

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 490**

51 Int. Cl.:

D07B 1/02 (2006.01)

D07B 1/14 (2006.01)

B63B 35/44 (2006.01)

F03B 17/06 (2006.01)

F03B 13/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2013** **E 13165153 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2657124**

54 Título: **Procedimientos y medios de instalación y mantenimiento de un sistema de generación de energía por corriente de agua**

30 Prioridad:

24.04.2012 US 201213454608

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

13.09.2016

73 Titular/es:

**ANADARKO PETROLEUM CORPORATION
(100.0%)
1201 Lake Robbins Drive
The Woodlands, TX 77380, US**

72 Inventor/es:

BOLIN, WILLIAM D.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 582 490 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

Procedimientos y medios de instalación y mantenimiento de un sistema de generación de energía por corriente de agua

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas de generación de energía renovable, y en particular, aunque es una realización no limitativa, a los subsistemas de un sistema de inmersión o acuático para la generación de energía derivada de las corrientes de agua de movimiento rápido utilizando un sistema de generador de tipo inducción equipado con una o más hélices de anillos y aletas.

10 Además de las realizaciones ilustrativas presentadas en esta divulgación, muchos de los sistemas y subsistemas descritos y reivindicados en la presente memoria son individualmente adecuados para sistemas que utilizan sistemas de accionamiento de generador convencionales y otros medios de creación de potencia.

Los medios para la transmisión de potencia generada por tales sistemas a las redes vecinas de potencia, sistemas de amarre, y el procedimiento y medios para instalar y mantener los componentes de tales sistemas se divulgan también.

15 **Antecedentes de la invención**

Con el aumento del coste de los combustibles fósiles y el aumento de la demanda energética en las economías e industrias mundiales, procedimientos diferentes y más eficaces de desarrollar fuentes de energía se están buscando constantemente. De particular interés son las fuentes de energía alternativas renovables, tales como dispositivos de potencia solar con baterías, parques eólicos, generación de energía de las mareas, generadores de ondas, y los sistemas que derivan potencia a partir de hidrógeno secuestrado.

20 Sin embargo, tales fuentes de energía no son todavía capaces de suministrar potencia continua a un área extendida a escala comercial. Por otra parte, algunas tecnologías propuestas, como los sistemas impulsados por hidrógeno que implican el refinamiento de agua de mar, en realidad consumen más potencia en el procedimiento de conversión que lo que se emite al final del sistema.

25 Otros, tal como el hidrógeno derivado de metano, producen cantidades iguales o mayores de emisiones de combustibles fósiles que las tecnologías basadas en aceite convencionales que las que pretenden sustituir, y aún otros, tales como los sistemas de baterías, solares y basados en aerogeneradores, requieren dicha exposición constante a la luz solar o vientos importantes de modo que su eficacia comercial se ve inherentemente limitada.

30 Un sistema de sistema de energía alternativa propuesto consiste en el aprovechamiento de la potencia hidráulica derivada de corrientes de agua de movimiento rápido, por ejemplo, corrientes que tienen velocidades de flujo máximas de 2 m/s o más.

35 En la práctica, sin embargo, los dispositivos de generación de energía bajo el agua existentes han demostrado ser inadecuados, incluso cuando se instalan en los sitios donde las velocidades de corrientes son consistentemente muy rápidas. Esto se debe, al menos en parte, tanto a la falta de medios eficaces para la generación de la potencia como a la falta de sistemas de transformación de potencia apropiados necesarios para compensar las incompatibilidades entre los sistemas de generación de energía bajo el agua y estaciones de retransmisión de potencia acuáticas o terrestres auxiliares.

40 Los diseños existentes de hélices y los mecanismos de generación de energía acuáticos también han demostrado ser insuficientes, fallando en proporcionar ya sea una generación de energía adecuada o estabilidad suficiente contra corrientes máximas o de velocidades.

45 Para capturar una cantidad significativa de energía cinética de las corrientes oceánicas que fluyen, el área afectada debe ser expansiva. Como resultado, los diseños de hélices marinas existentes emplean estructuras prohibitivamente grandes, pesadas y caras fabricadas de tecnologías de metales compuestos y metales pesados actualmente conocidas. Además, estas hélices marinas crean problemas de cavitación procedentes de las puntas de las palas de la hélice que se mueven a través del agua circundante.

Otro problema importante son los problemas ambientales asociados con la obtención de energía a partir de corrientes de agua sin dañar la vida acuática circundante, como arrecifes marinos, follaje, bancos de peces, etc.

50 Existe, por lo tanto, una necesidad importante y todavía no satisfecha de un sistema generación de energía por corriente de agua y subsistemas adjuntos que superen los problemas actualmente existentes en la técnica, y que generan y transfieren compatiblemente una cantidad significativa de potencia desde una estación de retransmisión de una manera segura, fiable y respetuosa con el medio ambiente. También se requieren configuraciones seguras y eficaces a nivel de campo, sistemas de amarre fiables y repetibles, y procedimientos y medios para la instalación y mantenimiento de tales sistemas.

El documento GB 2 256 011 A se refiere a un sistema de turbina de corriente de agua flotante. El sistema de turbina de corriente de agua flotante comprende una góndola. La góndola comprende un generador eléctrico, que está articulada a un rotor. Además, la góndola comprende una cámara boyante. De este modo, la góndola y el rotor pueden flotar a la superficie para su mantenimiento o reparaciones soplando aire en la cámara boyante.

5 El documento WO 2011/056249 A2 divulga un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

Las necesidades mencionadas anteriormente se resuelven por un procedimiento de instalación y mantenimiento de un sistema de generación de energía por corriente de agua sumergido de acuerdo con la reivindicación 1.

10 Se proporciona un centro de consolidación para la consolidación de la potencia generada por una pluralidad de sistemas de generación de energía por corriente de agua, en el que cada uno de los sistemas de generación de energía incluye al menos una o más cámaras de flotación sumergidas. Una o más de las cámaras de flotación sumergidas incluye además al menos una o más cámaras de aislamiento de fluido boyantes, y una o más de las cámaras de aislamiento incluye además un fluido boyante dispuesto en su interior, una válvula de admisión de fluido boyante, una válvula de salida de fluido boyante, y un medio de control de la fuente de fluido boyante.

15 Las unidades de generación de energía incluyen también una o más unidades de generación de energía de tipo inducción sumergidas, dispuestas en comunicación con las cámaras de flotación; una o más hélices dispuestas en comunicación con las unidades generadoras de potencia; un sistema de amarre; y un medio de salida de la potencia generada.

20 El centro de consolidación incluye, además, medios para recibir la potencia generada por dichos sistemas de generación de energía, transferir o exportar de potencia a través del medio de salida, y suministrar la potencia consolidada a una red eléctrica vecina, ya sea directamente o después de su transferencia a un dispositivo de transformación de potencia intermedio.

25 El centro de consolidación se puede situar en el fondo del océano, a una profundidad intermedia, o flotando en la superficie. En un ejemplo específico, un SPAR (una plataforma estable de gran calado adecuado u otro casco) flotante o sumergido se utiliza como un centro de consolidación; como alternativa, una estructura sumergida ofrecerá una mayor libertad para la navegación de buques en el área.

30 El centro de consolidación se amarra óptimamente de forma segura, por ejemplo, utilizando una cuerda de polietileno, que se puede formar a partir de una porción enrollada en una sola dirección; dos o más capas porciones enrolladas en direcciones alternas; combinarse o sustituirse con cables de metal; y/o envolverse alrededor de la línea de salida de potencia consolidada.

35 Las vainas de generación de energía y las hélices se pueden instalar y prestárseles mantenimiento, haciéndolas girar en una posición horizontal. Aunque todavía en el agua, un cono nariz central boyante ofrece a las hélices la flotación adecuada para llegar a la superficie y la estabilidad máxima contra el viento, corriente y otras condiciones meteorológicas una vez que se encuentra al nivel de la superficie. De esta manera, la instalación y el mantenimiento de las unidades se consiguen de forma segura y eficaz.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones divulgadas en la presente memoria se entenderán mejor, y numerosos objetos, características y ventajas serán evidentes para los expertos en la materia haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

40 La Figura 1 es una vista lateral de un sistema de generación de energía eléctrica por corriente de agua de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

La Figura 2 es una vista frontal de un sistema de generación de energía eléctrica por corriente de agua de acuerdo con una segunda realización ejemplar de la invención.

La Figura 3 es una vista en planta de un tubo de lastre que tiene una pluralidad de cámaras de aislamiento de tipo laberinto de acuerdo con la tercera realización de la invención.

45 La Figura 4A es una vista superior de un sistema de generación de energía eléctrica por corriente de agua de acuerdo con una cuarta realización ejemplar de la invención.

La Figura 4B es una vista superior de la realización ejemplar representada en la Figura 4A, que incluye además un sistema de anclaje por cabos asociado.

50 La Figura 5 es una vista frontal de una realización ejemplar del sistema de hélice adecuado para su uso en conexión con un sistema de generación de energía sumergido o acuático.

- La Figura 6 es una vista en perspectiva de la realización del sistema de hélice ejemplar representada en la Figura 5, con una porción detallada del sistema aislada para una perspectiva adicional.
- La Figura 7 es una vista aislada de una porción de la realización del sistema de la hélice ejemplar ilustrada en las Figuras 5 y 6.
- 5 La Figura 8 es una vista lateral de un sistema de generación de energía por corriente de agua ejemplar, que comprende, además, una matriz de hélices montada por arrastre.
- La Figura 9 es una vista posterior del sistema de generación de energía por corriente de agua ejemplar representado en la Figura 8, en el que un número par de hélices facilitan la compensación de fuerzas de giro en una matriz montada por arrastre.
- 10 La Figura 10 es una vista esquemática de un parque de generación de energía por corriente de agua ejemplar que comprende una pluralidad de sistemas de generación de energía articulado.
- La Figura 11 es una vista esquemática de un sistema de generación de energía directa amarrado permanentemente en el que no se utiliza ningún esquí de flotación o SPAR.
- La Figura 12 es una vista lateral de un sistema de generación de energía de diseño con volteo de cuatro unidades.
- 15 La Figura 13 es una vista superior de la Figura 12, que comprende de nuevo un sistema de hélice y de generación de energía de diseño con volteo de cuatro unidades.
- La Figura 14 es una vista frontal de un sistema de hélice y de generación de energía de diseño con volteo de cuatro unidades.
- 20 La Figura 15 es un sistema de hélice y de generación de energía de diseño con volteo de cuatro unidades, que muestra las vainas del generador y hélices asociados en una posición volteada adecuada para su instalación y mantenimiento.

Descripción detallada de diversas realizaciones ejemplares

- La siguiente descripción incluye una serie de diseños de sistemas ejemplares y procedimientos de uso que representa las ventajas de la materia objeto actualmente inventiva. Sin embargo, se entenderá por los expertos ordinarios en la materia que las realizaciones divulgadas admitirán su implementación sin algunos de los detalles específicos citados en la presente memoria. En otros casos, equipos, protocolos, estructuras y técnicas de generación de energía y submarinas bien conocidos no se han descrito o mostrado en detalle para evitar la ofuscación de la invención.
- 25 La Figura 1 representa una primera realización ejemplar de un sistema 101 de generación de energía por corriente de agua. En su forma más simple, el sistema comprende uno o más de un tubo 102 de flotación, un tubo 103 de lastre, y una unidad 104 de generación de energía de tipo inducción equipada con una hélice 105 impulsada por eje.
- 30 Si bien la Figura 1 representa solamente un único tubo 102 de flotación, la unidad 103 de lastre y el componente 104 generador, se contemplan también sistemas más grandes que comprenden una pluralidad de cualquiera o todas de dichas estructuras. En cualquier caso, los expertos en la materia pertinente apreciarán fácilmente que la presente descripción de un sistema limitado con elementos singulares es meramente ilustrativa, y no pretende limitar el alcance de la materia objeto con respecto a los miembros plurales de cualquiera de los elementos divulgados en la presente memoria.
- 35 En un realización ejemplar, una unidad 104 de generación de energía (por ejemplo, una unidad de generación de energía de tipo inducción) produce potencia eléctrica que puede emitirse con o sin transformación, ya sea como una corriente alterna (CA) o una corriente continua (CC) a una estación de retransmisión asociada u otros medios para facilitar la transferencia de potencia en alta mar a una red eléctrica vecina o similares.
- 40 En general, los generadores asíncronos de tipo inducción son mecánica y eléctricamente más simples que otros tipos de generadores de potencia eléctrica o generadores síncronos de corriente continua (CC). Un motor de inducción se convierte en un generador de potencia de salida de cuando la potencia para el campo magnético viene del estator o cuando el rotor tiene imanes permanentes que crean un campo magnético impartiendo de este modo un deslizamiento negativo. También tienden a ser más resistentes y duraderos, por lo general no requieren ni cepillos ni conmutadores. En la mayoría de los casos, un motor asíncrono regular de CA se utiliza como el generador, sin ningún tipo de modificaciones internas.
- 45 Durante la operación normal del motor, el giro de flujo del estator del motor se establece mediante la frecuencia de potencia (normalmente de aproximadamente 50 o 60 Hertz) y es más rápido que el giro del rotor. Esto hace que el flujo del estator induzca corrientes de rotor, lo que a su vez crea el flujo del rotor con una polaridad magnética opuesta al estator. De esta manera, el rotor se ve arrastrado conjuntamente detrás del flujo del estator en valor igual
- 50

al deslizamiento.

Una máquina de inducción asíncrona trifásica (por ejemplo, jaula enrollada) funcionará, cuando se opera más lento que su velocidad síncrona, como un motor; el mismo dispositivo, sin embargo, cuando se opera más rápido que su velocidad síncrona, funcionará como un generador de inducción.

5 Durante la operación del generador, un impulsor principal de algún tipo (por ejemplo, una turbina, motor, eje de transmisión de hélice, etc.) acciona el rotor por encima de la velocidad síncrona. El flujo del estator induce todavía corrientes en el rotor, pero puesto que el flujo del rotor opuesto está cortando ahora las bobinas del estator, la corriente activa se produce en las bobinas del estator, y por lo tanto el motor está operando como un generador capaz de enviar potencia hacia una red eléctrica vecina.

10 Por lo tanto, los generadores de inducción se pueden utilizar para producir potencia eléctrica alterna cada vez que un eje interior se hace girar más rápido que la frecuencia síncrona. En diversas realizaciones de la presente invención, el giro del eje se realiza por medio de un propulsor 105 asociado dispuesto en una corriente de agua de movimiento relativamente rápido, aunque otros procedimientos y medios de giro del eje podrían concebirse y aplicarse también para un efecto similar.

15 Puesto que no hay imanes permanentes en el rotor, una limitación de los generadores de inducción es que no son auto-excitantes; en consecuencia, requieren o bien una fuente de alimentación externa (como podría obtenerse fácilmente a partir de la red utilizando un conducto umbilical ya sea a través del agua o debajo de un fondo marino asociado), o "arrancarse suavemente" por medio de un motor de arranque de tensión reducida a fin de producir un giro inicial del flujo magnético.

20 Los motores de arranque de tensión reducida pueden prestar ventajas importantes para el sistema, tales como determinar rápidamente las frecuencias de operación apropiadas, y permitir un reinicio sin alimentación en el caso de que la red eléctrica auxiliar se desactive por alguna razón, por ejemplo, como resultado de daños causados por un huracán u otro desastre natural.

25 Es probable que la potencia derivada del sistema, al menos en algunos casos, se utilizará probablemente para complementar un sistema de red eléctrica vecino, y por tanto las frecuencias de operación de la red dictarán en gran parte la frecuencia de operación para el sistema de generación de energía. Por ejemplo, la gran mayoría de los grandes sistemas de red eléctrica emplean actualmente una frecuencia de operación nominal de entre 50 y 60 Hertz.

30 Otra consideración importante para los grandes sistemas de generación de energía acuáticos es el establecimiento de un equilibrio de flotación bien compensado que permite la posición dinámica continua independientemente de las velocidades de corrientes circundantes.

35 Aun suponiendo que las velocidades de corrientes circundantes permanecen dentro de un intervalo predeterminado de velocidades de operación aceptables, el equilibrio del sistema podría todavía estar en peligro por un huracán especialmente fuerte o similar, pero la disposición del sistema muy por debajo de la línea de fuerza de ola normal, es decir, aproximadamente 100-150 pies (30,48- 45,72 m) de profundidad o menos, reducirá en gran medida este tipo de perturbaciones. Las diversas fuerzas de compensación de Kips gravitacionales, Kips de flotación, Kips de arrastre y Kips de retención contribuirán también a la estabilidad global de un sistema de generación de energía por corriente de agua continuo.

40 El tubo 102 de flotación que se ilustra en la Figura 1 comprende una porción de cuerpo cilíndrica dispuesta en comunicación mecánica con al menos una unidad 104 de tapa de extremo que aloja los generadores de inducción antes mencionados. Los generadores y alojamientos de tapa de extremo asociados contienen un eje de accionamiento y, en algunas realizaciones, engranajes planetarios relacionados con la hélice 105.

45 En algunas realizaciones, el tubo 102 de flotación comprende una forma cúbica o hexagonal, aunque la práctica eficaz de la invención admitirá también otras geometrías. En una realización actualmente preferida, el tubo 102 de flotación es aproximadamente cilíndrico, y se presuriza con gas (por ejemplo, aire u otro gas boyante seguro) de manera que, cuando el sistema se restringe por el cabo anclado 106, las fuerzas combinadas constituirán la fuerza de elevación primaria para el sistema de generación de energía por corriente oceánica.

50 Por consiguiente, el sistema se puede elevar a la superficie para su mantenimiento o inspección apagando los generadores, lo que reduce el arrastre en el sistema, lo que permite que el sistema se eleve un poco hacia la superficie. Al abrir el tubo o tubos de flotación y/o evacuar el fluido desde el tubo o tubos de lastre, la unidad puede flotar de manera segura y fiable a la superficie de modo que se puede realizar un mantenimiento o inspección.

De acuerdo con un procedimiento de mover el sistema, el cabo 106 puede también liberarse, de modo que la estructura flotante se puede remolcar o alimentarse de otra manera hacia la tierra u otro lugar de operación.

55 La realización ejemplar representada en la Figura 2 es una vista frontal del sistema 201 de generación de energía, equipado con una pluralidad de hélices 206 relativamente grandes, de movimiento lento dispuestas en comunicación mecánica con los miembros de eje de las unidades 204 y 206 generadoras de inducción. Como se observa en

mayor detalle en la Figura 4A, las unidades generadoras se disponen dentro de las unidades de tapa de extremo alojadas dentro de los tubos 102 de flotación, así como a través de la extensión de una porción de cuerpo de tipo celosía del sistema dispuesto entre los tubos de flotación.

5 Haciendo referencia a continuación a la Figura 3, una vista detallada del interior de los tubos de lastre previamente representados como el elemento 103 en la Figura 1 se proporciona, en la que una pluralidad de cámaras de aislamiento de tipo laberinto se unen de tal manera que la separación y mezcla de diversos gases y líquidos se pueden utilizar para permitir un control más preciso de las fuerzas tanto de equilibrio como de flotación presentes en el sistema que el que se puede obtener por medio de los tubos 102 de flotación solamente.

10 Como se observa en la realización ilustrada, un sistema 301 de lastre interior formado dentro de un tubo de lastre comprende una fuente 302 de control de aire dispuesta en comunicación fluida con una válvula de retención de sobrepresión y una primera cámara 303 de aislamiento.

La primera cámara 303 de aislamiento contiene tanto un gas seco (por ejemplo, aire que tiene una presión igual a la presión del agua exterior circundante) presente en una porción superior de la cámara, y un fluido (por ejemplo, agua de mar introducida desde fuera de la cámara de aislamiento) presente en una porción inferior de la cámara.

15 La primera cámara 303 de aislamiento comprende también una línea de alimentación de aire secundario 305 para la distribución de aire a otros compartimentos cargados con gas de la estructura, así como líneas para las mezclas de gas y líquido de la primera cámara 303 de aislamiento a la segunda cámara 304 de aislamiento. La segunda cámara 304 de aislamiento comprende, a su vez, una porción superior que contiene aire y una porción inferior que contiene agua o similares, que están separadas por un cilindro de aislamiento. En otras realizaciones, el cilindro de
20 aislamiento contiene agua de mar en la que flota un fluido de barrera para garantizar un mejor aislamiento entre el aire y el agua de mar.

En realizaciones adicionales, una (o ambas) de la primera y segunda cámaras 303, 304 de aislamiento están equipadas con instrumentación (por ejemplo, sensores de presión o sensores de presión diferencial) para determinar si hay fluido o aire presente en una cavidad particular del sistema. En otras realizaciones adicionales, tales sensores se introducen en un sistema de control lógico (no mostrado) que se utiliza para ayudar en la detección y el control del equilibrio y las mediciones relacionadas con empuje.

El procedimiento de hacer avanzar el aire a través del sistema en las porciones superiores de los tanques mientras se garantiza que el agua u otros líquidos permanecen en las porciones inferiores continúa hasta que se obtienen características de equilibrio y de control deseadas. En última instancia, se proporciona una cámara 306 de
30 aislamiento final que, en la realización representada, comprende una válvula 309 de salida de aire utilizada para dejar que el aire salga del sistema y, en algunas circunstancias, introducir agua en el sistema.

Una válvula 307 de seguridad de presión se proporciona en el evento de que las presiones internas lleguen a ser tan grandes de modo que se requiera la ventilación de la presión para mantener la integridad del sistema de control, y una válvula 308 de flujo de agua abierta equipada con una pantalla para evitar la entrada accidental de criaturas marinas se dispone en una porción inferior del tanque 306 de aislamiento.

Una vez más, los fluidos de barrera y similares se pueden utilizar para reducir la interacción entre el aire y el agua, y cuando el sistema está equipado con un control de flotador que flota en la parte superior del agua de mar, se retendrá el fluido de barrera incluso después de expulsar toda el agua de mar. Además, una mayor estabilidad se puede lograr en los tanques utilizando una serie de deflectores para asegurar el agua atrapada en los tanques no se mueva rápidamente dentro de las cámaras, lo que de otro modo tiende a perturbar el equilibrio y control. Por otra parte, se emplean múltiples tanques y seccionamiento para hacer frente a una posible inclinación de la unidad, para que el agua y el gas se desvíen adecuadamente para evitar una inclinación excesiva.

La Figura 4A presenta una vista superior de una realización del sistema 401, que en este caso comprende un primer tubo 402 de flotación y un segundo tubo 403 de flotación; una porción 401 de cuerpo de tipo celosía, de conexión dispuesto entre los mismos; una pluralidad de generadores 405, 406 de inducción estratégicamente situados alrededor de los tubos de flotación y las porciones de cuerpo; una pluralidad de hélices 407 dispuestas en comunicación mecánica con los generadores; y una pluralidad de miembros 408, 409 de cabo dispuestos en comunicación mecánica con los tubos 402, 403 de flotación.

En la realización ejemplar representado en la Figura 4B, los miembros 408 y 409 de cabo se unen para formar un solo cabo 410 de anclaje que se fija de una manera conocida al miembro 411 de anclaje.

En diversas realizaciones, el cabo 410 de anclaje comprende además medios para restringir y liberar el sistema de forma variable. En diversas otras realizaciones, el cabo 410 de anclaje termina en un miembro 411 de anclaje, equipado con un dispositivo de terminación de cabo (no mostrado). El miembro 411 de anclaje comprende cualquier tipo de anclaje conocido (por ejemplo, un ancla de peso muerto, ancla de succión, etc.) adecuado para mantener una posición fija en las corrientes de movimiento rápido, que se encuentran por lo general en lugares con fondos marinos rocosos debido a la erosión del suelo causada por las corrientes de movimiento rápido.

En todavía otras realizaciones, esta porción de la estación se puede asegurar mediante la fijación del cabo 410 de anclaje ya sea a un buque en la superficie o a otro dispositivo de generación de energía por corriente oceánica, o a otro lugar de amarre central tal como una boya de posicionamiento dinámico flotante.

5 Haciendo referencia a continuación a las realizaciones del sistema de hélice ejemplar descritas solamente de forma muy general anteriormente, las Figuras 5-7 ilustran diversas realizaciones ejemplares específicas aunque no limitantes de un sistema de hélice adecuado para su uso con el sistema de generación de energía por corriente de agua divulgado en la presente memoria.

10 Los expertos normales en las técnicas pertinentes apreciarán también, sin embargo, que si bien los sistemas de hélice ejemplar divulgados en la presente memoria se describen con referencia a un sistema de generación de energía por corriente de agua accionado por un generador de potencia de tipo de inducción, los sistemas de hélice ejemplares se pueden utilizar también en conexión con otros tipos de sistemas de generación de energía acuáticos o sumergidos para lograr muchas de las mismas ventajas que se enseñan en la presente memoria.

La Figura 5 es, por ejemplo, una vista frontal de una realización ejemplar del sistema de hélice adecuado para su uso en conexión con un sistema de generación de energía sumergido o acuático.

15 Como se muestra, la hélice 501 comprende una pluralidad de conjuntos de aletas alternas y anillos incluidos, que en lo sucesivo son referidos como una configuración de "aleta y anillo". Tales hélices de aleta y anillo se diseñan normalmente bajo especificación para cada aplicación particular, y la mejora de la eficacia se realizará mediante la adaptación del diámetro, la circunferencia, la curvatura de la aleta y disposición excentricidad, la selección de materiales, etc., basándose en las frecuencias de operación requeridas por los generadores de inducción, la velocidad de las corrientes de agua circundantes, las consideraciones medioambientales (por ejemplo, si las hélices deben tener aberturas o huecos a través de los que pueden pasar peces u otra vida acuática), y así sucesivamente.

20 De manera similar, los conjuntos vecinos de hélices pueden girar en direcciones opuestas (por ejemplo, hacia la derecha o hacia la izquierda, como se muestra de forma representativa en la Figura 2) para crear remolinos o zonas muertas delante de las hélices, que puedan repeler o proteger de otro modo la vida marina, mejorar la eficacia de giro de la hélice, etc.

25 Cuando se utiliza en conexión con un sistema de generación de energía por corriente de agua accionado por un generador de potencia de tipo de inducción, el único requisito de operación firme para las hélices es que sean capaces de hacer girar los ejes de generadores asociados a las velocidades requeridas para obtener las frecuencias de operación del generador.

30 Sin embargo, es muy deseable que el sistema en su conjunto siga siendo pasivo con respecto a la interacción con la vida marina local, y los resultados óptimos de rendimiento se consiguen cuando el sistema genera la salida de potencia requerida mientras que todavía mantiene un entorno operativo ambientalmente neutro.

35 Partiendo del centro del dispositivo, se observa que la hélice 501 se dispone alrededor de una porción 502 de cubo o eje que tanto sostiene la hélice 501 de forma segura (por ejemplo, por medio de fijación mecánica, tales como elementos de fijación resistentes al óxido encapsulados, soldadura de un cuerpo de hélice o de múltiples piezas de un cuerpo de hélice a un eje en un solo conjunto unitario, etc.) e imparte un par de giro proporcional al momento angular de la hélice giratoria en el eje para su suministro al generador de potencia.

40 En ciertas realizaciones, la porción 502 de cubo o eje comprende además un medio de flotación para mejorar la conexión mecánica de la hélice de aleta y anillo al eje, y para evitar la proyección de la hélice que de otra manera tenderá a deformar o a estresar el eje. Al igual que los medios de fijación, los ejes impulsores apropiados para esta tarea existen actualmente en la técnica de registro, y pueden comprender, por ejemplo, una serie de engranajes y/o embragues, sistemas de frenado, etc., como sería necesario para comunicar de manera efectiva el par de giro de la hélice al eje del generador.

45 En una realización específica, un elemento de fijación de retención tal como un conjunto de perno y arandela o similar se retira del extremo de un eje de accionamiento, la estructura de hélice de aleta y anillo se desliza sobre el eje expuesto, y luego se reemplaza el elemento de fijación, con lo que se fija mecánicamente la estructura de aleta y anillo al eje. De manera óptima, el elemento de fijación quedaría después cubierto por una cubierta estanca al agua boyante o similar, como se muestra de forma representativa en la Figura 6, punto 601.

50 En otras realizaciones, un cubo central comprende la comunicación mecánica del punto de conexión con un gran eje, que se puede instalar o retirar y reemplazar como una única estructura de manera que se le puede prestar servicio y mantenimiento fácilmente a la hélice mientras que está en el agua.

55 En otras realizaciones, el sistema comprende además un medio de para resistir la carga sobresaliente del conjunto de eje y hélice. Por ejemplo, la espuma líquida u otros productos químicos de fluidos ligeros, o incluso aire comprimido, se pueden cargar en un cono nariz que se ajusta sobre el extremo de un cubo de la hélice, de modo que la hélice es libre de girar alrededor de un eje de accionamiento detrás del cono nariz boyante, elevando así el peso del conjunto de modo que se evitan las cargas sobresalientes pesadas.

De manera similar, las hélices (especialmente las hélices frontales en un sistema sumergido, que absorben la mayor parte de la fuerza de la corriente de agua) se pueden montar por arrastre para superar la resistencia atribuible a la presión del fluido acumulado contra la estructura de aleta y anillo.

5 Independientemente de cómo la hélice se fija en el eje y si se monta por arrastre y/o soporta por un miembro de flotación, la realización ejemplar del diseño de aleta y anillo representada en la presente memoria es generalmente similar a lo largo de una multitud de otras realizaciones relacionadas adecuada para su implementación dentro del sistema.

10 Por ejemplo, en la realización representada en la Figura 5, el conjunto 502 de fijación del cubo se circunda concéntricamente por un primer miembro 503 de anillo, más allá del que (es decir, más lejos del conjunto de cubo) se encuentra un segundo miembro 506 de anillo. Dispuesto entre el primer miembro 503 de anillo y el segundo miembro 506 de anillo hay una pluralidad de miembros 504 de aleta, cada uno de los que se separa por una brecha 505.

15 El espacio de brecha entre los miembros 504 de aleta variará de acuerdo con la aplicación, pero como cuestión general las brechas entre las aletas aumentarán en tamaño desde el anillo más interior (en el que las brechas son normalmente las más pequeñas) hasta los anillos más exteriores (donde el espacio de brecha es el más grande).

20 Otras configuraciones admiten brechas de tamaños similares, o brechas incluso más grandes en los anillos interiores que en los anillos exteriores, pero una ventaja de una superficie de anillo interior mayormente sólida, en la que la mayor parte de la totalidad de la posible área superficial del anillo se utiliza por aletas en lugar de brechas, es que la estructura tenderá a alejar de forma forzosa la presión del fluido del centro de la estructura hacia los anillos más exteriores y más allá del perímetro del dispositivo.

Este enfoque ayuda a que la hélice gire más fácilmente, y que tenga en cuenta más suficientemente las preocupaciones medioambientales empujando a la pequeña vida marina y similares hacia el exterior del sistema, de modo que puedan o bien evitar la estructura de la hélice por completo, o bien pasar a través de una de las brechas más grandes de movimiento lento en los anillos exteriores.

25 Puesto que la resistencia contra la estructura se reduce y se transmite un mayor par de giro a los ejes de accionamiento con menos arrastre y pérdida, la hélice puede también girar muy lentamente (en una realización ejemplar que genera resultados de campo satisfactorios, la hélice gira a una velocidad de solamente 8 RPM), asegurando, además, que la vida marina será capaz de evitar la estructura y mejorar la neutralidad y la seguridad medioambiental. Las velocidades de giro lentas también hacen que el sistema sea más robusto, duradero y menos propenso a sufrir daños si entra en contacto con escombros o un objeto sumergido que esté flotando cerca.

30 Los anillos concéntricos sucesivos de las aletas 507 y brechas 508 dispuestos dentro de los anillos 509 aproximadamente circulares adicionales se añaden a la estructura, creando de este modo anillos concéntricos adicionales de aletas y brechas 510-512 hasta que se haya alcanzado la circunferencia deseada. En una realización actualmente preferida, los espacios 514 de brechas del anillo más externo son los espacios de brechas más grandes en el sistema, y separan las aletas 513 del sistema en la mayor medida.

Un miembro 515 de anillo final encierra la periferia exterior del sistema de hélice, proporcionando nuevamente protección medioambiental adicional, puesto que la vida marina que impacta inadvertidamente contra el anillo 515 exterior encontrará solamente un golpe indirecto contra una estructura de movimiento lento, mientras que las presiones de agua y fluidos son fuerzan fuera del dispositivo en la medida de lo posible.

40 Como se observa en la región 603 encerrada en una caja de la Figura 6 (que generalmente representa la realización ejemplar de la Figura 5, aunque con la porción de fijación del cubo cubierta con una tapa 601 a prueba de agua o similares), el paso de las aletas 602 medido en relación con el plano del conjunto de aletas y anillos se puede alterar.

45 Por ejemplo, las aletas se pueden disponer con mayor excentricidad a medida que su posición dentro del conjunto se hace avanzar desde el primer anillo que circunda el cubo central hacia los anillos más exteriores. La disposición de las aletas 602 con un paso más plano dentro de los anillos interiores y más excéntricamente (es decir, en un plano más perpendicular al plano de montaje) en los anillos exteriores tenderá a aplanar y alisar el flujo de agua alrededor de la hélice, consiguiendo de esta manera características de flujo de fluido superiores (lo que minimiza la vibración del sistema), crear menos resistencia contra la estructura de la hélice, y proporcionar una mayor fuerza centrífuga del fluido circundante para asegurar que la vida marina evite el centro del sistema de hélice.

50 Por otra parte, las hélices que tienen matrices de aleta dispuestas de tal manera que las aletas más cercanas al cubo tienen la mayor excentricidad medida en relación con el plano de la hélice en su conjunto y, a continuación, se aplanan a medida que las aletas se disponen hacia el exterior del sistema de hélice (como es típico en la hélice de un barco o un submarino, por ejemplo) pueden producir también los mejores resultados en términos de reducción de la vibración, armónicos y el rendimiento general del sistema.

- 5 En la realización ejemplar 701 representada en la Figura 7 (que es representativa de la región 603 encerrada en una caja en la Figura 6), una serie de aletas 702, 704, 706, 708 curvas se disponen entre las brechas 703,705,707,709 de tamaño creciente (tenga en cuenta que el cubo de fijación central desde el que se originan los anillos concéntricos más pequeños estaría situado más allá de la parte superior de la Figura, por ejemplo, por encima de la aleta 702 y de la brecha 703).
- En la realización representada, las aletas 702, 704, 706, 708 se disponen también con mayor excentricidad puesto que las mismas se instalan adicionalmente y más lejos del cubo, de modo que el ángulo de disposición de la aleta 708 medido en relación con el plano de montaje sería mayor que el de las aletas 702, 704, 706 dispuestas más cerca del cubo de fijación central.
- 10 En la realización ejemplar representado en la Figura 8, se proporciona un sistema de generación de energía por corriente de agua sumergido, atado con cabos en el que toda la matriz de hélices se monta por arrastre, de modo que se evita la interferencia de potencia desde una matriz montada frontal, y se consigue una mayor estabilidad del sistema y una eficiencia energética. Como se observa, esta configuración particular admite a una o más hélices dispuestas tanto en una posición de montaje por arrastre superior como en una posición de montaje por arrastre inferior, a pesar de que la disposición de múltiples matrices de hélices ya sea en un número mayor o menor de niveles también es posible.
- 15 En la Figura 9, que es esencialmente una vista posterior de la realización alternativa representada en la Figura 8, se observa una realización específica aunque no limitante comprende una matriz de hélices que tiene diez hélices en total, con seis hélices estando dispuestas en una posición de montaje por arrastre inferior, y cuatro hélices estando dispuestas en una posición de montaje por arrastre superior, con la matriz de posición superior distribuyéndose además con dos hélices a cada lado del sistema de generación de energía.
- 20 Esta realización particular, se ha encontrado que admite características de generación de energía superiores, mientras que estabiliza la estructura del sistema auxiliar minimizando la vibración, y permitiendo pares igualados de hélices para operar en direcciones de giro opuestas.
- 25 Si bien este tipo de configuraciones son óptimas para ciertas realizaciones de un sistema de generación de energía, un número virtualmente ilimitado de otras matrices y configuraciones de disposición se puede emplear en su lugar cuando se considere efectivo en un entorno operativo determinado.
- En la práctica, la composición de toda la estructura de hélice de aleta y anillo será probablemente común, por ejemplo, toda fabricada de un metal ligero durable, revestido o resistente a la corrosión. Sin embargo, diferentes composiciones de material entre las aletas y los anillos también es posible, y otros materiales tales como materiales compuestos metálicos, materiales compuestos de carbono rígidos, materiales cerámicos, etc., son ciertamente posibles sin apartarse del alcance de la presente divulgación.
- 30 Como se muestra en la Figura 10, cuando existe la necesidad de una serie de estructuras de generación de energía en un área, el sistema de potencia se puede consolidar para la eficacia, con conexiones de alimentación y control estando vinculadas de vuelta a una ubicación central, tal como una subestación de control, establecida cerca de las unidades instaladas. Esta consolidación de las unidades puede ocurrir ya sea en el suelo marino, o en (o cerca de) una estructura flotante a profundidad media.
- 35 La subestación de control se puede instalar en una estructura superficial flotante tal como un SPAR, o puede ser una subestación de control sumergida, posiblemente utilizando un sistema de boyas, que puede flotar a la superficie para su mantenimiento, o incluso fijarse en el fondo del océano.
- 40 En aguas profundas, una instalación de conexión común en el fondo del océano requeriría más cables de potencia y sistemas de control adicionales lo que aumentaría el coste y la complejidad del sistema, y sería más difícil de mantener que una instalación construida más cerca de las corrientes en la superficie del océano.
- 45 Una estructura flotante a profundidad media construida usando elementos similares a los esquí de flotación asociados con las unidades de generación proporcionaría una ubicación de recogida de potencia común mientras que no deja ninguna que estructura permanente penetre en la superficie del agua. Esta configuración también requeriría un menor número de líneas de potencia y control largas hasta el fondo del océano, y dejarían suficiente calado para las embarcaciones en el área.
- 50 El tercer tipo de ubicación de recogida común comprende una estructura que se amarra al fondo del océano y flota sobre la superficie del océano cerca de las unidades de generación. Este enfoque podría comprender muchos tipos de estructuras diferentes, pero un SPAR (como se muestra en la Figura 10) tendría algunas de las mejores características para su diseño y estabilidad durante los fenómenos meteorológicos y huracanes debido a su perfil de viento y ola reducido.
- 55 Una estación consolidada de potencia permite la transformación a una tensión de transmisión más alta, consiguiendo de esta manera una capacidad de transferencia de potencia superior y escalable para una red de transmisión de potencia conectada a tierra. Permitir tensiones de transmisión más altas proporciona también

instalaciones situadas más lejos de la tierra con buenos resultados de transmisión de potencia. La transformación de potencia máxima se puede realizar ya sea en la estación de consolidación o en uno o más transformadores de potencia instalados sobre una alfombra de lodo en el fondo del océano.

5 Dependiendo de otras variables, puede ser también una necesidad un dispositivo síncrono en tierra (tal como un motor síncrono de gran tamaño o un controlador electrónico de velocidad variable de gran tamaño) utilizado para estabilizar la red eléctrica cuando la generación por corriente oceánica en alta mar es significativamente mayor que la red de generación en tierra.

10 Para longitudes significativas en el mar, es posible tener una conexión de transmisión de potencia de alta tensión CC que va desde la estructura de consolidación en toda la trayectoria de vuelta a la playa. La alimentación de CA necesaria para las unidades de generación individuales se puede generar a partir de la tensión CC a CA trifásica para alimentar los generadores de inducción. En la playa (o cerca de la playa, o incluso después), la CC se conecta a la red eléctrica o red inteligente como una interconexión de potencia de CC convencional.

15 Como se muestra en la Figura 11, en lugares más profundos del océano, un SPAR no tiene por qué soportarse por esquís de flotación, y por lo tanto puede servir como un centro de consolidación útil para conectar y desconectar de forma escalable una pluralidad de unidades de generación de energía individuales. Como se muestra, un SPAR sumergido aproximadamente a 200-500 pies (60,96- 152,4 m) se puede amarrar permanentemente al fondo del mar utilizando un medio de amarre fuerte y seguro, tal como una cuerda gruesa de polipropileno. Si la cuerda de polipropileno se enrolla primero en una dirección y luego se cubre con una segunda cuerda enrollada en la dirección opuesta, la línea combinada, alternativamente enrollada será muy fuerte, y resistirá la torsión y anudado.

20 Al reconocer que el peso de los cables de acero afecta a los aspectos de diseño con respecto a flotación del centro de consolidación, también es posible integrar una línea de amarre de cables de acero trenzados con un cable de potencia incluido dentro del centro. El cable de amarre de polipropileno podría no ser apropiado para esta aplicación debido a su propensión a estirarse.

25 Un cable de potencia independiente viaja desde el SPAR hasta un transformador o caja de transmisión instalada en la parte inferior del fondo del mar, y luego viaja bajo el fondo del mar hacia su destino final.

Otro enfoque es tirar el cable de potencia a través de un vacío interior de una cuerda de polipropileno u otra línea de amarre, por lo que solo hay una sola línea que se extiende desde el SPAR, y el cable de potencia queda protegido contra los daños por la línea de amarre.

30 Haciendo referencia a continuación a un sistema de generación de energía de tipo de inducción de una sola estación, más potente (por ejemplo, una realización que utiliza hélices de 40 pies (12,19 m) y más grandes), la Figura 12 es una vista lateral de un sistema de generación de energía de diseño con volteo cuatro unidades en el que una pluralidad de generadores de inducción montados en la parte frontal se disponen en un bastidor establecido por esquís de flotación con miembros de conexión.

35 Al menos cuatro hélices de 40 pies (12,19 m) y más grandes (dependiendo de la corriente), junto con las unidades de generación asociadas, se disponen en comunicación mecánica con un eje giratorio o similar y se pueden hacer girar, ya sea mecánica o mediante el uso de un sistema de control lógico dispuesto en comunicación con un sistema de control neumático o hidráulico, para convertirse esencialmente en turbinas axiales horizontales superior e inferior; a continuación, utilizando el sistema de lastre, la estructura puede flotar a la superficie para acceder de forma segura y eficaz a las vainas de generación para su mantenimiento y reparación.

40 La Figura 13 es una vista superior de la misma estructura, que muestra cómo expandir las capacidades del sistema en un diseño 6 u 8 hélices, o incluso más.

45 La Figura 14 representa una vista frontal del sistema de hélice y de generación de energía de diseño con volteo de cuatro unidades, que muestra las hélices en un plano vertical, mientras que se les presta servicio y conectadas a una línea de amarre de tipo Y para su estabilidad. En algunas realizaciones, a medida que más hélices se añaden al sistema, una barra de separación u otro aparato similar se utiliza para impartir estabilidad adicional.

50 En la Figura 15, el sistema de hélice y de generación de energía de diseño con volteo de cuatro unidades se muestra en reposo, mostrándose ahora como se voltean en una configuración útil para su transporte, instalación y mantenimiento. En una realización, las vainas de generador se fijan a la estructura del sistema de tal manera que pueden girar aproximadamente noventa grados o más alrededor de un eje dispuesto en comunicación con el bastidor. Este giro se puede realizar de forma manual, o utilizando un sistema de control lógico para hacer girar las vainas sobre el eje con un medio de giro asociado tal como un medio de giro de neumático o un medio de giro hidráulico.

55 En otra realización, los lastres se manipulan dentro de los esquís de flotación por lo que las vainas de generación y las hélices se voltean hacia arriba, como sería necesario para el remolque controlado cuando la estructura se está llevando al campo, o cuando el mantenimiento de las hélices, generadores, engranajes, etc., es necesario. Por lo tanto, cuando las vainas de generación y las hélices están en su mayoría o totalmente por encima del nivel de la

superficie, las hélices no causan inestabilidad a toda la estructura debido a la resistencia del viento, etc.

5 Si bien otros aspectos adicionales de la invención, que en la práctica actual comprenden normalmente dispositivos asociados con la producción de energía bajo el agua por lo general (por ejemplo, fuentes de alimentación auxiliares, sistemas de control de fibra óptica y de comunicación, vehículos operados a distancia auxiliares para prestar servicio a la estación de potencia, etc.), están sin duda contemplados como periféricos para su uso en el despliegue, posicionamiento, control y operación del sistema, no se considera necesario describir todos estos elementos en gran detalle ni tampoco otros sistemas y subsistemas que serán naturalmente evidentes para los expertos normales en la materia pertinente.

10 Si bien la presente invención se ha representado y descrito en detalle anteriormente con respecto a diversas realizaciones ejemplares, los expertos en la materia apreciarán también que cambios menores en la descripción, y otras diversas modificaciones, omisiones y adiciones se pueden hacer también sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de instalación y mantenimiento de un sistema (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corriente de agua sumergido, comprendiendo dicho procedimiento:

- 5 a. disponer una o más unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía de tipo inducción sumergidas equipadas con hélices (105, 206, 407, 501) capaces de girar alrededor de ejes de accionamiento en respuesta a las corrientes de agua en comunicación con una o más cámaras de flotación sumergidas; y
b. hacer flotar dicho sistema (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corriente de agua a la superficie abriendo las cámaras de flotación presurizadas con gas y evacuando el fluido del tubo o tubos de lastre,

caracterizado porque el procedimiento comprende además:

- 10 c. hacer girar dichas unidades de generación de energía para que las hélices (105, 206, 407, 501) se dispongan aproximadamente paralelas a la superficie del agua; y
d. manipular los lastres dentro de los esquís de flotación de modo que las unidades de generación y dichas hélices (105, 206, 407, 501) giren hacia arriba.

15 2. El procedimiento de instalación y mantenimiento de un sistema de generación de energía por corriente de agua sumergido de la reivindicación 1, en el que dicho giro de dichas unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía comprende además controlar dicho giro mediante un sistema de control lógico dispuesto en comunicación con uno medio de control de giro neumático.

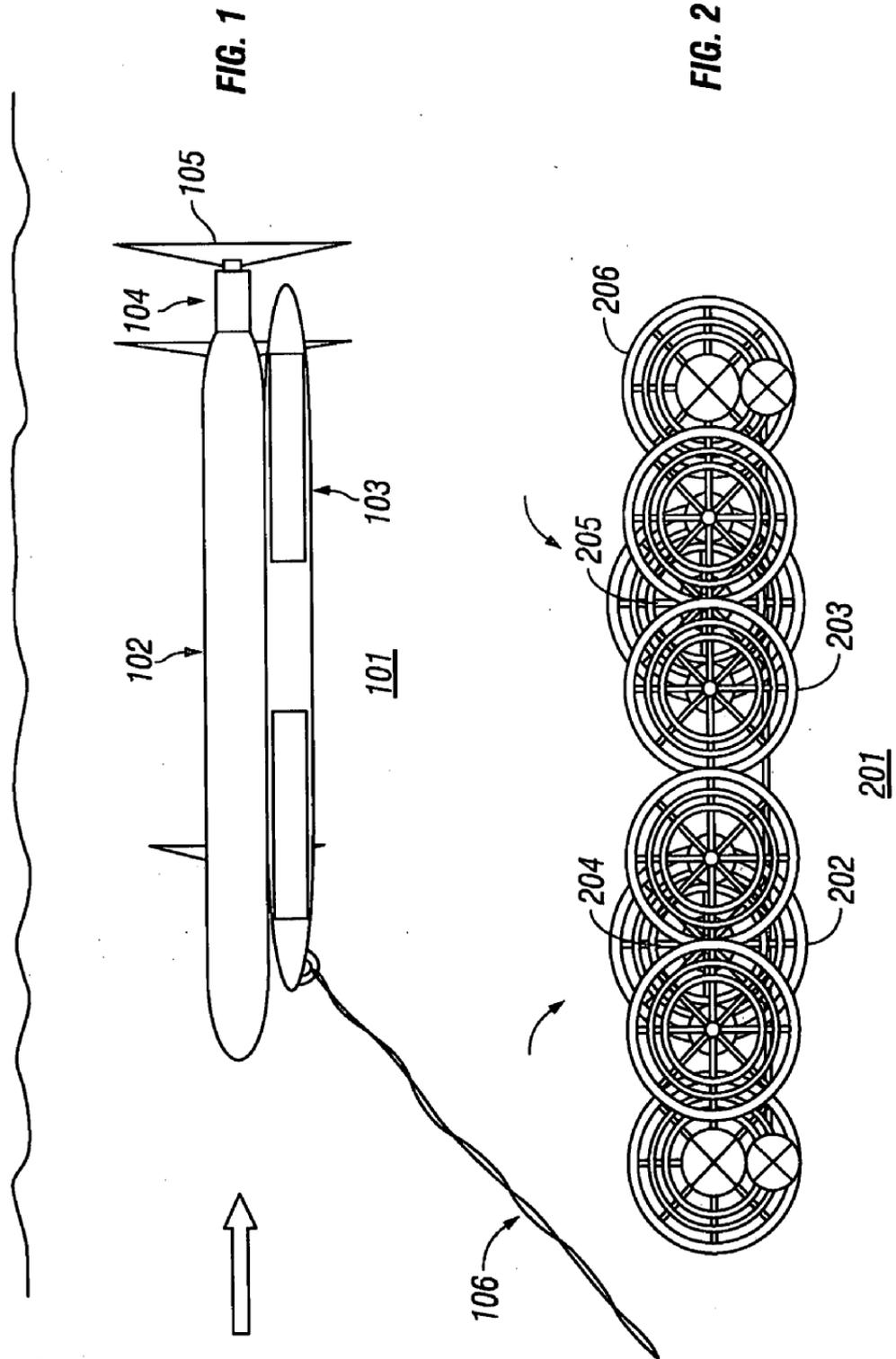
20 3. El procedimiento de instalación y mantenimiento de un sistema de generación de energía por corriente de agua sumergido de la reivindicación 1, en el que dicho giro de dichas unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía comprende además controlar dicho giro utilizando un sistema de control lógico dispuesto en comunicación con un medio de control de giro hidráulico.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además instalar dicho sistema de generación de energía por corriente de agua sumergido remolcando el sistema hasta su lugar con una o más estachas de remolque.

25 5. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además elevar dichas hélices fuera del agua para su mantenimiento.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además elevar dichas hélices y dichas unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía de tipo inducción fuera del agua para su mantenimiento.

30 7. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además la etapa de estabilizar con respecto al viento, corriente u otras condiciones climatológicas una vez que se encuentra al nivel de la superficie, por medio de conos nariz centrales boyantes, cuando dichas unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía se encuentran todavía en el agua.



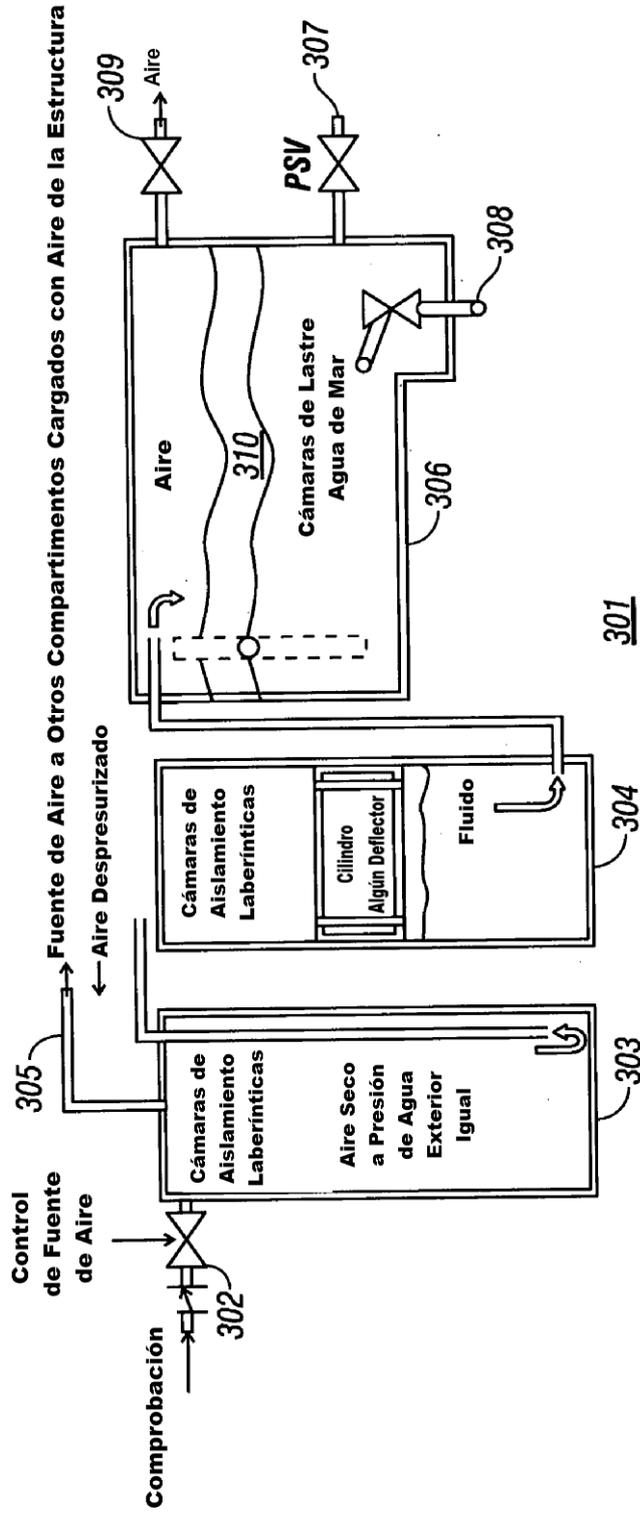


FIG. 3

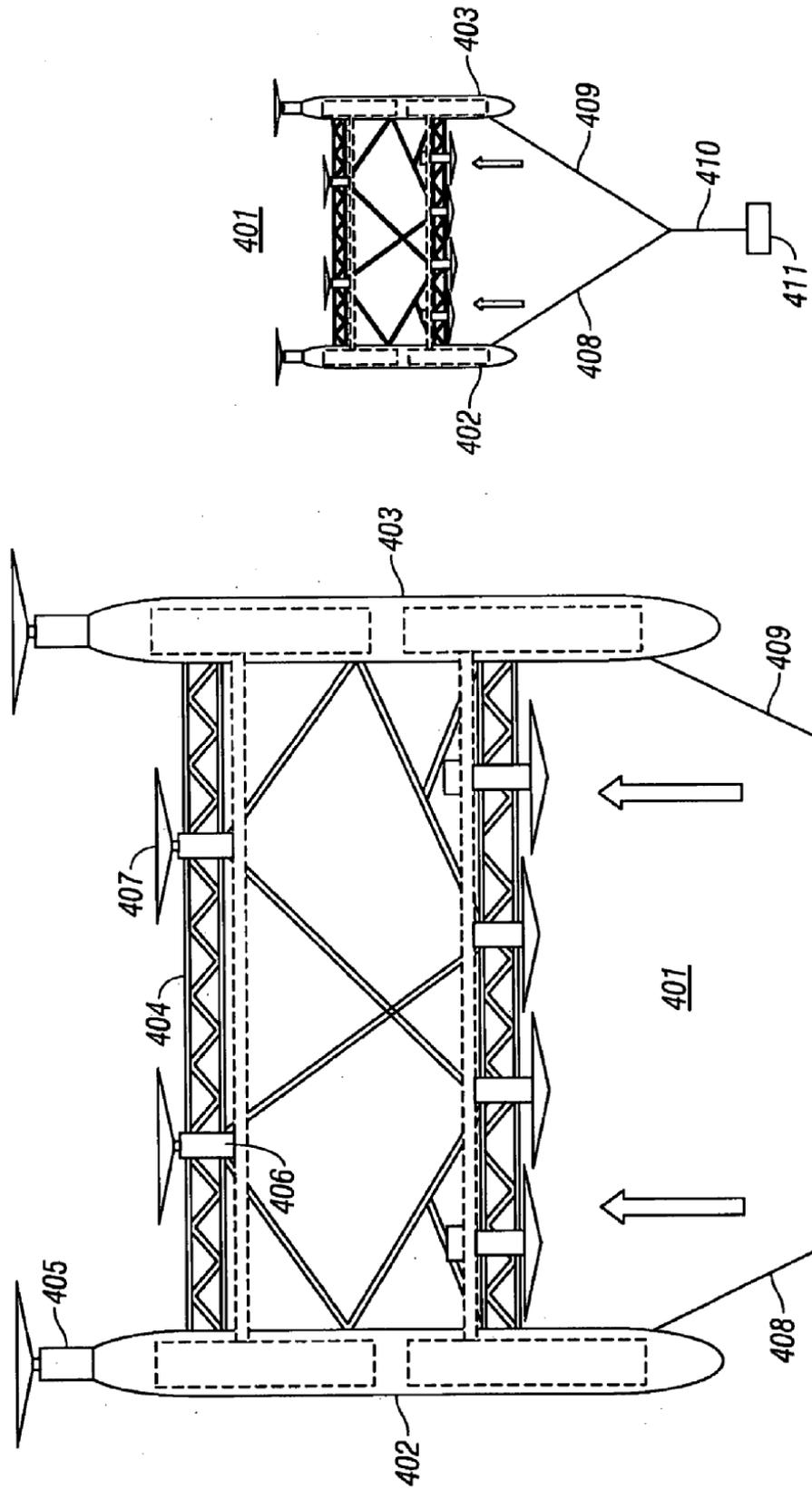


FIG. 4B

FIG. 4A

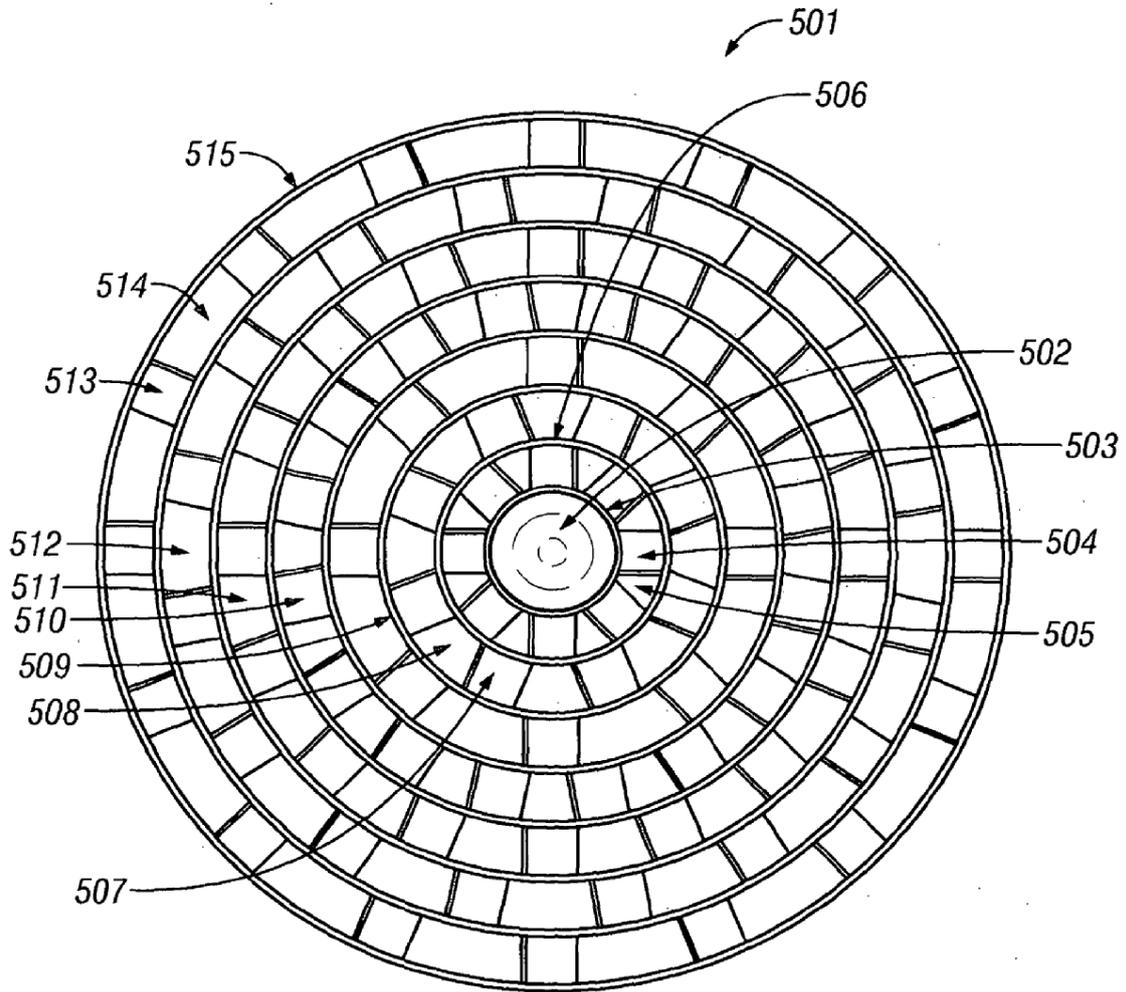


FIG. 5

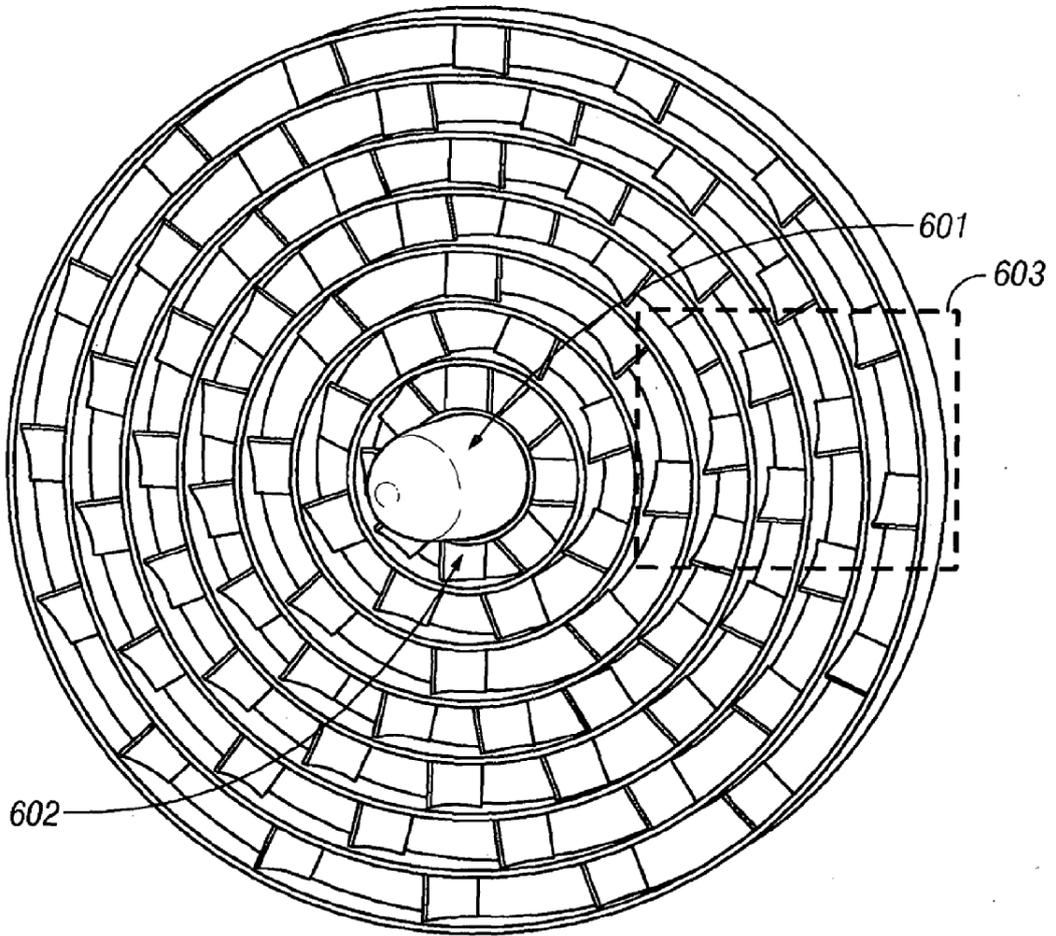


FIG. 6

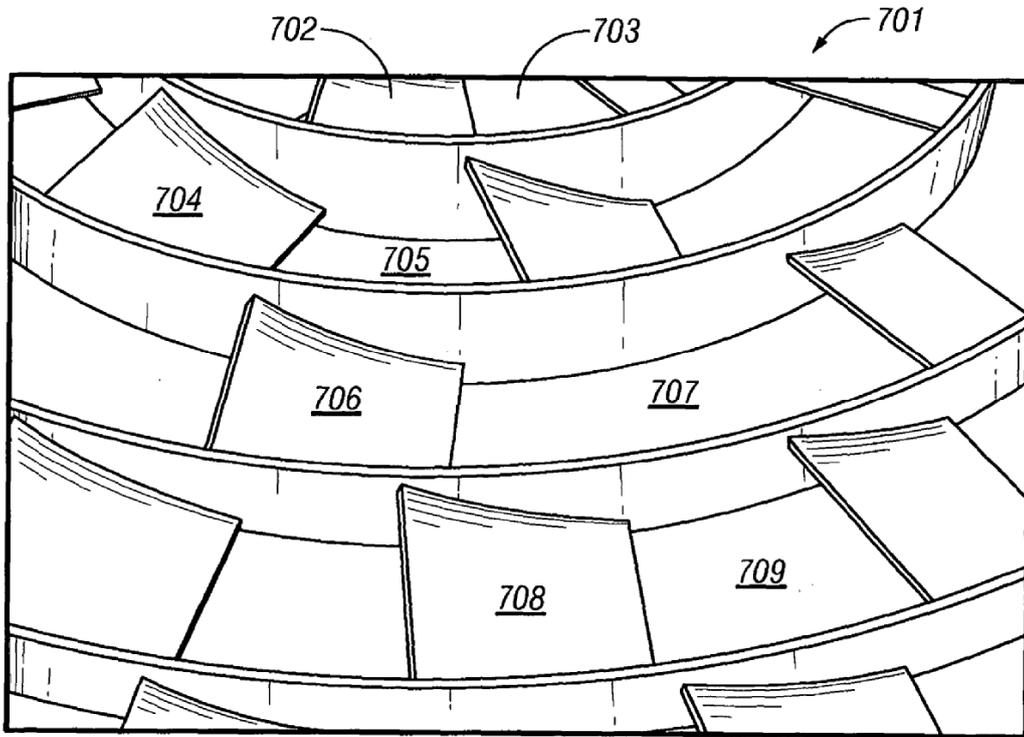


FIG. 7

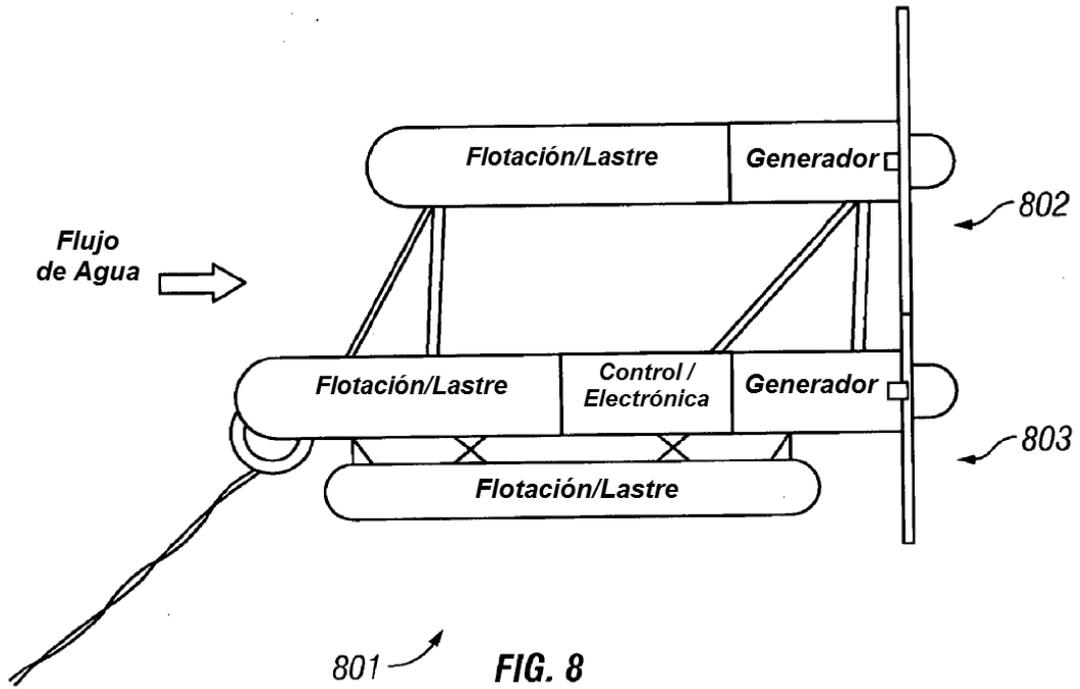


FIG. 8

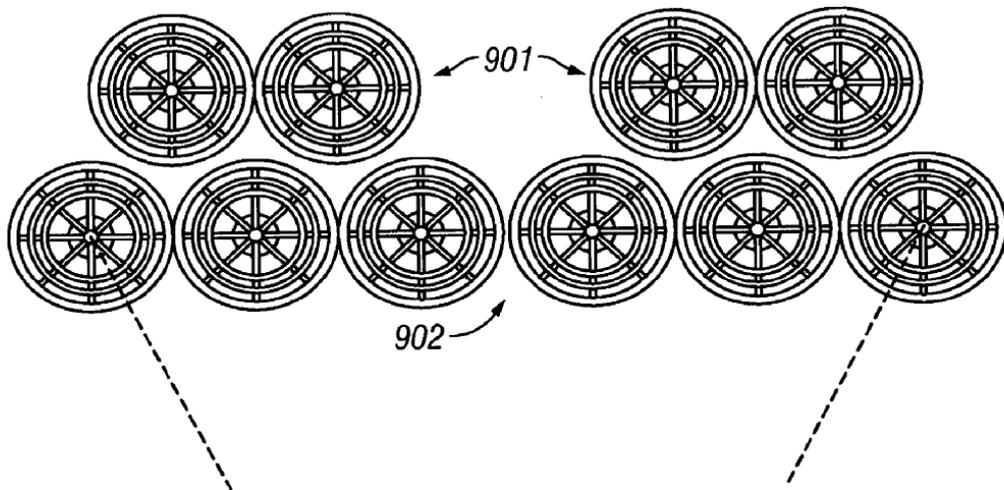


FIG. 9

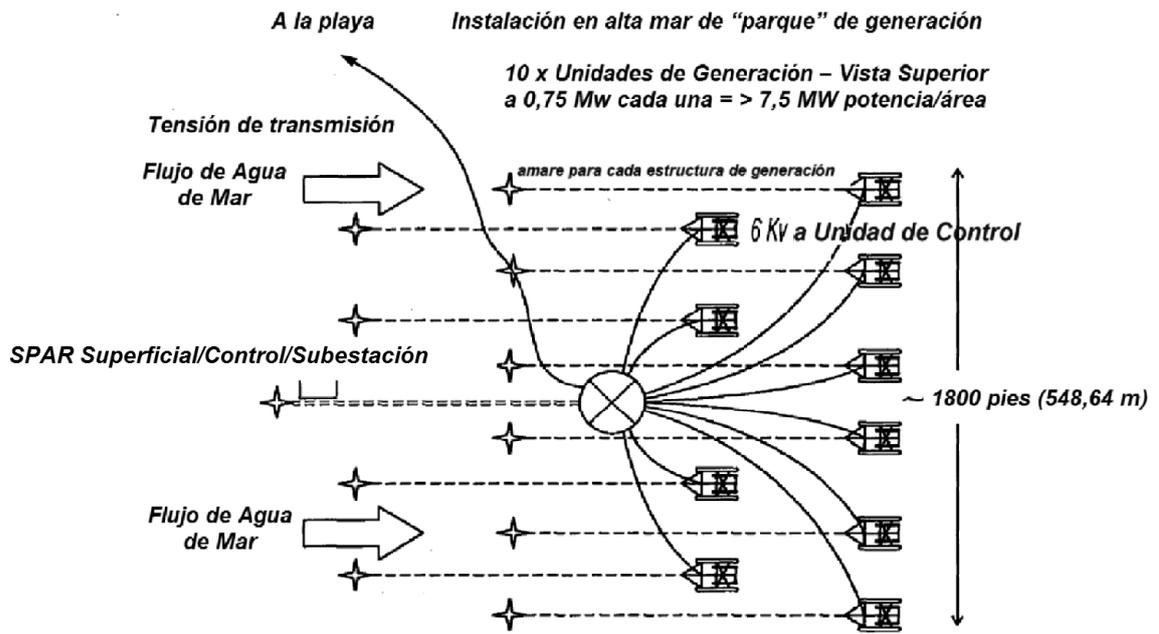


FIG. 10

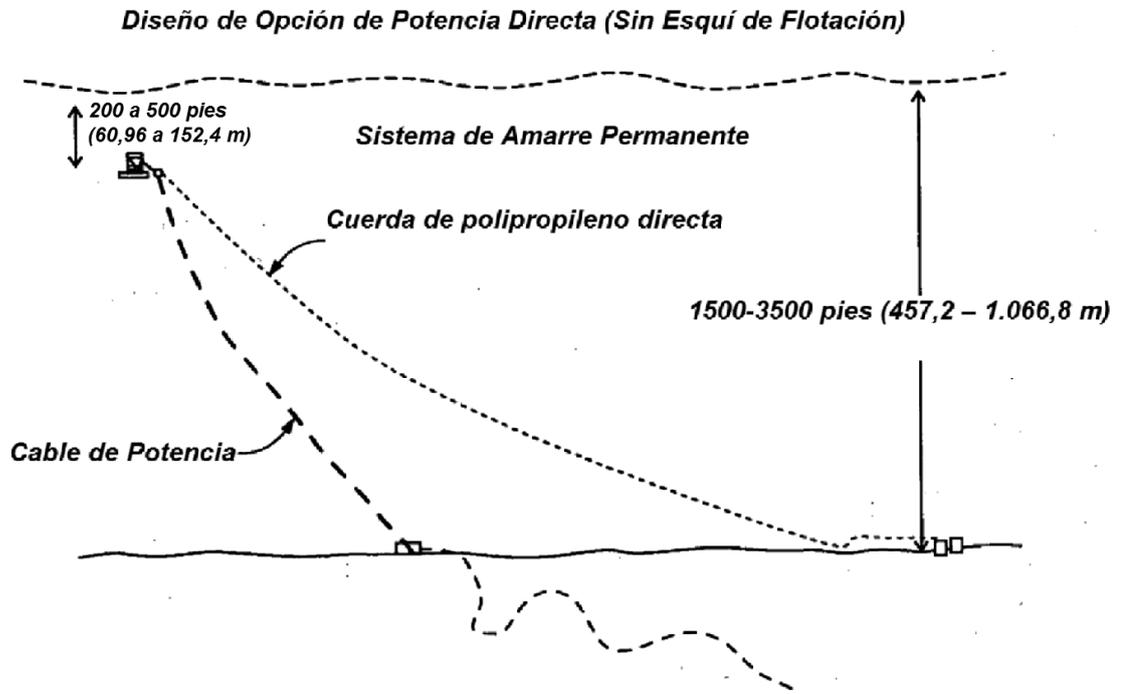


FIG. 11

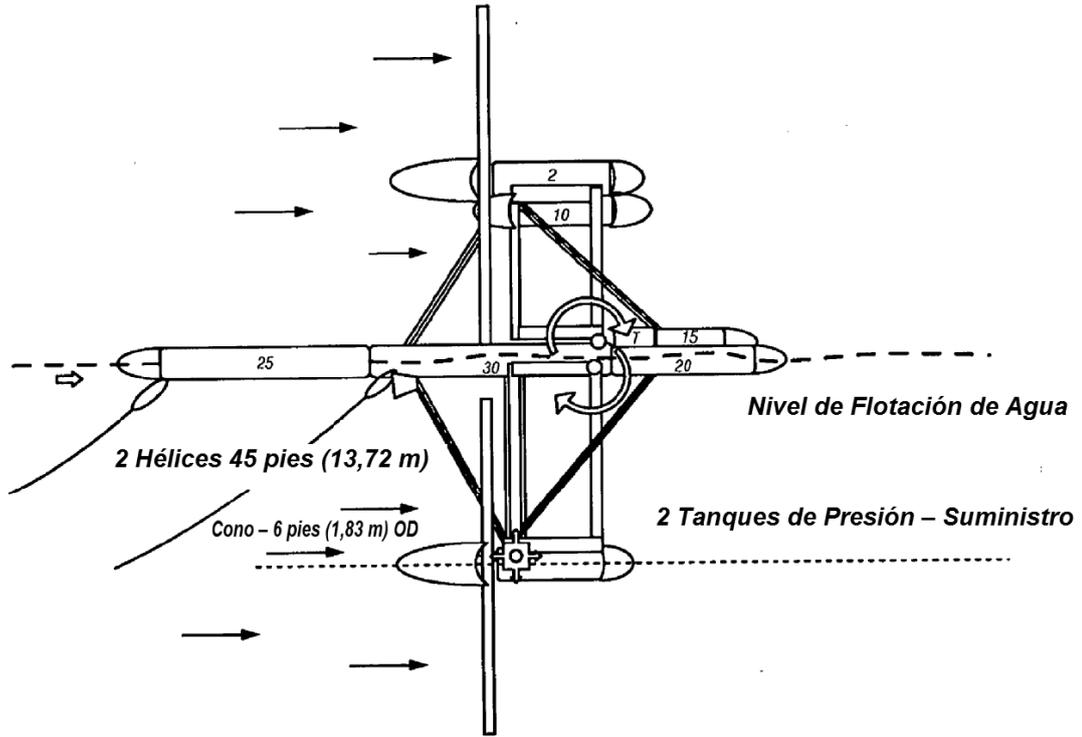


FIG. 12

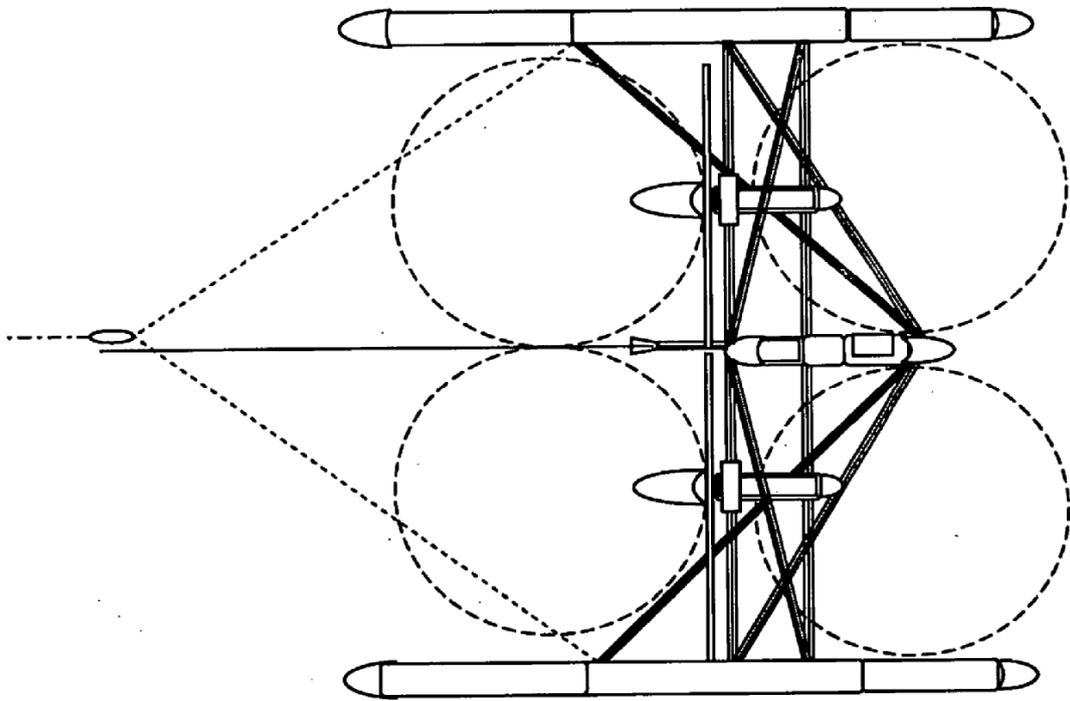


FIG. 13

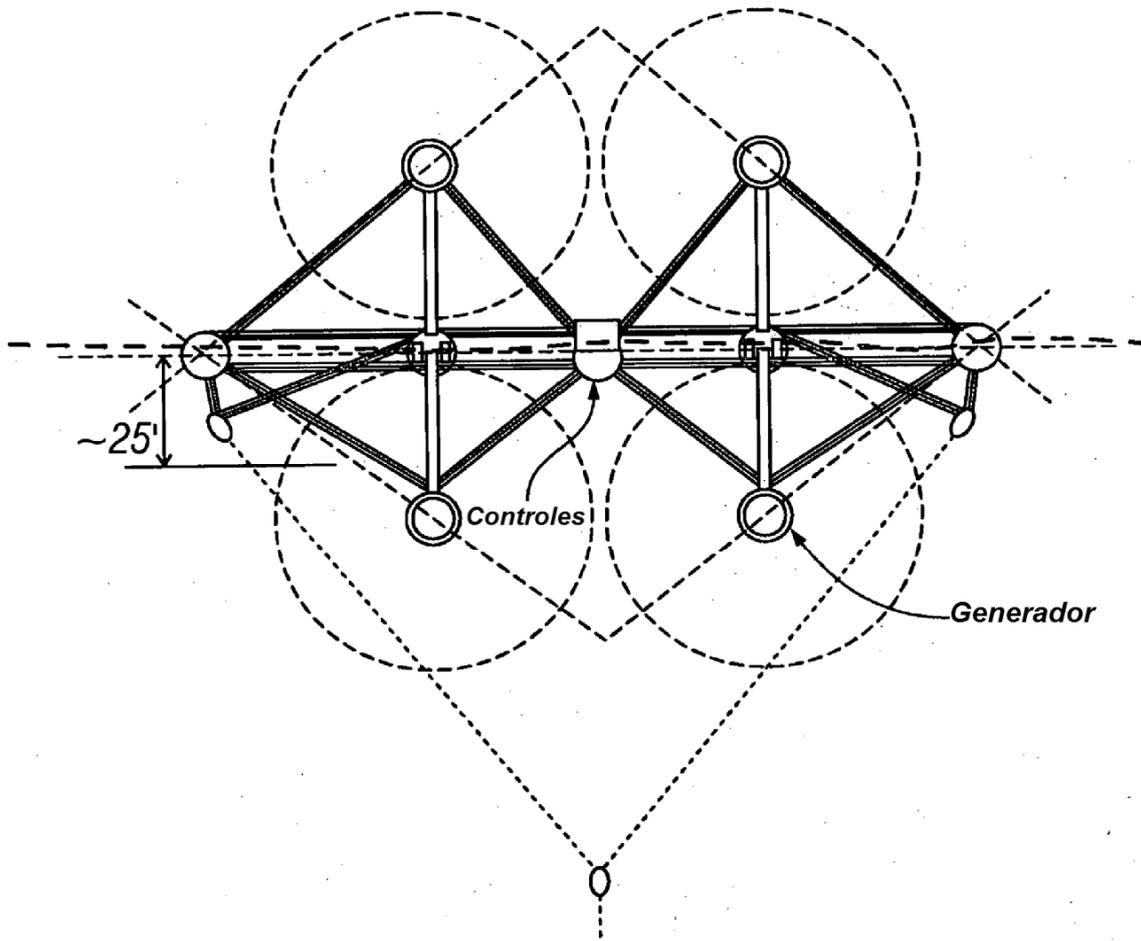


FIG. 14

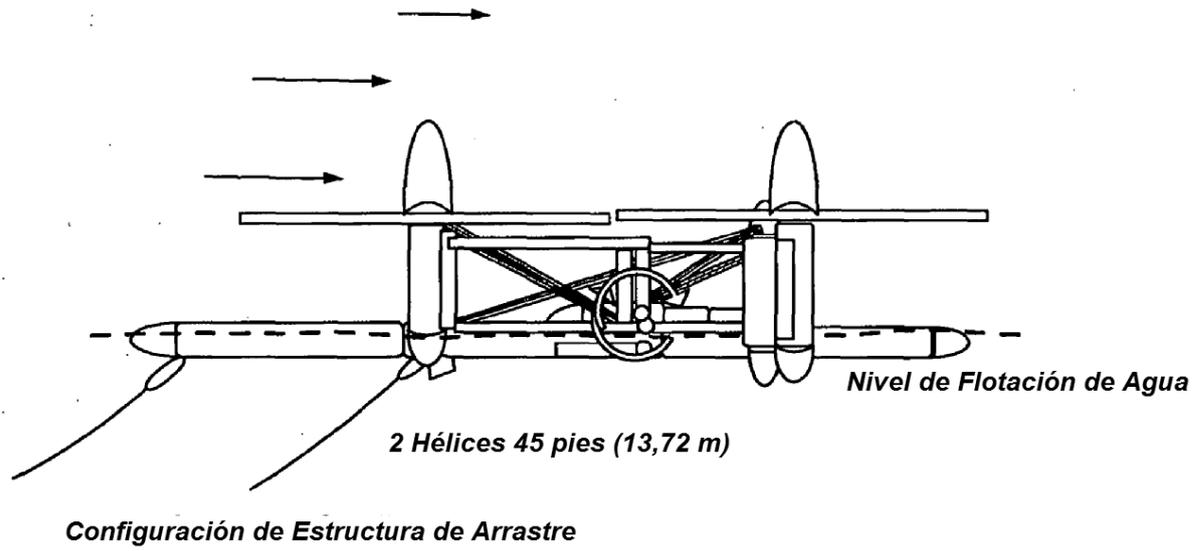


FIG. 15