

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 002**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/26** (2006.01)

**F03B 17/06** (2006.01)

**B63B 21/20** (2006.01)

**B63B 35/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2013 E 13165147 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2657512**

54 Título: **Sistemas de distribución y transmisión de energía para un sistema de generación de energía por corrientes de agua**

30 Prioridad:

**24.04.2012 US 201213454608**

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

**04.07.2016**

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 2 576 002 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**

Sistemas de distribución y transmisión de energía para un sistema de generación de energía por corrientes de agua

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de generación de energía renovable y, en una realización particular aunque no limitante, a subsistemas para un sistema sumergido o a flote para generar energía derivada de corrientes de agua de movimiento rápido usando un sistema 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 el presente documento son adecuados individualmente para sistemas que usan sistemas impulsores de generador convencionales y otros medios de creación de energía.

También se desvelan medios para la transmisión de la energía generada por dichos sistemas a redes eléctricas vecinas, sistemas de amarre, y procedimientos y medios para instalar y mantener componentes de dichos sistemas.

El documento US2011/0256784 desvela la técnica anterior más cercana.

**Antecedentes de la invención**

15 Con el aumento de los precios de los combustibles fósiles y la creciente demanda de energía en las economías y las industrias del mundo, se buscan constantemente procedimientos diferentes y más eficientes de desarrollar fuentes de energía. Son de particular interés las fuentes de energía alternativa renovable, tales como dispositivos de energía solar con baterías, los parques eólicos, la generación de energía mareomotriz, los generadores de olas y los sistemas que obtienen energía de hidrógeno secuestrado.

20 Sin embargo, dichas fuentes de energía no son aún capaces de suministrar energía continua a un área extensa a escala comercial. Además, algunas tecnologías propuestas, como los sistemas alimentados por hidrógeno que implican el refinamiento de agua de mar, realmente consumen más energía en el proceso de conversión de la que se obtiene al final del sistema.

25 Otras, tales como el hidrógeno derivado de metano, producen cantidades iguales o mayores de emisiones de combustibles fósiles que las tecnologías convencionales basadas en el petróleo que pretenden reemplazar, y otras más, como los sistemas basados en generadores eólicos, solares y baterías, requieren tal exposición uniforme a luz solar o vientos significativos que su eficacia comercial está intrínsecamente limitada.

Un sistema de energía alternativa propuesto implica el aprovechamiento de energía hídrica derivada de corrientes de agua de movimiento rápido, por ejemplo, corrientes con unas velocidades de flujo máximas de 2 m/s o más.

30 En la práctica, sin embargo, los dispositivos de generación de energía submarina existentes han demostrado ser inadecuados, incluso cuando se instalan en sitios donde las velocidades de corriente son constantemente muy rápidas. Esto es debido, al menos en parte, tanto a una falta de medios eficientes para generar la energía como a una falta de sistemas de transformación de energía necesarios para compensar incompatibilidades entre los sistemas de generación de energía submarina y estaciones transformadoras de energía, marítimas o en tierra  
35 auxiliares.

Los diseños de hélice y los mecanismos de generación de energía marítimos existentes también han demostrado ser inadecuados, al no proporcionar ni la generación de energía adecuada ni la estabilidad suficiente contra las corrientes de máxima velocidad.

40 Para capturar una cantidad de energía cinética significativa a partir del flujo de las corrientes oceánicas, la zona afectada debe ser amplia. Como resultado, los diseños de hélice existentes emplean estructuras prohibitivamente grandes, pesadas y caras fabricadas a partir de tecnologías de metal pesado y metal compuesto conocidas actualmente. Además, estas hélices marinas crean problemas de cavitación que se originan desde las puntas de las palas de la hélice que se mueven a través del agua circundante.

45 Otro problema significativo son las cuestiones ambientales asociadas con la obtención de energía a partir de las corrientes de agua sin dañar la vida acuática circundante, tal como los arrecifes, la flora marina, bancos de peces, etc.

50 Existe, por lo tanto, una necesidad importante y aún insatisfecha de un sistema de generación de energía por corrientes de agua y subsistemas auxiliares que superen los problemas que existen actualmente en la técnica, y que generen y transfieran de forma compatible una cantidad significativa de energía a una estación amplificadora de manera segura, fiable y respetuosa con el medio ambiente. Las configuraciones seguras y eficientes sobre el terreno, sistemas de amarre fiables y repetibles, y procedimientos y medios para instalar y mantener dichos sistemas también se requieren.

**Sumario de la invención**

Las necesidades mencionadas anteriormente se satisfacen mediante una instalación de consolidación para consolidar la energía generada por una pluralidad de sistemas de generación de energía por corrientes de agua de acuerdo con la reivindicación 1.

- 5 Se proporciona una instalación de consolidación para consolidar la energía generada por una pluralidad de sistemas de generación de energía por corrientes de agua, en la 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 flotante, y una o más de las cámaras de aislamiento incluye, además, un fluido flotante dispuesto en su interior, una válvula de admisión de fluido flotante, una válvula de salida de fluido flotante, y un medio de control de la fuente de fluido flotante.

Las unidades de generación de energía también incluyen 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 energía; un sistema de amarre; y un medio de salida de la energía generada.

- 15 La instalación de consolidación incluye, además, medios para recibir energía generada por dichos sistemas de generación de energía, transferir o exportar energía mediante los medios de salida, y suministrar energía consolidada a una red eléctrica cercana, directamente o después de transferencia a un dispositivo de transformación de energía intermedio.

- 20 En la presente invención, una plataforma SPAR flotante o sumergida (una plataforma estable con un gran calado u otro casco adecuado) se usa como instalación de consolidación.

La instalación de consolidación está amarrada de forma óptima de una manera segura, por ejemplo, usando una cuerda de polipropileno, que puede estar formada a partir de una parte enrollada en una única dirección; dos o más partes estratificadas enrolladas en direcciones alternas; combinada o sustituida por cableado metálico; y/o enrollada alrededor de la línea de salida de energía consolidada.

- 25 Los receptáculos y hélices de generación de energía pueden instalarse y mantenerse haciéndoles girar en una posición horizontal. Mientras sigue en el agua, un cabezal cónico central flotante da a las hélices flotación adecuada para alcanzar la superficie y máxima estabilidad frente al viento, la corriente u otras condiciones meteorológicas una vez a nivel de la superficie. De esta manera, la instalación y el mantenimiento de las unidades se consiguen de forma segura y eficiente.

30 **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones desveladas en el presente documento se entenderán mejor, y numerosos objetivos, características y ventajas se harán evidentes para los expertos en la materia haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

- La figura 1 es una vista lateral de un sistema de generación de energía por corrientes de agua de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.
- 35 La figura 2 es una vista frontal de un sistema de generación de energía por corrientes 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 una tercera realización de la invención.
- 40 La figura 4A es una vista superior de un sistema de generación de energía por corrientes 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 de atadura asociado.
- La figura 5 es una vista frontal de una realización de sistema de hélice ejemplar adecuada para su uso en relación con un sistema de generación de energía sumergido o a flote.
- 45 La figura 6 es una vista en perspectiva de la realización de sistema de hélice ejemplar representada en la figura 5, con una parte detallada del sistema aislada para perspectiva adicional.
- La figura 7 es una vista aislada de una parte de la realización de sistema de hélice ejemplar representada en las figuras 5 y 6.
- 50 La figura 8 es una vista lateral de un sistema de generación de energía por corrientes de agua ejemplar que comprende además una agrupación de hélices montadas en dirección de arrastre.

- La figura 9 es una vista posterior del sistema de generación de energía por corrientes de agua ejemplar representado en la figura 8, en el que un número par de hélices facilitan compensar las fuerzas rotacionales en una serie montada en dirección de arrastre.
- 5 La figura 10 es una vista esquemática de una granja de generación de energía por corrientes de agua ejemplar que comprende una pluralidad de sistemas de generación de energía conectados.
- La figura 11 es una vista esquemática de un sistema de generación de energía directo amarrado permanentemente en el que no hay patines de flotación soportando una plataforma SPAR.
- La figura 12 es una vista lateral de un sistema de generación de energía de diseño basculante de cuatro unidades.
- 10 La figura 13 es una vista superior de la figura 12, que comprende de nuevo un sistema de generación de energía y de hélice de diseño basculante de cuatro unidades.
- La figura 14 es una vista frontal de un sistema de generación de energía y de hélice de diseño basculante de cuatro unidades.
- 15 La figura 15 es un sistema de generación de energía y de hélice de diseño basculante de cuatro unidades, que muestra los receptáculos generadores y hélices asociadas en una posición invertida adecuada para instalación y mantenimiento.

**Descripción detallada de varias realizaciones ejemplares**

20 La siguiente descripción incluye una serie de diseños de sistema y procedimientos de uso ejemplares que materializan ventajas del objeto de la presente invención. Sin embargo, los expertos en la materia entenderán que las realizaciones desveladas admitirán la práctica sin algunos de los detalles específicos enumerados en el presente documento. En otros casos, no se han descrito o mostrado en detalle los equipos, protocolos, estructuras y técnicas de generación de energía submarinos bien conocidos a fin de evitar la ofuscación de la invención.

25 La figura 1 representa una primera realización ejemplar de un sistema 101 de generación de energía por corrientes de agua. En su forma más sencilla, el sistema comprende uno o más de un tubo de flotación 102, un tubo de lastre 103, y una unidad 104 de generación de energía de tipo inducción equipada con una hélice 105 impulsada por árbol.

30 Aunque la figura 1 representa solamente un único tubo de flotación 102, unidad de lastre 103 y componente generador 104, también se contemplan sistemas más grandes que comprendan una pluralidad de cualquiera o todas de dichas estructuras. En cualquier caso, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que la presente invención de un sistema limitado con elementos singulares es meramente ilustrativa, y no pretende limitar el alcance del objeto con respecto a miembros plurales de cualquiera de los elementos desvelados en el presente documento.

En una realización ejemplar, una unidad 104 de generación de energía (por ejemplo, una unidad de generación de energía de tipo inducción) produce energía eléctrica que puede enviarse con o sin transformación como una corriente alterna (CA) o una corriente continua (CC) a una estación amplificadora asociada u otro medio para facilitar la transferencia de energía desde mar adentro a una red eléctrica cercana o similar.

35 Generalmente, los generadores de tipo inducción asíncronos son mecánica y eléctricamente más sencillos que otros tipos de generadores de energía eléctrica síncronos o generadores de corriente continua (CC). Un motor de inducción se convierte en un generador de energía de salida cuando la energía para el campo magnético procede del estator o cuando el rotor tiene imanes permanentes que crean un campo magnético impartiendo de este modo deslizamiento negativo. También tienden a ser más robustos y duraderos, sin requerir habitualmente cepillos ni  
40 conmutadores. En la mayoría de los casos, se usa un motor asíncrono de CA regular como generador, sin modificación interna alguna.

45 En el funcionamiento normal del motor, la rotación de flujo del estator del motor es fijada por la frecuencia de energía (normalmente de aproximadamente 50 o 60 Hercios) y es más rápida que la rotación del rotor. Esto hace que el flujo del estator induzca corrientes del rotor, lo que, a su vez, crea un flujo del rotor que tiene una polaridad magnética opuesta al estator. De esta manera, el rotor es arrastrado detrás del flujo del estator de valor igual al deslizamiento.

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

50 En el funcionamiento del generador, un accionador principal de alguna clase (por ejemplo., una turbina, motor, árbol accionador de hélice, etc.) impulsa el rotor por encima de velocidad síncrona. El flujo del estator sigue induciendo corrientes en el rotor, pero dado que el flujo del rotor opuesto está cortando ahora las bobinas del estator, se produce corriente activa en las bobinas del estator, y de este modo el motor está funcionando ahora como un generador capaz de enviar energía de vuelta hacia una red eléctrica cercana.

- 5 Por lo tanto, pueden usarse generadores de inducción para producir energía eléctrica alterna cuando se hace girar a un árbol interno más rápidamente que la frecuencia síncrona. En diversas realizaciones de la presente invención, la rotación del árbol se consigue por medio de una hélice asociada 105 dispuesta en una corriente de agua de movimiento relativamente rápido, aunque otros procedimientos y medios de rotación del árbol también podrían concebirse y aplicarse para un efecto similar.
- 10 Dado que no tienen imanes permanentes en el rotor, una limitación de los generadores de inducción es que no se autoexcitan; por consiguiente, requieren una fuente de alimentación externa (como podría obtenerse fácilmente a partir de la red usando un cordón umbilical a través del agua o por debajo de un lecho marino asociado), o mediante "arranque suave" por medio de un arrancador de tensión reducida a fin de producir un flujo magnético de rotación inicial.
- 15 Los arrancadores de tensión reducida pueden otorgar ventajas importantes al sistema, tales como determinar rápidamente las frecuencias operativas apropiadas, y permitir un re arranque no alimentado en el caso de que la red eléctrica auxiliar se desactive por algún motivo, por ejemplo, como resultado de daños causados por un huracán u otro desastre natural.
- 20 La energía derivada del sistema se usará, al menos en algunos casos, probablemente para suplementar un sistema de red eléctrica cercana, y por lo tanto las frecuencias operativas de la red dictarán, en gran parte, la frecuencia de funcionamiento para el sistema de generación de energía. Por ejemplo, la amplia mayoría de sistemas de red eléctrica grande emplean actualmente una frecuencia operativa nominal de entre 50 y 60 Hercios.
- Otra consideración importante para los sistemas de generación de energía marítimos grandes es el establecimiento de un equilibrio de flotación bien equilibrado que permita una posición dinámica continua independientemente de las velocidades de las corrientes circundantes.
- 25 Incluso suponiendo que las velocidades de las corrientes circundantes permanezcan dentro de un intervalo predeterminado de velocidades operativas aceptables, el equilibrio del sistema aún podría ser puesto en peligro por un huracán especialmente potente o similar, pero la disposición del sistema muy por debajo de la línea de una fuerza de onda típica, es decir, de aproximadamente 30-45 metros de profundidad más o menos, reducirá en gran medida esas perturbaciones. Las diversas fuerzas de compensación de las kilolibras gravitacionales, kilolibras de flotación, kilolibras de arrastre y kilolibras de sujeción también contribuirán a la estabilidad global de un sistema de generación de energía por corrientes de agua continuas.
- 30 El tubo de flotación 102 ilustrado en la Figura 1 comprende una parte de cuerpo cilíndrica dispuesta en comunicación mecánica con al menos una unidad de casquete terminal 104 que aloja los generadores de inducción mencionados anteriormente. Los generadores y las carcasas de casquete terminal asociadas contienen un árbol accionador y, en algunas realizaciones, un engranaje planetario relacionado para la hélice 105.
- 35 En algunas realizaciones, el tubo de flotación 102 comprende una forma cúbica o hexagonal, aunque la práctica efectiva de la invención admitirá también otras geometrías. En una realización preferida actualmente, el tubo de flotación 102 es aproximadamente cilíndrico, y presurizado con gas (por ejemplo, aire u otro gas flotante seguro) de modo que, cuando el sistema está retenido por una atadura anclada 106, las fuerzas combinadas constituirán la principal fuerza de elevación para el sistema de generación de energía por corrientes oceánicas.
- 40 Por consiguiente, el sistema puede elevarse a la superficie para su mantenimiento o inspección apagando los generadores, reduciendo de este modo el arrastre en el sistema, lo que permite que el sistema se eleve algo hacia la superficie. Abriendo el uno o varios tubos de flotación y/o evacuando fluido del uno o varios tubos de lastre, la unidad puede sacarse a flote de manera segura y fiable a la superficie para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento o inspección.
- 45 De acuerdo con un procedimiento de movimiento del sistema, la atadura 106 también puede liberarse, de modo que la estructura flotante pueda remolcarse o propulsarse de otro modo hacia tierra u otro sitio operativo.
- 50 La realización ejemplar representada en la figura 2 es una vista frontal del sistema de generación de energía 201, equipado con una pluralidad de hélices 206 de movimiento lento relativamente grandes dispuestas en comunicación mecánica con los miembros de árbol de las unidades 204 y 205 generadoras de inducción. Tal como se ve con más detalle en la figura 4A, las unidades de generador están dispuestas dentro de unidades de casquete terminal alojadas dentro de los tubos de flotación 102, así como a lo largo de una parte del cuerpo de tipo celosía del sistema dispuesta entre los tubos de flotación.
- 55 Volviendo ahora a la figura 3, se proporciona una vista detallada del interior de los tubos de lastre previamente representados como el artículo 103 en la figura 1, en la que una pluralidad de cámaras de aislamiento de tipo laberinto se unen de tal modo que puedan usarse la separación y la mezcla de diversos gases y líquidos para permitir un control mucho más preciso del equilibrio y de las fuerzas de flotación presentes en el sistema del que puede obtenerse por medio de los tubos de flotación 102 en solitario.
- Tal como se ve 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 antirretorno de sobrepresión y una primera cámara de aislamiento 303.

5 La primera cámara de aislamiento 303 contiene tanto un gas seco (por ejemplo, aire que tiene una presión igual a la presión del agua exterior circundante) presente en una parte superior de la cámara, como un fluido (por ejemplo, agua de mar arrastrada hacia dentro desde el exterior de la cámara de aislamiento) presente en una parte inferior de la cámara.

10 La primera cámara de aislamiento 303 también comprende una línea 305 de alimentación de aire secundaria para distribuir aire a otros compartimentos llenos de gas de la estructura, así como líneas para mezclas de gas y fluido de la primera cámara de aislamiento 303 a la segunda cámara de aislamiento 304. A su vez, la segunda cámara de aislamiento 304 comprende una parte superior que contiene aire y una parte inferior que contiene agua o similar, separadas por un cilindro de aislamiento. En otras realizaciones, el cilindro de 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.

15 En realizaciones adicionales, cualquiera (o ambas) de las primera o segunda cámaras de aislamiento 303, 304 está equipada con instrumental (por ejemplo, sensores de presión o sensores de presión diferencial) para determinar si hay fluido o aire en una cavidad particular del sistema. En otras realizaciones adicionales, dichos sensores se introducen en un sistema de control lógico (no mostrado) usado para ayudar a la detección y el control de las mediciones relacionadas con el equilibrio y el empuje.

20 El proceso de hacer avanzar aire a través del sistema en las partes superiores de los tanques al tiempo que se garantiza que el agua u otros líquidos permanecen en las partes inferiores se continúa hasta obtener las características de equilibrio y de control deseadas. Finalmente, se proporciona una cámara 306 de aislamiento final, que, en la realización representada, comprende una válvula 309 de salida de aire usada para permitir que el aire salga del sistema y, en algunas circunstancias, que el agua entre en el sistema.

25 Se proporciona una válvula 307 de alivio de presión en el caso de que las presiones internas se vuelvan tan grandes que se requiera una descarga 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 parte inferior del tanque de aislamiento 306.

30 De nuevo, pueden usarse fluidos de barrera y similares para reducir la interacción entre el aire y el agua, y cuando el sistema está equipado con un flotador de control que flota sobre el agua del mar, el fluido de barrera puede retenerse incluso después de haberse expulsado toda el agua de mar. Además, puede conseguirse una mayor estabilidad en los tanques usando una serie de deflectores para garantizar que el agua atrapada en los tanques no se mueve rápidamente dentro de las cámaras, lo que tendería, en caso contrario, a alterar el equilibrio y el control. Además, se emplearán múltiples tanques y seccionalización para abordar una posible inclinación de la unidad, de modo que el agua y el gas son desviados apropiadamente para impedir una inclinación excesiva.

35 La figura 4A presenta una vista superior de una realización del sistema 401 que, en este caso, comprende un primer tubo de flotación 402 y un segundo tubo de flotación 403; una parte 404 de cuerpo de tipo celosía, de conexión dispuesta entre ellos; una pluralidad de generadores de inducción 405, 406 estratégicamente situados alrededor de los tubos de flotación y las partes del cuerpo; una pluralidad de hélices 407 dispuestas en comunicación mecánica con los generadores; y una pluralidad de miembros de atadura 408, 409 dispuestos en comunicación mecánica con los tubos de flotación 402, 403.

40 En la realización ejemplar representada en la figura 4B, miembros de atadura 408 y 409 está unidos para formar una única atadura de anclaje 410 que está fijado de manera conocida al miembro de anclaje 411.

45 En diversas realizaciones, la atadura de anclaje 410 comprende además medios para retener y liberar de forma variable el sistema. En diversas realizaciones más, la atadura de anclaje 410 termina en un miembro de anclaje 411 equipado con un dispositivo de terminación de atadura (no mostrado). El miembro de anclaje 411 comprende cualquier tipo de ancla conocida (por ejemplo, un ancla de peso muerto, ancla de succión, etc.) adecuado para mantener una posición fija en corrientes de movimiento rápido, que suelen encontrarse en ubicaciones con lechos marinos rocosos debido a la erosión del lecho causada por el rápido movimiento de las corrientes.

50 En otras realizaciones más, esta parte de la estación puede fijarse sujetando la atadura de anclaje 410 a una embarcación de superficie u otro dispositivo de generación de energía por corrientes oceánicas, o a otra ubicación de amarre central como una boya flotante de posicionamiento dinámico.

Volviendo ahora a realizaciones de sistema de hélice ejemplares descritas solamente de forma muy general anteriormente, Las figuras 5 - 7 representan varias realizaciones ejemplares específicas aunque no limitantes de un sistema de hélice adecuado para su uso con el sistema de generación de energía por corrientes de agua desvelado en el presente documento.

55 Los expertos en la materia también apreciarán, sin embargo, que aunque los sistemas de hélice ejemplares desvelados en el presente documento se describen con referencia a un sistema de generación de energía por

corrientes de agua impulsado por un generador de energía de tipo inducción, los sistemas de hélice ejemplares también pueden usarse en relación con otros tipos de sistemas de generación de energía sumergidos o a flote para conseguir muchas de las mismas ventajas enseñadas en el presente documento.

5 La figura 5, por ejemplo, es una vista frontal de una realización de sistema de hélice ejemplar adecuada para su uso en relación con un sistema de generación de energía sumergido o a flote.

10 Tal como se representa, la hélice 501 comprende una pluralidad de conjuntos de aletas alternas y anillos que las encierran, que se denominarán en lo sucesivo como una configuración de "anillos y aletas". Dichas hélices de anillos y aletas estarían diseñadas normalmente para la especificación para cada aplicación particular, y se conseguirá una eficiencia mejorada diseñando a medida el diámetro, la circunferencia, la curvatura y la excentricidad de disposición de la aleta, selecciones de material, etc., basándose en las frecuencias operativas requeridas por los generadores de inducción, la velocidad de la corrientes de agua circundantes, consideraciones medioambientales (por ejemplo, si las hélices deben tener aberturas o vacíos a través de los cuales puedan pasar peces u otra vida acuática), etc.

15 Análogamente, puede hacerse girar a conjuntos de hélices cercanos en direcciones opuestas (por ejemplo, en sentido o en sentido contrario a las agujas del reloj, tal como se ilustra de forma representativa en la figura 2) a fin de crear remolinos o zonas muertas delante de las hélices, que pueden repeler o proteger de otro modo la vida marina, mejorar la eficiencia de rotación de la hélice, etc.

20 Cuando se usa en relación con un sistema de generación de energía por corrientes de agua impulsado por un generador de energía de tipo inducción, el único requisito operativo firme para las hélices es que sean capaces de hacer girar árboles del generador asociados a las velocidades requeridas para obtener frecuencias operativas del generador.

Sin embargo, es altamente deseable que el sistema como un todo permanezca pasivo con respecto a la interacción con la vida marina local, y se consiguen resultados de rendimiento óptimos cuando el sistema genera la energía de salida requerida mientras sigue manteniendo un entorno operativo neutro desde el punto de vista medioambiental.

25 Comenzando en el centro del dispositivo, se ve que la hélice 501 está dispuesta alrededor de una parte 502 de cubo o árbol que tanto sujeta la hélice 501 firmemente (por ejemplo, por medio de fijación mecánica, tal como fijadores resistentes a la corrosión encapsulados, soldando un cuerpo de hélice o múltiples piezas de un cuerpo de hélice a un árbol en un único todo unitario, etc.) e imparte un par rotacional proporcional al impulso angular de la hélice giratoria sobre el árbol para suministro al generador de potencia.

30 En algunas realizaciones, la parte 502 de cubo o árbol comprende, además, un medio de flotación para mejorar la conexión mecánica de la hélice de anillos y aletas al árbol, y para impedir que la inclinación hacia delante de la hélice que, en caso contrario, tendería a deformar o tensionar el árbol. Como los medios de fijación, árboles accionadores apropiados para esta tarea existen actualmente en la técnica registrada, y pueden comprender, por ejemplo, una serie de engranajes y/o embragues, sistemas de frenado, etc., como se requeriría para comunicar de forma efectiva el par rotacional de la hélice al árbol del generador.

35 En una realización específica, un fijador de retención tal como un conjunto de perno y arandela o similar se retira del extremo de un árbol accionador, la estructura de hélice de anillos y aletas se desliza sobre el árbol expuesto, y a continuación el fijador se vuelve a colocar, fijando de este modo mecánicamente la estructura de anillos y aletas al árbol. Óptimamente, el fijador estaría cubierto entonces por una tapa hermética al agua flotante o similar, tal como se ilustra de forma representativa en la figura 6, artículo 601.

40 En otras realizaciones, un cubo central comprende el punto de conexión de comunicación mecánica con un gran árbol, que puede instalarse o retirarse y sustituirse como una única estructura, de modo que la hélice pueda revisarse y mantenerse fácilmente mientras está en el agua.

45 En otras realizaciones, el sistema comprende, además, un medio de flotación a fin de resistir la carga inclinada hacia delante del conjunto de árbol y hélice. Por ejemplo, espuma líquida u otros productos químicos fluidos ligeros, o incluso aire comprimido, puede cargarse en un cabezal cónico que encaja sobre el extremo de un cubo de hélice, de modo que la hélice sea libre de girar alrededor de un árbol accionador detrás del cabezal cónico flotante, elevando de este modo el peso del conjunto de modo que se eviten cargas inclinadas hacia delante pesadas.

50 Análogamente, las hélices (especialmente las hélices frontales en un sistema sumergido, que absorben la mayoría de la fuerza de la corriente de agua) pueden estar montadas en dirección de arrastre para superar la resistencia atribuible a la presión acumulativa del fluido contra la estructura de anillos y aletas.

Independientemente de cómo está fijada la hélice al árbol y si está montada en dirección de arrastre y/o soportada por un miembro de flotación, la realización ejemplar del diseño de anillos y aletas representado en el presente documento es generalmente similar en una multitud de otras realizaciones relacionadas adecuadas para la práctica dentro del sistema.

55 Por ejemplo, en la realización representada en la figura 5, el conjunto 502 de fijación del cubo está rodeada

concéntricamente por un primer miembro de anillo 503, más allá del cual (es decir, adicionalmente fuera del conjunto de cubo) hay un segundo miembro de anillo 506. Dispuesto entre el primer miembro de anillo 503 y el segundo miembro de anillo 506 hay una pluralidad de miembros de aleta 504, cada uno de los cuales está separado por un hueco 505.

- 5 El espacio hueco entre miembros de aleta 504 variará por aplicación, pero por norma general los huecos entre aletas aumentarán de tamaño desde el anillo más interno (en el que los huecos son normalmente los más pequeños) hasta los anillos más externos (donde el espacio hueco es el más grande).

10 Otras configuraciones admiten huecos de tamaños similares, o incluso huecos más grandes en anillos internos que en anillos externos, pero una ventaja de una superficie de anillo interno en su mayoría maciza, en la que la mayoría de la totalidad del posible área superficial del anillo es utilizada por aletas en lugar de huecos, es que la estructura tenderá a empujar la presión de fluido lejos de centro de la estructura hacia los anillos más externos y más allá del perímetro del dispositivo.

15 Este enfoque ayuda a la hélice a girar más fácilmente, y aborda más que suficientemente las cuestiones medioambientales empujando a la vida marina de pequeño tamaño y similar hacia el exterior del sistema, de modo que puedan evitar la estructura de la hélice completamente, o también pasar a través de uno de los huecos más grandes de movimiento lento en los anillos externos.

20 Dado que la resistencia contra la estructura se reduce y un par rotacional más grande es transmitido a los árboles accionadores con arrastre y pérdida, también se puede hacer girar a la hélice muy lentamente (en una realización ejemplar que genera resultados sobre el terreno satisfactorios, la hélice gira a una velocidad de solamente 8 rpm), garantizando además que la vida marina será capaz de evitar la estructura y mejorando la neutralidad de la seguridad medioambiental. Las lentas velocidades rotacionales también hacen al sistema más robusto, duradero y menos probable que sufra daños si entra en contacto con desechos o un objeto sumergido que flote en las inmediaciones.

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

30 Un miembro 515 de anillo final encierra a la periferia externa del sistema de hélice, proporcionando de nuevo protección medioambiental adicional, dado que la vida marina que golpee involuntariamente el anillo externo 515 encontrará solamente un golpe de refilón contra una estructura de movimiento lento, mientras que las presiones del agua y el fluido son empujadas lejos del dispositivo cuanto sea posible.

35 Tal como se ve en la sección encuadrada 603 de la figura 6 (que representa, en general, la realización ejemplar de la figura 5, aunque con la parte de fijación al cubo cubierta por un casquete resistente al agua 601 o similar), el paso de las aletas 602 medido con respecto al plano del conjunto de anillos y aletas puede alterarse.

40 Por ejemplo, las aletas pueden disponerse con mayor excentricidad a medida que su posición dentro del conjunto se hace avanzar desde el primer anillo que rodea el cubo central hacia los anillos más externos. Disponer las aletas 602 en un paso más plano dentro de los anillos interiores y más excéntricamente (es decir, en un plano más perpendicular al plano del conjunto) en los anillos externos tenderá a aplanar y suavizar el flujo de agua alrededor de la hélice, consiguiendo de este modo características de flujo de fluido superiores (lo que minimiza la vibración del sistema), creando menos resistencia contra la estructura de hélice, y proporcionando una mayor fuerza centrífuga del fluido circundante para garantizar que la vida marina evita el centro del sistema de hélice.

45 Por otro lado, hélices que tienen series de aletas dispuestas de modo que las aletas más cercanas al cubo tengan la mayor excentricidad medida con respecto al plano de la hélice como un todo, y a continuación se aplanen a medida que las aletas se disponen hacia el exterior del sistema de hélice (como es típico con una hélice de un barco o un submarino, por ejemplo) también pueden dar los mejores resultados en términos de reducción de la vibración, armonía y rendimiento global del sistema.

50 En la realización ejemplar 701 representada en la figura 7 (que es representativa de la región encuadrada 603 en la figura 6), una serie de aletas curvas 702, 704, 706, 708 están dispuestas entre huecos 703, 705, 707, 709 de tamaño creciente (nótese que el cubo de fijación central desde el cual se originan los anillos concéntricos más pequeños estaría ubicado más allá de la parte superior de la figura, por ejemplo, por encima de la aleta 702 y el hueco 703).

55 En la realización representada, las aletas 702, 704, 706, 708 también están dispuestas con mayor excentricidad, dado que están instaladas cada vez más lejos del cubo, de modo que el ángulo de disposición de la aleta 708 medido con respecto al plano del conjunto sería mayor que el de las aletas 702, 704, 706 dispuestas más cerca del cubo de fijación central.

- 5 En la realización ejemplar representada en la figura 8, se proporciona un sistema de generación de energía por corrientes de agua sumergido y atado en el que toda la agrupación de hélices está montada en dirección de arrastre, de modo que se evita la interferencia de energía de una agrupación montada frontal, y se consigue una mayor estabilidad del sistema y eficiencia energética. Tal como se ve, esta configuración particular admite una o más hélices dispuestas tanto en una posición de montaje en dirección de arrastre superior como una posición de montaje en dirección arrastre inferior, a través de la disposición de múltiples agrupaciones de hélices en un mayor o menor número de niveles también es posible.
- 10 En la figura 9, que es esencialmente una vista posterior de la realización alternativa representada en la figura 8, se ve que una realización específica aunque no limitante comprende una agrupación de hélices que tiene diez hélices en total, con seis hélices estando dispuestas en una posición de montaje en dirección de arrastre inferior, y cuatro hélices estando dispuestas en una posición montada en dirección de arrastre superior, con la serie en posición superior estando distribuida adicionalmente con dos hélices a cada lado del sistema de generación de energía.
- 15 Se ha descubierto que esta realización particular admite características de generación de energía superiores, mientras que estabiliza la estructura del sistema adjunto minimizando la vibración, y permitiendo que pares de hélices emparejados uniformemente funcionen en direcciones rotacionales opuestas.
- Aunque dichas configuraciones son óptimas para ciertas realizaciones de un sistema de generación de energía, en su lugar pueden emplearse un número virtualmente ilimitado de otras agrupaciones y configuraciones de disposición cuando se considere eficaz en un entorno operativo dado.
- 20 Como una cuestión práctica, la composición de toda la estructura de hélice de anillos y aletas sería probablemente común, por ejemplo, toda hecha de un metal duradero, revestido o resistente a la corrosión y ligero. Sin embargo, composiciones de material diferentes entre aletas y anillos también son posibles, y otros materiales tales como compuestos metálicos, compuestos de carbono duro, cerámicas, etc., son ciertamente posibles sin alejarse del alcance de la presente divulgación.
- 25 Tal como se representa en la figura 10, cuando existe una necesidad de un número de estructuras de generación de energía en una zona, el sistema de energía puede consolidarse para eficiencia, con conexiones de energía y control estando enlazadas de vuelta a una ubicación central, tal como una subestación de control, establecida ceca de las unidades instaladas. Esta consolidación de unidades puede producirse en la superficie del océano, o sobre (o cerca de) una estructura flotante en medio del agua.
- 30 La subestación de control de acuerdo con la invención está instalada sobre una estructura de superficie flotante como una plataforma SPAR, o puede ser una subestación de control sumergida, posiblemente usando un sistema de boya, a la que se puede hacer flotar hasta la superficie para mantenimiento.
- En aguas profundas, una instalación de conexión común en el lecho oceánico requeriría más cables de alimentación y sistemas de control adicionales que incrementarían el coste y la complejidad del sistema, y serían más difíciles de mantener que una instalación construida más cerca de corrientes en la superficie del océano.
- 35 Una estructura medio-flotante construida usando elementos similares a los patines de flotación asociados con las unidades de generación proporcionaría una ubicación de recogida de energía común mientras que no dejaría que ninguna estructura permanente penetrara en la superficie del agua. Esta configuración también requeriría que menos líneas de potencia y control largas discurran hasta el lecho oceánico, y dejaría mucho calado para buques en la zona.
- 40 La ubicación de recogida común de acuerdo con la invención comprende una estructura que está amarrada al lecho oceánico y flota sobre la superficie del océano cerca de las unidades de generación. Este enfoque comprende una plataforma SPAR (tal como se muestra en la figura 10) que tiene algunas de las mejores características para diseño y estabilidad durante eventos meteorológicos y huracanes debido a su reducido perfil frente al viento y las olas.
- 45 Una estación consolidada de energía permite la transformación a una tensión de transmisión más elevada, consiguiendo de este modo capacidad de transferencia de energía superior y modificable a escala hasta una red de transmisión de energía conectada a tierra. Permitir tensiones de transmisión mayores también proporciona instalaciones ubicadas más lejos de tierra con buenos resultados de transmisión de energía. La transformación de energía definitiva puede realizarse en la estación de consolidación o uno o más transformadores de energía instalados en un hormigón de limpieza "*mud mat*" en el lecho oceánico.
- 50 Dependiendo de otras variables, también puede haber una necesidad de un dispositivo síncrono basado en tierra (tal como un gran motor síncrono o un gran impulsor electrónico de velocidad variable) usado para estabilizar la red eléctrica cuando la generación mediante corrientes oceánicas mar adentro es significativamente mayor que la red de generación en tierra.
- 55 Para longitudes significativas fuera en el mar, es posible tener un cordón de conexión de transmisión de potencia de alta tensión CC desde la estructura de consolidación todo el camino de vuelta a la playa. La energía de CA necesaria para las unidades de generación individuales puede generarse a partir de la tensión de CC hasta CA

trifásica a fin de alimentar los generadores de inducción. En la playa (o cerca de la playa, o incluso seguidamente), la CC está conectada a la red eléctrica o red inteligente como una interconexión de energía de CC típica.

5 Tal como se representa en la figura 11, en ubicaciones oceánicas más profundas, no es necesario que la plataforma SPAR esté soportada por patines de flotación, y puede servir, por lo tanto, como instalación de consolidación útil para conectar y desconectar de forma modificable a escala una pluralidad de unidades de generación de energía individuales. Tal como se muestra, la plataforma SPAR sumergida aproximadamente 61-152 metros está amarrada permanentemente al lecho oceánico usando un medio de amarre fuerte y seguro, tal como una gruesa cuerda de polipropileno. Si la cuerda de polipropileno se enrolla en primer lugar en una dirección y a continuación se cubre con una segunda cuerda enrollada en la dirección opuesta, la línea enrollada de forma alterna, combinada sería muy fuerte, y resistirá el retorcimiento y el anudado.

10 Reconociendo que el peso del cableado de acero afectaría a los aspectos del diseño con respecto a la flotación para la instalación de consolidación, también es posible integrar una línea de amarre de cable de acero trenzado con un cable de alimentación encerrado dentro del centro. El cable de amarre de polipropileno podría no ser apropiado para esta aplicación debido a su propensión a estirarse.

15 Un cable de alimentación independiente se tiende desde la plataforma SPAR hasta un transformador o caja de transmisión instalada en el fondo del lecho marino, y a continuación se tiende por debajo del lecho marino hacia su destino definitivo.

20 Otro enfoque más es tender el cable de alimentación a través de un vacío interno de una cuerda de polipropileno u otra línea de amarre, de modo que haya solamente una única línea que se extiende desde la plataforma SPAR, y el cable de alimentación esté protegido del daño por la línea de amarre.

25 Volviendo ahora a un sistema de generación de energía de tipo inducción de estación única, más potente, (por ejemplo, una realización que utiliza hélices de 12 metros y más grandes), la figura 12 es una vista lateral de un sistema de generación de energía de diseño basculante de cuatro unidades en el que una pluralidad de generadores de inducción montados frontales están dispuestos sobre un bastidor establecido por patines de flotación con miembros de conexión.

30 Al menos cuatro hélices de 12 metros y más grandes (dependiendo de la corriente), junto con unidades de generación asociadas, están dispuestas en comunicación mecánica con un árbol giratorio o similar y se les puede hacer girar, mecánicamente o usando un sistema de control lógico dispuesto en comunicación con un sistema de control neumático o hidráulico, a fin de convertirse esencialmente en turbinas axiales horizontales superior e inferior; a continuación, usando el sistema de lastre, se puede hacer flotar a la estructura hasta la superficie para acceso seguro y eficiente a los receptáculos de generación para mantenimiento y reparación.

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

35 La figura 14 representa una vista frontal del sistema de generación de energía y hélice de diseño basculante de cuatro unidades, que muestra las hélices en un plano vertical mientras están funcionando y fijadas a una línea de amarre de tipo Y para estabilidad. En algunas realizaciones, a medida que se añaden más hélices al sistema, se usa una barra separadora u otro aparato similar para impartir estabilidad adicional.

40 En la figura 15, el sistema de generación de energía y hélice de diseño basculante de cuatro unidades se representa en reposo, mostrado ahora invertido en una configuración útil para transporte, instalación y mantenimiento. En una realización, los receptáculos generadores están fijados al bastidor del sistema, de modo que puedan girar aproximadamente noventa grados o más alrededor de un árbol dispuesto en comunicación con el bastidor. Esta rotación puede conseguirse manualmente, o usando un sistema de control lógico para hacer girar los receptáculos alrededor del árbol usando un medio de rotación asociado, tal como un medio de rotación neumático o un medio de rotación hidráulico.

45 En otra realización, se manipulan lastres dentro de los patines de flotación de modo que los receptáculos de generación y las hélices se orienten hacia arriba, como se requeriría para remolcado controlado cuando la estructura está siendo suministrada al terreno, o cuando es necesario mantenimiento de las hélices, generadores, engranajes, etc., Por lo tanto, cuando los receptáculos de generación y las hélices están en su mayoría o completamente por encima del nivel de la superficie, las hélices no causan inestabilidad a toda la estructura debido a la resistencia al viento, etc.

50 Aunque otros aspectos más de la invención, que en la práctica actual comprenden normalmente dispositivos asociados con la producción de energía submarina en general (por ejemplo, fuentes de suministro de energía auxiliares, sistemas de control y comunicación de fibra óptica, vehículos manejados por control remoto auxiliares usados para revisar la central energética, etc.) se contemplan sin duda como periféricos para su uso en el despliegue, el posicionamiento, el control y el manejo del sistema, no se considera necesario describir todos dichos artículos en gran detalle, dado que otros sistemas y subsistemas se les ocurrirán de forma natural a los expertos en la materia.

Aunque la presente invención se ha representado y descrito en detalle anteriormente con respecto a realizaciones ejemplares, los expertos en la materia también apreciarán que pueden realizarse también pequeños cambios en la descripción, y otras diversas modificaciones, omisiones y adiciones sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una instalación de consolidación para consolidar la energía generada por una pluralidad de sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corrientes de agua, comprendiendo cada uno de dichos sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía:

- 5 - una o más cámaras (102, 402, 403) de flotación sumergidas;
- una o más unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía de tipo inducción sumergidas dispuestas en comunicación con dichas cámaras de flotación (102, 402, 403);
- una o más hélices (105, 206, 407, 501) dispuestas en comunicación con dichas unidades (104, 204, 205, 405, 406) de generación de energía de tipo inducción;
- 10 - un sistema de amarre (106; 408, 409, 410, 411) para amarrar dicha pluralidad de sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corrientes de agua; y
- un medio de salida de la energía generada;

comprendiendo dicha instalación de consolidación:

- 15 - una subestación de control para recibir energía generada por dichos sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía y transferida a dicha subestación de control mediante dicho medio de salida de energía generada, estando dicha subestación de control instalada en una plataforma Spar;
- bien estando dicha plataforma Spar flotando sobre la superficie del océano cerca de los sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corrientes de agua sumergidos, o bien
- 20 - estando dicha plataforma Spar sumergida; y en la que
- dicha plataforma Spar está amarrada permanentemente al lecho oceánico.

2. La instalación de consolidación de la reivindicación 1, en la que una o más de dichas cámaras (102, 402, 403) de flotación sumergidas comprende además una o más cámaras (303, 304, 306) de aislamiento de fluido flotantes, y en la que una o más de dichas cámaras de aislamiento (303, 304, 306) comprende además un fluido flotante dispuesto en su interior, una válvula de admisión de fluido flotante, una válvula de salida de fluido flotante y un medio de control de la fuente de fluido flotante.

3. La instalación de consolidación de la reivindicación 1 o 2, en la que dicha plataforma Spar está amarrada mediante una cuerda de polipropileno que comprende dos capas, con una primera capa que está enrollada en una dirección en sentido de las agujas del reloj y una segunda capa que está enrollada en una dirección en sentido contrario a las agujas del reloj.

4. La instalación de consolidación de la reivindicación 3, en la que una o más capas están combinadas con cableado metálico o sustituidas por cableado metálico.

5. La instalación de consolidación de la reivindicación 3 o 4, en la que las capas de la cuerda de polipropileno están enrolladas alrededor de una línea de salida de energía.

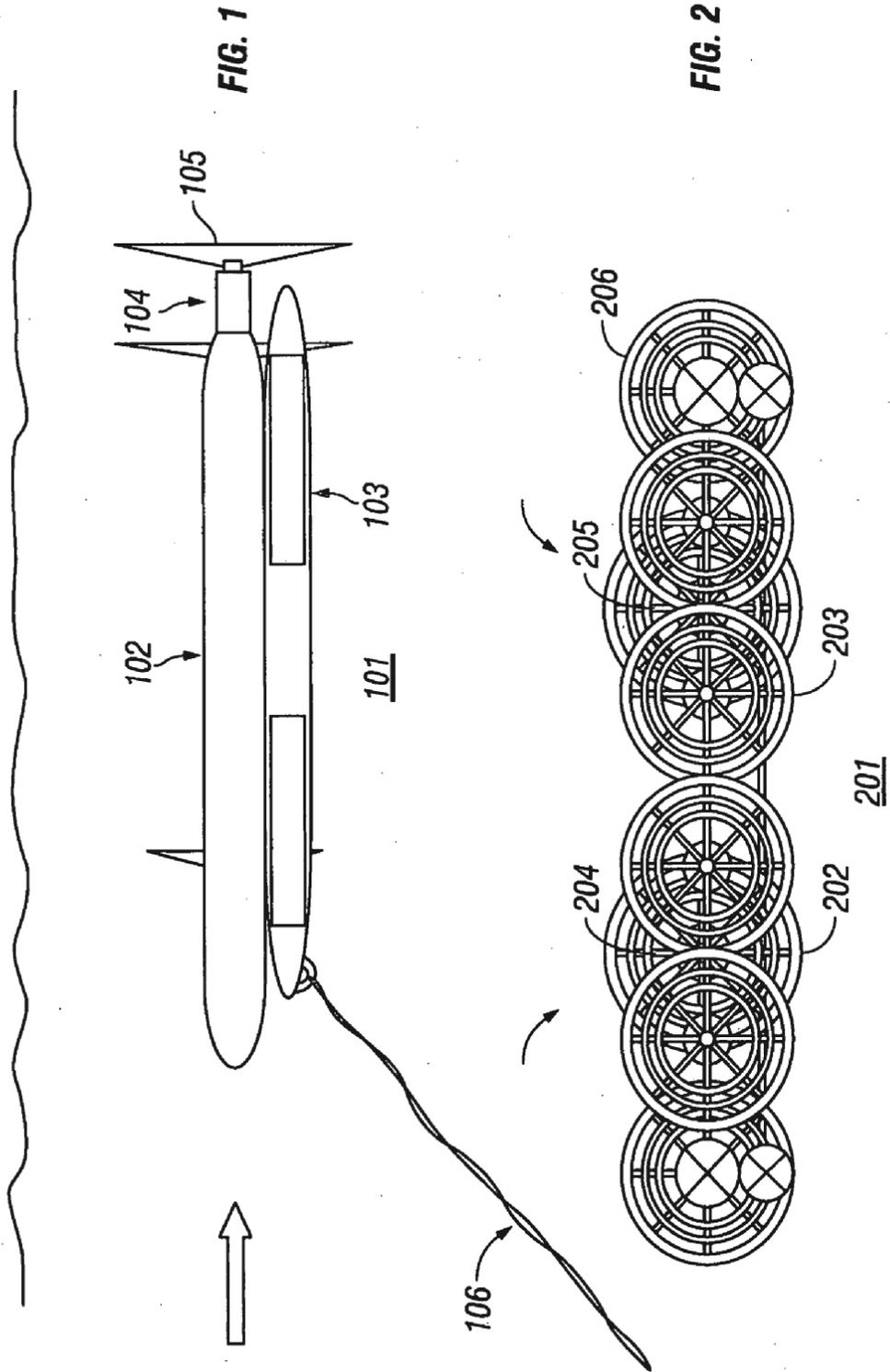
35 6. La instalación de consolidación de la reivindicación 1, que comprende además medios para transferir energía consolidada obtenida a partir de dicha pluralidad de sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corrientes de agua a una red eléctrica.

40 7. La instalación de consolidación de la reivindicación 1, que comprende además medios para transferir energía consolidada obtenida a partir de dicha pluralidad de sistemas (101, 201, 401, 801) de generación de energía por corrientes de agua a uno o más dispositivos de transformación de energía.

8. La instalación de consolidación de la reivindicación 6, en la que dicho uno o más dispositivos de transformación de energía transforma la energía transferida en una tensión de transmisión más alta.

9. La instalación de consolidación de la reivindicación 6, en la que dicho uno o más dispositivos de transformación de energía transforma la energía transferida en una tensión de transmisión más baja.

45



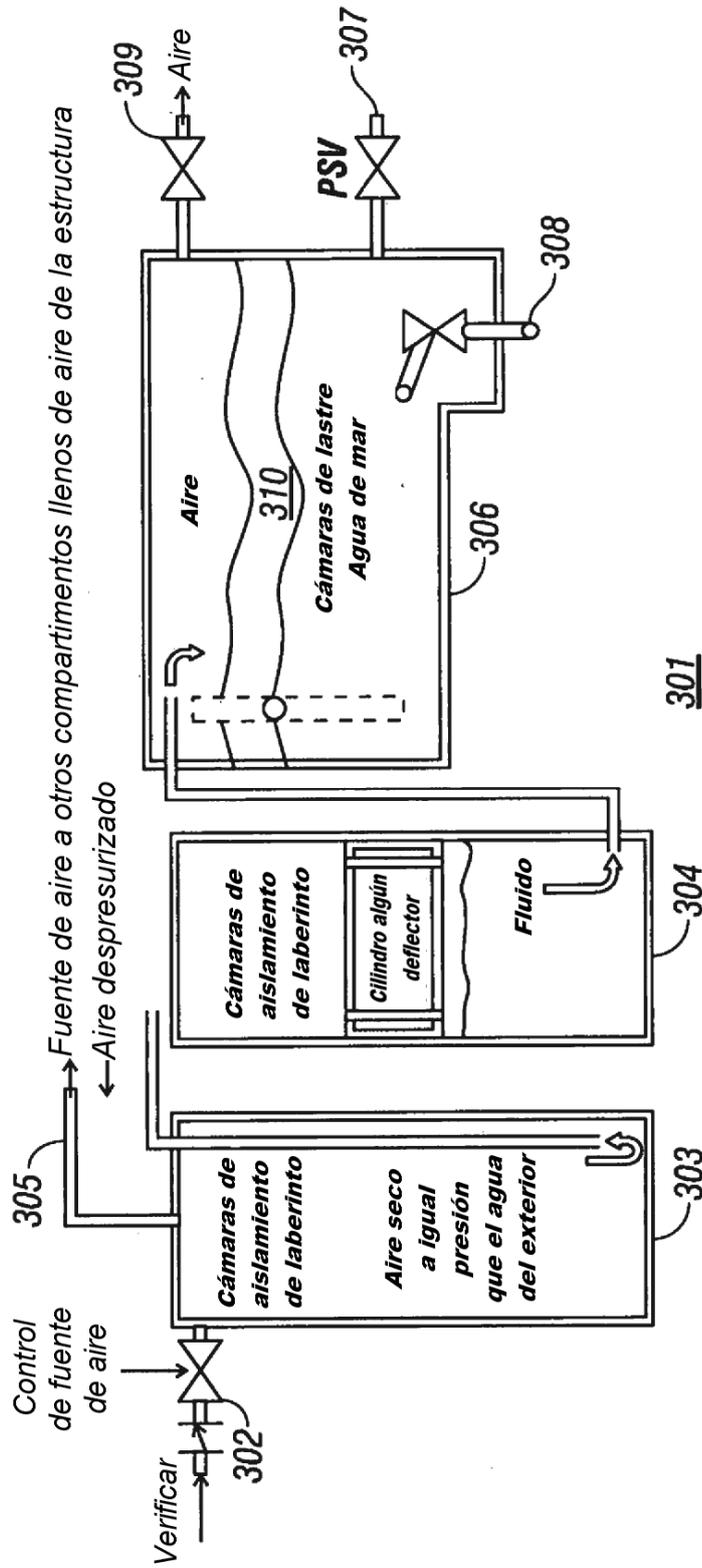


FIG. 3

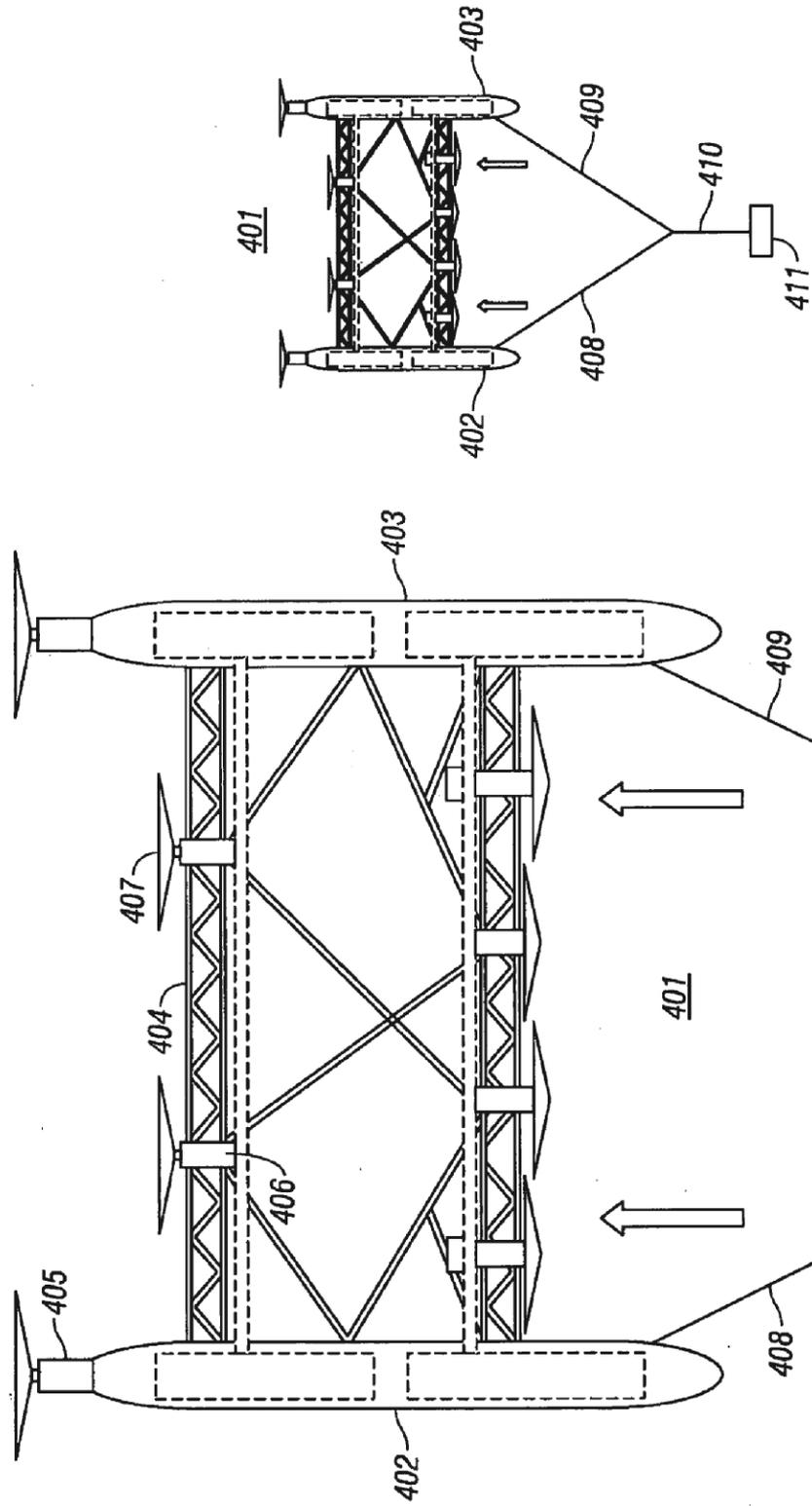
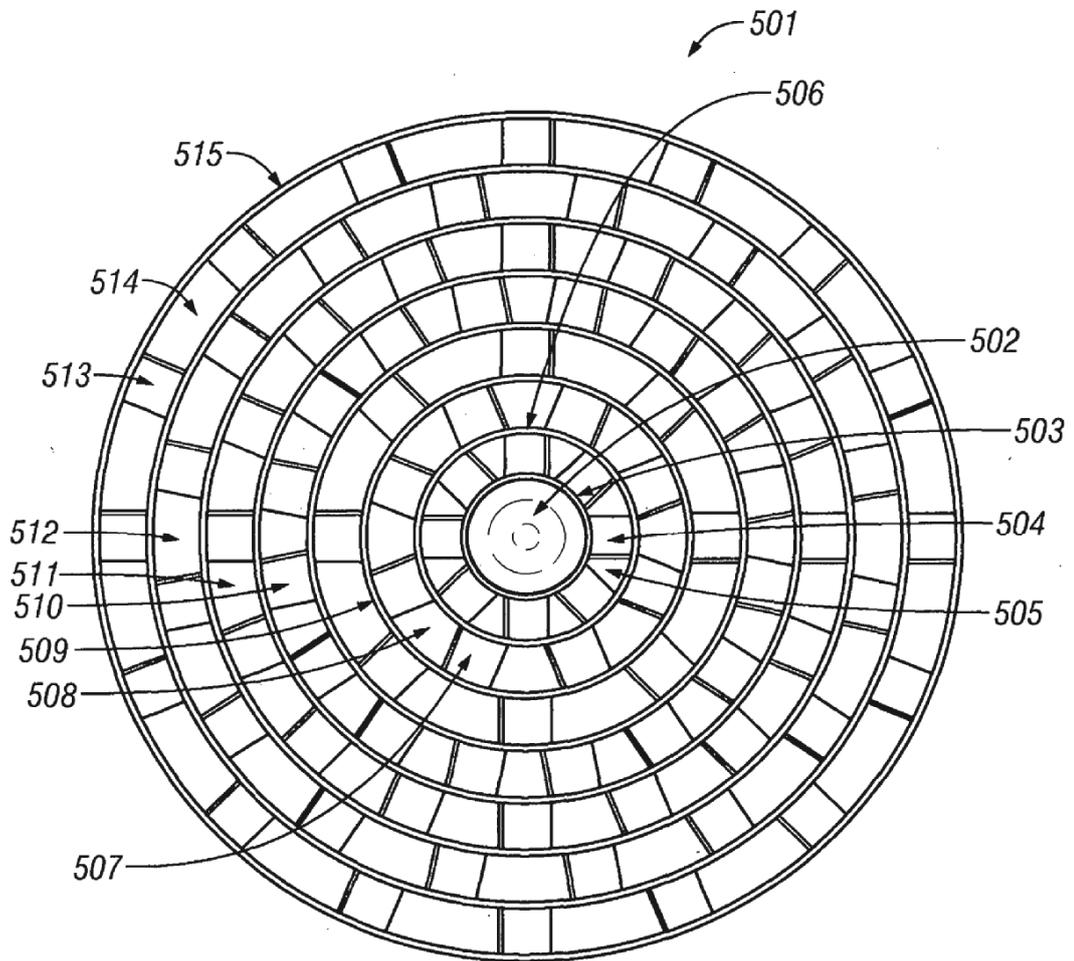
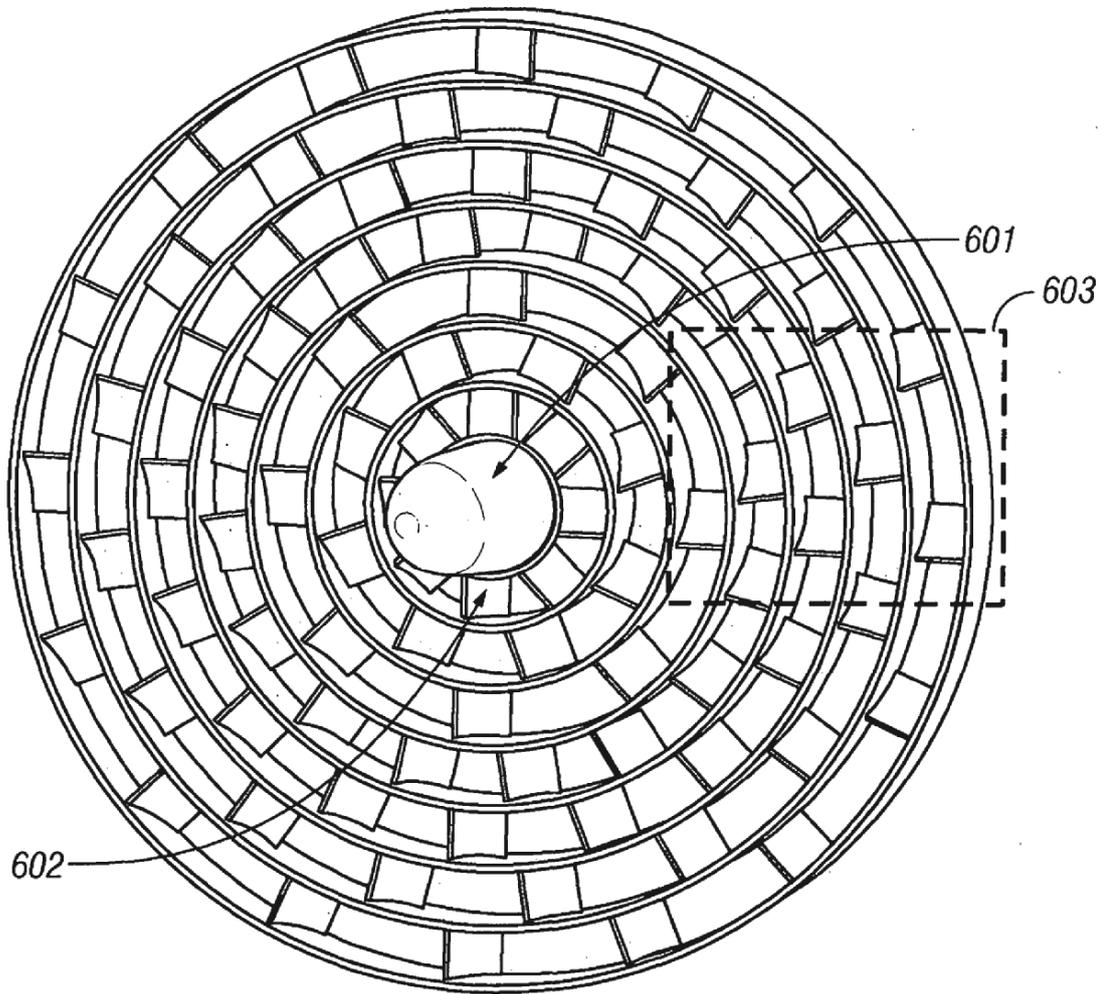


FIG. 4B

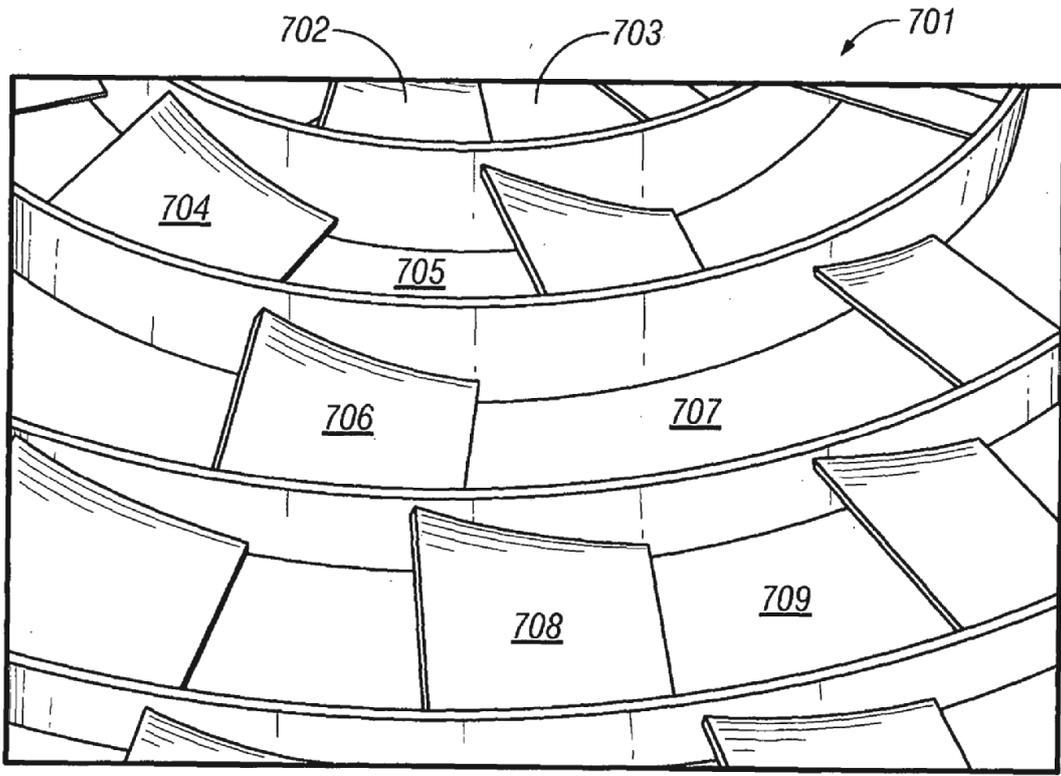
FIG. 4A



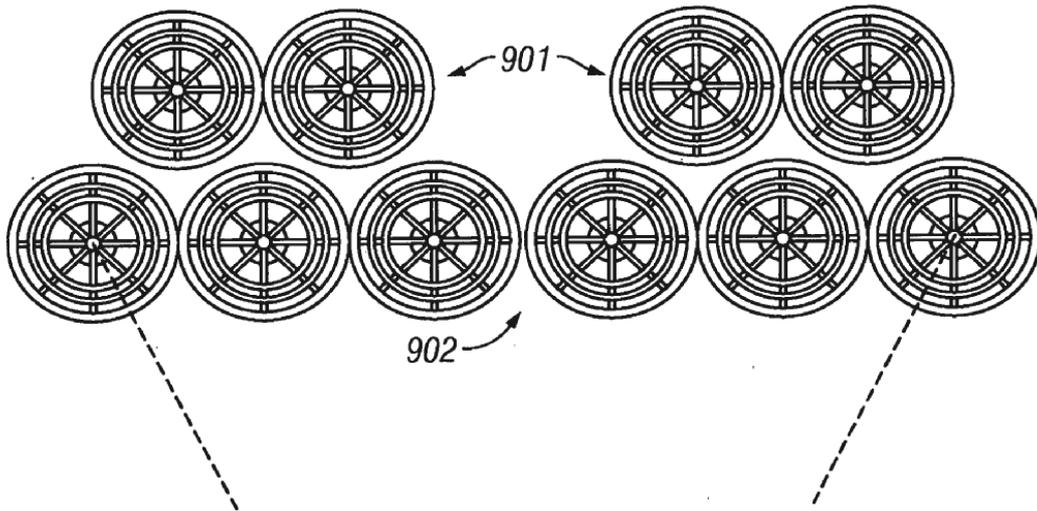
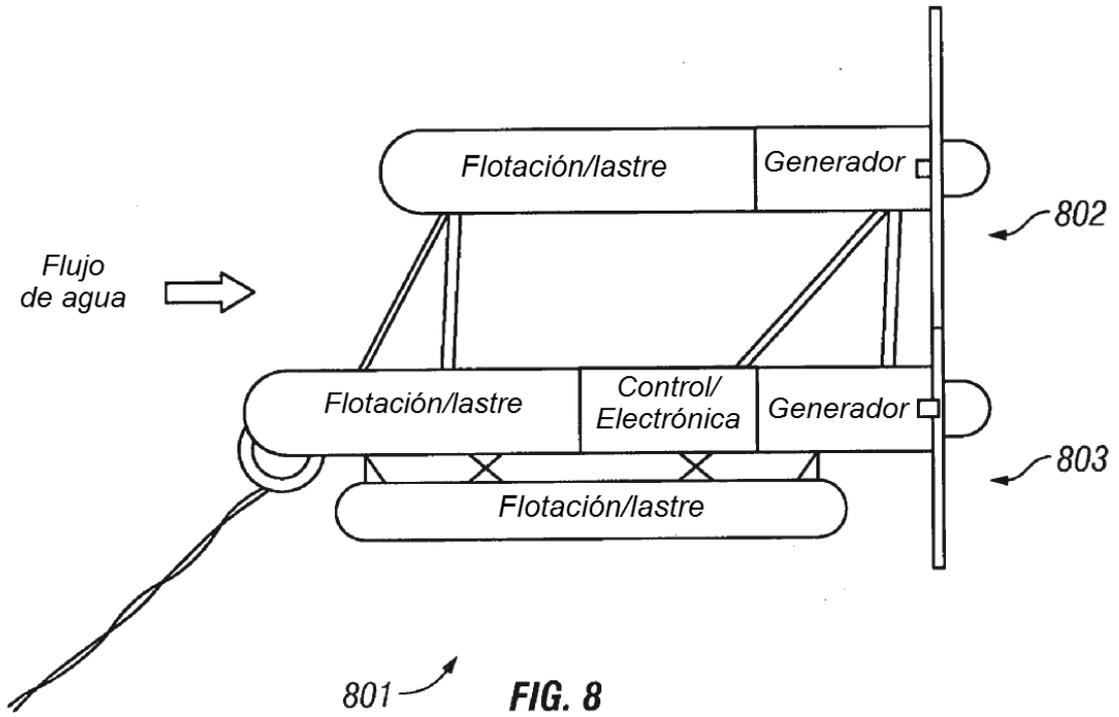
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



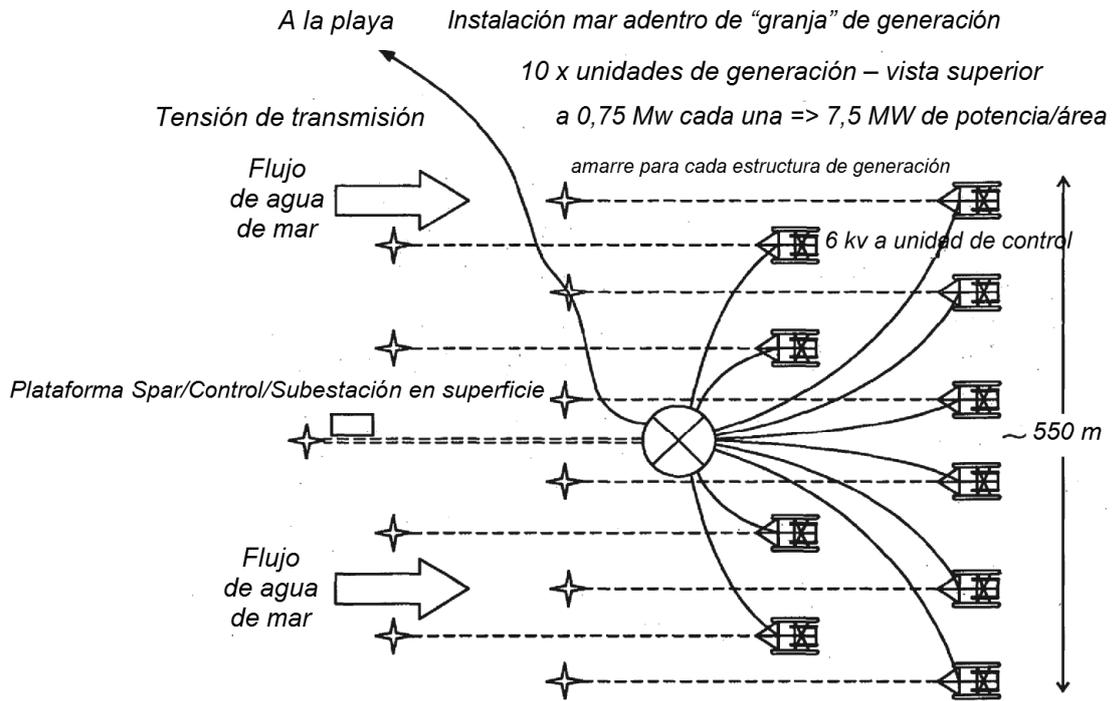
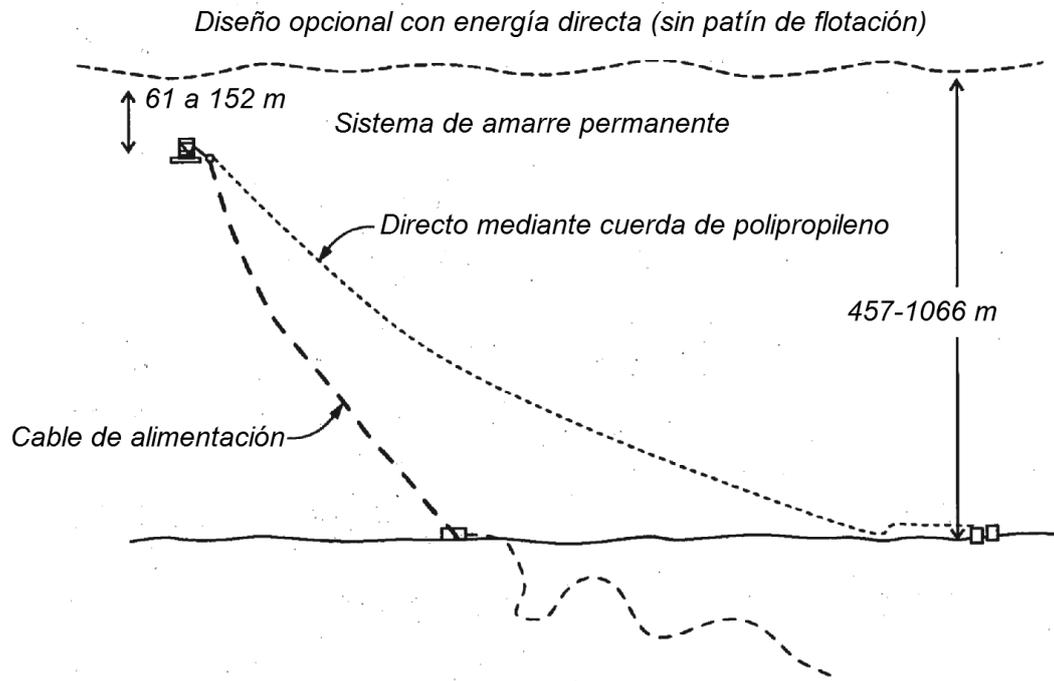
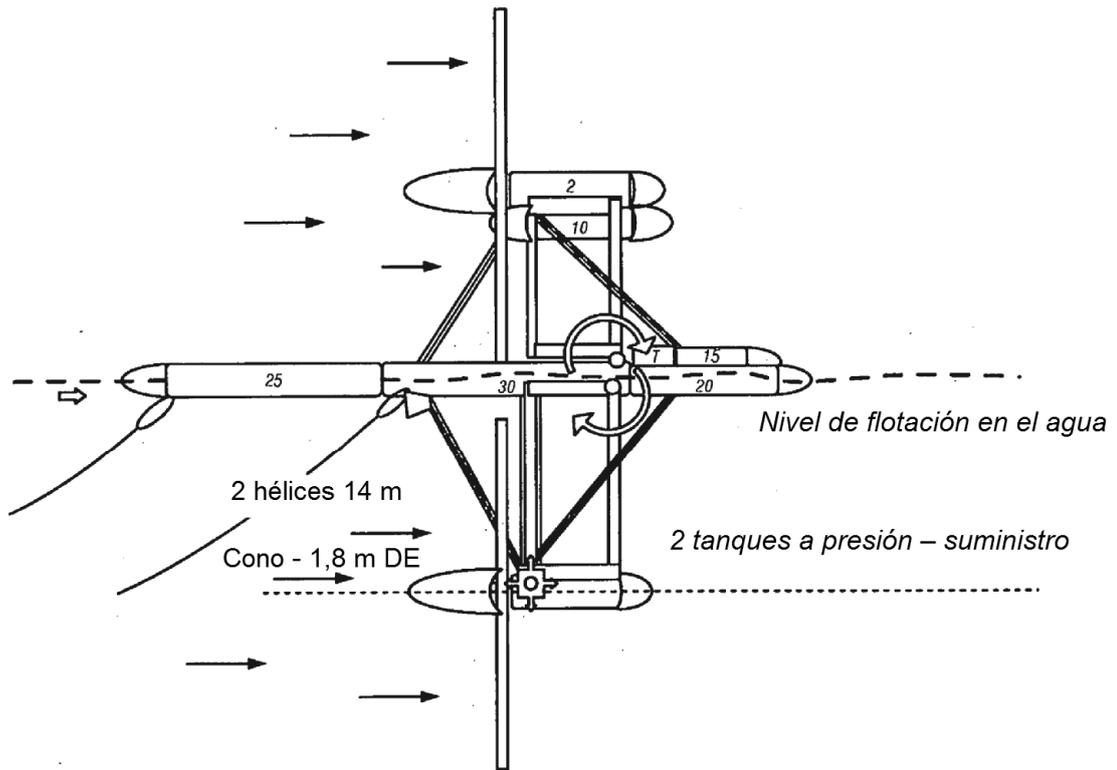


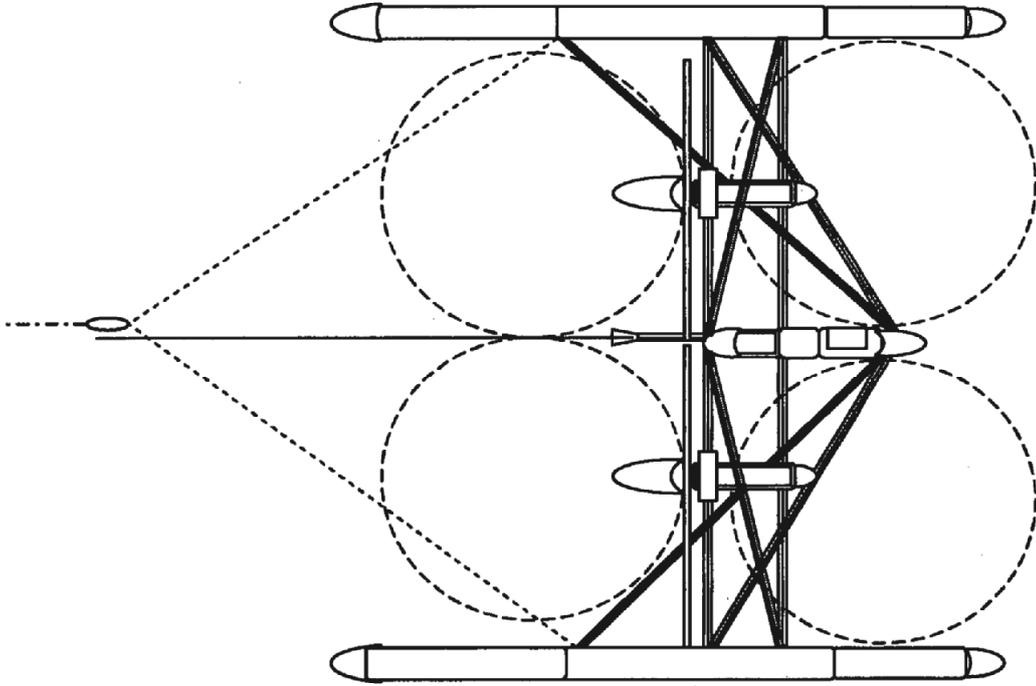
FIG. 10



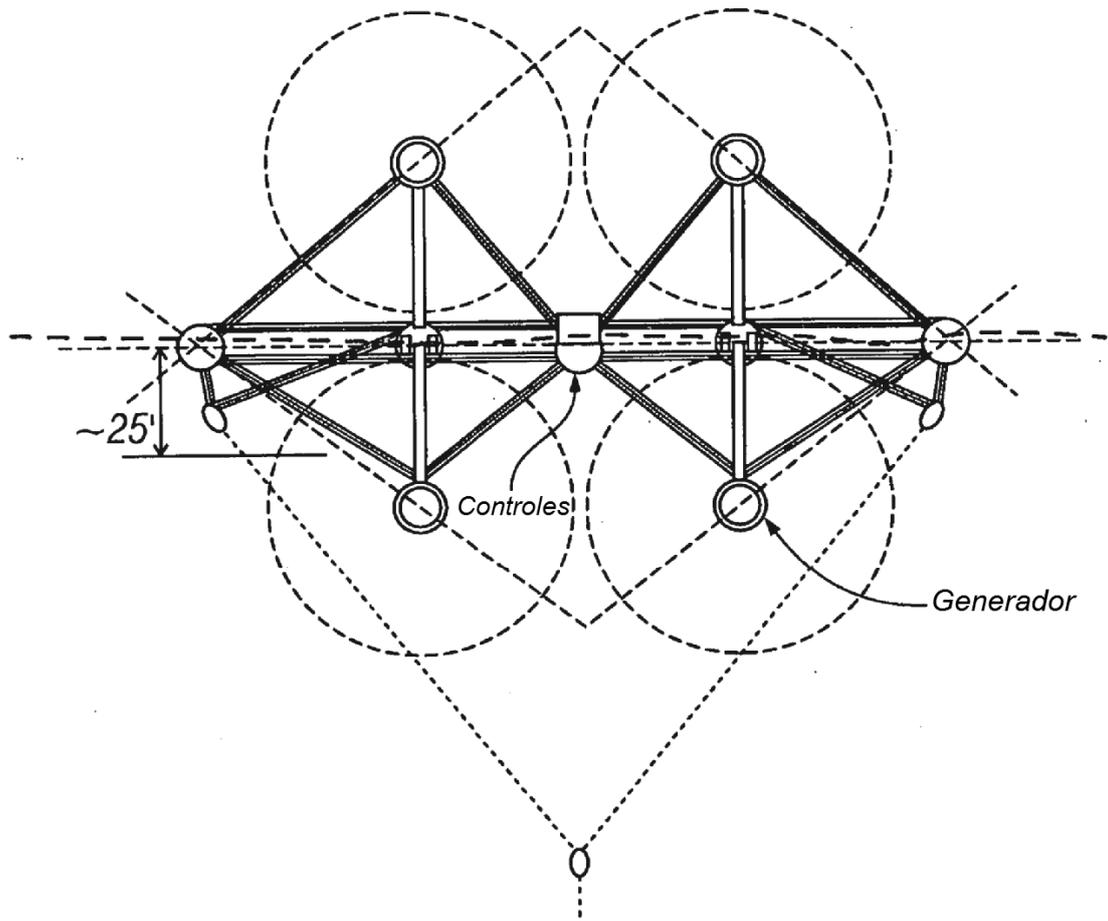
**FIG. 11**



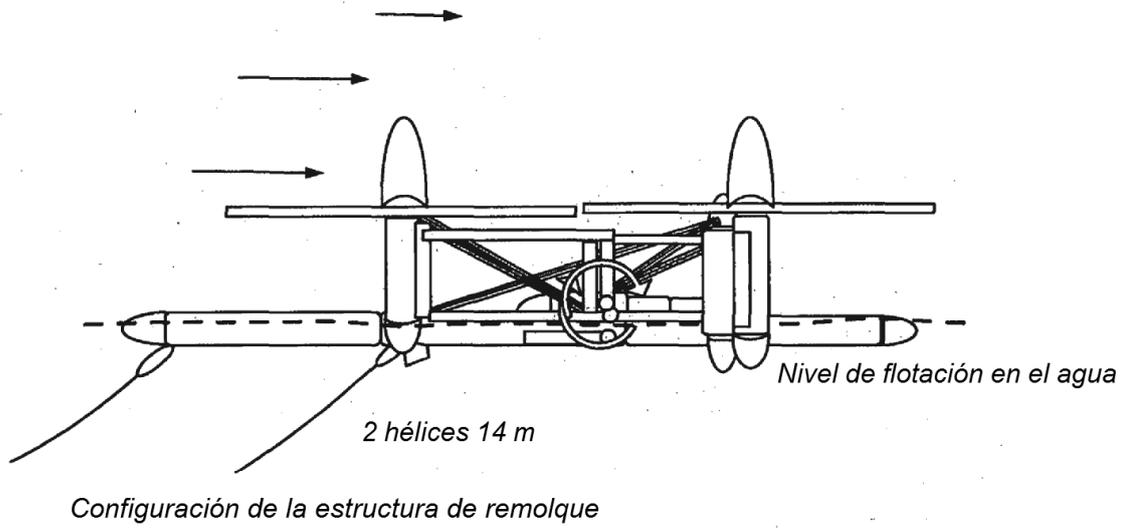
**FIG. 12**



**FIG. 13**



**FIG. 14**



**FIG. 15**