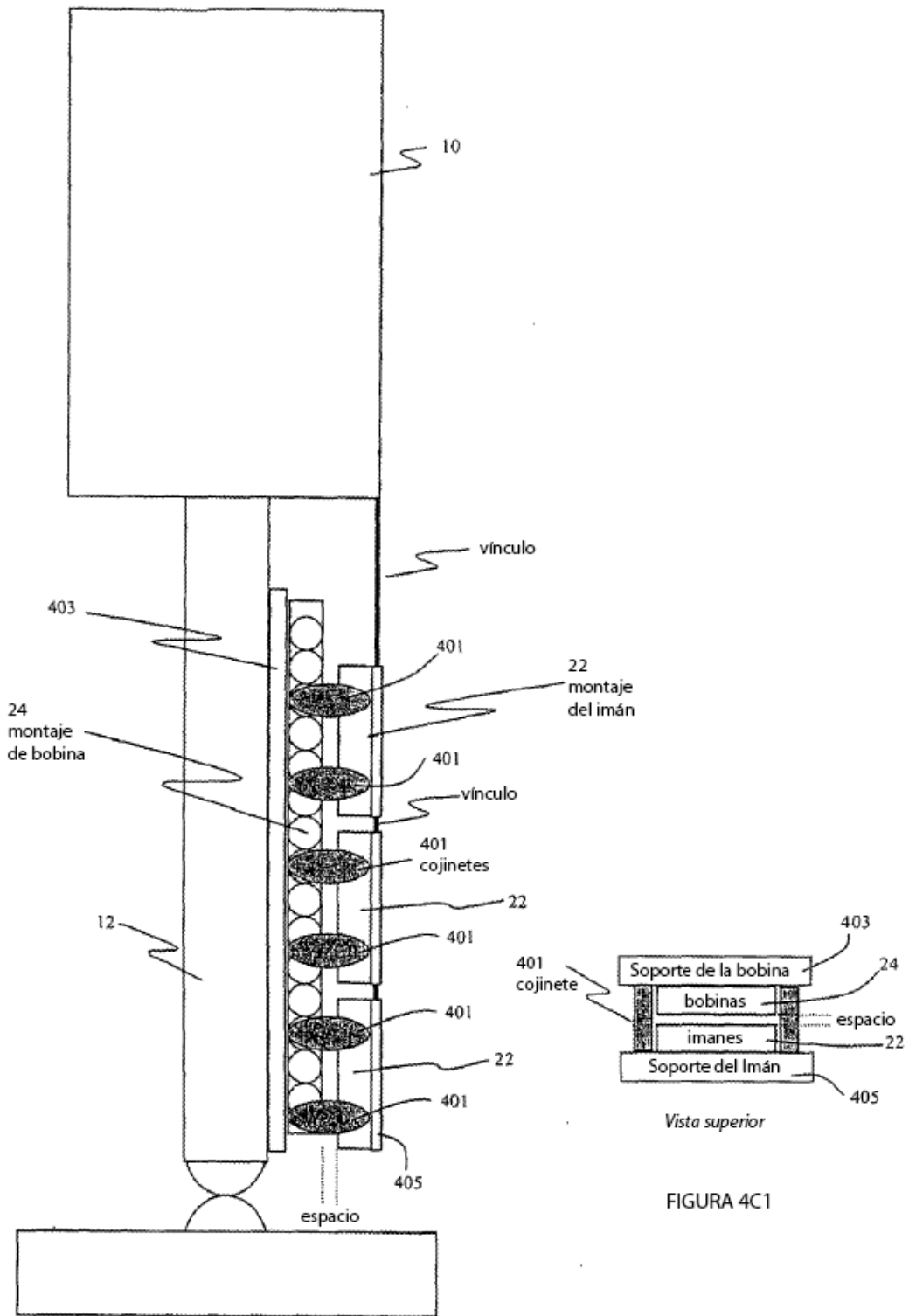


FIGURA 4C

FIGURA 4C1

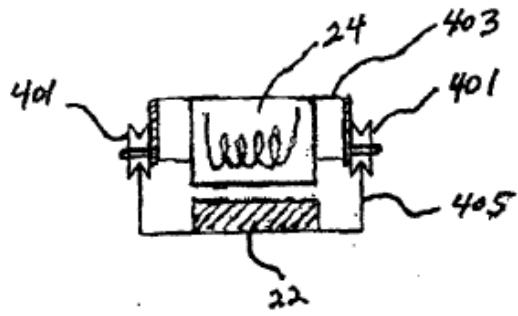


FIGURA 4C2

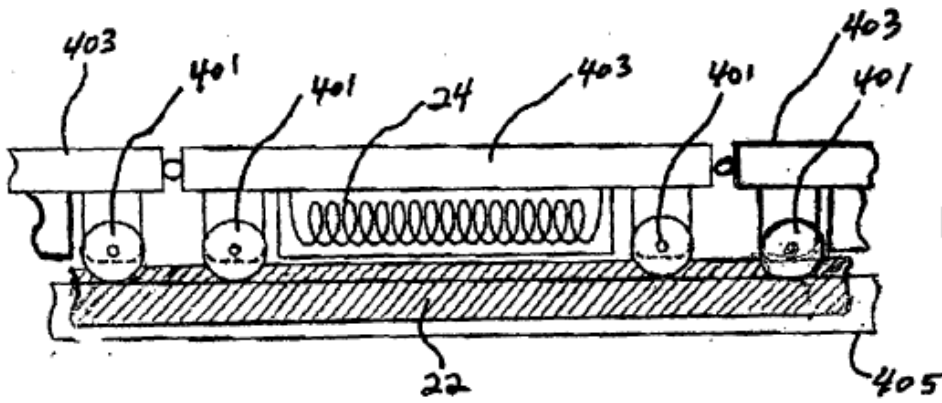


FIGURA 4C3

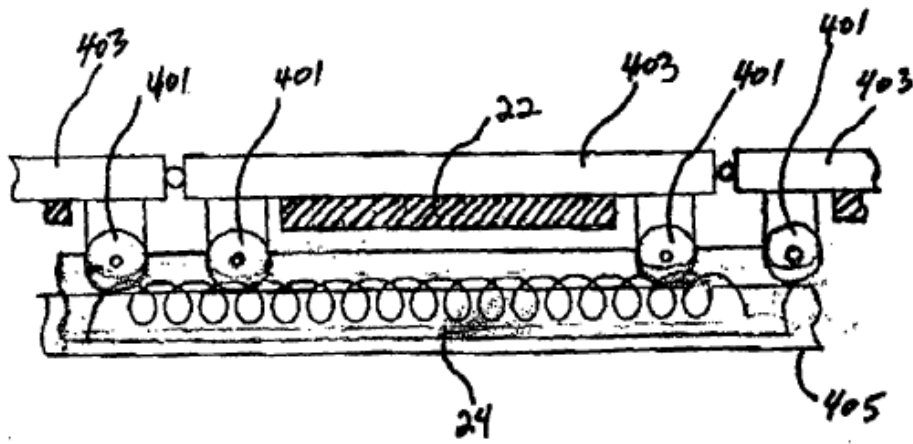
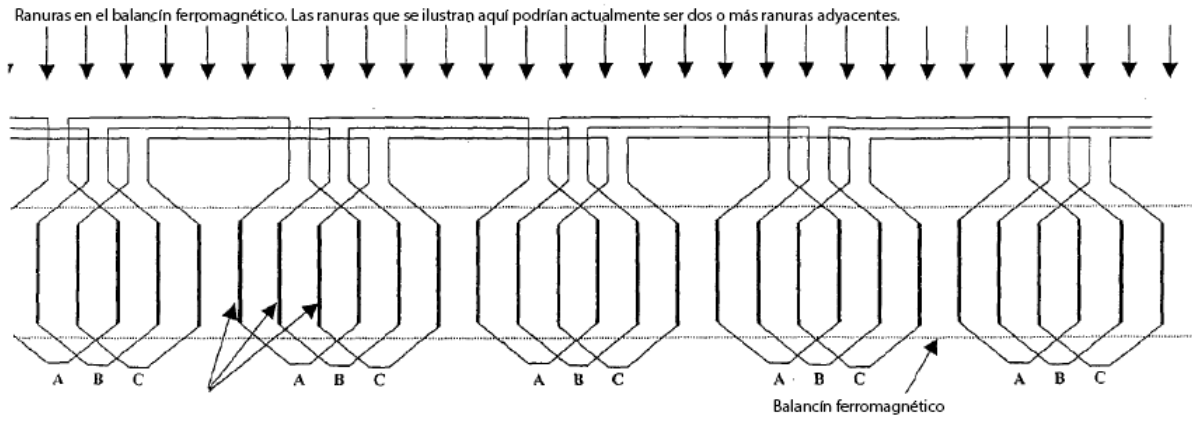
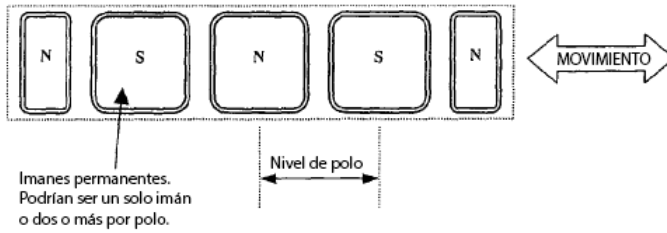


FIGURA 4C4

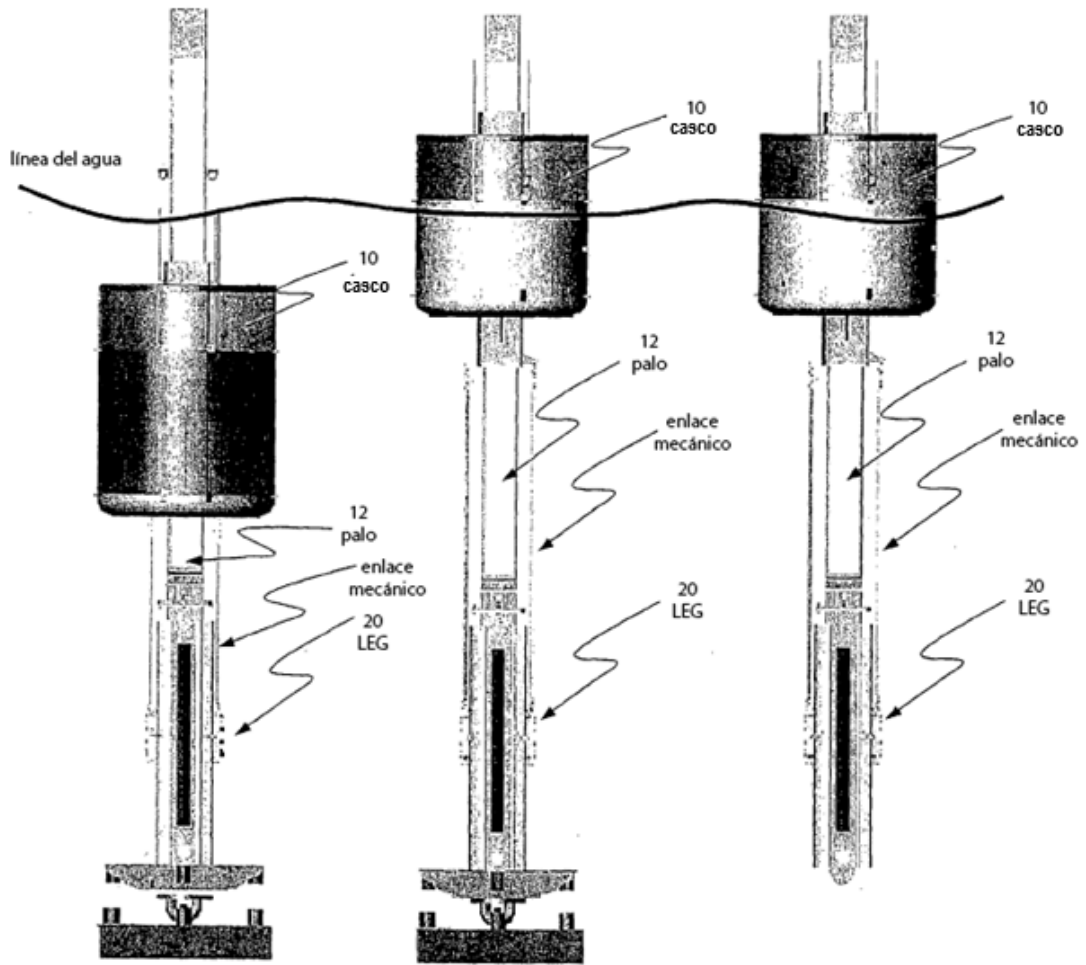


Bobinas de alambre, conductores o barras incrustadas en un balancín ferromagnético. Puede ser uno sólo o múltiples alambres, conductor, o barra por ranura.



Notas:
 La ilustración muestra un circuito de potencia trifásico (los circuitos A, B & C fasados 120 grados).
 Los imanes pasan sobre las bobinas, separados por un espacio de aire y cualquier material protector.
 Se muestran separadas aquí para claridad.

FIGURA 5
 Configuración de bobina del LEG



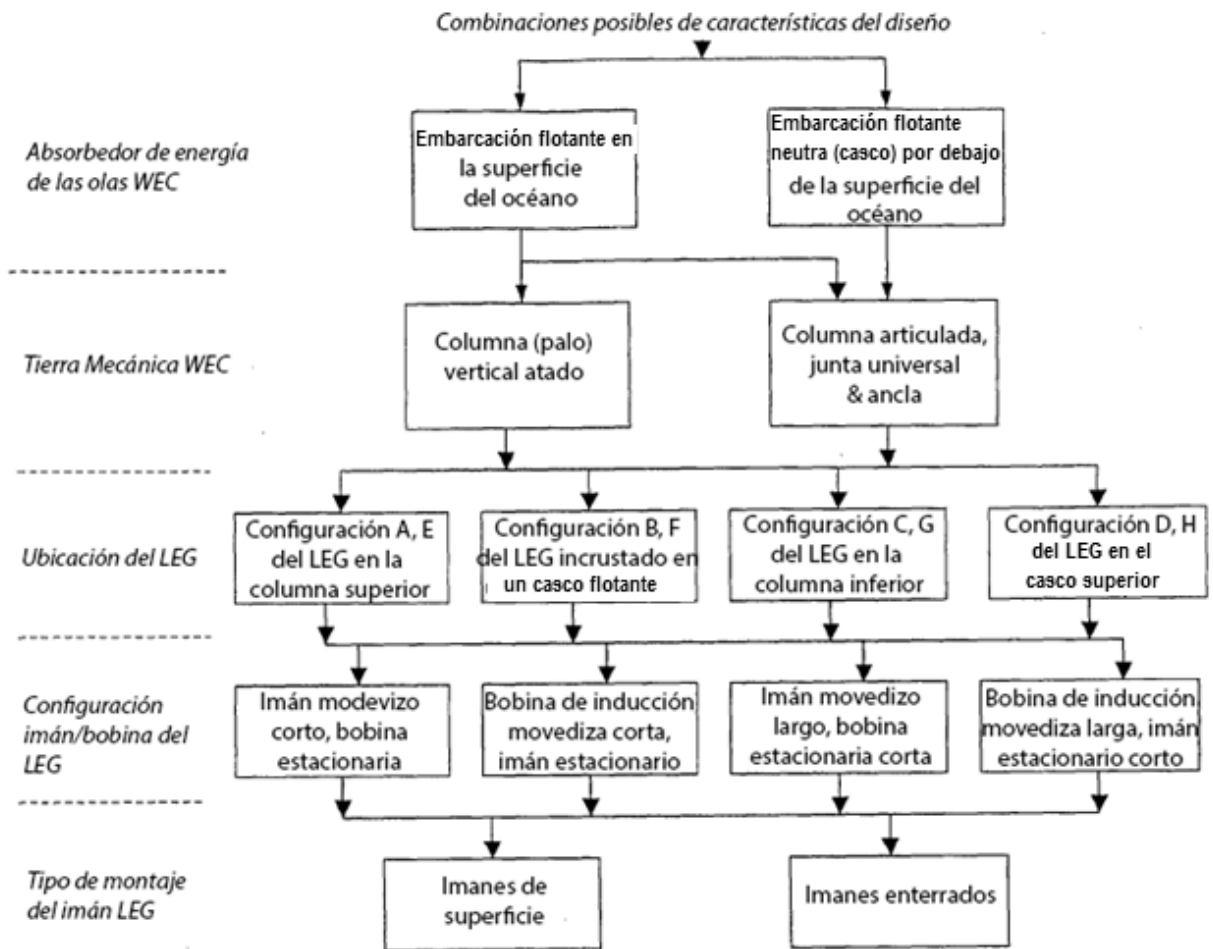


FIGURA 7

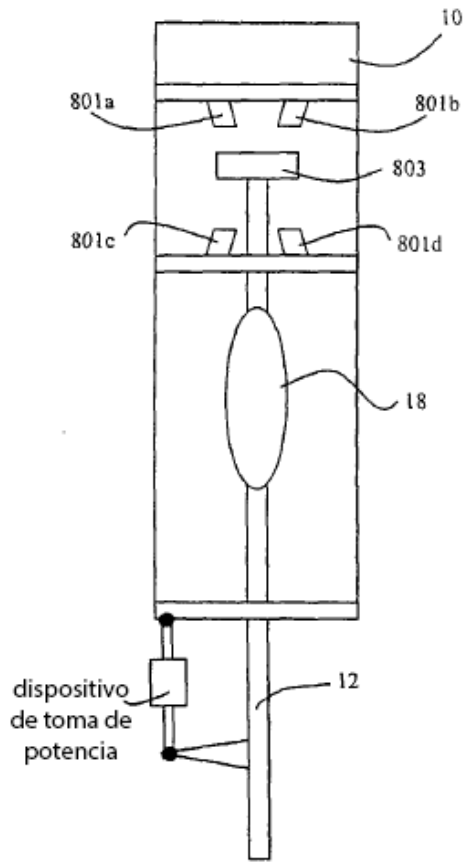


FIGURA 8

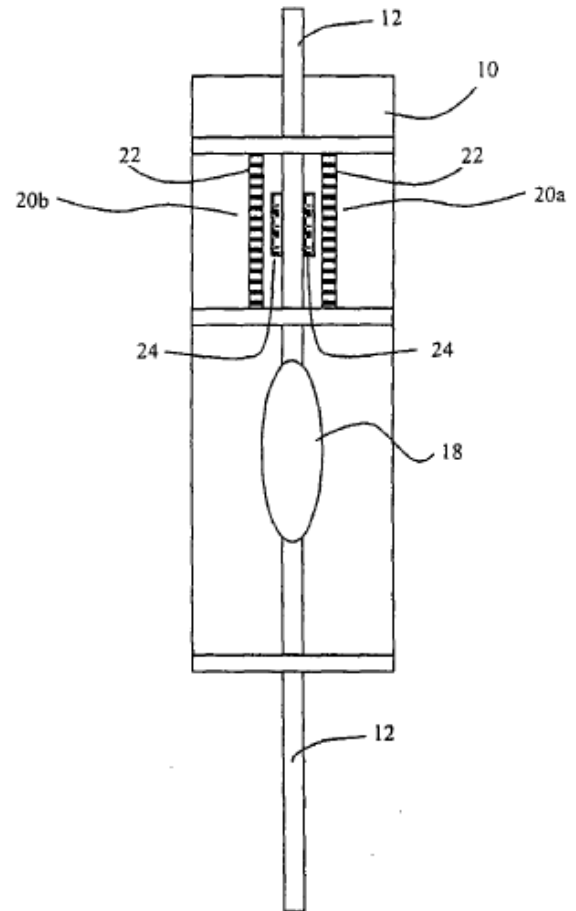


FIGURA 8E

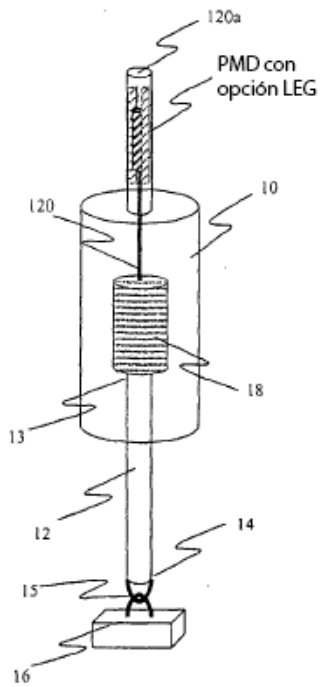


FIGURA 8A
WEC con PMD anclado
"Configuración A"

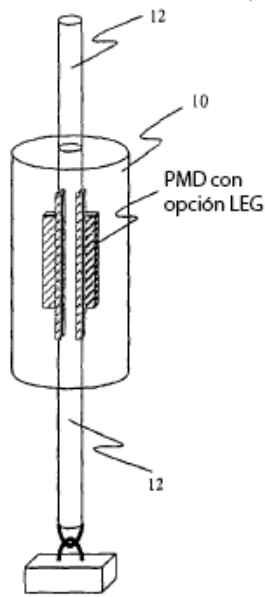


FIGURA 8B
WEC con PMD anclado
"Configuración B"

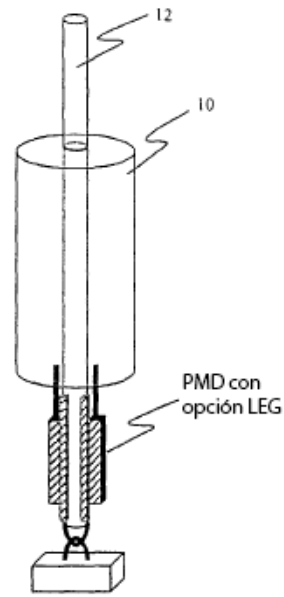


FIGURA 8C
WEC con PMD anclado
"Configuración C"

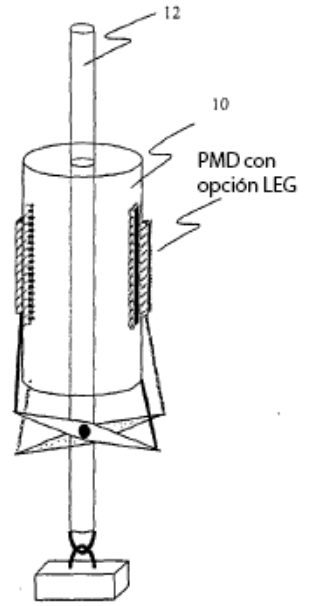


FIGURA 8D
WEC con PMD anclado
"Configuración D"

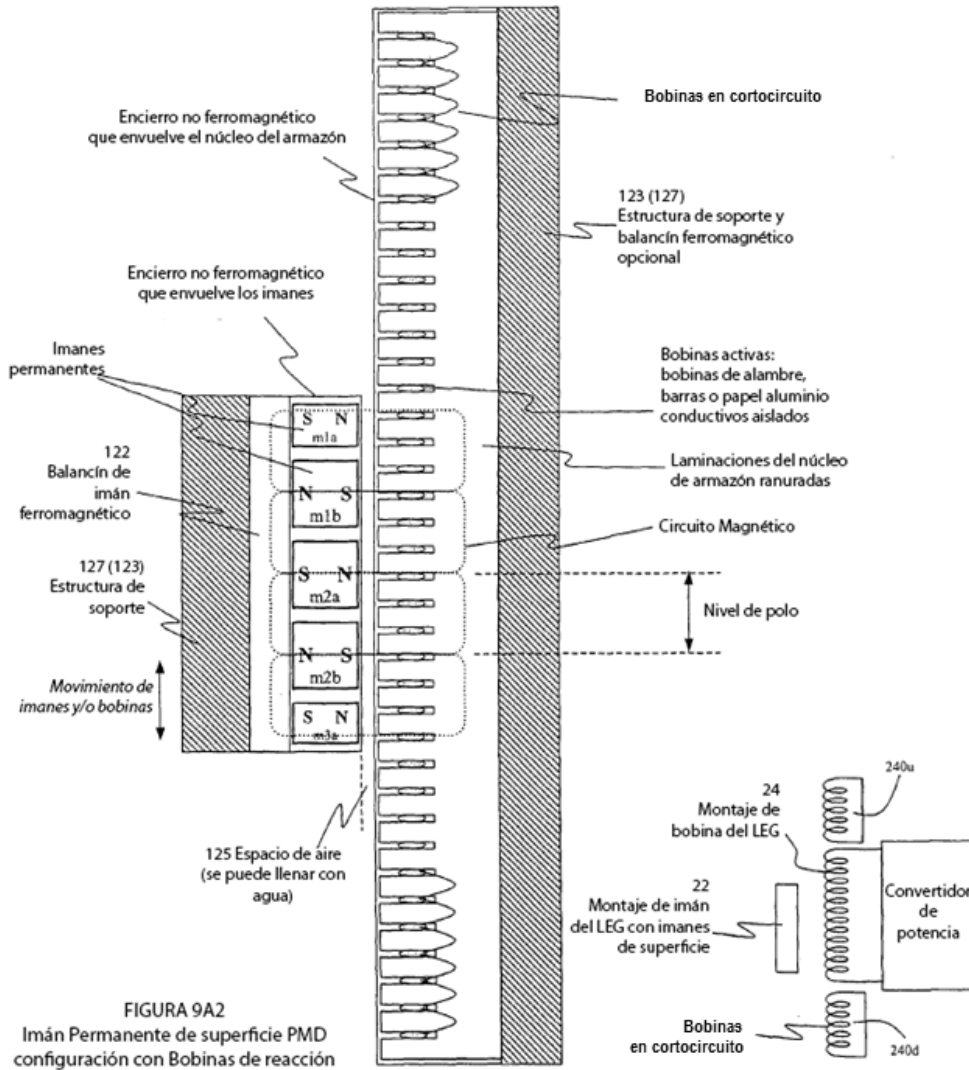


FIGURA 9A2
Imán Permanente de superficie PMD
configuración con Bobinas de reacción

FIGURA 9A1

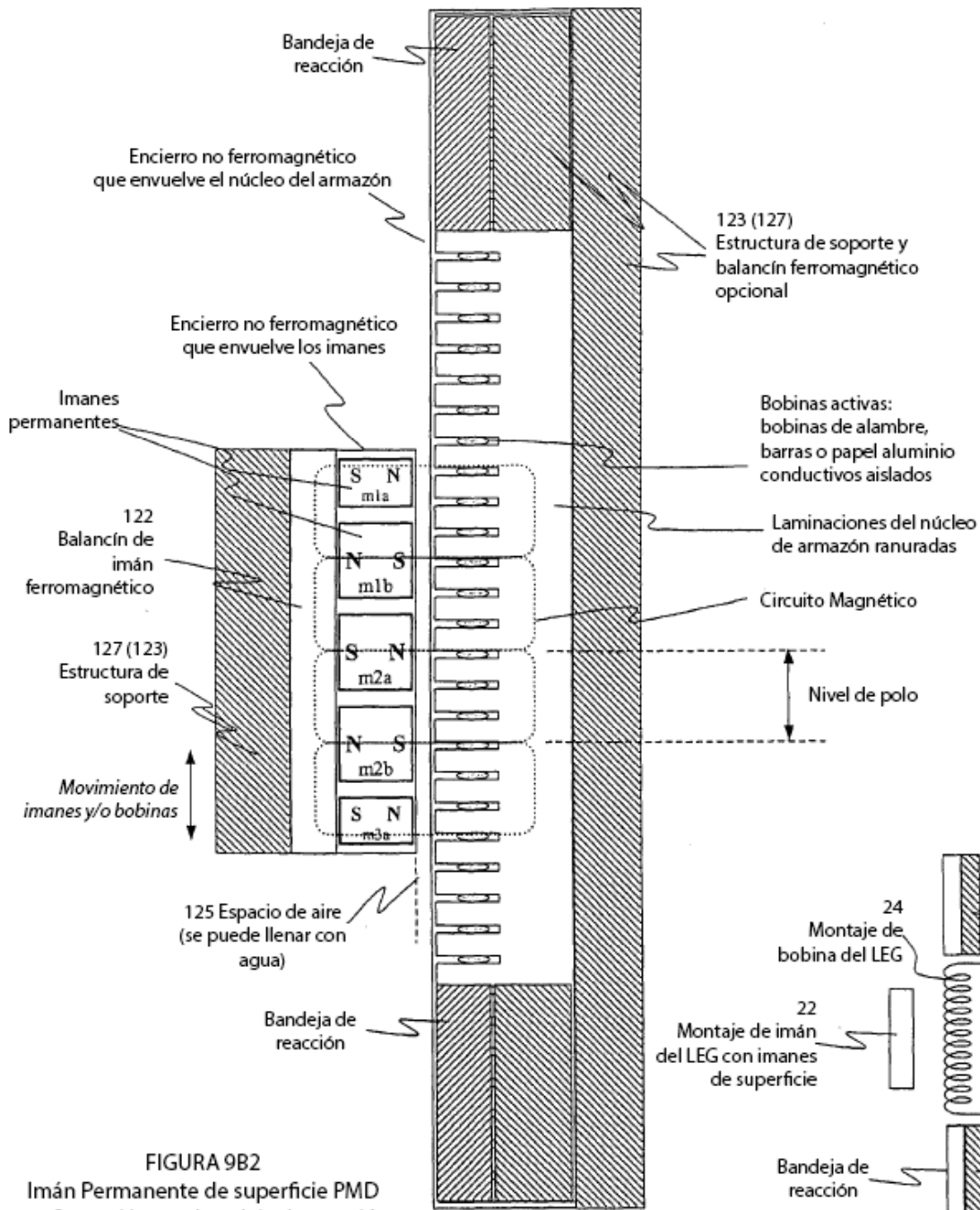


FIGURA 9B2
Imán Permanente de superficie PMD configuración con bandeja de reacción

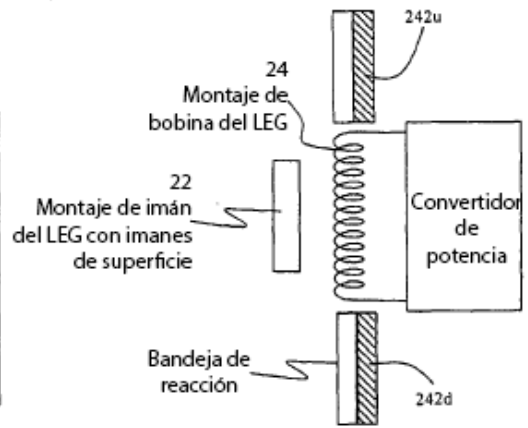


FIGURA 9B1

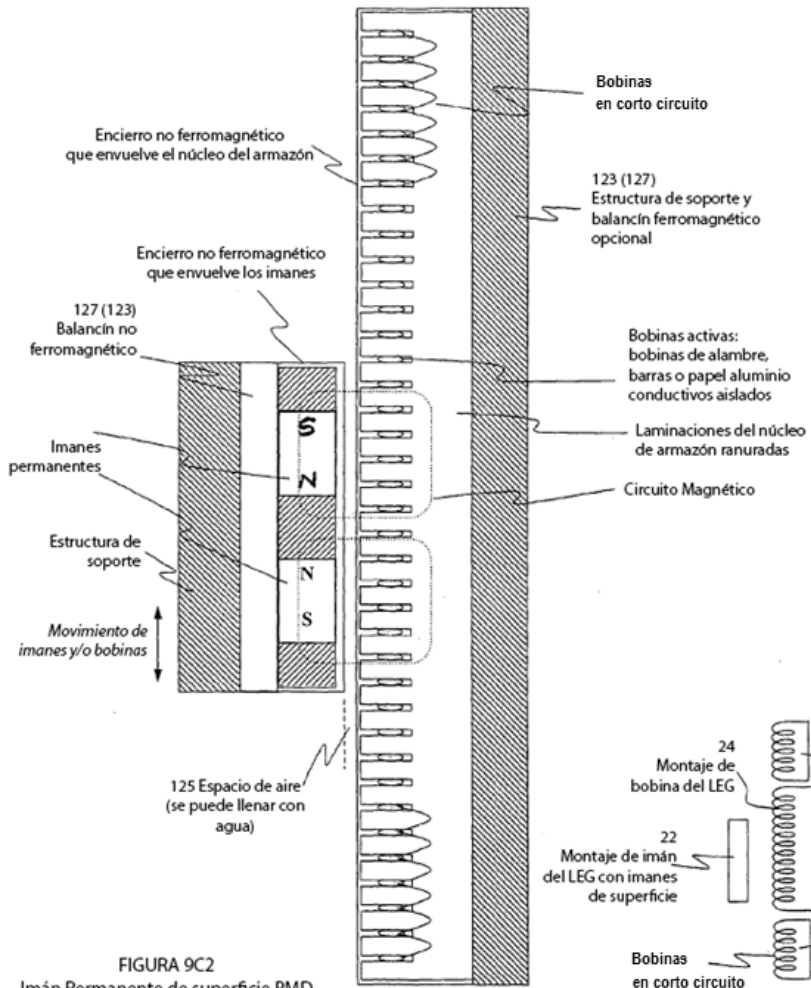


FIGURA 9C2
Imán Permanente de superficie PMD
configuración con bobinas de reacción

FIGURA 9C1

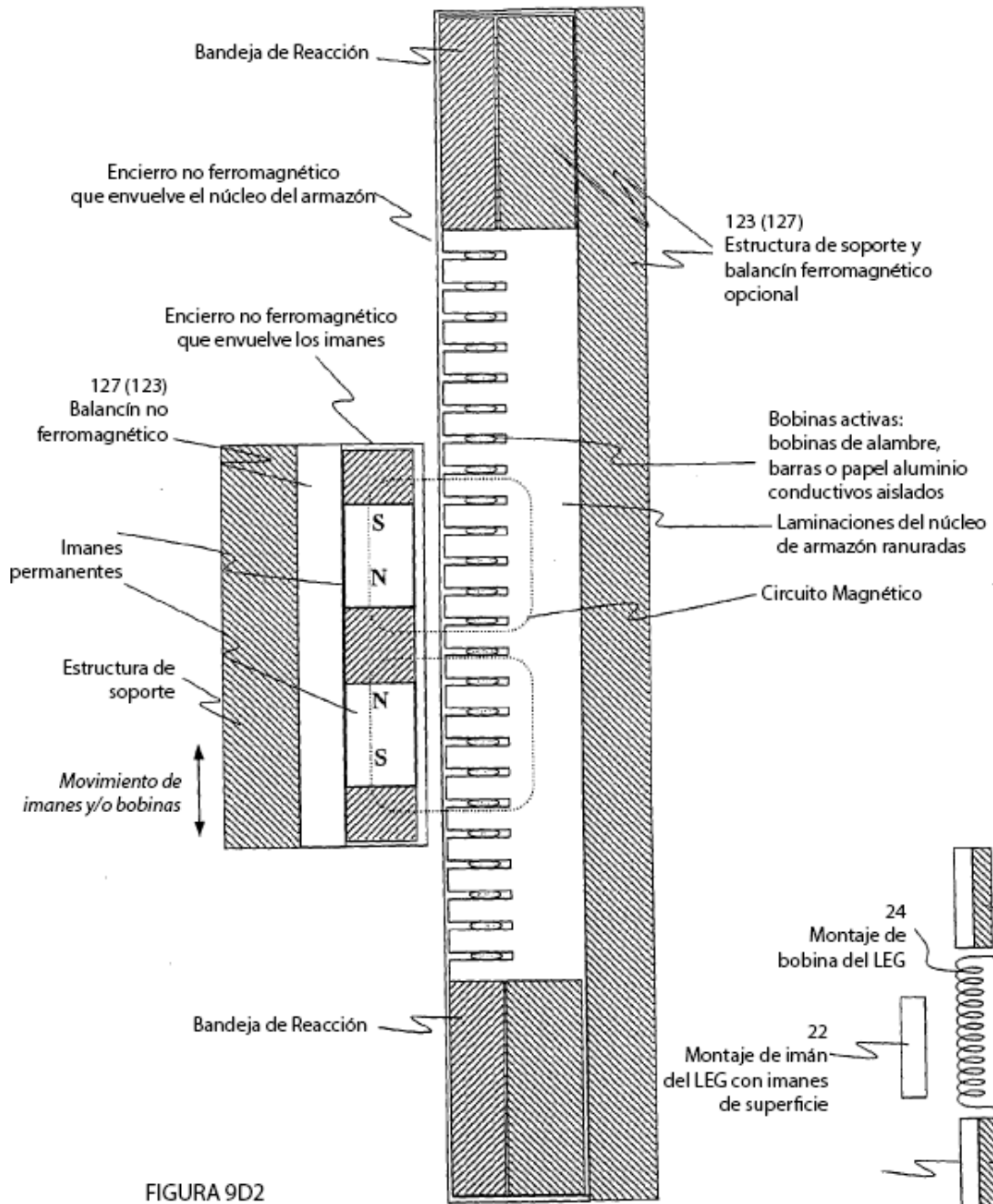


FIGURA 9D2
Imán Permanente de superficie PMD configuración con bandeja de reacción

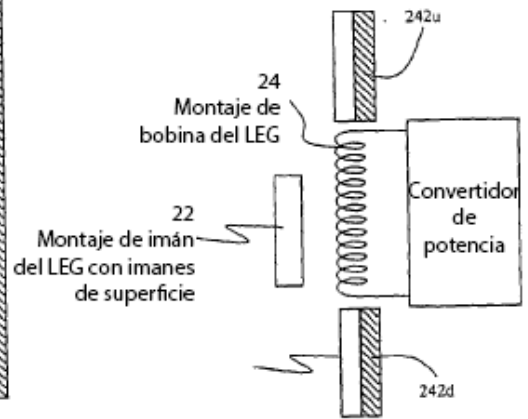


FIGURA 9D1

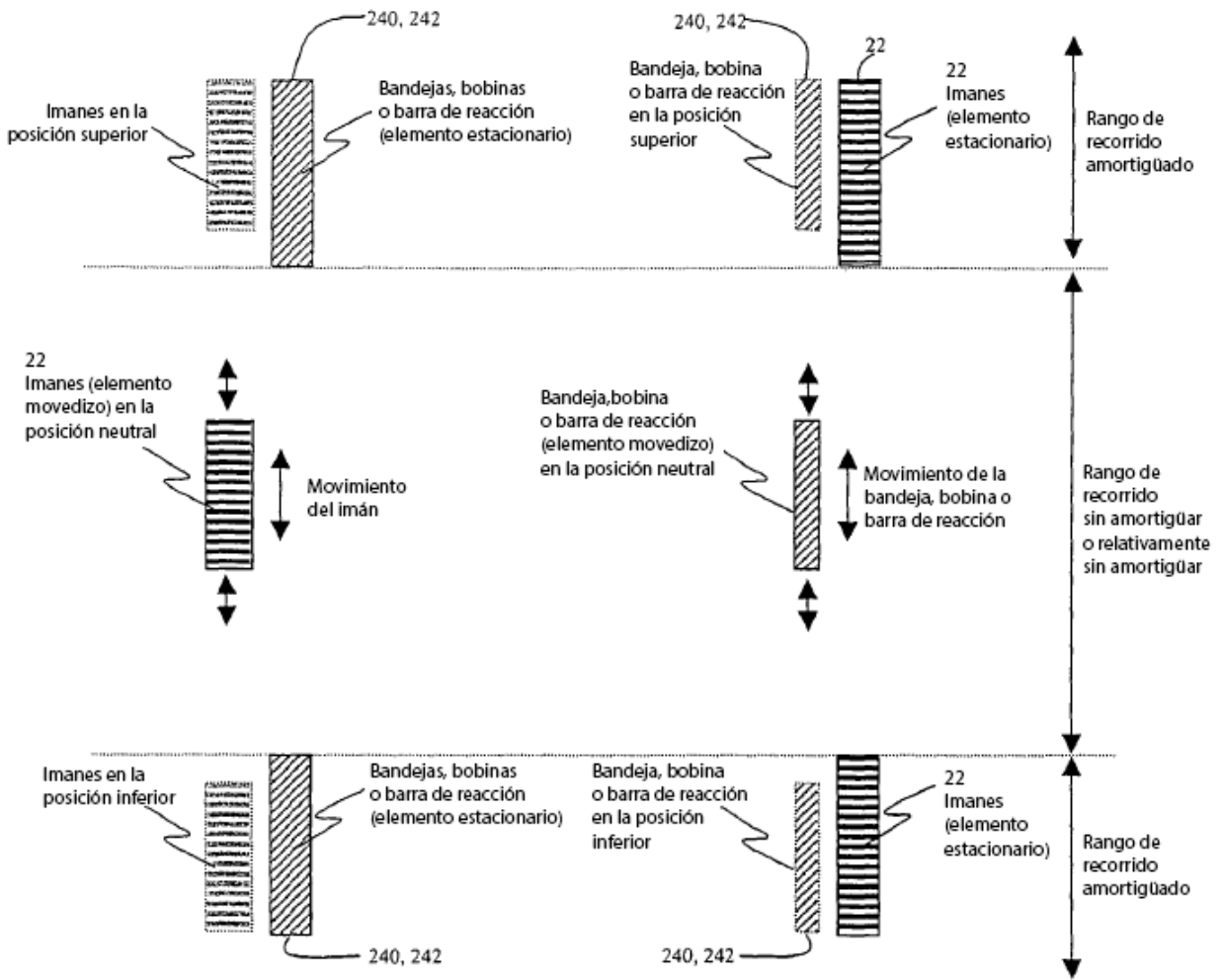


FIGURA 10A
WEC PMD

Configuración con imanes en movimiento y una bandeja, bobina o barras de reacción estacionarias

FIGURA 10B
WEC PMD

Configuración con una bandeja, bobina, o barras de reacción en movimiento e imanes estacionarios

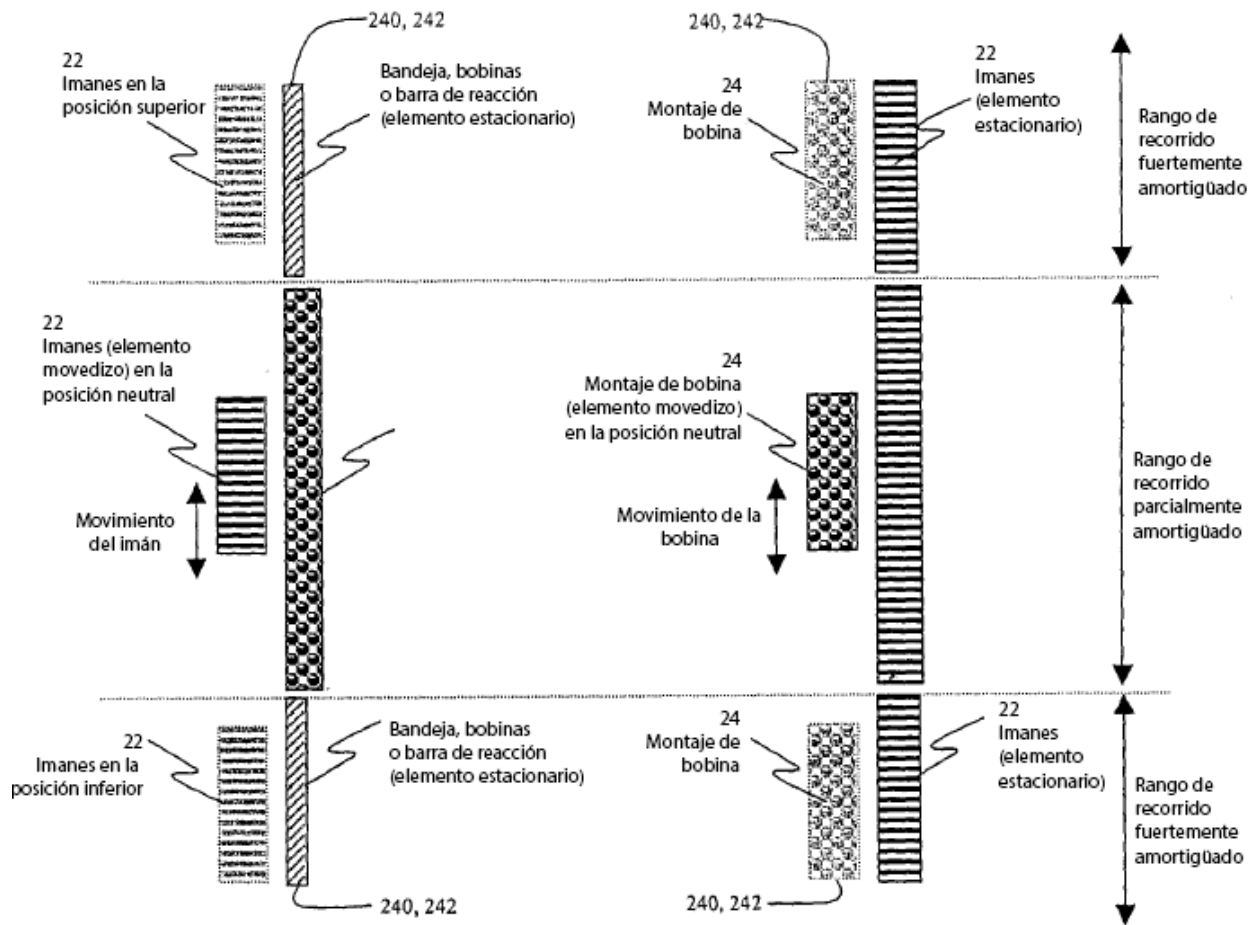


FIGURA 10C
 Magnetos movedizos y bandeja, bobina o barras
 de reacción estacionaria, integrada con el LEG del WEC PMD

FIGURA 10D
 Montaje de bobina movediza integrada con el LEG
 del WEC PMD

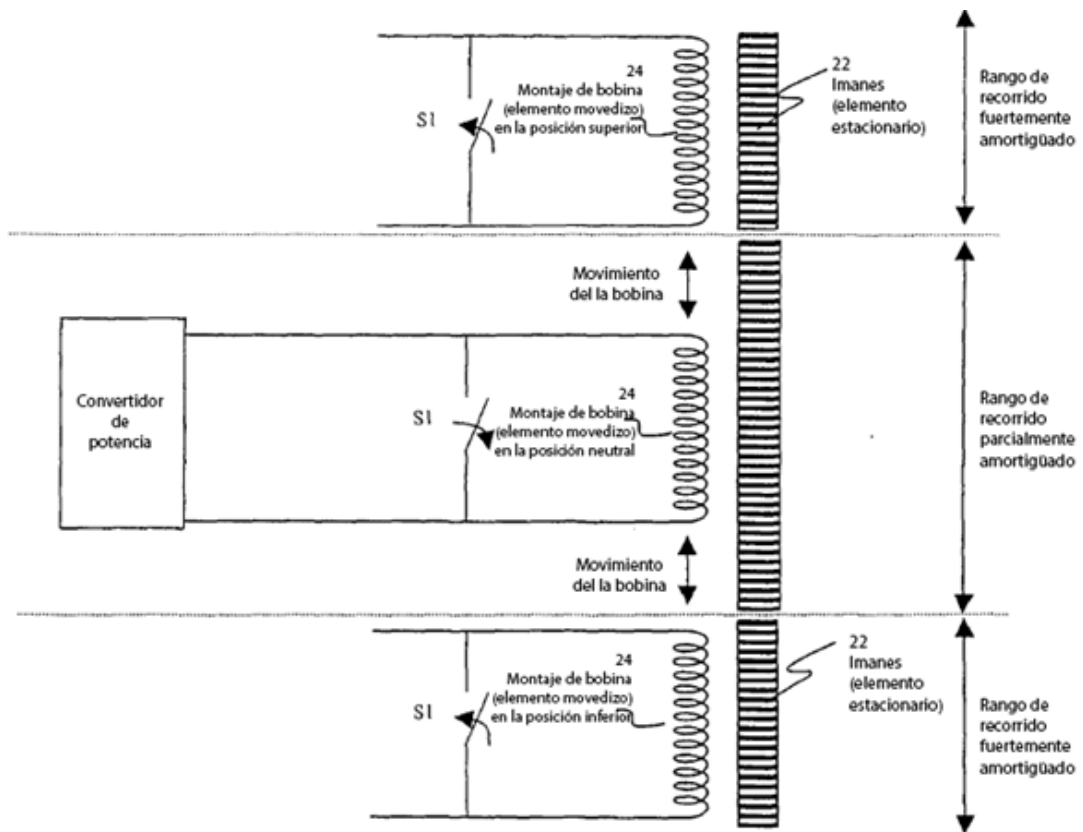


FIGURA 10D1
Montaje de bobina movediza integrada con el LEG del WEC PMD

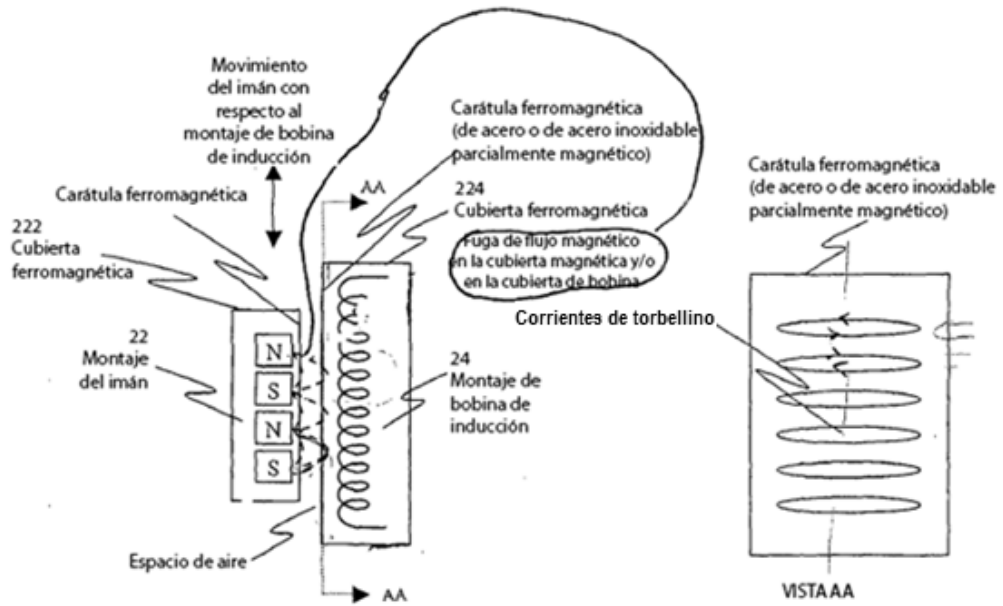


FIGURA 11

Encapsulación impermeable con pérdidas de corrientes de torbellino

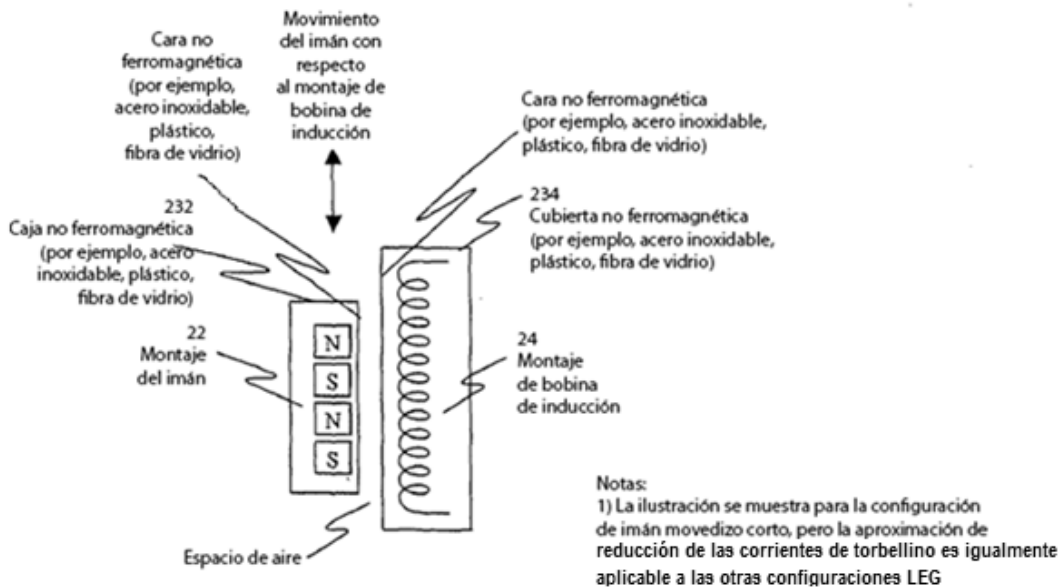
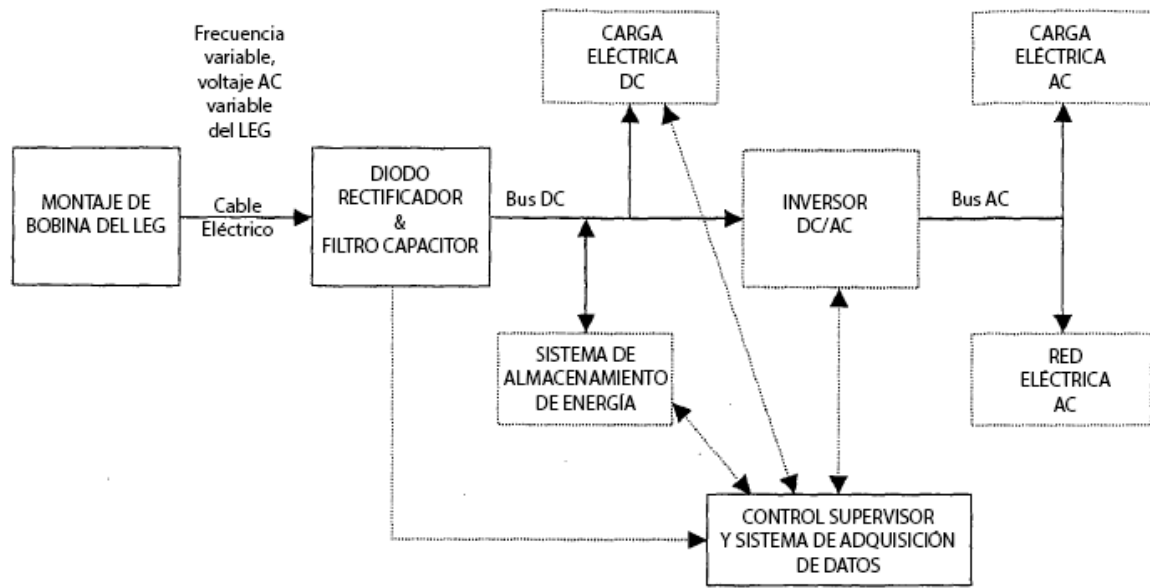


FIGURA 12

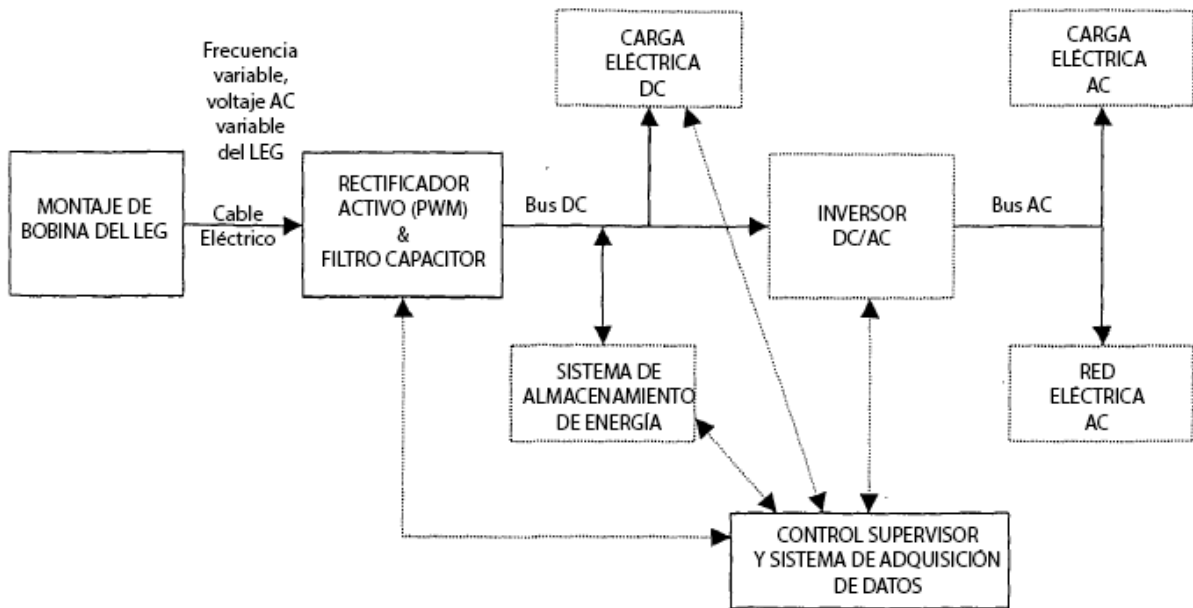
Método de encapsulación impermeable para reducir las pérdidas de corrientes de torbellino y maximizar el acoplamiento de flujo del imán



Notas:

- 1) El sistema de potencia consiste de uno o más componentes que se muestran en cuadros de líneas punteadas.
- 2) Las líneas sólidas con flechas indican el flujo de potencia.
- 3) Las líneas punteadas con flechas indican señales de datos y/o de control.

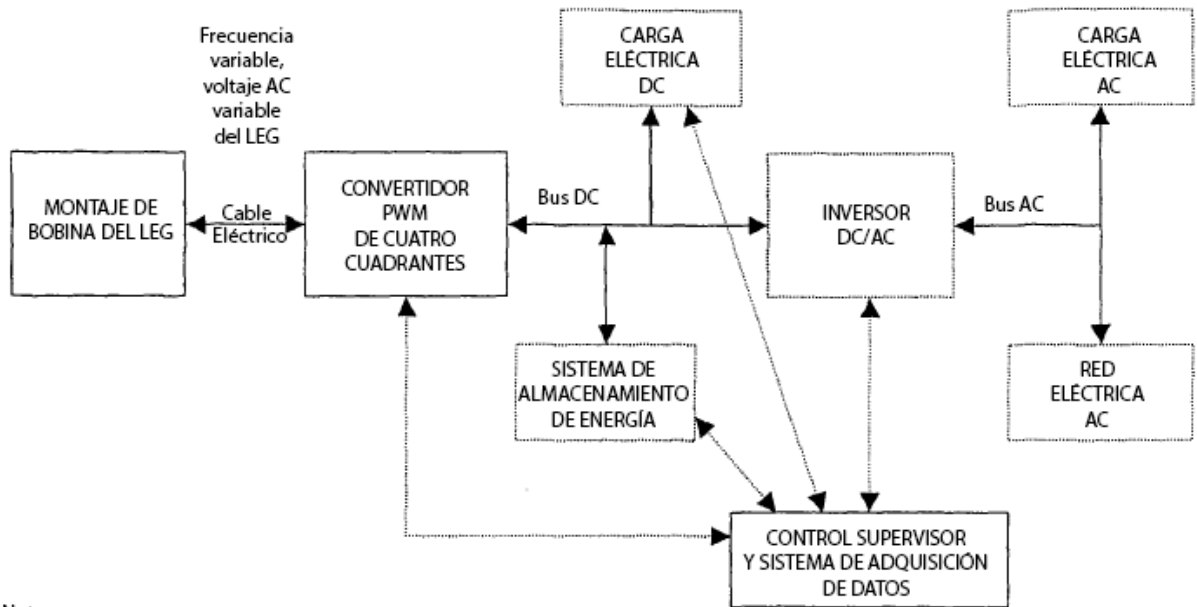
FIGURA 13A
Sistema de acondicionamiento y conversión de potencia del LEG
Configuración de rectificador pasivo



Notas:

- 1) El sistema de potencia consiste de uno o más componentes que se muestran en cuadros de líneas punteadas.
- 2) Las líneas sólidas con flechas indican el flujo de potencia.
- 3) Las líneas punteadas con flechas indican señales de datos y/o de control.

FIGURA 13B
 Sistema de acondicionamiento y conversión de potencia del LEG
 Configuración de rectificador activo



Notas:

- 1) El sistema de potencia consiste de uno o más componentes que se muestran en cuadros de líneas punteadas.
- 2) Las líneas sólidas con flechas indican el flujo de potencia.
- 3) Las líneas punteadas con flechas indican señales de datos y/o de control.

FIGURA 13C
Sistema de acondicionamiento y conversión de potencia del LEG
Configuración de flujo de potencia bidireccional

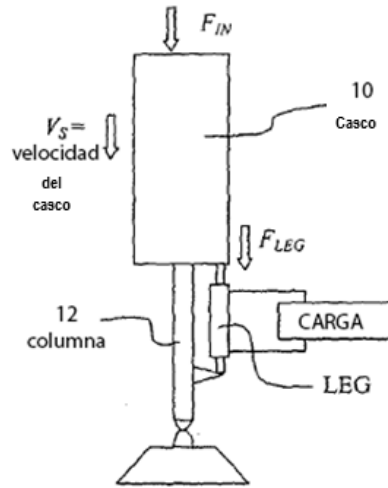


FIGURA 14

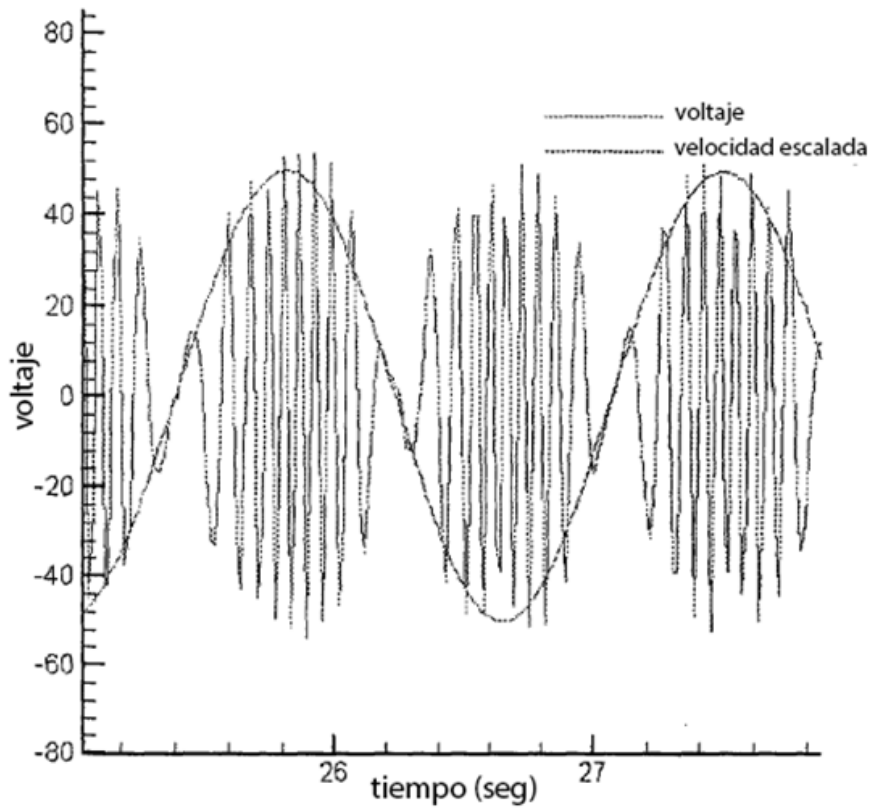


FIGURA 15a

Gráfico de ejemplo que muestra el voltaje de salida del LEG y la velocidad diferencial del casco-columna del WEC contra el tiempo. El voltaje es proporcional a la velocidad, al flujo magnético y a la configuración de la bobina. La frecuencia es proporcional a la velocidad y al nivel de polo.

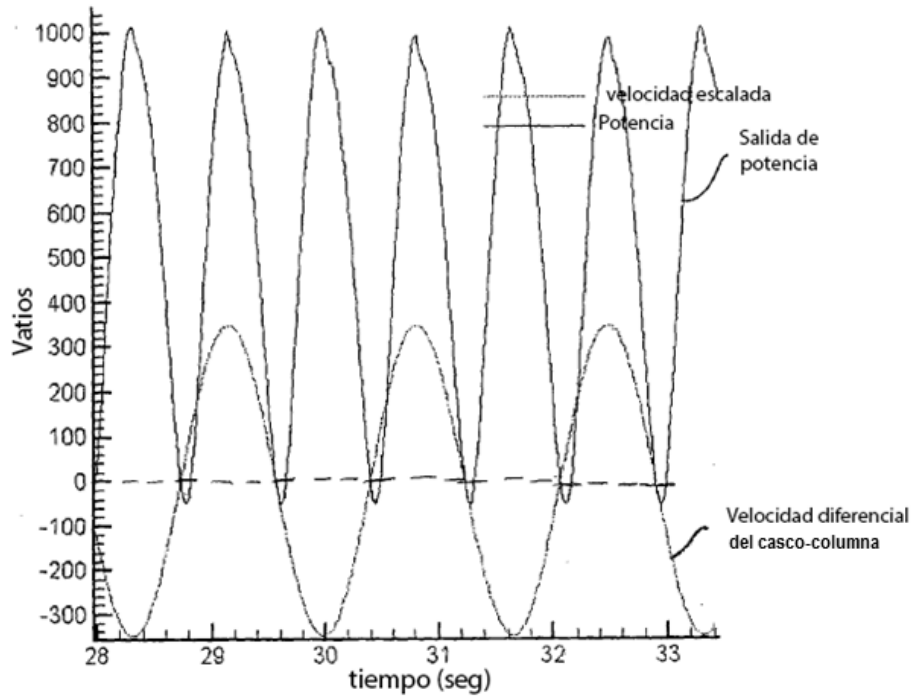


FIGURA 15b

Gráfico de ejemplo que muestra el voltaje de salida del LEG y la velocidad diferencial del casco-columna del WEC contra el tiempo. La potencia instantánea es proporcional al producto de la fuerza y la velocidad

$$(P_{LEG} = F \cdot V_s)$$