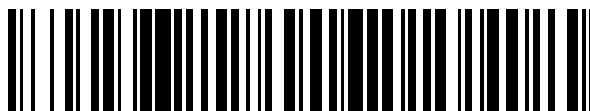


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 179**

51 Int. Cl.:

B63B 35/44 (2006.01)
B63B 39/00 (2006.01)
B63B 39/03 (2006.01)
F03B 13/10 (2006.01)
F03B 13/00 (2006.01)
F03B 15/06 (2006.01)
F03B 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2014** **PCT/GB2014/051966**
87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014** **WO14207478**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2014** **E 14735664 (6)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019** **EP 3014114**

54 Título: **Turbina flotante**

30 Prioridad:

27.06.2013 GB 201311461

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
18.02.2020

73 Titular/es:

ABU AL-RUBB, KHALIL (100.0%)
Salwa Road, c/o KBAS Co., P.O. Box 2599
Doha, QA

72 Inventor/es:

ABU AL-RUBB, KHALIL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 743 179 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

Turbina flotante

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una turbina flotante para la generación de electricidad, y a un sistema de generación que usa dicha turbina.

Antecedentes de la invención

10 El agua de mar es 832 veces más densa que el aire, lo que significa que una corriente de 5 nudos tiene más energía cinética que un viento de 350 km /h. Se conocen sistemas que tienen turbinas submarinas situadas en áreas costeras con altas corrientes de marea, como el sistema administrado por Marine Current Turbines, de Bristol UK, en Strangford Lough en Irlanda del Norte. Aquí, unas palas de turbina de 15 a 20 metros de ancho giran a 10-20 revoluciones por minuto debido a la acción de las corrientes de marea. Hay prototipo que está operativo en Strangford Narrows, Irlanda del Norte, y utiliza rotores gemelos de 16 m de diámetro para desarrollar una potencia nominal de 1,2 MW a una velocidad de corriente de 2,4 m/s. Esto conduce a una eficiencia efectiva al convertir la energía cinética del agua en electricidad del 43% para todo el sistema de turbina.

15 Sin embargo, el despliegue de tales proyectos depende de las condiciones costeras locales que generan corrientes de marea adecuadas, y no es adecuado, por ejemplo, en aguas profundas, lejos de la costa. Por lo tanto, existe la necesidad de una solución en aguas profundas para generar electricidad utilizando turbinas impulsadas por agua, y que:

- 1) se pueda desplegar en aguas sin corrientes naturales significativas; y
- 20 2) tenga una elevada potencia de salida/ m2 de lecho marino utilizado.

En el estado de la técnica se conocen generadores de flotabilidad a partir de los documentos WO2009/026610, GB2456798, US2006/017292, GB507093 y US2005188691.

25 DE2020060209953U1 de TEPPERT Peter se refiere en general a una turbina flotante que comprende un accionamiento reversible ubicado en una torre estanca llena de agua, en donde las caras superior e inferior del flotador son cónicas y curvadas hacia adentro y en donde la caja de la turbina tiene un orificio pasante.

El documento WO2008/098003 A1 de PERIN James C. se refiere en general a un vehículo de flotabilidad para crear electricidad energía que comprende una fuente de agua o líquido almacenado en un tanque, una masa flotante en comunicación con un generador eléctrico, en donde la masa se almacena a una altura predeterminada y se libera para desplazarse hacia abajo como una forma de generar energía

30 Compendio de la invención

Un aspecto de la presente invención aborda el problema anterior mediante la provisión de una turbina flotante para almacenar y generar electricidad, que se puede mover sobre una guía orientada sustancialmente vertical, de modo que la turbina se pueda mover hacia abajo, a lo largo de la guía, bajo la fuerza gravitacional. El equipo de la turbina es de flotabilidad negativa para facilitar su hundimiento, pero además está provisto de medios de flotabilidad ajustables para poder impartir a la disposición de la turbina una flotabilidad positiva cuando sea necesario. Cuando se le imparte flotabilidad positiva, el equipo de la turbina flota de vuelta hacia arriba de la guía orientada verticalmente debido a la fuerza de flotación. Al moverse hacia abajo de la guía gracias a la gravedad y volver hacia arriba gracias a la flotabilidad, se genera una corriente artificial efectiva debido al movimiento relativo del agua a través de las palas de la turbina, haciendo girar las palas, lo que a su vez hace que un generador produzca electricidad.

40 Con el fin de proporcionar la flotabilidad controlable en algunas formas de realización, se proporciona un compresor que suministra aire comprimido a una presión adecuada a los puertos de conexión provistos en el extremo inferior de la guía y al que se acopla el equipo de la turbina cuando llega al final de la guía. El equipo de la turbina está provisto de tanques de lastre o medios similares de ajuste de flotabilidad, como bolsas de flotación, en cuyo interior se puede bombear aire comprimido u otro gas, para impartir una flotabilidad general positiva al equipo de la turbina.

45 En un escenario de despliegue preferido, se despliegan múltiples unidades de turbina y guía a modo de una "granja", con una sola unidad de compresor que suministra aire comprimido a las unidades. Los "ciclos de trabajo" ascendentes y descendentes de las turbinas se escalonan en el tiempo, de modo que, en un momento dado, solo se suministra aire comprimido a una turbina o a un subconjunto de turbinas, y el resto o la mayoría de las turbinas se dedican a sus ciclos de trabajo respectivos, y por tanto están generando electricidad.

50 En un despliegue típico, se prevé que las palas de la turbina puedan estar en la región de 10 a 20 metros de diámetro, y que el peso de la turbina y los equipos de generación asociados y los tanques de lastre sean del orden de 8 a 15 toneladas. Se prevé que la longitud de los medios de guía oscilará entre 100 y 1000 metros. Por ejemplo, una turbina de 10 toneladas en unos medios de guía de 1000 m de longitud tiene una energía potencial de 98 MJ. Si se hundiera

a una velocidad de 2,4 m/s, entonces habría una energía potencial máxima de 235,5kW disponible, suponiendo una eficiencia del 100%. Si bien tal eficiencia es imposible, incluso si se permite una eficiencia conservadora de solo el 30%, se produce una salida potencia de más de 70 kW. Con la misma eficiencia que la turbina del estado de la técnica anterior (43%), se produce una potencia superior a 100kw, durante 416 segundos (el tiempo que tarda la turbina en caer a lo largo de 1000 metros a lo largo de la guía).

A 1000 m, la presión del agua es de aproximadamente 100 atm (-1470 psi), no obstante, los compresores de alta presión, como los disponibles en Hydro-Pac, Inc., son capaces de producir una presión de descarga de 1500 psi (10 MPa), que suministra, por ejemplo, 111 metros cúbicos normales por cada hora a una presión de este tipo a partir de una potencia del motor de 45 kW (a modo de ejemplo, ver específicamente el modelo número C1.56-70/140LX). Para elevar una masa de 10 toneladas desde el lecho marino, será necesario desplazar más de 10 m³ de agua para producir una flotabilidad positiva, pero con dichos compresores, se puede suministrar este volumen de aire a una presión adecuada en menos tiempo que el que tarda la turbina en hundirse a lo largo de la guía. En particular, a una velocidad de 111 metros cúbicos normales por hora, en 416 segundos se puede suministrar un total de 12,82 metros cúbicos de aire a una presión mayor que la presión del agua circundante, lo que es más que suficiente para elevar la turbina.

La presente invención proporciona una turbina flotante acorde con la reivindicación 1 adjunta.

Otras características y aspectos de la invención serán evidentes a partir de las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción de las formas de realización de la misma, presentadas solo a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos que se acompañan, en las que los números de referencia similares se refieren a partes similares, y en donde:

La figura 1 es un diagrama de una vista lateral esquemática de un equipo de turbina de una forma de realización de la invención;

La figura 2 es un diagrama de una vista en planta esquemática del equipo de turbina de la figura 1;

La figura 3 es un diagrama que muestra un escenario de despliegue típico en una forma de realización de la invención;

La figura 4 es un diagrama de una variación de la guía utilizada en una forma de realización de la invención;

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra el método de funcionamiento de una forma de realización de la invención;

La figura 6 es una vista lateral esquemática de un equipo de turbina según otra forma de realización de la invención;

La figura 7a es una vista en sección transversal de un primer sistema de carriles de guía;

La figura 7b es una vista en sección transversal de un segundo sistema de carriles de guía;

La figura 8 es una vista esquemática de una parte inferior de una torre de aire;

La figura 9 es una vista lateral esquemática de un mecanismo de ajuste de la inclinación del rotor;

La Figura 10 es un diagrama de flujo para el control de las válvulas de liberación de presión; y

La figura 11 es una vista lateral esquemática de una pala del rotor.

Descripción de las formas de realización

Las figuras 1 y 2 ilustran un ejemplo de turbina flotante 10 que forma una realización de la invención. La turbina flotante 10 está provista de palas de turbina 12 que están conectadas a la carcasa del generador 14, que contiene equipo de generación eléctrica. Por ejemplo, la carcasa del generador 14 puede contener el engranaje apropiado y un generador o alternador acoplado al engranaje y dispuesto para generar energía eléctrica a medida que giran las palas de la turbina. La disposición de las palas de la turbina es tal que giran alrededor de la carcasa del generador 14 a medida que la turbina flotante 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo a través del agua.

La turbina flotante está dispuesta para moverse hacia arriba y hacia abajo en una guía 20 que, en esta forma de realización, pasa a través del eje central de la turbina alrededor del cual giran las palas. En otras formas de realización, la guía puede tomar una forma diferente y no necesita estar en el eje central. Por ejemplo, en una forma de realización alternativa, la guía puede tomar la forma de un tubo perforado lleno de agua o un cuerpo parecido a un tubo a través del cual se mueve la turbina flotante.

La turbina flotante 10 está provista de una caja de lastre 16, que en esta forma de realización contiene tanques de lastre 18 dispuestos para recibir aire comprimido u otro gas cuando se desea impartir una flotabilidad positiva a la turbina flotante 10. En una forma de realización, los tanques de lastre 18 son bolsas de elevación expandibles, tales como las que se pueden usar en operaciones de salvamento. Preferiblemente, sin embargo, las bolsas están provistas

de una válvula de modo que, una vez que han elevado la turbina flotante a poca profundidad, se libera de las mismas el aire, de manera que la turbina puede hundirse de nuevo por gravedad hasta el final de la guía.

En otra forma de realización, la caja de lastre 16 es un tanque de lastre 18 en forma de toro anular. El tanque de lastre 18 del toro anular rodea la guía 20 y la guía pasa a través del centro del anillo.

5 La turbina está ponderada para que tenga una flotabilidad ligeramente negativa con respecto al agua de superficie del mar cuando el tanque de lastre 18 se llena con agua de mar. Esto garantiza que una cantidad mínima de aire pueda hacer que la turbina flote cuando se incrementa su flotabilidad en el puerto de conexión 36, maximizando así la eficiencia de la turbina.

10 En una forma de realización, se utiliza una turbina flotante 10 como unidad de almacenamiento de energía. La energía eléctrica se almacena como energía potencial en una turbina flotante, positiva o negativamente flotante, mantenida mecánicamente bajo el agua. Mientras se sujeta la turbina, no tiene ni entrada de energía ni salida de energía. Sin embargo, una vez que la turbina se libera de una posición sujeta, su flotabilidad crea una fuerza hacia arriba o hacia abajo para generar energía eléctrica.

15 Cuando la turbina flotante 10 es positivamente flotante, se crea una fuerza hacia arriba. La turbina flotante se puede mantener en su punto más bajo (es decir, un puerto de conexión ubicada en el fondo marino) y su caja de lastre llena de aire, lo que la hace positivamente flotante. Cuando se requiere energía eléctrica, la fuerza de retención aplicada mediante abrazaderas adecuadas, se libera un electroimán o similar y la fuerza ascendente creada por la flotabilidad positiva genera un movimiento ascendente de la turbina a través del agua circundante y se proporciona una fuerza de rotación a la turbina debido al movimiento de las palas 12 al pasar a través del agua circundante. La turbina proporciona una salida de energía eléctrica hasta que alcanza un límite superior de movimiento. En este límite superior, la turbina flotante permanece positivamente flotante en el agua, por lo que no hay movimiento de la turbina flotante dentro del agua y no hay generación de energía eléctrica.

25 La energía potencial gravitacional es almacenada por la turbina flotante 10 en esta posición, que se puede liberar para generar energía eléctrica purgando el aire de la caja de lastre y llenándola de agua para que la turbina flotante flote negativamente. La turbina flotante con flotabilidad negativa se hundirá a través del agua circundante y las palas 12 proporcionarán un movimiento de rotación para que la turbina la convierta en energía eléctrica. La turbina flotante 10 continuará descendiendo a través del agua circundante produciendo electricidad hasta que alcance un rango de movimiento más bajo en el cual cesa la generación eléctrica.

30 La guía 20 está preferiblemente configurada de manera que no es posible que la turbina en conjunto gire alrededor de la guía. La turbina 10 está provista de un orificio de forma correspondiente que la atraviesa, a través del cual se recibe la guía. Como se muestra en la Figura 2, se puede usar una guía de forma ovalada, aunque son preferibles otras formas, tales como rectangular, cuadrada o cualquier forma excepto circular. Si se usa una guía de sección transversal circular, entonces se puede proporcionar en la guía un mecanismo como guías o ranuras o similares en las cuales encajan unos salientes de la turbina, de manera que el equipo de la turbina en su conjunto simplemente no gira alrededor de la guía como mientras que asciende o desciende. Por ejemplo, se puede usar un tubo circular con canales en forma de T o guías que se proyectan desde allí.

35 En esta forma de realización, la guía 20 se extiende desde la superficie del agua hasta el puerto de conexión que se encuentra en el lecho marino. La implementación de dicha guía significa que no se requieren cables para asegurar la turbina ni al puerto de conexión ni a una plataforma opcional ubicada en la superficie del agua. La guía también implica que, incluso en presencia de corrientes de agua abiertas, la turbina ascenderá y descenderá por el mismo camino, reduciendo los problemas de seguridad en el caso de múltiples turbinas que operan en la misma masa de agua.

40 Opcionalmente, se puede proporcionar una bomba (no mostrada) como parte de la turbina 10 o en un muelle en el rango inferior de movimiento de la turbina 10 para expulsar agua del tanque de lastre 18. A medida que se bombea agua fuera del tanque de lastre 18, se crea un vacío parcial dentro del tanque de lastre por la expansión del aire atrapado dentro del tanque de lastre. El vacío parcial dentro del tanque de lastre 18 incrementa la flotabilidad del tanque de lastre haciendo que la turbina 10 flote.

45 La Figura 3 muestra un escenario de despliegue típico, donde se proporciona una "granja" que comprende varios conjuntos de turbinas flotantes 10A - 10E, cada una con sus propias guías 20 respectivas, que se muestran en este caso y extendiéndose desde el fondo marino hasta la superficie. En el extremo inferior de cada guía 20 hay un puerto de conexión 36, provisto de válvulas de conexión (no mostradas) acopladas en comunicación con un compresor de gas 32, a través de las respectivas mangueras de conexión 38. El compresor 32 está provisto de una entrada de aire 34 que se extiende hasta la superficie del mar. El compresor 32 puede ser un compresor de la serie LX disponible en Hydro-Pac, Inc., y particularmente el compresor al que se hizo referencia anteriormente.

50 En el despliegue de la Figura 3, se muestran cinco turbinas flotantes 10A a 10E, cada una en una etapa diferente de su ciclo de descenso y ascenso. Por ejemplo, la turbina 10 A se encuentra aproximadamente a la mitad de camino descendente de su ciclo de trabajo y, por lo tanto, producirá electricidad a medida que se mueve a través del agua bajo el efecto de la gravedad. De manera similar, la turbina 10B también se encuentra en la etapa de descenso de su ciclo de trabajo, pero es más elevada en el agua que la turbina A, y por lo tanto es anterior en la etapa de descenso a

la turbina 10A. A este respecto, el ciclo de trabajo de la turbina 10B está escalonado para retrasar el de la turbina 10B.

Las turbinas 10C y 10D se encuentran en las etapas de ascenso de sus respectivos ciclos de trabajo, con la turbina 10D adelantada en el tiempo con respecto a la turbina 10C. Téngase en cuenta que en este ejemplo, ambas turbinas 10C y 10D tienen las bolsas de elevación 18 provistas en los tanques de lastre 16 infladas, para que tengan una flotabilidad positiva. En otras formas de realización, se pueden usar tanques de lastre con válvulas reguladoras de presión. En otras formas de realización más, se puede usar una combinación de tanques de lastre y bolsas de elevación. Dependiendo de la fuerza proporcionada por las bolsas de elevación y/o los tanques de lastre, las turbinas 10C y 10D se moverán a través del agua a una cierta velocidad, y por lo tanto producirán electricidad al girar con el movimiento sus respectivas palas de turbina. En una forma de realización, la velocidad de elevación de las turbinas se ajusta sustancialmente a la velocidad de hundimiento, de modo que se consigue una fácil gestión de los ciclos de trabajo respectivos de las diferentes turbinas. Sin embargo, esto no es esencial, y es posible que la etapa de ascenso tenga una duración diferente, quizás más larga, que la etapa de descenso.

La turbina 10E ha finalizado su etapa de descenso y se acopla con su respectivo puerto de conexión 36. Como se señaló anteriormente, el puerto de conexión 36 está provisto de válvulas de conexión o válvulas de acoplamiento rápido, que se conectan con las entradas de válvulas provistas en el cuerpo de la turbina, para proporcionar gas comprimido desde el compresor al tanque de lastre 16 y/o las bolsas de elevación 18. Como se muestra, las bolsas elevadoras 18 de la turbina 10E están solo parcialmente llenas, estando en el proceso de ser llenadas por el compresor. Una vez que se llena hasta una cantidad suficiente, el mecanismo de conexión se libera, y la turbina queda libre para flotar hacia la superficie, generando electricidad a medida que avanza hacia arriba.

La estela creada por un movimiento de rotación de las primeras palas de una turbina flotante dentro del agua, crea unas corrientes de remolino en el agua circundante. Las corrientes de remolino se extienden desde las primeras palas de la turbina flotante y las palas de una segunda turbina que pasan a través del mismo agua circundante pueden pasar a través de las corrientes de remolino. Las palas de la turbina serán más eficientes cuando atraviesen agua laminar, por lo que las corrientes de remolino disminuirán la eficiencia de la segunda turbina.

La separación relativa de una pluralidad de turbinas flotantes, que forman una disposición de granja, está prevista para minimizar la turbulencia entre turbinas causada por la estela de cualquier turbina flotante que afecta adversamente la eficiencia de otra turbina flotante.

Además, la turbulencia entre turbinas se puede reducir haciendo funcionar solo una turbina mientras que las turbinas adyacentes están estacionarias, o viceversa.

En el diagrama de flujo de la Figura 5 se muestra el ciclo de trabajo de cualquier turbina. En primer lugar, supongamos que una turbina está en la parte superior de una etapa de ascenso. Aquí se abre una válvula para liberar todo el gas del tanque de lastre y/o de las bolsas elevadoras, y la turbina se hunde bajo la gravedad (s.5.2). Mientras se hunden, las palas de la turbina giran y se genera electricidad (s.5.4). Una vez en la parte inferior de la etapa de ascenso, la turbina se acopla con la interfaz de acoplamiento inferior (s.5.6), y la interfaz inferior comienza a inflar las bolsas de elevación y/o llenar los tanques de lastre con gas comprimido (s.5.8). Una vez llenados con la cantidad deseada, la interfaz de acoplamiento libera la turbina, y la turbina comienza a elevarse bajo la flotabilidad positiva impartida desde las bolsas de elevación y/o los tanques de lastre (s.5.10). Mientras se elevan, las turbinas giran (generalmente en la dirección opuesta a la del descenso, si el paso es fijo), y se genera electricidad. La etapa de ascenso continúa hasta que la turbina se aproxima a la superficie, en cuyo caso el gas de elevación se libera de las bolsas de elevación/tanques de lastre (s.5.14), y el ciclo comienza de nuevo.

Como ya se indicó, los ciclos de trabajo de las turbinas en la granja deberían estar preferiblemente escalonados, de tal manera que, en cualquier momento dado, solo una turbina esta acoplada y recibe aire comprimido desde el compresor, y otras turbinas están en fases de ascenso o descenso de modo que pueden suministrar energía para hacer funcionar el compresor. El exacto ajuste de las fases de los ciclos de trabajo dependerá principalmente de la longitud de las guías de la turbina, lo que determina el número de turbinas que se pueden operar desde un solo compresor de aire utilizado al 100%. En una forma de realización alternativa, el ajuste de las fases también se puede monitorizar mediante varios sensores instalados en la turbina y controlados además por una CPU/PLC.

El conjunto de turbina flotante de la Figura 3 se puede usar para almacenar energía de una manera que permita una liberación controlada. Una o más turbinas flotantes 10A - 10E se sujetan con un mecanismo de acoplamiento que se llena con gas comprimido mediante un compresor accionado por energía eléctrica. Esas turbinas almacenan energía potencial mientras están sujetas, pero transforman la energía potencial almacenada en energía eléctrica cuando son liberadas por el mecanismo de acoplamiento.

Con respecto a cómo se suministra la energía generada a la superficie, la Figura 4 ilustra la guía 20 con más detalle. Aquí, se verá que una guía 20 puede comprender un anillo superior flotante 42, que flota en la superficie. El cuerpo de la guía se forma entonces a partir de varios cables individuales 42 que cuelgan del anillo superior flotante 42, y a lo largo de los cuales se mueve la turbina. La turbina está provista de contactos de escobilla que contactan al menos uno de los cables para suministrar la corriente eléctrica generada al mismo, con el cable llevando la corriente a la parte

inferior, o alternativamente a la superficie desde donde puede ser extraída hacia un sistema de distribución de red eléctrica en tierra.

Se pueden hacer varias modificaciones a la forma de realización descrita anteriormente para proporcionar formas de realización adicionales. Por ejemplo, las turbinas pueden tener palas de paso fijo, o alternativamente pueden estar provistas de palas de paso variable. La ventaja de las palas de paso variable es que el paso se puede controlar para variar el arrastre de las palas de la turbina y, de este modo, la velocidad de descenso y ascenso y, por lo tanto la potencia de salida. Además, como mínimo, se puede invertir el paso de las palas entre las fases de ascenso y descenso, y viceversa, de modo que la turbina gire de la misma manera en ambas fases del ciclo. Esto elimina la necesidad de invertir el engranaje.

Además, cada turbina flotante puede estar provista de más de un juego de palas, por ejemplo, puede estar provista de juegos de palas de contra-rotación. Se ha demostrado que tales sistemas de hélice de contra-rotación son más eficientes que un conjunto simple de palas.

La Figura 9 muestra un mecanismo de control del paso de la pala para usar con una pala de turbina. Se forma una cámara de engranaje 96 en un tanque de lastre 16. Una cara frontal 90 está expuesta a un lado superior y/o inferior del tanque de lastre 16, de modo que un movimiento del tanque de lastre 16 hacia arriba y/o hacia abajo a través del agua circundante altera la presión en la cara frontal 90. La cara frontal 90 se puede mover con respecto al tanque de lastre 16 y está acoplada a un pistón 91, que se puede mover con la cara frontal 90. El pistón 91 está conectado mediante un engranaje lineal 92 a un medio de desviación, por ejemplo, un resorte mecánico. Los medios de desviación proporcionan una fuerza para resistir el movimiento causado por la presión en la cara frontal 90. Un engranaje 94 está acoplado al engranaje lineal 92 y gira con el movimiento del engranaje lineal (y el pistón). En una forma de realización, una pala de turbina (no mostrada) está acoplada directamente al engranaje 94 alrededor de su eje de rotación. En otra forma de realización, la pala está acoplada al engranaje mediante componentes intermedios, que pueden incluir engranajes. En ambas formas de realización anteriores, la rotación del engranaje 94, debido al movimiento del pistón 91, altera el paso de la pala de turbina.

Un solo mecanismo de control del paso de las palas puede controlar el paso de una sola pala de turbina o, alternativamente, el único mecanismo puede controlar el paso de una pluralidad de palas mediante enlaces mecánicos.

En otra forma de realización más, una unidad de control electrónico monitoriza la velocidad de ascenso y/o descenso y controla el ángulo de la pala de la turbina utilizando la torsión creada por el mecanismo de control de paso de la pala.

En la Figura 9, el mecanismo de control de paso de la pala se muestra parcialmente contenido dentro de la cámara de engranajes 96 dentro del tanque de lastre 16. Alternativamente, el mecanismo de control de paso de la pala está dispuesto dentro de otras estructuras de la turbina.

En otra modificación, el compresor no necesita estar ubicado en el fondo marino, sino que podría estar flotando en la superficie o en tierra junto a un parque de tanques de aire comprimido, con mangueras de suministro que se extienden hasta los muelles de interfaz en la parte inferior de las guías.

En una modificación adicional, en lugar de proporcionar el compresor en la granja de turbinas, se puede proporcionar un suministro de gas comprimido tal como un tanque de gas comprimido, ya sea en el lecho marino o en la superficie. Esto elimina la necesidad de alimentar un compresor localmente. Sin embargo, todavía será necesario alimentar un compresor en algún lugar para comprimir gas para ponerlo en el tanque.

En una modificación adicional, el compresor puede funcionar con medios de energía renovable, como los que funcionan con energía eólica o solar. De esta manera, cuando una red de generación de energía está funcionando con un excedente, se puede almacenar la energía en aire comprimido y posteriormente utilizarse para suministrarla a la turbina flotante con el fin de alterar su flotabilidad. Esto significa que al implementar la turbina flotante de la presente invención en una red que depende de fuentes de energía renovables, la salida de la red se puede graduar y ajustar fácilmente según los requisitos de los consumidores.

En una modificación adicional, en lugar de proporcionar un tanque de lastre o bolsas elevadoras, se puede llenar alguna otra parte de la turbina con un fluido flotante para comenzar una fase de ascenso. Por ejemplo, las palas de la turbina pueden estar huecas y llenarse con agua en una fase de descenso, que luego se bombea y se reemplaza por un fluido flotante antes de una etapa de ascenso.

En otra modificación más, la turbina puede ser auto-guiada, por ejemplo, al contar con una electrónica de guiado de control y pequeños propulsores de dirección, de modo que entonces es posible eliminar la guía 20. En tal caso, la turbina puede ascender y descender libremente, pero controlando su posición lateral a través de los propulsores de dirección (por ejemplo, pequeñas hélices accionadas por motores eléctricos montados en el cuerpo de la turbina), para permitir que la turbina se acople con la interfaz inferior.

La Figura 6 ilustra una forma de realización adicional del equipo de turbina 10. En este caso, los tanques de lastre 16 tienen una forma hidrodinámica para reducir la resistencia cuando la turbina pasa a través del agua, en una u otra

dirección. Además, se verá que los tanques de lastre 16 están provistos tanto por encima como por debajo del sistema de generación eléctrica 14.

Además, las palas de la turbina están provistas de un carenado, que comprende deflectores izquierdo y derecho 62 y 64, cada uno unido al cuerpo central de la turbina mediante barras 66. Los deflectores 62 y 64 están curvados, de manera que actúan como un venturi para guiar el agua hacia las palas de la turbina a una velocidad mayor que la velocidad de movimiento de la turbina a lo largo de la guía. Esto debería aumentar el caudal de agua a través de la turbina, pero sin aumentar la velocidad de la turbina a lo largo de la guía, y puede proporcionar un aumento en la potencia obtenida.

Los deflectores 62 y 64 pueden deslizar de manera controlada hacia arriba y hacia abajo en los soportes del deflector, unidos en el extremo proximal de las barras 66 a los deflectores, de modo que el ancho efectivo de la boca de entrada del venturi formado por los deflectores se puede variar para aumentar o disminuir.

Los deflectores 62 y 64 también pueden estar hechos de un material rígido que puede flexionar. Esto permitiría crear un venturi auto expansible en la dirección de desplazamiento de la turbina mientras se mantiene el otro extremo del deflector comprimido y más estrecho. Esto puede lograr la ventaja venturi requerida sin consumo de energía. Este mecanismo también puede estar controlado electro-mecánicamente, eléctricamente o electro-hidráulicamente por medio de la ECU con el fin de variar la velocidad de descenso/ascenso de la turbina.

La figura 7a muestra una guía esférica 20 rodeada por la carcasa 14 del generador. Cuatro pares de ruedas 70 están unidos de manera giratoria a una superficie interior de la carcasa 14 del generador mediante cuatro pares de ejes 72. Los pares de ruedas 70 están igualmente espaciados alrededor de la superficie interior de la carcasa 14 del generador. Cada rueda 70 se desliza en su propio carril de guía 74 en forma de U que está unido a una pared exterior de la guía esférica 20 mediante un primer brazo del carril de guía 74 en forma de U que se extiende más allá de un segundo brazo. Alternativamente, la guía 20 puede ser no esférica, posiblemente elíptica, y o puede haber más o menos pares de ruedas.

La figura 7b muestra un sistema de guía elíptica 20 rodeado por una carcasa de generador 14 esférica. El sistema de guía comprende dos pares de rieles de guía 76 que se extienden interiormente a lo largo de la longitud del sistema de guía con los pares a lo largo de los lados opuestos. Un único riel de guía 78 está montado en el interior de dos lados de la carcasa del generador 14 y se extiende hacia afuera. Cada riel de guía único 78 se extiende entre un solo par de rieles de guía 76 y es deslizable a lo largo de la longitud del par de rieles de guía 76. Alternativamente, el sistema de guía 76, 78 puede incluir otros juegos de rieles de guía y/o el riel de guía único 78 puede ser reemplazado por un riel de guía doble 76 y viceversa.

La Figura 8 muestra una sección de una entrada de aire, que puede ser la entrada de aire 34 de la Figura 3 o una forma de realización separada de la que se muestra en la Figura 3. La sección de la entrada de aire 34 que se muestra en la Figura 8 es una extremidad inferior; no obstante, las características mostradas en la Figura 8 se pueden proporcionar más arriba de la entrada de aire 34 y no en las posiciones relativas ilustradas.

La entrada de aire llena de aire 34 llega a la superficie donde el aire es cálido y húmedo. Cerca de la superficie, el agua también es relativamente cálida; sin embargo, la temperatura del agua disminuye a medida que aumenta la profundidad del agua. El cuerpo de la entrada de aire 34 es enfriado por el agua circundante en mayor medida al aumentar la profundidad del agua. El aire caliente y húmedo de la superficie es enfriado por el cuerpo de la entrada de aire 34 y el vapor de agua se condensa fuera del aire dentro de la entrada de aire sobre la superficie más fría dentro de la entrada de aire.

El aire más frío es el que se encuentra dentro de la entrada de aire 34 en el fondo, donde la temperatura del mar es más baja. Por debajo de la termoclina, la temperatura del agua de mar cae hasta cerca de 0 °C. Dado que este sistema está diseñado para aprovechar las significativas profundidades del océano, este diferencial de temperatura significa que el sistema actual es eficaz en el enfriamiento del aire en la columna de aire. En esta región inferior, hay un puerto de extracción de aire 80 dentro de la pared de la entrada de aire 34. El puerto de extracción de aire 80 extrae el aire frío de la entrada de aire 34 a través de una tubería de aire frío térmicamente aislada 81. La tubería de aire frío 81 transporta el aire frío a estructuras residenciales o comerciales donde se utiliza para fines de refrigeración de la zona. El aire frío se mueve a lo largo de la tubería de aire frío utilizando una bomba de aire 82. En la Figura 8, la bomba de aire se muestra en una posición a lo largo de la tubería de aire frío 81 cerca de la entrada de aire 34; no obstante, la bomba de aire frío 82 puede estar ubicada dentro de la entrada de aire 34, o alejada a lo largo de la tubería de aire frío 81 e incluso en tierra.

La entrada de aire 34 se muestra en la Fig. 3 como separada de las turbinas flotantes presentes en el sistema. En una forma de realización, (no mostrada en la Fig. 3) la entrada de aire puede estar alojada dentro de los medios de guía 20.

El uso de aire enfriado por el mar en estructuras residenciales o comerciales elimina o reduce la necesidad de aire acondicionado, que es un proceso que consume mucha energía.

El agua que se condensa del aire húmedo extraído de la superficie se mueve por gravedad hacia el fondo de la entrada de aire, donde se recoge y extrae a través de un puerto de extracción de agua 84. El agua se bombea a lo largo de una tubería de agua 86 mediante una bomba de agua 85. La bomba de agua 85 se muestra ubicada cerca de la entrada de aire 34; no obstante, puede estar ubicada ya sea dentro de la entrada de aire o en un punto alejado a lo largo de la tubería de agua 86.

El agua condensada no es salina y se puede usar como agua potable. El proceso de condensación y bombeo requiere mucha menos energía que los métodos convencionales de purificación de agua.

Se proporciona un sistema intercambiador de calor 87 dentro de la entrada de aire 34. El sistema intercambiador de calor se muestra como un radiador con agua salina fría que se introduce en la entrada de aire a través de una abertura inferior del radiador. El agua salina fría se extrae a través de la entrada de aire 34 enfriando el aire que está dentro de la entrada de aire 34. El efecto de enfriamiento del radiador aumentará la condensación de agua dentro de la entrada de aire 34. A medida que el agua salina fría se calienta indirectamente por el aire dentro de la entrada de aire 34, su densidad disminuye y la solución salina caliente fluye hacia arriba dentro del radiador antes de salir a través de una abertura superior del radiador. Se puede utilizar una bomba (no mostrada) para bombear agua a través del sistema de intercambiador de calor 87, aumentando así su efecto de enfriamiento.

Ventajosamente, a medida que el vapor de agua se condensa en agua líquida, su volumen disminuye, disminuyendo así la presión del aire dentro de la entrada de aire 34, que extrae aire hacia la entrada de aire 34 desde la superficie. De este modo se ahorra la necesidad de un compresor de aire para bombear aire atmosférico al eje.

En una forma de realización, el compresor de gas 32 de la Figura 3 se usa como la bomba de aire 82 de la Figura 8.

La figura 6 muestra un conjunto de válvulas de descarga de presión superiores e inferiores 68, 69. A medida que la turbina asciende, el aire contenido dentro de las cajas de lastre 16 se expandirá y su densidad se reducirá (aumentando la flotabilidad del dispositivo y por lo tanto aumentando la velocidad de ascenso). El aire en expansión se puede liberar de manera selectiva a través de las válvulas de descarga de presión superiores o inferiores.

Las válvulas de descarga de presión inferiores 68, cuando se abren, liberan un chorro del aire que se expande desde el tanque de lastre de la turbina y proporcionan una fuerza ascendente que acelera la turbina para aumentar la velocidad de ascenso. Las válvulas de descarga de presión superiores 69 dirigen el chorro de aire en expansión hacia arriba para reducir la velocidad de ascenso de la turbina.

El número y la posición de las válvulas de descarga de presión superiores e inferiores se pueden modificar para ajustar las propiedades hidrodinámicas de la turbina. En algunas formas de realización, la turbina comprende una o más válvulas de descarga de presión superiores 69 o una o más válvulas de descarga de presión inferiores 68.

El fluido liberado a través de la(s) válvula(s) de descarga de presión 68 puede ser un fluido distinto del aire, por ejemplo, podría ser agua o cualquier otro gas abundante.

La Figura 10 muestra un método para controlar las válvulas de descarga de presión de la Figura 6. El método controla la velocidad de ascenso al abrir y cerrar de manera selectiva las válvulas para aumentar o disminuir la velocidad de ascenso de la turbina.

En la etapa s.10.0, el método comienza y continúa con la etapa s.10.1. En la etapa s.10.1, el método verifica si la turbina ha alcanzado un límite superior de desplazamiento a lo largo de su guía asociada. Si se ha alcanzado el límite superior, el método continúa con la etapa s.10.2 donde finaliza. Si no se ha alcanzado el límite superior, el método pasa a la etapa s.10.3, donde se mide la velocidad instantánea de ascenso de la turbina. Si la velocidad de ascenso está por debajo de una primera velocidad predeterminada, se cierran las válvulas ascendentes (etapa s.10.4) y se abren las válvulas descendentes (etapa s.10.5) y el método pasa a la etapa s.10.6. Esto aumentará la velocidad de ascenso. Si la velocidad instantánea de ascenso medida es superior o igual a la primera velocidad predeterminada, el método pasa a la etapa s.10.6 y no se alteran las válvulas superiores e inferiores. En la s.10.6, si la velocidad de ascenso está por encima de una segunda velocidad predeterminada (mayor o igual que la primera velocidad predeterminada), se cierran las válvulas descendentes (s.10.7) y se abren las válvulas ascendentes (s.10.8) y el método vuelve a la etapa s.10.1. Esto disminuirá la velocidad de ascenso. Si la velocidad instantánea de ascenso medida es inferior o igual a la segunda velocidad predeterminada, el método regresa a la etapa s.10.1.

El método de la Fig. 10 se puede adaptar de modo que la medición sea de la profundidad bajo el agua de la turbina, en lugar de la velocidad de ascenso, dado que se conoce la presión a una profundidad determinada. Por lo tanto, el control de las válvulas depende de la distancia que haya recorrido la turbina desde la superficie del agua. También se puede usar la altitud sobre un punto fijo para controlar las válvulas, siendo el punto fijo bien el suelo de la masa de agua o bien el límite inferior de movimiento de la turbina flotante, definido por la guía 20.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina flotante (10) que comprende:
un conjunto giratorio de palas (12) de turbina operables para girar alrededor de un eje común y conectado a un sistema de generación eléctrica dispuesto para generar electricidad a medida que las palas (12) de la turbina giran;
- 5 un sistema de control de flotabilidad dispuesto para impartir de manera controlable flotabilidad positiva a la turbina flotante (10);
un puerto de conexión (36) situado en el lecho marino
una guía (20) que se extiende desde la superficie del agua hasta el puerto de conexión (36) pasado a través de dicho eje central
- 10 en donde
la turbina flotante (10) es adecuada para la inmersión en agua y dispuesta para moverse hacia arriba y hacia abajo sobre dicha guía (20), y las palas (12) de la turbina están dispuestas para girar cuando la turbina se mueve a través del agua.
- 15 2. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el sistema de control de flotabilidad comprende uno o más tanques de lastre y/o bolsas de elevación (16, 18).
3. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el uno o más tanques de lastre (16, 18) son un tronco de un cono con una columna central hueca.
4. Una turbina de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende uno o más conjuntos de ruedas montadas en la turbina flotante dispuestas para discurrir a lo largo de un carril fijo.
- 20 5. Una turbina de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el puerto de conexión (36) comprende válvulas de conexión o válvulas de acoplamiento rápido que conectan con entradas de válvula provistas en el cuerpo de la turbina.

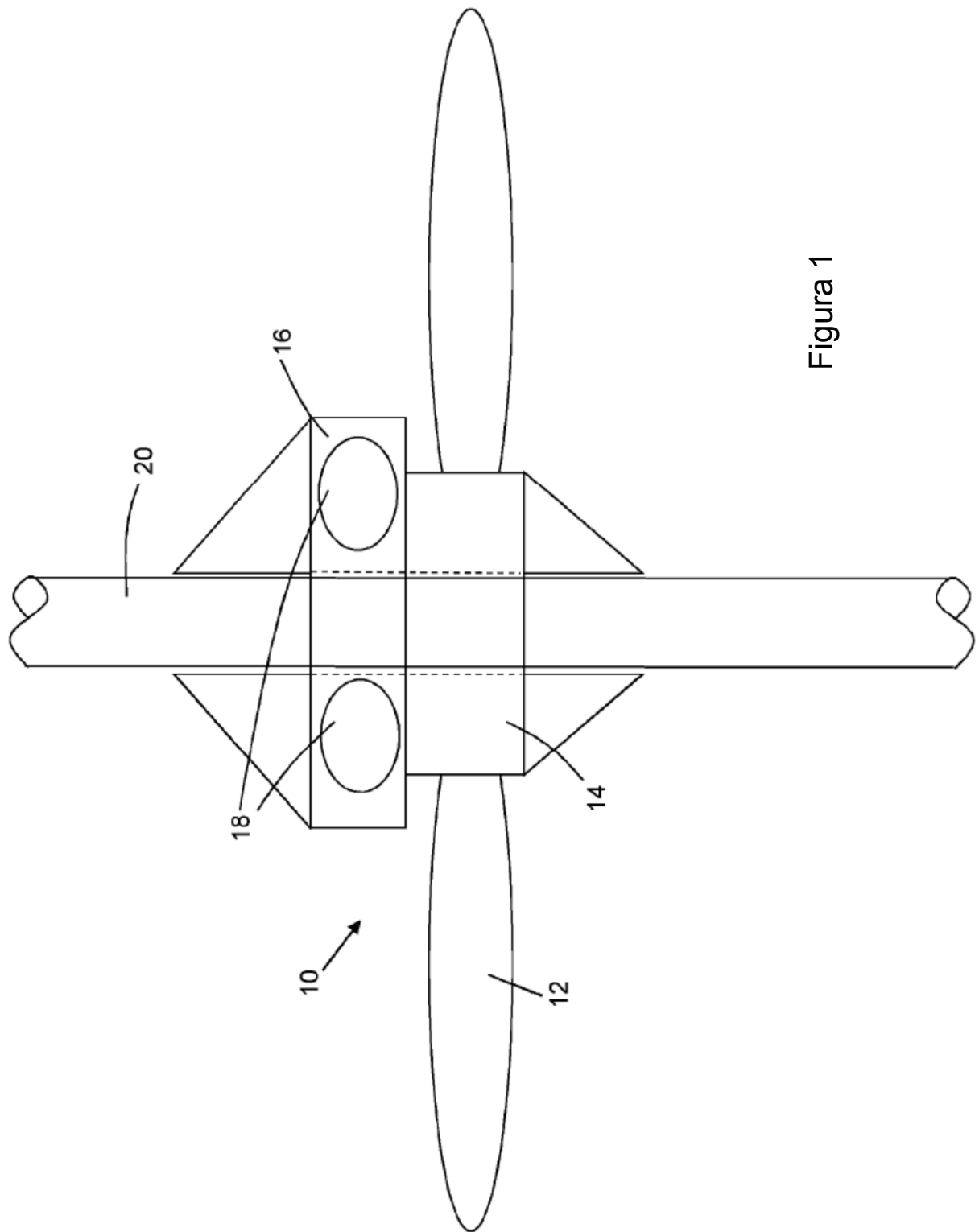
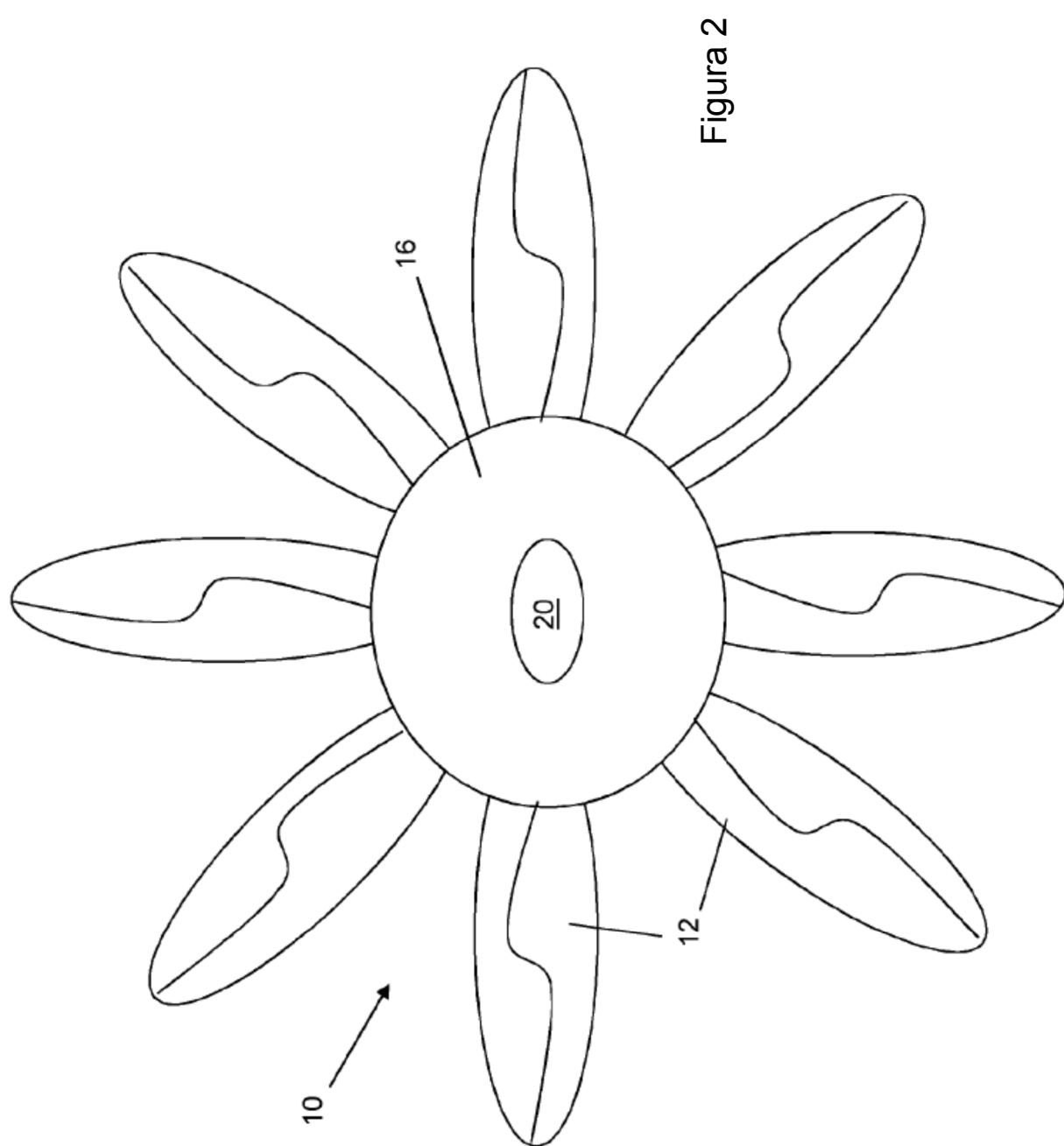
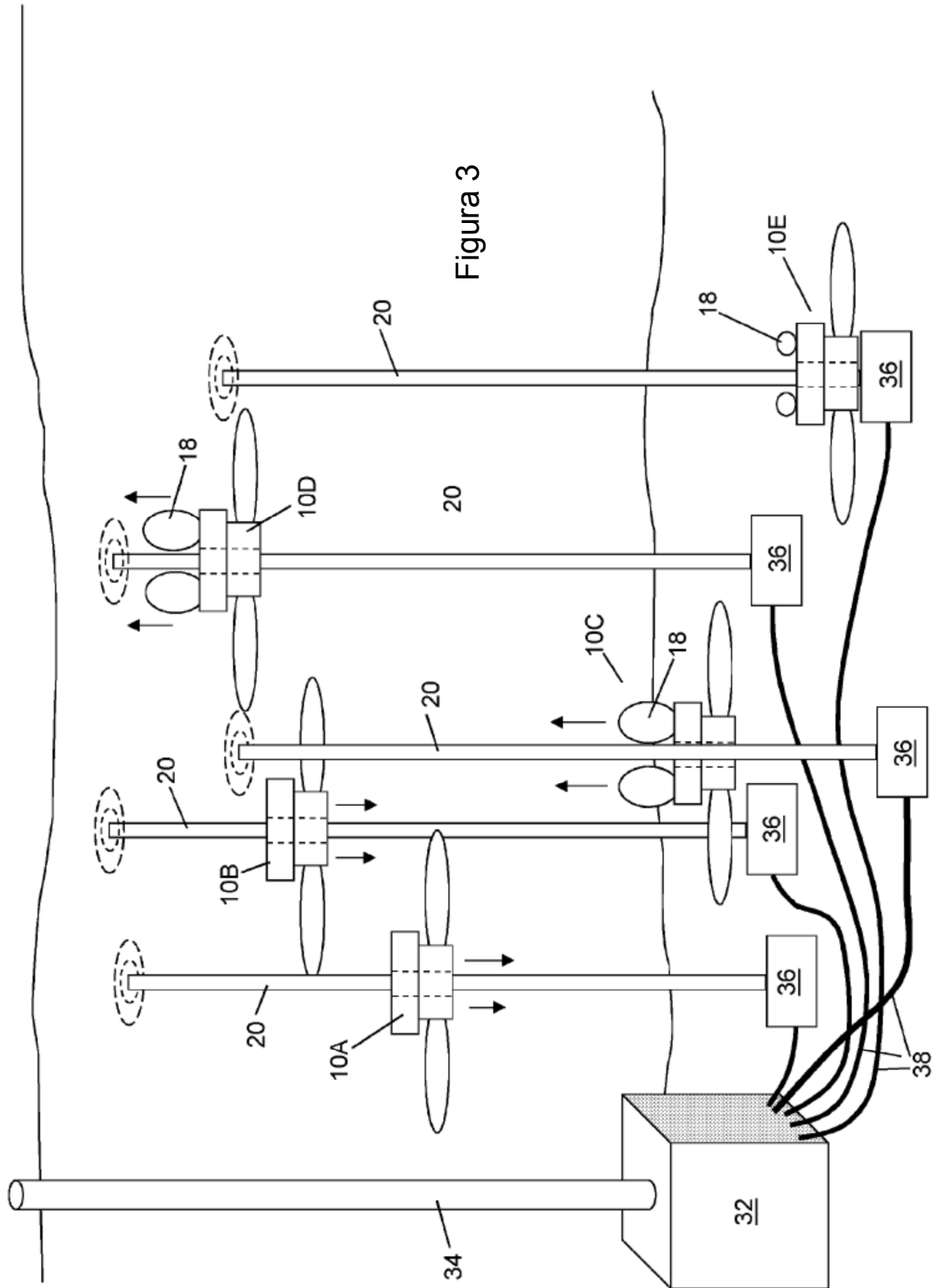


Figura 1





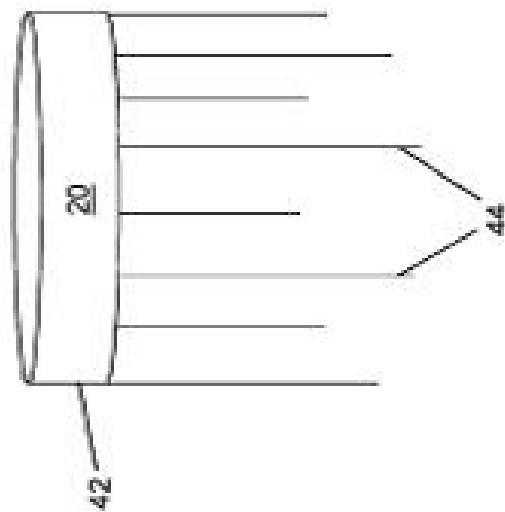


Figura 4

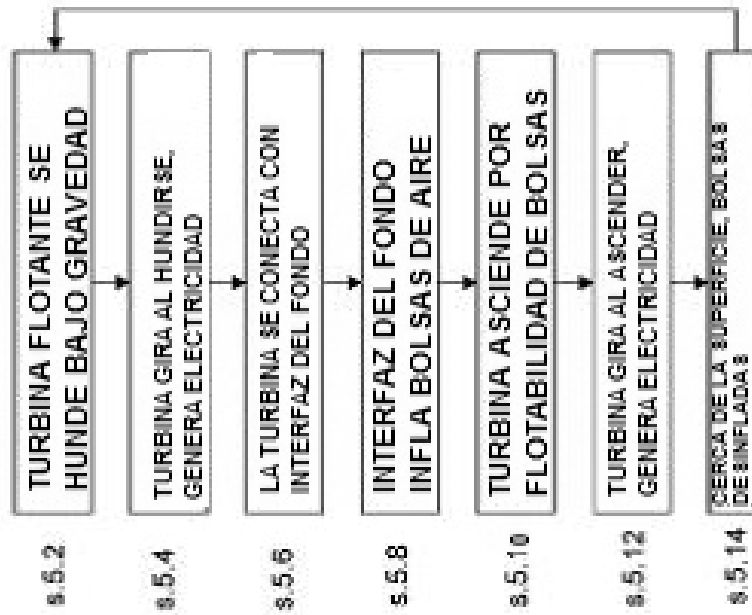


Figura 5

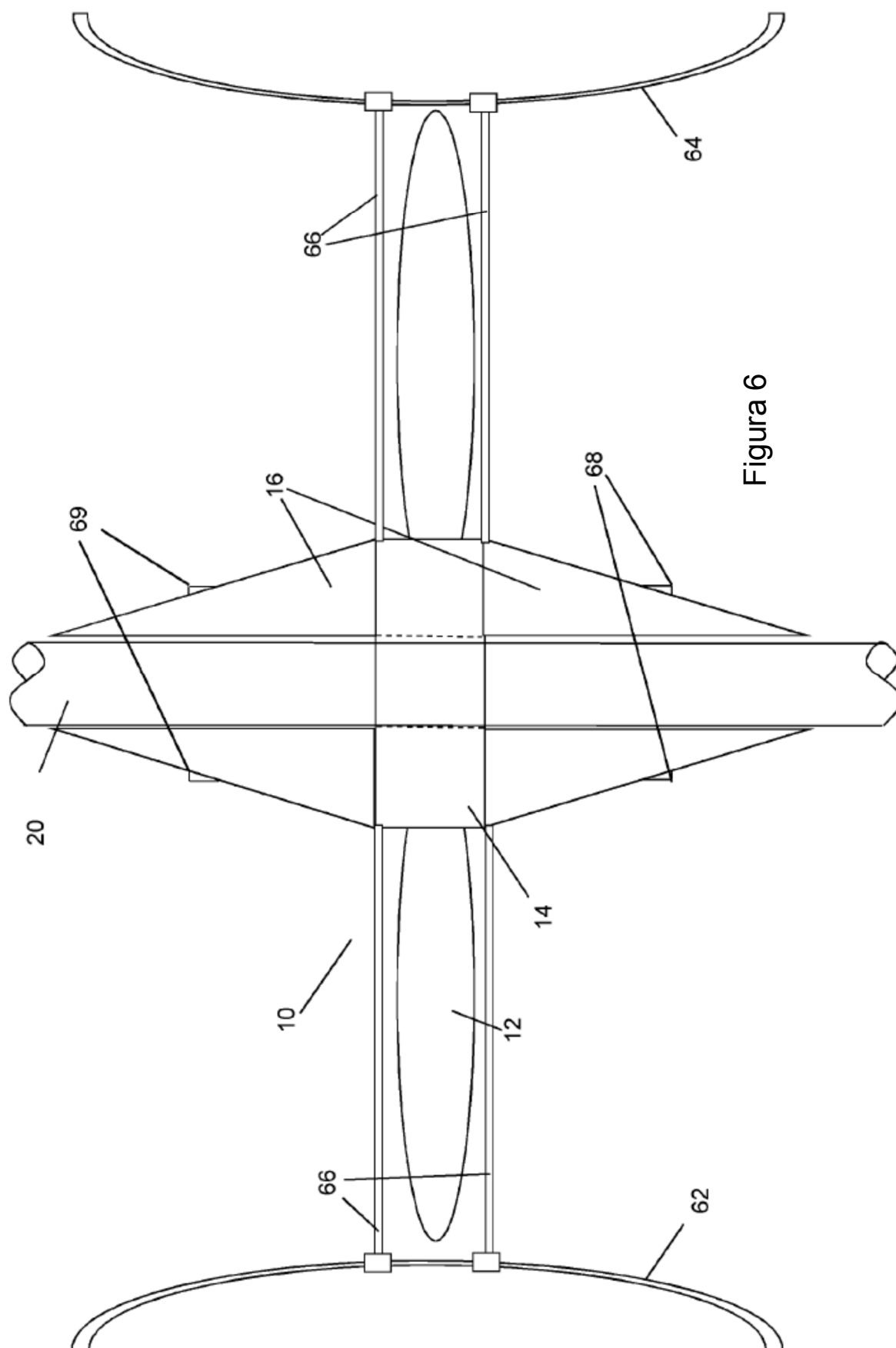


Figura 6

Figura 7a

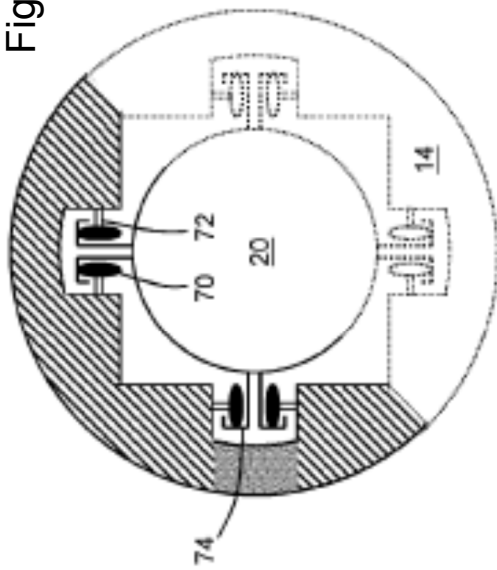


Figura 7b

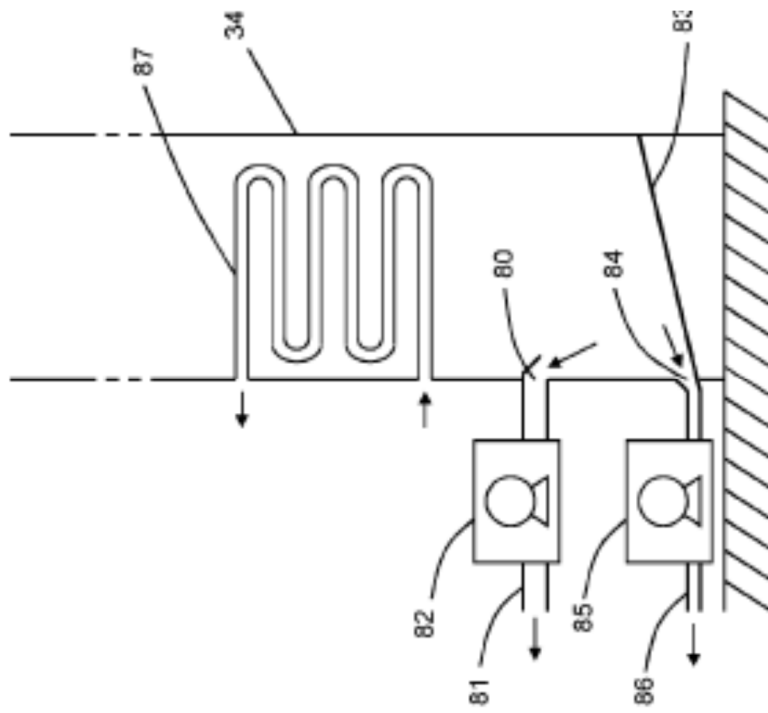
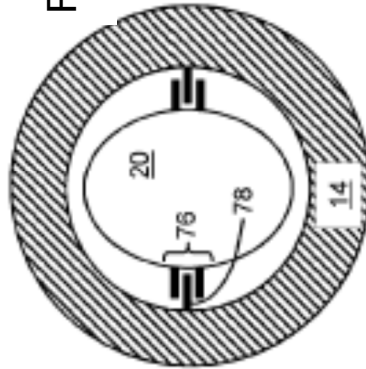


Figura 8

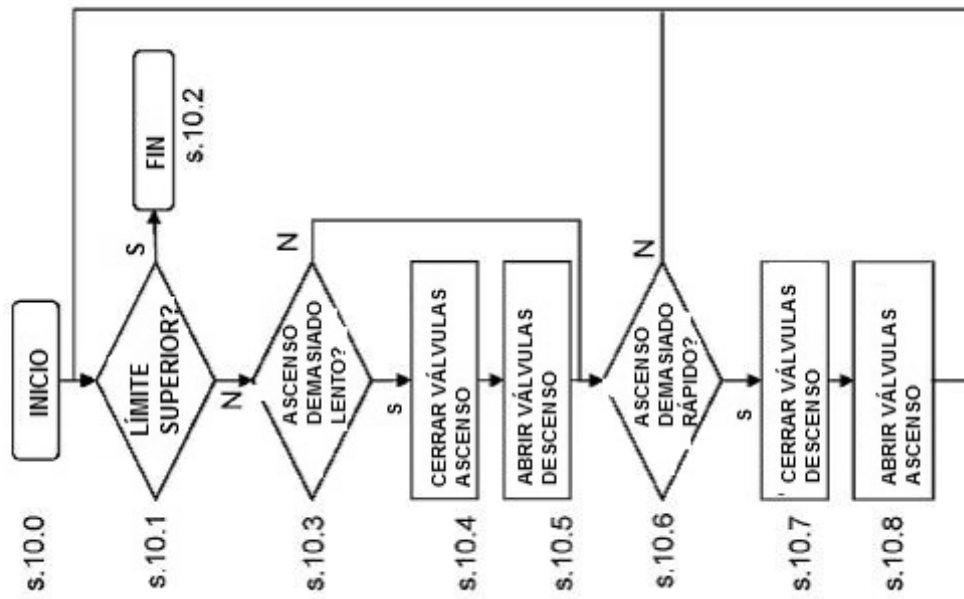


Figura 10

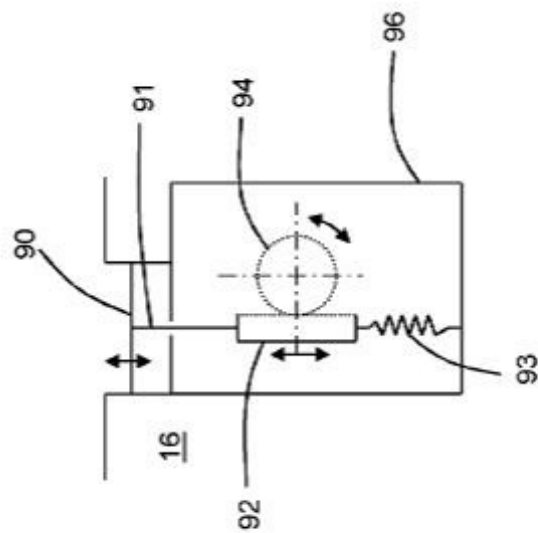


Figura 9