(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 555 500**

(21) Número de solicitud: 201430794

(51) Int. CI.:

B63B 35/00 (2006.01)
B63B 15/00 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

27.05.2014

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

04.01.2016

Fecha de la concesión:

02.12.2016

(45) Fecha de publicación de la concesión:

13.12.2016

(56) Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070412

(73) Titular/es:

SEA WIND TOWERS SL (50.0%)
Menéndez Pidal, 17
28036 MADRID (Madrid) ES y
ESTEYCO S.A.P. (50.0%)

(72) Inventor/es:

FERNÁNDEZ GÓMEZ, Miguel Ángel y
SERNA GARCÍA-CONDE, José

(74) Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

(54) Título: **Obra flotante y procedimiento de instalación de la misma**

(57) Resumen:

Obra flotante que comprende: una base de flotación, que comprende al menos un cuerpo esencialmente hueco susceptible de ser rellenado selectivamente con lastre, en la que la máxima dimensión horizontal de la base de flotación supera la máxima dimensión vertical de la base de flotación; una edificación soportada sobre dicha base de flotación comprendiendo preferentemente una torre de tipo telescópico; medios de empuje descendente; y al menos tres cables de retención, cuyos respectivos extremos superiores quedan unidos a dicha base de flotación, preferiblemente en posiciones perimetrales de la base de flotación, y cuyos respectivos extremos inferiores quedan unidos a dichos medios de empuje descendente, de forma que dichos cables de retención están en tensión y aplican sobre dicha base de flotación una fuerza descendente que incrementa la estabilidad de la obra flotante. Y procedimiento de instalación de tal obra flotante.

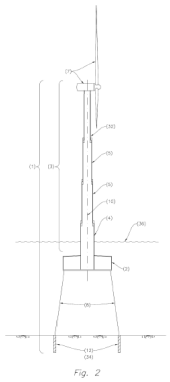

Fig. 2

ES 2 555 500 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Obra flotante y procedimiento de instalación de la misma

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una obra flotante destinada a estar instalada por tanto en un emplazamiento en una masa de agua tal como el mar, un lago o similar, y a un procedimiento de instalación de la misma.

Especialmente, la obra de la presente invención puede ser una subestructura flotante para aerogenerador, sustancialmente de hormigón, que en condición instalada comprende o bien un fuste de tipo semi-emergido y una base de flotación de tipo sumergido, o bien un fuste de tipo emergido y una base de flotación de tipo semi-sumergido. En este contexto, el término "subestructura" designa la parte de una torre eólica destinada a soportar sobre ella los medios de aerogenerador de la torre eólica, incluyendo por tanto la necesaria torre propiamente dicha o fuste.

Para mayor claridad en la descripción, en el presente documento se hará referencia en general al uso de una obra de acuerdo con la presente invención en el mar, sin que ello suponga una limitación en el alcance de la invención en cuanto a la masa de agua de emplazamiento de acuerdo con la presente invención. Igualmente, para mayor claridad en la descripción, en el presente documento ilustrará especialmente una obra de tipo subestructura flotante para aerogenerador, sin que ello suponga una limitación en el alcance de la invención.

Aunque, como ya se ha indicado, esta invención es especialmente aplicable a subestructuras flotantes para aerogenerador hechas sustancialmente de hormigón, esto no pretende limitar el alcance de la descripción o de las reivindicaciones a la aplicación del objeto de la presente invención a este tipo de obras, ni a subestructuras hechas sustancialmente de hormigón, puesto que la presente invención también es aplicable ventajosamente a subestructuras que en condición instalada tienen una porción inferior hecha mayoritariamente de hormigón hasta cierta altura por encima del nivel del agua y mayoritariamente de otro material (por ejemplo, acero) por encima de dicha cierta altura, y también es aplicable aunque no se prefiere a subestructuras hechas mayoritariamente de un material distinto al hormigón (por ejemplo, acero) a lo largo de toda su dimensión vertical.

Por lo tanto, el principal sector de aplicación de la presente invención es la industria de la construcción de grandes estructuras, especialmente en hormigón, en relación particularmente con la industria de las energías renovables o verdes, especialmente la energía eólica.

Antecedentes de la invención

Es notorio el protagonismo que la energía de origen eólico ha adquirido en los últimos años, en España, en Europa y en el resto del mundo. Y todas las previsiones apuntan a un crecimiento sostenido de la generación de energía eólica en todo el mundo. Las políticas energéticas de los países más avanzados y con mayor poder económico incluyen entre sus objetivos una creciente presencia de la energía eólica.

En este contexto, empiezan a hacer acto de presencia los parques eólicos en el mar, confirmándose las previsiones de un gran crecimiento en la aplicación de esta tecnología en los próximos años. Los parques eólicos construidos en el mar son ciertamente más costosos, dependiendo lógicamente del calado de las aguas en las que se ubican, pero la calidad del viento es mayor, su velocidad más alta y su turbulencia menor y, en consecuencia, mayor el número de horas de producción, lo que sumado a la mayor densidad del aire a nivel del mar genera mayores ingresos que en los parques en tierra, compensando el sobrecoste de la inversión inicial. De hecho, es ya frecuente, en particular en Alemania, en las Islas Británicas y en los países nórdicos, la promoción y construcción de parques eólicos en el mar y es notabilísimo el número de parques eólicos marinos que están en estudio, en coherencia con las previsiones de crecimiento de este tipo de parques íntimamente ligadas a los objetivos estratégicos fijados a nivel gubernamental para alcanzar ciertas cuotas de producción de energía renovable. La tendencia a emplear aerogeneradores de mayor potencia y tamaño, con el objetivo de reducir el coste unitario de la potencia instalada, ha sido una constante en el desarrollo de los aerogeneradores y es si cabe más marcada en el caso de la eólica marina. Prácticamente todos los grandes fabricantes de aerogeneradores tienen en estudio o en fase avanzada de desarrollo modelos de gran potencia, 3 y más megavatios, adaptados a las condiciones marinas que son particularmente exigentes.

Esta escalada en potencia y las condiciones marinas particularmente exigentes suponen a su vez un notable incremento en las solicitaciones y requerimientos sobre la subestructura

que habrá de soportar los aerogeneradores, lo que exigirá el desarrollo de conceptos novedosos para dicha subestructura, de capacidad incrementada, resistencia óptima y coste competitivo, más aún si cabe cuando el empleo de la subestructura se realiza en emplazamientos de alta profundidad, que puede ser aconsejable en determinadas circunstancias. Para estos emplazamientos, se han planteado soluciones por flotación de las que todas las construidas hasta la fecha han empleado una subestructura metálica.

Entre las principales desventajas y limitaciones que pueden tener las soluciones flotantes conocidas, cabe destacar las siguientes:

• La instalación de subestructuras implica elevados costes derivados de los escasos y costosos medios marinos para el transporte, manipulación e izado de los elementos de cimentación, fuste y turbina.

• El acero ofrece una reducida perdurabilidad en el medio marino, por las agresivas condiciones de humedad y salinidad, en particular en las zonas de carrera de marea. En consecuencia, son necesarios elevados y costosos requerimientos de mantenimiento. Ello, unido a la alta sensibilidad de las estructuras metálicas a las cargas de fatiga, limita la vida útil de los componentes metálicos de la subestructura.

• Las subestructuras de acero son muy sensibles al choque de embarcaciones, icebergs y objetos a la deriva en general.

• Existen incertidumbres derivadas de la variabilidad del coste del acero, notablemente más acentuada que la del hormigón.

• Ciertas soluciones existentes presentan una limitada rigidez para el fuste de la subestructura, lo que limita la capacidad para mayores alturas de subestructura y tamaños de aerogeneradores, en particular con soluciones de cimentación de reducida rigidez, que es el caso más habitual en instalaciones off-shore.

• Gran dependencia de medios marinos específicos de elevación y transporte, cuya oferta es muy limitada.

En cuanto al material de fabricación, el hormigón estructural demuestra ser un material idóneo para las construcciones aguas adentro, especialmente las construcciones marinas.

De hecho, aunque el empleo de estructuras metálicas es mayoritario en elementos flotantes móviles, como extensión de la práctica naval y siempre ligado a un mantenimiento ininterrumpido, el hormigón es en cambio una alternativa ventajosa y por ello más habitual en todo tipo de construcciones marítimas de tipo fijo (puertos, diques, muelles, espigones, plataformas, faros, etc.). Esto es fundamentalmente debido a la durabilidad, robustez y resistencia estructural, a la reducida sensibilidad a la corrosión marina y al servicio prácticamente libre de mantenimiento del hormigón estructural. Con un adecuado diseño, su sensibilidad a la fatiga es además muy reducida. Su vida útil suele superar los 50 años.

Además el hormigón ofrece ventajas por su tolerancia frente a impactos o choques, pudiendo diseñarse por ejemplo para soportar las fuerzas generadas por hielo a la deriva o el impacto de pequeños buques, además de por la facilidad y economía de su eventual reparación.

El hormigón estructural es además un material de construcción universal, y las materias primas y medios para su elaboración son accesibles a nivel mundial y de moderado coste.

Es por ello que el hormigón es un material cada vez más utilizado para la fabricación de subestructuras para uso aguas adentro (más conocido por el anglicismo “off-shore”), aunque hasta el momento se ha destinado a subestructuras con cimentación en el lecho marino, y por tanto para profundidades escasas o estructuras complejas.

Exposición de la invención

Un objeto de la presente invención se refiere a una obra flotante que comprende:

- una base de flotación, que comprende al menos un cuerpo esencialmente hueco susceptible de ser rellenado selectivamente con lastre, en la que la máxima dimensión horizontal de la base de flotación supera la máxima dimensión vertical de la base de flotación,

- una edificación soportada sobre dicha base de flotación,

- medios de empuje descendente, y

- al menos tres cables de retención, cuyos respectivos extremos superiores quedan unidos a

dicha base de flotación, preferiblemente en posiciones perimetrales de la base de flotación, y cuyos respectivos extremos inferiores quedan unidos a dichos medios de empuje descendente, de forma que dichos cables de retención están en tensión y aplican sobre dicha base de flotación una fuerza descendente que incrementa la estabilidad de la obra flotante.

Dicha obra flotante puede comprender en condición instalada o bien una edificación de tipo semi-emergido y una base de flotación de tipo sumergido, o bien una edificación de tipo emergido y una base de flotación de tipo semi-sumergido.

Dicha obra flotante puede ser una subestructura flotante para aerogenerador, especialmente una subestructura flotante sustancialmente de hormigón, y dicha edificación puede comprender un fuste telescópico que comprende al menos dos tramos, incluyendo un tramo de base y un tramo de cabeza, y que soporta los medios de aerogenerador

Dicho fuste se forma a partir de al menos dos tramos tubulares que se colocan uno sobre otro coaxialmente, posiblemente con un solapamiento axial parcial, hasta completar la altura prevista, de los cuales al menos uno puede ser ahusado en sentido ascendente en la condición instalada de la subestructura. Entre dos tramos sucesivos hay por lo tanto una respectiva junta horizontal. De entre los tramos de fuste, el tramo de fuste destinado a estar dispuesto directamente sobre dicha base de flotación en la condición instalada de la subestructura se denomina aquí en lo sucesivo “tramo de base” y cualquier tramo aparte del tramo de base se denomina aquí en lo sucesivo “tramo de superposición”. El tramo de superposición destinado a estar dispuesto en la posición más alta del fuste en la condición instalada de la subestructura se denomina aquí en lo sucesivo “tramo de cabeza”.

Cada uno de dichos tramos puede ser de una sola pieza (denominado aquí en lo sucesivo “tramo integral”). Alternativamente, al menos uno de dichos tramos puede estar formado por al menos dos piezas de arco de circunferencia o dovelas, yuxtapuestas hasta completar la circunferencia prevista del correspondiente tramo. Entre dos dovelas sucesivas hay por lo tanto una respectiva junta vertical.

Además, el tramo de base del fuste de una subestructura y la base de flotación de tal subestructura pueden estar unidos sin solución de continuidad, y/o estar fabricados de una sola pieza, sin salir por ello del alcance de la presente invención.

Dicha obra flotante puede ser por lo tanto una subestructura flotante para aerogenerador, especialmente una subestructura flotante sustancialmente de hormigón, que comprende en condición instalada o bien un fuste de tipo semi-emergido y una base de flotación de tipo sumergido, o bien un fuste de tipo emergido y una base de flotación de tipo semi-sumergido, en la que dicha subestructura flotante para aerogenerador comprende:

- una base de flotación, que comprende al menos un cuerpo esencialmente hueco susceptible de ser rellenado selectivamente con lastre, en la que la máxima dimensión horizontal de la base de flotación supera la máxima dimensión vertical de la base de flotación,

- un fuste telescópico soportado sobre dicha base de flotación y que comprende al menos dos tramos, incluyendo un tramo de base y un tramo de cabeza,

- medios de empuje descendente, y

- al menos tres cables de retención, cuyos respectivos extremos superiores quedan unidos a dicha base de flotación, preferiblemente en posiciones perimetrales de la base de flotación, y cuyos respectivos extremos inferiores quedan unidos a dichos medios de empuje descendente, de forma que dichos cables de retención están en tensión y aplican sobre dicha base de flotación una fuerza descendente que incrementa su estabilidad.

La obra flotante de acuerdo con la presente invención también puede comprender al menos un tirante cuyo extremo superior queda unido a la edificación, preferiblemente un fuste, y cuyo extremo inferior queda unido a la base de flotación. Al menos uno de dichos tirantes queda inclinado respecto a la vertical de forma que el extremo inferior del tirante está más alejado del eje vertical central de la edificación que el extremo superior del tirante. Al menos uno de dichos tirantes puede estar formado por la prolongación de un respectivo cable de retención, en cuyo caso la base de flotación comprende un elemento de desviación que permite un quiebro en la alineación del cable de retención y el extremo superior del cable de retención queda unido finalmente a la edificación.

La base de flotación puede ser una estructura que comprenda un único cuerpo esencialmente cerrado, estanco y hueco, de tipo cajón, que está preferiblemente hecho sustancialmente de hormigón, o puede ser una estructura que comprenda al menos dos cuerpos esencialmente cerrados, estancos y huecos, de tipo cajón, de los cuales al menos

uno está preferiblemente hecho sustancialmente de hormigón, estando dichos cuerpos unidos entre sí directamente o por medio de un armazón, por ejemplo de tipo celosía o de tipo barra. Cada uno de dichos cuerpos puede tener uno o varios compartimentos interiores, estancos o intercomunicados.

Una obra flotante de acuerdo con la presente invención puede ser transportada por el agua mediante remolque o autopropulsión hasta el emplazamiento. A tal fin, la base de flotación y al menos parte de la edificación pueden conformar una unidad de transporte que es flotante y autoestable. En el caso de una obra flotante que es una subestructura flotante para aerogenerador que comprende un fuste telescópico de acuerdo con la presente invención, la base de flotación, el fuste telescópico en condición plegada (es decir, con el tramo de base conectado de forma solidaria con la base de flotación y los tramos de superposición alojados provisionalmente uno dentro de otro y dentro del tramo de base), y al menos parte de unos medios de aerogenerador unidos al tramo de cabeza de dicho fuste telescópico pueden conformar una unidad de transporte que es flotante y autoestable.

Preferiblemente, durante el transporte la base de flotación permanece semi-sumergida y la edificación, en su caso el fuste telescópico en condición plegada, permanece completamente emergido. Sin embargo, preferiblemente, en la condición instalada de la subestructura, la base de flotación queda completamente sumergida y la edificación queda parcialmente sumergida.

En la condición instalada de la obra, el eje vertical central de la edificación preferentemente coincide con el eje vertical central de la base de flotación.

Dichos medios de empuje descendente comprenden al menos un elemento masivo suspendido de los propios cables de retención y completamente sumergido, situado por debajo de la base de flotación y elevado con respecto al fondo marino. Dichos cables de retención no están verticales sino que tienen una inclinación en relación con la vertical, quedando su extremo superior más alejado del eje central de la base de flotación que su extremo inferior. Preferiblemente, el elemento masivo está situado esencialmente en el eje vertical central de la base de flotación. Preferiblemente, el elemento masivo comprende un cajón de hormigón, esencialmente hueco, cuyo interior en condición instalada queda total o parcialmente relleno de material de lastre, pudiendo ser el material de lastre un material líquido o sólido. Dicho elemento masivo suspendido puede comprender además medios de regulación del volumen y/o peso de dicho material de lastre, lo que permite regular el peso

sumergido de dicha masa suspendida y de ese modo regular el calado o cota en la que se sitúa la obra flotante, adaptándolo a conveniencia en función, en particular, de las condiciones de viento u oleaje.

La obra de acuerdo con la presente invención puede comprender además unos medios de mantenimiento lateral de la posición que unen la obra flotante con el fondo marino de modo que se evita que ésta quede a la deriva. Tales medios de mantenimiento lateral de la posición pueden comprender al menos una amarra o “mooring” unida por un extremo al fondo marino y por el otro extremo a cualquier elemento de la obra flotante, ya sea por ejemplo a cualquiera de los elementos comprendidos en la base de flotación, a un elemento masivo suspendido, o incluso a la edificación. La unión de dicha amarra al fondo marino se puede realizar mediante diversos sistemas conocidos en la técnica, como por ejemplo mediante anclas, mediante el sistema conocido como “single point mooring” o mediante simple gravedad en caso de que estén dispuestas una pluralidad de amarras en forma de cadenas de gran tamaño y longitud.

Al menos uno de dichos elementos masivos es susceptible de quedar adosado provisionalmente a la base de flotación. De este modo, al menos uno de dichos elementos masivos adosables puede formar parte de la unidad de transporte y ser transportado conjuntamente con la base de flotación y la edificación, y una vez en el emplazamiento descolgarse de la base de flotación hasta alcanzar su posición para la condición instalada de la obra.

La obra flotante de acuerdo con la presente invención puede comprender medios de recogida provisional de los cables de retención para su transporte enrollado o embobinado, como parte de la unidad de transporte y/o como parte de al menos un elemento masivo. Dichos elementos permiten un eficiente transporte de los cables de retención y, durante el proceso de instalación del cable de retención, permiten que éste se vaya desplegando o desenrollando progresivamente, lo que mejora la eficiencia y simplicidad del proceso de instalación en particular cuando los medios de empuje descendente comprenden elementos masivos que se lastran para su descenso progresivo hasta su posición en la condición instalada de la obra flotante.

Además, la base de flotación de una obra flotante de acuerdo con la presente invención puede comprender al menos un brazo extensor que se proyecta lateralmente hacia fuera desde el perímetro del cuerpo o del conjunto de cuerpos de la base de flotación. En este

caso, al menos uno de los cables de retención puede estar unido por su extremo superior a un respectivo brazo extensor, preferiblemente al extremo libre de un respectivo brazo extensor. En este caso, al menos uno de los tirantes puede estar unido por su extremo inferior a un respectivo brazo extensor. También en este caso, al menos uno de dichos tirantes puede estar formado por la prolongación de un respectivo cable de retención, en cuyo caso el brazo extensor comprende, preferiblemente en su extremo libre, un elemento de desviación que permite un quiebro en la alineación del cable de retención y el extremo superior del cable de retención queda unido finalmente a la edificación. También en este caso, los medios de mantenimiento lateral de la posición pueden estar unidos, por un extremo, al fondo marino y, por el otro extremo, a al menos uno de dichos brazos extensores.

La obra flotante de acuerdo con la presente invención puede comprender, bajo la base de flotación, al menos una cámara de gas a presión (por ejemplo aire a presión), que incrementa el volumen de agua desalojado por la base de flotación y por tanto incrementa la fuerza ascendente de flotación que ésta recibe. El recinto que contiene dicha cámara de gas a presión está abierto en su lado inferior de forma que queda conectado con la masa de agua del emplazamiento. Además, se pueden disponer medios de control y regulación del volumen y/o presión del aire contenido en dicha cámara de gas a presión, lo que permite regular el empuje ascendente de flotación que recibe la base de flotación y de ese modo regular el calado o cota en la que se sitúa la obra flotante, adaptándolo a conveniencia en función, en particular, de las condiciones de viento u oleaje.

Además, en este caso, la obra flotante de acuerdo con la presente invención puede comprender, en la base de flotación, medios de aprovechamiento de la energía de las olas que incluyen al menos una turbina tipo Wells ubicada en un paso de aire a través del lado inferior de la base de flotación que comunica el recinto interior esencialmente estanco de la base de flotación y/o de la edificación con dicha cámara de gas a presión. Incluso, la obra flotante de acuerdo con la presente invención puede comprender un sistema de regulación del tamaño de al menos una cámara de gas a presión, mediante el ajuste del volumen y/o presión del aire que contiene, lo que permite ajustar la frecuencia de resonancia en la dicha cámara de gas a presión a los rangos de periodo predominante del oleaje incidente, incrementando de ese modo las oscilaciones del nivel de agua en dichas cámaras de gas a presión que produce el oleaje y el aprovechamiento de su energía.

Dichas turbinas tipo Wells permiten aprovechar la energía del oleaje mediante el

procedimiento conocido como columna de agua oscilante (oscillating water column); el paso de las olas generan ascensos y descensos de la lámina de agua dentro del recinto que contiene la cámara de gas a presión, impulsando de ese modo aire a través del paso entre la cámara de gas bajo la base de flotación y el propio interior de la base de flotación o del fuste. La turbina tipo Wells tiene la capacidad de generar energía aprovechando el flujo de aire por dicho paso en cualquiera de los dos sentidos.

Otro objeto de la presente invención se refiere a un procedimiento de instalación de una obra flotante como se describió anteriormente.

El procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes pasos en cualquier orden técnicamente posible:

A) fabricar on-shore o in-shore la base de flotación,

B) fabricar en seco la edificación,

C) conformar on-shore o in-shore una unidad de transporte,

D) transportar de forma autoflotante, empleando barcos remolcadores, la unidad de transporte hasta el emplazamiento,

E) aplicar un extremo de los cables de retención a la base de flotación y aplicar el otro extremo de los cables de retención a los medios de empuje descendente,

F) aplicar a la obra, si los hubiere, los medios de mantenimiento lateral de la posición.

En caso de que la obra flotante sea una subestructura flotante para aerogenerador que comprende una torre telescópica, el procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes pasos en cualquier orden técnicamente posible:

A) fabricar on-shore o in-shore la base de flotación,

B) fabricar en seco los tramos del fuste telescópico, incluyendo al menos un tramo de base y un tramo de cabeza,

C) conformar on-shore o in-shore una unidad de transporte según los siguientes sub-pasos:

C1) aplicar el fuste telescópico en condición plegada a la base de flotación,

C2) aplicar al menos parte de los medios de aerogenerador al tramo de cabeza,

C3) aplicar a la base de flotación, si los hubiere, los brazos extensores,

C4) aplicar a la base de flotación, si los hubiere, los tirantes,

C5) aplicar a la base de flotación, si los hubiere, los medios de aprovechamiento de la energía del oleaje,

D) transportar de forma autoflotante, ya sea empleando barcos remolcadores ya sea mediante autopropulsión, la unidad de transporte hasta el emplazamiento,

E) aplicar un extremo de los cables de retención a la base de flotación y aplicar el otro extremo de los cables de retención a los medios de empuje descendente,

F) aplicar a la subestructura, si los hubiere, los medios de mantenimiento lateral de la posición,

G) desplegar el fuste telescópico junto con los medios de aerogenerador.

El procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención comprende además, antes del paso D), el paso:

H) colocar la base de flotación en la masa de agua de emplazamiento.

El procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención puede comprender además, después del paso D) y antes del paso E), el paso:

I) lastrar la base de flotación para sumergirla hasta la cota deseada para la condición instalada, que preferiblemente coincide con la cota en condición instalada del extremo superior de al menos uno de los cables de retención.

El procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención puede comprender además, después del paso C) y antes del paso E), el paso:

J1) aplicar provisionalmente medios estabilizadores de flotación a la obra flotante;

y entonces el procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención puede comprender además, después del paso E), el paso:

J2) retirar los medios estabilizadores de flotación desde la obra flotante.

Dichos medios estabilizadores de flotación pueden incluir:

- al menos tres flotadores aplicados a la base de flotación, posiblemente por dichos brazos extensores si los hay, en una posición relativa fija, teniendo cada flotador una altura suficiente para permanecer siempre parcialmente emergido a lo largo del paso I) y hasta que se completa el paso E), y/o

- al menos dos flotadores conectados a la base de flotación, posiblemente por dichos brazos extensores si los hay, mediante medios de arriada que se largan conforme la cota de la base de flotación desciende a lo largo del paso I) y/o mediante medios de guiado del conjunto de los flotadores con la edificación, teniendo cada flotador una flotabilidad tal que permanece en superficie a lo largo del paso I), y/o

- al menos una barcaza conectada a la base de flotación, posiblemente por dichos brazos extensores si los hay, mediante medios de arriada que se largan conforme la cota de la base de flotación desciende a lo largo del paso I), teniendo cada barcaza una flotabilidad tal que permanece en superficie a lo largo del paso I), y/o

- al menos un barco de apoyo equipado con medios de arriada que unen el barco a la base de flotación, posiblemente por dichos brazos extensores si los hay.

El procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención puede comprender además, antes del paso E), los pasos:

K1) fabricar on-shore o in-shore al menos un cajón de hormigón de los medios de empuje

descendente y colocarlo en la masa de agua de emplazamiento,

K2) transportar dicho cajón de hormigón de forma autoflotante, empleando barcos remolcadores, hasta el emplazamiento,

K3) lastrar dicho cajón de hormigón de modo que se incrementa su peso total lo suficiente para contrarrestar las fuerzas ascensionales que puedan transmitir los cables de retención y se sumerge hasta llegar a su cota operativa.

El procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención puede comprender además, antes del paso E), el paso:

M) disponer en la base de flotación medios de tracción de los cables de retención;

y entonces el procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención puede comprender además, en el paso E): accionar dichos medios de tracción de los cables de retención para desplazar verticalmente la base de flotación.

En al menos uno de dichos pasos del procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención pueden emplearse uno o más remolcadores para controlar la posición en planta de la subestructura flotante.

Opcionalmente, el paso G) del procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención se divide en dos o más fases, incluyendo una o más fases después del paso D) y antes del paso E) y una o más fases después del paso E)

Igualmente, el paso D) del procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención se divide preferiblemente en dos o más fases, incluyendo:

- una fase de transporte sin medios de empuje, anterior al paso E), hasta una zona de trabajo diferente del emplazamiento, y

- una fase de transporte con medios de empuje, posterior al paso E), desde dicha zona de trabajo hasta el emplazamiento.

Finalmente, en caso de que el paso C2) incluya la instalación sobre el tramo de cabeza de

sólo parte de los medios de aerogenerador, el procedimiento comprende también, después del paso D), el paso:

N) montar sobre el tramo de cabeza la totalidad de los medios de aerogenerador.

Se debe indicar que, mediante una especial tipología de subestructura concebida para posibilitar soluciones de subestructura de soporte de aerogeneradores de gran capacidad, la presente invención permite proporcionar una subestructura repotenciable. Esto es, una subestructura diseñada en origen con capacidad incrementada y adaptabilidad para permitir la repotenciación o repowering (la sustitución futura de un aerogenerador original por otro de mayor potencia, eficiencia y rentabilidad) aprovechando la misma subestructura.

Se debe apreciar que el procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención como se ha descrito anteriormente es reversible. Es decir, los pasos efectuados se pueden desarrollar en sentido inverso para así desmantelar la obra, ya sea para retirarla definitivamente o para efectuar trabajos de cualquier índole sobre ella en puerto y volver a instalarla. Además, cuando la obra flotante es una subestructura flotante para aerogenerador, gracias a la característica telescópica del fuste, éste se puede configurar para poder ser llevado a la condición plegada en cualquier momento de la vida útil de la subestructura, por ejemplo para acciones de mantenimiento o, precisamente, de repotenciación.

La presente invención proporciona por lo tanto una obra flotante y un procedimiento de instalación de la misma que son ventajosos para altas profundidades, que son especialmente aplicables a obras hechas esencialmente de hormigón y que dependen poco o nada de grandes medios marinos para el transporte, manipulación e izado de los elementos de la obra, lo que consiguientemente implica un coste bajo o nulo asociado a tales medios.

La base de flotación de acuerdo con la presente invención se puede entender análoga al bloque de cimiento de una solución de cimentación por gravedad apoyada en el fondo marino. Sin embargo, es posible hacer la base de flotación de la presente invención con una configuración menos compleja si no se produce el lastrado de la misma, pues eso permite evitar montajes de válvula para tal fin. Incluso en caso de lastrarse, las diferencias de presión exterior e interior a las paredes de la base de flotación son inferiores a las que deberían soportarse en caso de un lastrado hasta el fondo. También, la base de flotación de

la presente invención requiere una estructura menos voluminosa dado que la eficacia de las cimentaciones por gravedad con relación a la estabilización está muy ligada a su peso y normalmente se afronta haciendo uso de grandes volúmenes que son lastrados abundantemente y que deben ser capaces de soportar la transmisión de importantes fuerzas al terreno. Estas características pueden permitir mantener unos costes relativamente moderados.

En definitiva, la presente invención proporciona una obra flotante y un procedimiento de instalación de la misma para uso aguas adentro, que son ventajosos para altas profundidades, relativamente sencillos, eficaces, seguros y económicos tanto en instalación como en mantenimiento y/o, en caso de subestructuras flotantes para aerogenerador, repotenciación.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción de una realización de la presente invención, dada solamente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la figura 1 muestra esquemáticamente una vista en alzado, parcialmente en corte transversal, de una unidad de transporte con un fuste en condición plegada, con medios de aerogenerador;

la figura 2 muestra esquemáticamente una vista en alzado, parcialmente en corte transversal, de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo suspendido y cadenas como medios de mantenimiento lateral de la posición, con medios de aerogenerador;

la figura 3 muestra esquemáticamente una vista en alzado, parcialmente en corte transversal, de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo suspendido y un conjunto cable-pilote como medios de mantenimiento lateral de la posición, con medios de aerogenerador;

la figura 4 muestra esquemáticamente una vista en alzado, parcialmente en corte transversal, de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo

masivo suspendido y cadenas como medios de mantenimiento lateral de la posición, con brazos extensores y tirantes, con medios de aerogenerador;

la figura 5 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo suspendido y un conjunto cable-pilote como medios de mantenimiento lateral de la posición, con brazos extensores y tirantes, con medios de aerogenerador;

la figura 6 muestra esquemáticamente cuatro vistas en alzado, parcialmente en corte transversal, que representan respectivas realizaciones que incluyen distintos medios estabilizadores empleados durante el procedimiento de instalación;

la figura 7 muestra esquemáticamente tres vistas en alzado, parcialmente en corte transversal, de respectivas etapas en un procedimiento de instalación de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo y medios de mantenimiento lateral de la posición, con medios de aerogenerador;

la figura 8 muestra esquemáticamente dos vistas en alzado, parcialmente en corte transversal, de respectivas etapas en un procedimiento de instalación de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo, con medios de aerogenerador;

la figura 9 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo suspendido, con una base de flotación de varios cuerpos, con un fuste no telescópico y medios de aerogenerador;

la figura 10 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una subestructura flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo suspendido, con otra base de flotación de varios cuerpos y con tirantes, con medios de aerogenerador;

la figura 11 muestra esquemáticamente una porción de una subestructura flotante, concretamente una base de flotación que incluye cámara de gas a presión y turbinas de tipo Wells, así como brazos extensores; y

la figura 12 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una obra flotante con medios de estabilización de un solo cuerpo masivo suspendido, con una base de flotación

de un solo cuerpo que soporta tres fustes y, sobre ellos, una plataforma hexaédrica rectangular.

Descripción detallada de al menos una realización de la invención

Haciendo referencia a las figuras anexas, en todas ellas se muestra una obra flotante 1 que, en condición instalada, de acuerdo con la presente invención, comprende: una base 2 de flotación, que comprende al menos un cuerpo con un recinto interior 25 esencialmente hueco cuya máxima dimensión horizontal supera su máxima dimensión vertical; una edificación soportada sobre dicha base 2 de flotación; medios de empuje descendente; y al menos tres cables 8 de retención cuyos respectivos extremos superiores quedan unidos a dicha base 2 de flotación y cuyos respectivos extremos inferiores quedan unidos a dichos medios de empuje descendente. Además, en las figuras 1 a 11, la edificación que forma parte de la obra flotante comprende un fuste telescópico 3, siendo los medios 7 de aerogenerador mostrados un accesorio opcional y/o intercambiable con otros accesorios, según la aplicación de la obra flotante, ilustrado simplemente a modo de ejemplo para la explicación de las realizaciones de la invención. En la figura 12, la edificación que forma parte de la obra flotante comprende tres fustes 36 soportados directamente por la base 2 de flotación y una subestación eléctrica 41 soportada sobre dichos fustes y representada esquemáticamente por una plataforma hexaédrica rectangular. En cualquier caso, la base 2 de flotación tiene una dimensión suficiente para asegurar la autoflotación estable del conjunto que comprende la propia base 2 de flotación y la correspondiente edificación. En el caso de las figuras 1 a 11, la base 2 de flotación tiene una dimensión suficiente para asegurar la autoflotación estable del conjunto que comprende la propia base 2 de flotación, el fuste telescópico 3 en condición plegada y al menos parte de los medios 7 de aerogenerador dispuestos en la cabeza de dicho fuste.

No obstante, en las figuras 1 y 6 se representan subestructuras flotantes en las que dichos medios de empuje descendente y dichos cables 8 de retención no se han aplicado para formar la subestructura flotante 1 completa de acuerdo con la invención, porque se ilustran fases del procedimiento de instalación de la subestructura flotante 1 previas a la condición instalada.

Concretamente, la figura 1 muestra una unidad 9 de transporte en una fase de transporte de una realización del procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención, en la que una unidad 9 de transporte autoflotante y autoestable, conformada por una base 2 de

flotación, un fuste telescópico 3 en condición plegada soportado sobre dicha base 2 de flotación, y unos medios 7 de aerogenerador unidos al tramo 32 de cabeza de dicho fuste telescópico 3, es remolcada por un barco remolcador 28. En la fase de transporte ilustrada en la figura 1, los medios de empuje descendente y los cables 8 de retención se transportan aparte de dicha unidad 9 de transporte y se aplican posteriormente a la unidad 9 de transporte.

Por su parte, la figura 6 muestra una unidad 9 de transporte en una condición de descenso correspondiente a una realización del procedimiento de instalación de acuerdo con la presente invención, concretamente durante el paso de lastrado de la base 2 de flotación justo antes de aplicar precisamente unos cables 8 de retención conectados por su extremo inferior a unos medios de empuje descendente. La figura 6 muestra cinco vistas que representan respectivas realizaciones de unos medios estabilizadores 27 utilizados en el procedimiento de instalación. Tales medios estabilizadores 27 están destinados a estabilizar la unidad 9 de transporte durante las tareas de aplicación de los medios de empuje descendente y los cables 8 de retención a la unidad 9 de transporte, así como durante las tareas de lastrado y descenso de la base 2 de flotación hasta su cota operativa. Tales medios estabilizadores 27 son opcionales en el procedimiento de instalación y, en cualquier caso, son preferiblemente desmontables y reutilizables de manera que no formen parte de la subestructura flotante 1 en condición instalada.

Más concretamente, en la realización mostrada en la vista 6(a), los medios estabilizadores 27 comprenden tres flotadores sujetos a la base 2 de flotación en una posición relativa fija, teniendo cada flotador una altura suficiente para permanecer siempre parcialmente emergido a lo largo del paso de lastrado y descenso de la subestructura flotante 1 hasta su cota operativa. En esta realización, dos barcos remolcadores 28 estarían conectados a la base 2 de flotación de la subestructura flotante 1 en puntos diametralmente opuestos, para aumentar el control del posicionamiento de la subestructura flotante 1.

En la realización mostrada en la vista 6(b), los medios estabilizadores 27 comprenden tres flotadores que están conectados entre sí y que comprenden medios 33 de guiado con la torre que mantienen su posición relativa en planta con la base 2 de flotación (en la representación sólo se aprecian dos flotadores por el tipo de vista usado), teniendo cada flotador un carrete motorizado que comprende medios 29 de arriada; en este caso dichos medios 29 de arriada consisten en un cabo unido por su extremo libre a la base 2 de flotación, de manera que dicho carrete motorizado larga cabo a medida que se produce el

lastrado y descenso de la subestructura flotante 1 hasta su cota operativa. Dicho cabo está pretensado.

En la realización mostrada en la vista 6(c), los medios estabilizadores 27 comprenden un único flotador que rodea parcialmente el tramo 4 de base, teniendo el flotador una geometría en plana en forma de “U”, y comprendiendo medios 31 de tracción, que en este caso consisten en tres carretes motorizados, que comprenden cada uno un cabo unido por su extremo libre a la base 2 de flotación, de manera que cada uno de dichos carretes motorizados larga cabo a medida que se produce el lastrado y descenso de la subestructura flotante 1 hasta su cota operativa.

En la realización mostrada en la vista 6(d), los medios estabilizadores 27 comprenden dos barcazas o embarcaciones que tienen cada una un carrete motorizado que comprende un cabo unido por su extremo libre a la base 2 de flotación (en esta realización, concretamente a un respectivo brazo extensor 19) de manera que dicho carrete motorizado larga cabo a medida que se produce el lastrado y descenso de la subestructura flotante 1 hasta su cota operativa.

Finalmente, en la realización mostrada en la vista 6(e), los medios estabilizadores 27 comprenden tres flotadores (aunque en la vista en corte solo se esquematizan dos) conectados a la base 2 de flotación mediante brazos extensores 39 que en este caso son provisionales, y comprenden también embarcaciones de apoyo 27 dotadas de medios 29 de arriada. En este caso, los flotadores permanecen emergidos durante parte del proceso de lastrado de la base 2 de flotación pero no en las últimas etapas del proceso de lastrado.

Ahora se hará referencia a las figuras 2 a 5, cada una de las cuales muestra una realización distinta de una subestructura flotante 1 de acuerdo con la invención.

La figura 2 representa unos medios 7 de aerogenerador soportados sobre un fuste telescópico 3 desplegado formado por tres tramos tubulares, esto es, un tramo 4 de base y dos tramos 5, 32 de superposición. En este caso, los dos tramos inferiores son de hormigón, mientras que el tramo 32 de cabeza 32 es metálico. A su vez, el fuste telescópico 3 reposa por su tramo 4 de base en una base 2 de flotación. En esta realización, el fuste es de tipo semi-emergido y la base 2 de flotación es de tipo sumergido, formando juntos parte de una subestructura flotante 1 para aerogenerador. Desde la zona perimetral de dicha base 2 de flotación parten tres cables 8 de retención (de los cuales solamente dos son visibles debido

al tipo de vista usado). Estos cables 8 de retención están unidos, por su extremo opuesto a su extremo unido a la base 2 de flotación, a medios de empuje descendente que consisten en un elemento masivo suspendido, en forma de cajón hueco 13 de hormigón común a todos los cables. El interior del cajón común 13 está totalmente relleno de material 14 de lastre, de modo que la base 2 de flotación se sitúa en su cota operativa. Dichos cables se extienden inclinados respecto a la vertical de forma que el extremo superior de cada uno de los cables está más alejado del eje vertical central 10 del fuste que el extremo inferior del mismo cable. En esta realización, la base 2 de flotación no está lastrada.

En esta realización, la subestructura flotante 1 comprende además unos medios 16 de mantenimiento lateral de la posición mediante los cuales la subestructura flotante 1 está unida al fondo marino. Tales medios 16 de mantenimiento lateral de la posición comprenden tres amarras, cada una de las cuales parte desde la zona perimetral de dicha base 2 de flotación y cuelga hacia abajo y alejándose de la base 2 de flotación hasta reposar en el lecho marino. En esta realización, cada una de estas amarras está formada por una cadena larga y gruesa, y tal conjunto de cadenas o moorings, impide o al menos limita el desplazamiento lateral de la subestructura flotante 1.

La figura 3 representa unos medios 7 de aerogenerador soportados sobre un fuste telescópico 3 desplegado formado por dos tramos tubulares, esto es, un tramo 4 de base en este caso de hormigón y un tramo 32 de cabeza en este caso metálico. A su vez, el fuste telescópico 3 reposa por su tramo 4 de base en una base 2 de flotación. En esta realización, el fuste es de tipo emergido y la base 2 de flotación es de tipo semi-sumergido, formando juntos parte de una subestructura flotante 1 para aerogenerador. Desde la zona perimetral de dicha base 2 de flotación parten tres cables 8 de retención (de los cuales solamente dos son visibles debido al tipo de vista usado). Estos cables 8 de retención están unidos, por su extremo opuesto a su extremo unido a la base 2 de flotación, a un elemento masivo suspendido, en forma de cajón hueco 13 de hormigón común a todos los cables. El interior del cajón común 13 está totalmente relleno de una mezcla concreta de materiales de lastre, que incluyen material líquido y sólido, de modo que la base 2 de flotación se sitúa en su cota operativa. Dichos cables se extienden inclinados respecto a la vertical de forma que el extremo superior de cada uno de los cables está más alejado del eje vertical central 10 del fuste que el extremo inferior del mismo cable. En esta realización, la base 2 de flotación no está lastrada.

En esta realización, la subestructura flotante 1 comprende además unos medios 16 de

mantenimiento lateral de la posición mediante los cuales la subestructura flotante 1 está unida al fondo marino. Tales medios 16 de mantenimiento lateral de la posición comprenden un pilote anclado al lecho marino y una única amarra unida por un extremo al cajón común 13 y por el otro extremo a dicho pilote. Como ya se ha indicado anteriormente, el interior del cajón común 13 está totalmente relleno de una mezcla concreta de materiales de lastre, de modo que la base 2 de flotación se sitúa en su cota operativa, por lo que los medios 16 de mantenimiento lateral de la posición no están destinados ni diseñados con el fin de aportar un empuje descendente para determinar el calado de la subestructura flotante 1, sino simplemente para soportar las tensiones provocadas por fuerzas impuestas sobre la subestructura flotante 1 por acciones externas actuantes, tales como oleaje, corrientes marinas, etc.

La figura 4 representa unos medios 7 de aerogenerador soportados sobre un fuste telescópico 3 desplegado formado por tres tramos tubulares, esto es, un tramo 4 de base y dos tramos 5, 32 de superposición. A su vez, el fuste telescópico 3 reposa por su tramo 4 de base en una base 2 de flotación. En esta realización, el fuste es de tipo semi-emergido y la base 2 de flotación es de tipo sumergido, formando juntos parte de una subestructura flotante 1 para aerogenerador. Desde la zona perimetral de dicha base 2 de flotación parten tres cables 8 de retención (de los cuales solamente dos son visibles debido al tipo de vista usado). En concreto, en esta realización la base 2 de flotación comprende tres brazos extensores 19 que se extienden lateralmente hacia fuera de dicha base 2 de flotación y desde cada uno de dichos brazos extensores 19 parte un respectivo cable. Estos cables 8 de retención están unidos, por su extremo opuesto a su extremo aplicado a la base 2 de flotación, a un elemento masivo suspendido, en forma de cajón hueco 13 de hormigón común a todos los cables. El interior del cajón común 13 está totalmente relleno de una mezcla concreta de materiales de lastre, de modo que la base 2 de flotación se sitúa en su cota operativa. Dichos cables se extienden inclinados respecto a la vertical de forma que el extremo superior de cada uno de los cables está más alejado del eje vertical central 10 del fuste que el extremo inferior del mismo cable. En esta realización, la base 2 de flotación no está lastrada.

En esta realización, la subestructura flotante 1 comprende además unos medios 16 de mantenimiento lateral de la posición mediante los cuales la subestructura flotante 1 está unida al fondo marino. Tales medios 16 de mantenimiento lateral de la posición comprenden tres amarras (de las cuales solamente dos son visibles debido al tipo de vista usado), cada una de las cuales parte desde un respectivo brazo extensor 19 y cuelga hacia abajo y

alejándose de la base 2 de flotación hasta reposar en el lecho marino. En esta realización, cada una de estas amarras está formada por una cadena larga y gruesa, y tal conjunto de cadenas, en virtud de su propio peso, impide o al menos limita el desplazamiento lateral de la subestructura flotante 1.

Además, la subestructura flotante 1 incluye tres tirantes 20, cada uno de los cuales parte de un respectivo brazo extensor 19 y está unido por su otro extremo al extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1. De hecho, en esta realización se proporcionan tres torones unidos cada uno de ellos por un extremo al cajón común 13 y por el otro extremo al extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1. Cada uno de dichos torones pasa por un elemento 21 de desviación situado en el extremo libre de un respectivo brazo extensor 19, quedando pues dividido cada torón en un segmento inferior que se extiende desde un brazo extensor 19 hasta el cajón común 13 y un segmento superior que se extiende desde un brazo extensor 19 hasta el extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1. Entonces, cada uno de dichos segmentos inferiores forma cada uno de dichos cables 8 de retención, y cada uno de dichos segmentos superiores forma cada uno de dichos tirantes 20. Dicho elemento 21 de desviación es en esta realización un elemento de plástico con una cara curva que permite que el cable se desvíe adoptando un radio de doblado adecuado.

La figura 5 representa unos medios 7 de aerogenerador soportados sobre un fuste telescópico 3 desplegado formado por cuatro tramos tubulares, esto es, un tramo 4 de base y tres tramos de superposición. A su vez, el fuste telescópico 3 reposa por su tramo 4 de base en una base 2 de flotación. Desde la zona perimetral de dicha base 2 de flotación parten tres cables 8 de retención. En concreto, en esta realización la base 2 de flotación comprende tres brazos extensores 19 que se extienden lateralmente hacia fuera de dicha base 2 de flotación formando una estructura espacial en planta, y desde cada uno de dichos brazos extensores 19 parte un respectivo cable. Estos cables 8 de retención están unidos, por su extremo opuesto a su extremo unido a la base 2 de flotación, a un elemento masivo suspendido, en forma de cajón hueco 13 de hormigón común a todos los cables. El interior del cajón común 13 está totalmente relleno de material 14 de lastre, de modo que la base 2 de flotación se sitúa en su cota operativa. Dichos cables se extienden inclinados respecto a la vertical de forma que el extremo superior de cada uno de los cables está más alejado del eje vertical central 10 del fuste que el extremo inferior del mismo cable.

En esta realización, la subestructura flotante 1 comprende además unos medios 16 de

mantenimiento lateral de la posición mediante los cuales la subestructura flotante 1 está unida al fondo marino. Tales medios 16 de mantenimiento lateral de la posición comprenden un pilote anclado al lecho marino y una única amarra unida por un extremo al cajón común 13 y por el otro extremo a dicho pilote. Como ya se ha indicado anteriormente, el interior del cajón común 13 está totalmente relleno de un material 14 de lastre, de modo que la base 2 de flotación se sitúa en su cota operativa, por lo que los medios 16 de mantenimiento lateral de la posición no están destinados ni diseñados con el fin de aportar un empuje descendente para determinar el calado de la subestructura flotante 1, sino simplemente para soportar las tensiones provocadas por fuerzas impuestas sobre la subestructura flotante 1 por acciones externas actuantes, tales como oleaje, corrientes marinas, etc.

Además, la subestructura flotante 1 incluye tres tirantes 20, cada uno de los cuales parte de un respectivo brazo extensor 19 y está unido por su otro extremo al extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1. Preferiblemente, los tirantes 20 vienen precolocados, es decir, un extremo de cada tirante 20 se une bien a la base flotante o bien al extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1 antes de la fase de transporte, y el resto del tirante 20 queda plegado y sujeto a la subestructura de flotación. Tras la fase de transporte, cada tirante 20 se despliega y se une por su otro extremo bien al extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1 o bien a la base flotante, respectivamente.

Haciendo referencia ahora a las figuras 7 y 8, en ellas se muestran sintéticamente dos respectivas realizaciones de un procedimiento de instalación de acuerdo con la invención.

Haciendo referencia ahora concretamente a la figura 7, la vista 7(a) muestra una unidad 9 de transporte en una fase de transporte, en la que una unidad 9 de transporte autoflotante y autoestable, conformada por una base 2 de flotación con elementos 30 de recogida provisional de los cables de retención, un fuste telescópico 3 en condición plegada soportado sobre dicha base 2 de flotación, y unos medios 7 de aerogenerador unidos al tramo 32 de cabeza de dicho fuste telescópico 3, es remolcada por un barco remolcador 28. Desde la zona perimetral de dicha base 2 de flotación parten tres cables 8 de retención (de los cuales solamente dos son visibles debido al tipo de vista usado). Estos cables 8 de retención están unidos, por su extremo opuesto a su extremo unido a la base 2 de flotación, a un elemento masivo destinado a estar suspendido a cierta distancia del fondo marino y actuar así como medios de empuje descendente, en forma de cajón hueco 13 de hormigón común a todos los cables, cuyo perfil coincide sustancialmente con un rebaje inferior central

de la base 2 de flotación. En esta fase de transporte, dicho cajón común 13 está adosado pues a la base 2 de flotación, alojado en dicho rebaje, y es transportado conjuntamente con ella. Dicho cajón común 13 se mantiene adosado a la base 2 de flotación en esta fase de transporte debido al hecho de que, dado que dicho cajón común 13 está hueco y vacío, flota en la masa de agua, por lo que es arrastrado por la base 2 de flotación.

De hecho, una vez terminada la fase de transporte ilustrada en la vista 7(a) y previamente a la condición de equilibrio ilustrada en la vista 7(b), el cajón común 13 se lastra parcialmente mediante un primer material 14 de lastre hasta que dichos cables están totalmente desplegados.

La vista 7(b) muestra entonces la unidad 9 de transporte en dicha condición de equilibrio, en la que los cables están totalmente desplegados y sustancialmente sin tensión, el cajón común 13 está suspendido una cierta distancia del lecho marino que corresponde sustancialmente a su propio equilibrio de flotación, y la base 2 de flotación está sustancialmente flotando en la superficie del agua.

Tras ello, y antes de la condición instalada ilustrada en la vista 7(c), se aplican a la subestructura flotante 1 medios 16 de mantenimiento lateral de la posición, mediante los cuales la subestructura flotante 1 se une al fondo marino. Tales medios 16 de mantenimiento lateral de la posición comprenden dos amarras, cada una de las cuales parte desde la zona perimetral de dicho cajón común 13 y cuelga hacia abajo y alejándose de dicho cajón común 13 hasta reposar en el lecho marino. En esta realización, cada una de estas amarras está formada por una cadena larga y gruesa unida a un ancla en el lecho marino, y tal conjunto de cadenas, impide o al menos limita el desplazamiento lateral de la subestructura flotante 1. Alternativamente, dichos medios 16 de mantenimiento de la posición pueden conectarse a la subestructura flotante 1 antes de iniciar el proceso de lastrado del elemento masivo suspendido, o pueden conectarse a otra parte de la subestructura flotante 1 como la base 2 de flotación.

Entonces, el cajón común 13 se lastra totalmente, para lo que puede emplearse un segundo material 14 de lastre, de modo que hace descender la base 2 de flotación hasta su cota operativa, lo que provoca que el aire atrapado en el rebaje inferior central de la base 2 de flotación se comprima.

La vista 7(c) muestra entonces la subestructura flotante 1 de acuerdo con la presente

invención en dicha condición instalada, en la que los cables están totalmente desplegados y en tensión, el cajón común 13 está totalmente lastrado para que la base 2 de flotación se sitúe en su cota operativa, y el rebaje central inferior de la base 2 de flotación contiene una cámara 22 de aire comprimido que puede incrementar la fuerza ascendente de flotación que experimenta la base 2 de flotación. La regulación del aire contenido en dicha cámara 22 puede servir para regular la fuerza de flotación y con ello el calado del conjunto de la subestructura flotante 1. Esta realización incorpora también una turbina 23 de tipo Wells en un paso de aire entre dicha cámara 22 de gas comprimido y el recinto interior del fuste, de modo que las variaciones del nivel de agua en dicha cámara 22 que son inducidas por el oleaje puede emplearse para generar energía

En este caso, el fuste de la subestructura flotante 1 es de tipo emergido y la base 2 de flotación es de tipo semi-sumergido.

Haciendo referencia ahora concretamente a la figura 8, la vista 8(a) muestra la construcción en dique seco de la base 2 de flotación. La figura 8(b) muestra una unidad 9 de transporte en una fase de transporte, en la que tal unidad 9 de transporte es autoflotante y autoestable y está conformada por una base 2 de flotación, un fuste telescópico 3 en condición plegada soportado sobre dicha base 2 de flotación, y unos medios 7 de aerogenerador unidos al tramo 32 de cabeza de dicho fuste telescópico 3; en la misma vista 8(b) se muestra el transporte independiente, simultáneo o no, de un elemento masivo en forma de cajón 13 de hormigón, autflotante y autoestable, siendo también remolcado al emplazamiento. Dicho cajón 13 lleva precolocados los cables 8 de retención, mediante elementos 30 de recogida provisional de los cables de retención. Dicho cajón 13 va lastrado parcialmente desde el inicio del transporte, sin que ello comprometa su flotación estable, de modo que se reduce la cantidad de lastre que será necesario aportar en el emplazamiento definitivo offshore.

La figura 8(c) muestra una fase posterior del proceso de instalación en la que los cables 8 de retención transportados sobre el elemento masivo se han desplegado con longitudes diferentes, total o parcialmente, y se han conectado en puntos perimetrales de la base 2 de flotación.

La vista 8(d) muestra el proceso de lastrado del cajón 13 de hormigón, lo que lleva a su progresivo descenso hasta que queda eventualmente suspendido de los cables 8 de retención. El propio peso del cajón 13 y los cables 8 de retención que lo sujetan harán que el cajón 13 tienda por sí solo a situarse en su posición definitiva respecto a la base 2 de

flotación, que en este caso coincide con el eje vertical central 10 del fuste y de la base 2 de flotación. Sin embargo, el proceso puede también asistirse mediante uno o más barcos remolcadores 28.

Una vez el cajón 13 queda suspendido de la base 2 de flotación mediante cables 8 de retención inclinados, dota a la estructura de gran estabilidad, y se procede por ello a elevar el fuste telescópico 3 junto con los medios 7 de aerogenerador, fase que se representa en la vista 8(e). Finalmente, la vista 8(f) muestra la condición instalada de la subestructura flotante 1, con el cajón 13 completamente lastrado, y con la incorporación de medios 16 de mantenimiento lateral de la posición. En este caso, la base 2 de flotación se lastra parcialmente para ajustar el calado de la estructura. El material 14 de lastre es preferiblemente líquido y su volumen regulable, lo que permite ajustar a conveniencia el calado del conjunto en función de las circunstancias, en particular de viento y oleaje.

Tanto en la realización de acuerdo con la invención de la figura 7 como en la de la figura 8, el elemento masivo, adosable o transportado a parte, proporciona la estabilidad necesaria -a través de los cables 8 de retención- durante el proceso de lastrado de la base 2 de flotación, incluso aunque la base 2 de flotación se sumerja por completo. Por ello, el proceso de instalación puede llevarse a cabo sin necesidad de usar medios estabilizadores 27 de flotación.

Las figuras 9 y 10 muestran sendas realizaciones de una subestructura flotante 1 para aerogenerador de acuerdo con la presente invención, en las que la base 2 de flotación está formada por una pluralidad de cuerpos huecos. Concretamente, la figura 9 muestra una realización de una subestructura flotante 1 para aerogenerador de acuerdo con la presente invención en la que la base 2 de flotación está formada por un cuerpo hueco principal y dos cuerpos huecos adicionales, estando todos los cuerpos huecos unidos entre sí mediante armazones de tipo celosía; y la figura 10 muestra una realización de una subestructura flotante 1 para aerogenerador de acuerdo con la presente invención en la que la base 2 de flotación está formada por un cuerpo hueco principal y tres cuerpos huecos adicionales, estando los cuerpos huecos adicionales unidos cada uno al cuerpo hueco principal mediante un armazón de tipo barra, que en este caso está formada igualmente por un cuerpo hueco prismático.

En la realización de la figura 9, el cuerpo hueco principal tiene forma de disco y sostiene sobre él un fuste tubular 40 no telescópico que soporta a su vez los medios 7 de

aerogenerador, y los cuerpos huecos adicionales están dispuestos de manera que forman una planta triangular con el cuerpo hueco principal. En esta realización, los cables 8 de retención parten uno de cada cuerpo hueco y se reúnen en un elemento masivo que actúa como medios de empuje descendente. Además, los cables 8 de retención son todos de la misma longitud, por lo que dicho elemento masivo está desplazado con relación al eje vertical central 10 del fuste, y coincide sustancialmente con el eje vertical central 11 de la base 2 de flotación de tres cuerpos que está desplazado con respecto al eje vertical central 10 del fuste.

Por su parte, en la realización de la figura 10, el cuerpo hueco principal tiene forma de disco y sostiene sobre él el fuste de la subestructura flotante 1, y los cuerpos huecos adicionales están dispuestos alrededor de dicho cuerpo hueco principal en posiciones equidistantes entre sí y equidistantes con dicho cuerpo principal. En esta realización, los cables 8 de retención parten uno de cada uno de los cuerpos huecos adicionales y se reúnen en un elemento masivo que actúa como medios de empuje descendente. Además, los cables 8 de retención son todos de la misma longitud, por lo que dicho elemento masivo está dispuesto sustancialmente en el eje vertical central 10 del fuste que coincide sustancialmente con el eje central 11 de la base 2 de flotación.

La subestructura flotante 1 de esta realización comprende además tres tirantes 20, que parten uno de cada uno de los cuerpos huecos adicionales y se unen al extremo superior del tramo 4 de base del fuste de la subestructura flotante 1. Preferiblemente, el extremo inferior de un tirante 20 de una obra flotante de acuerdo con la presente invención estará unido a la base 2 de flotación de la obra flotante en una posición próxima o alineado con el punto de unión del extremo superior de uno de los cables 8 de retención a la base 2 de flotación.

En esta realización los tramos del fuste telescópico están formados por dovelas prefabricadas que unidas a través de juntas verticales 38 conforman tramos esencialmente cilíndricos del fuste. Igualmente, entre dichos tramos cilíndricos se forman juntas horizontales 37 a lo largo del fuste.

Los tramos de la torre formados por dovelas pueden premontarse en seco y/o en muelle para formar tramos completos, y luego procederse a aplicar los tramos completos a la base 2 de flotación, proceso intermedio aplicable igualmente a otro tipo de subestructuras offshore que empleen torres de tipo telescópico como la descrita en la presente invención.

Por último, haciendo referencia a la figura 11, en ella se muestra un detalle de una realización de subestructura flotante 1 de acuerdo con la presente invención, concretamente una base 2 de flotación con brazos extensores 19 que incluye una cámara 22 de gas a presión y turbinas 23 de tipo Wells para el aprovechamiento de la energía del oleaje.

Más concretamente, la pared perimetral de la base 2 de flotación está prolongada hacia abajo de manera que se forma una cavidad orientada hacia abajo. Esta cavidad contiene inicialmente aire que, al colocar la base 2 de flotación en la masa de agua de emplazamiento, queda atrapado. Además, al sumergir la base 2 de flotación, dicho aire atrapado se comprime, formándose dicha cámara 22 de gas a presión. Alternativa o adicionalmente, se puede introducir aire o cualquier otro gas a presión en dicha cámara 22 de gas a presión. Además la base 2 de flotación está compartimentada. Cada compartimento tiene una abertura en la pared de fondo y, en correspondencia con cada respectiva abertura, una correspondiente turbina 23 de tipo Wells. Además, los compartimentos tienen también una abertura en cada tabique de división entre compartimentos. Los tabiques de división entre compartimentos se también están prolongados hacia abajo de manera que dicha cámara 22 de gas a presión queda igualmente compartimentada.

El sistema de generación de energía de una turbina 23 de tipo Wells de la presente invención se basa en la tecnología OWC (columna de agua oscilante, por las siglas de la expresión en inglés “oscillating water column”), en base a los cambios de presión que el oleaje genera en la cámara 22 de aire y que impulsan el aire a través de las turbinas 23 de tipo Wells.

La presencia de turbinas 23 de tipo Wells en las realizaciones de la presente invención para la generación de energía a partir del oleaje en las que la obra flotante es una subestructura flotante 1 para aerogenerador tiene especial sentido al contarse ya con toda la infraestructura destinada a la evacuación de la energía generada por el aerogenerador.

Además, la cámara 22 de gas a presión puede comprender medios de control y regulación del volumen y/o presión del gas contenido en dicha cámara 22 de gas a presión, para regular o ayudar a regular el calado de la subestructura flotante 1 y para ajustar o ayudar a ajustar la frecuencia de resonancia de la cámara 22 de gas para mejorar la eficiencia del sistema de columna de agua oscilante.

Con referencia de nuevo a las figuras 1 y 2, una realización de un procedimiento de instalación de una subestructura flotante 1 para aerogenerador de acuerdo con la presente invención comprende entonces los siguientes pasos:

- fabricar una base 2 de flotación con forma de disco hueco;

- colocar la base 2 de flotación en la masa de agua de emplazamiento;

- fabricar en seco tres tramos de un fuste telescópico 3, incluyendo un tramo 4 de base y un tramo 32 de cabeza;

- conformar una unidad 9 de transporte, flotante y autoestable, que comprende la base 2 de flotación, el fuste telescópico 3 en condición plegada soportado centralmente sobre dicha base 2 de flotación, y unos medios 7 de aerogenerador soportados sobre el tramo 32 de cabeza de dicho fuste telescópico 3;

- remolcar de forma autoflotante dicha unidad 9 de transporte hasta una primera zona de trabajo diferente del emplazamiento, permaneciendo la base 2 de flotación semi-sumergida y el fuste telescópico 3 en condición plegada completamente emergido;

- fijar el extremo superior de los cables 8 de retención a la base 2 de flotación;

- fijar el extremo inferior de los cables 8 de retención a unos medios de empuje descendente en forma de cajón hueco vacío 13 común a todos los cables;

- remolcar de forma autoflotante el conjunto formado por dicha unidad 9 de transporte, dichos cables 8 de retención y dicho cajón común 13 desde dicha primera zona de trabajo hasta el emplazamiento, permaneciendo la base 2 de flotación semi-sumergida y el fuste telescópico 3 en condición plegada completamente emergido;

- aplicar por mediación de los cables 8 de retención una fuerza descendente sobre la base 2 de flotación, generada por dicho cajón común 13 a medida que éste se lastra, de manera que la base 2 de flotación desciende hasta su cota operativa;

- desplegar el fuste telescópico 3 junto con los medios 7 de aerogenerador;

- aplicar a la subestructura unos medios 16 de mantenimiento lateral de la posición en forma de cadenas, concretamente:

unir una primera cadena larga y gruesa por uno de sus extremos a un primer punto perimetral de dicha base 2 de flotación de manera que tal cadena se extiende alejándose de la base 2 de flotación hasta reposar en el lecho marino, y

unir una segunda cadena larga y gruesa por uno de sus extremos a un segundo punto perimetral de dicha base 2 de flotación de manera que tal cadena se extiende alejándose de la base 2 de flotación hasta reposar en el lecho marino,

estando dichos puntos perimetrales primero y segundo situados diametralmente opuestos con relación a la base 2 de flotación, y

regular el lastre de dicho cajón común 13 para que la base 2 de flotación mantenga su cota operativa tras la unión de dichas cadenas a dicha base 2 de flotación.

Dicha primera zona de trabajo es una zona resguardada de elevado calado.

Naturalmente, manteniéndose el principio de la presente invención, las realizaciones y los detalles de construcción pueden variar ampliamente con respecto a los descritos e ilustrados puramente a modo de ejemplo no limitativo, sin salir por ello del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, a modo ilustrativo, a la luz de las enseñanzas del presente documento, será evidente para un experto en la técnica que los medios de generador pueden comprender una turbina de tipo up-wind o de tipo down-wind, así como cualquier número de palas, sin estar limitado a tres palas como se ilustra con fines puramente ilustrativos.

Igualmente a modo ilustrativo, aunque a lo largo del presente documento se hace referencia a “cables” para conectar los medios de empuje descendente y la base de flotación, el experto en la técnica entenderá que en lugar de cables pueden ser cadenas, barras, eslingas o similares, sin por ello salir del alcance de la invención.

A modo también ilustrativo, será evidente para un experto en la técnica a la vista de las enseñanzas del presente documento que las extensiones laterales denominadas aquí

“brazos” pueden estar acopladas o incluso integradas en una extensión lateral a modo de corona continua o a modo de arcos de corona o en cualquier otro tipo de estructura, sin por ello salir del alcance de la invención. Igualmente, resultará obvio para un experto en la técnica a la vista de las enseñanzas del presente documento que si bien se prefieren formas esencialmente circulares para muchos de los elementos comprendidos en la invención como fustes, cuerpos huecos o cajones, pueden ser posibles otras múltiples geometrías sin salir del alcance de la invención, tales como formas cuadradas o rectangulares, de polígono regular o irregular.

Para la regulación del volumen y/o peso del material de lastre de los elementos masivos se puede usar tecnología conocida, por ejemplo análoga a la que se usa en los submarinos para controlar su profundidad.

REIVINDICACIONES

1. Obra flotante caracterizada porque:

• dicha obra flotante comprende:

- una base de flotación, que comprende al menos un cuerpo esencialmente hueco susceptible de ser rellenado selectivamente con lastre, en la que la máxima dimensión horizontal de la base de flotación supera la máxima dimensión vertical de la base de flotación,

- una edificación soportada sobre dicha base de flotación,

- medios de empuje descendente, y

- al menos tres cables de retención, cuyos respectivos extremos superiores quedan unidos a dicha base de flotación, preferiblemente en posiciones perimetrales de la base de flotación, y cuyos respectivos extremos inferiores quedan unidos a dichos medios de empuje descendente, de forma que dichos cables de retención están en tensión y aplican sobre dicha base de flotación una fuerza descendente que incrementa la estabilidad de la obra flotante;

• dichos medios de empuje descendente comprenden al menos un elemento masivo suspendido de los propios cables de retención y completamente sumergido, situado por debajo de la base de flotación y elevado con respecto al fondo marino;

• dichos cables de retención no están verticales sino que tienen una inclinación en relación con la vertical, quedando su extremo superior más alejado del eje central de la base de flotación que su extremo inferior.

2. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el elemento masivo suspendido está situado esencialmente en el eje vertical central de la base de flotación.

3. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque el elemento masivo suspendido comprende un cajón de hormigón, esencialmente hueco, cuyo interior en condición instalada queda total o parcialmente relleno de material de lastre.

4. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dicho elemento masivo suspendido comprende además medios de regulación del volumen y/o peso de dicho material de lastre, para regular el peso sumergido de dicho elemento masivo suspendido y de ese modo regular el calado o cota en la que se sitúa la obra flotante.

5. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende, en condición instalada, una edificación de tipo semi-emergido y una base de flotación de tipo sumergido.

6. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque comprende, en condición instalada, una edificación de tipo emergido y una base de flotación de tipo semi-sumergido.

7. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende al menos un tirante cuyo extremo superior queda unido a la edificación y cuyo extremo inferior queda unido a la base de flotación, y porque al menos uno de dichos tirantes queda inclinado respecto a la vertical de forma que el extremo inferior del tirante está más alejado del eje vertical central de la edificación que el extremo superior del tirante.

8. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada porque al menos uno de dichos tirantes está formado por la prolongación de un respectivo cable de retención, y porque la base de flotación comprende un elemento de desviación que permite un quiebro en la alineación del cable de retención y el extremo superior del cable de retención queda unido finalmente a la edificación.

9. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la base de flotación comprende un único cuerpo esencialmente cerrado, estanco y hueco, de tipo cajón.

10. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque la base de flotación comprende al menos dos cuerpos esencialmente cerrados, estancos y huecos, de tipo cajón, estando dichos cuerpos unidos entre sí directamente o por medio de un armazón.

11. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende además unos medios de mantenimiento lateral de la posición que unen la obra flotante con el fondo marino de modo que se evita que ésta quede a la deriva.

12. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizada porque dichos medios de mantenimiento lateral de la posición comprenden al menos una amarra o “mooring” unida por un extremo al fondo marino y por el otro extremo a cualquier elemento de la obra flotante.

13. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque al menos uno de dichos elementos masivos es susceptible de quedar adosado provisionalmente a la base de flotación.

14. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende medios de recogida provisional de los cables de retención para su transporte enrollado o embobinado.

15. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende al menos un brazo extensor que se proyecta lateralmente hacia fuera desde el perímetro del cuerpo o del conjunto de cuerpos de la base de flotación.

16. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizada porque al menos uno de los cables de retención está unido por su extremo superior a un respectivo brazo extensor.

17. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizada porque al menos uno de los tirantes está unido por su extremo inferior a un respectivo brazo extensor.

18. Obra flotante de acuerdo con las reivindicaciones 16 y 17, caracterizada porque al menos uno de dichos tirantes está formado por la prolongación de un respectivo cable de retención, y porque el correspondiente brazo extensor comprende un elemento de desviación que permite un quiebro en la alineación del cable de retención y el extremo superior del cable de retención queda unido finalmente a la edificación.

19. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18,

caracterizada porque los medios de mantenimiento lateral de la posición están unidos, por un extremo, al fondo marino y, por el otro extremo, a al menos uno de dichos brazos extensores.

20. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende, bajo la base de flotación, al menos una cámara de gas a presión que incrementa el volumen de agua desalojado por la base de flotación y por tanto incrementa la fuerza ascendente de flotación que ésta recibe, y porque dicha cámara de gas a presión está abierta en su lado inferior de forma que queda conectada con la masa de agua del emplazamiento.

21. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizada porque comprende medios de control y regulación del volumen y/o presión del gas contenido en dicha cámara de gas a presión, para regular el empuje ascendente de flotación que recibe la base de flotación y de ese modo regular el calado o cota en la que se sitúa la obra flotante.

22. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 21, caracterizada porque comprende, en la base de flotación, medios de aprovechamiento de la energía de las olas.

23. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 22, caracterizada porque dichos medios de aprovechamiento de la energía de las olas incluyen al menos una turbina tipo Wells ubicada en un paso de aire a través del lado inferior de la base de flotación que comunica el recinto interior esencialmente estanco de la base de flotación y/o de la edificación con dicha cámara de gas a presión.

24. Obra flotante de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 23, caracterizada porque comprende un sistema de regulación del tamaño de al menos una cámara de gas a presión, mediante el ajuste del volumen y/o presión del gas que contiene, para ajustar la frecuencia de resonancia en dicha cámara de gas a presión a los rangos de periodo predominante del oleaje incidente, incrementando de ese modo las oscilaciones del nivel de agua en dichas cámaras de gas a presión que produce el oleaje y el aprovechamiento de su energía.

25. Obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque es una subestructura flotante para aerogenerador, especialmente una subestructura flotante sustancialmente de hormigón.

26. Obra flotante de acuerdo con la reivindicación 25, caracterizada porque dicha edificación comprende un fuste telescópico que comprende al menos dos tramos, incluyendo un tramo de base y un tramo de cabeza, y que soporta los medios de aerogenerador.

27. Procedimiento de instalación de una obra flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 25, caracterizado porque comprende los siguientes pasos en cualquier orden técnicamente posible:

A) fabricar on-shore o in-shore la base de flotación,

B) fabricar en seco la edificación,

C) conformar on-shore o in-shore una unidad de transporte formada por la base de flotación y al menos parte de la edificación,

D) transportar de forma autoflotante, empleando barcos remolcadores, la unidad de transporte hasta el emplazamiento,

E) aplicar un extremo de los cables de retención a la base de flotación y aplicar el otro extremo de los cables de retención a los medios de empuje descendente,

F) aplicar a la obra, si los hubiere, los medios de mantenimiento lateral de la posición.

28. Procedimiento de instalación de una obra flotante de acuerdo con la reivindicación 26, caracterizado porque comprende los siguientes pasos en cualquier orden técnicamente posible:

A) fabricar on-shore o in-shore la base de flotación,

B) fabricar en seco los tramos del fuste telescópico, incluyendo al menos un tramo de base y un tramo de cabeza,

C) conformar on-shore o in-shore una unidad de transporte según los siguientes sub-pasos:

C1) aplicar el fuste telescópico en condición plegada a la base de flotación,

C2) aplicar al menos parte de los medios de aerogenerador al tramo de cabeza,

C3) aplicar a la base de flotación, si los hubiere, los brazos extensores,

C4) aplicar a la base de flotación, si los hubiere, los tirantes,

C5) aplicar a la base de flotación, si los hubiere, los medios de aprovechamiento de la energía del oleaje,

D) transportar de forma autoflotante, ya sea empleando barcos remolcadores ya sea mediante autopropulsión, la unidad de transporte hasta el emplazamiento,

E) aplicar un extremo de los cables de retención a la base de flotación y aplicar el otro extremo de los cables de retención a los medios de empuje descendente,

F) aplicar a la subestructura, si los hubiere, los medios de mantenimiento lateral de la posición,

G) desplegar el fuste telescópico junto con los medios de aerogenerador;

y porque comprende además, antes del paso D), el paso:

H) colocar la base de flotación en la masa de agua de emplazamiento.

29. Procedimiento de instalación de acuerdo con la reivindicación 27 ó 28, caracterizado porque comprende además, después del paso D) y antes del paso E), el paso:

I) lastrar la base de flotación para sumergirla hasta la cota deseada para la condición instalada.

30. Procedimiento de instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 27 a 29, caracterizado porque comprende además, después del paso C) y antes del paso E), el paso:

J1) aplicar provisionalmente medios estabilizadores de flotación a la obra flotante;

y porque comprende además, después del paso E), el paso:

J2) retirar los medios estabilizadores de flotación desde la obra flotante.

31. Procedimiento de instalación de acuerdo con las reivindicaciones 29 y 30, caracterizado porque dichos medios estabilizadores de flotación incluyen:

- al menos tres flotadores aplicados a la base de flotación en una posición relativa fija, teniendo cada flotador una altura suficiente para permanecer siempre parcialmente emergido a lo largo del paso I) y hasta que se completa el paso E), y/o

- al menos dos flotadores conectados a la base de flotación mediante medios de arriada que se largan conforme la cota de la base de flotación desciende a lo largo del paso I) y/o mediante medios de guiado del conjunto de los flotadores con la edificación, teniendo cada flotador una flotabilidad tal que permanece en superficie a lo largo del paso I), y/o

- al menos una barcaza conectada a la base de flotación mediante medios de arriada que se largan conforme la cota de la base de flotación desciende a lo largo del paso I), teniendo cada barcaza una flotabilidad tal que permanece en superficie a lo largo del paso I), y/o

- al menos un barco de apoyo equipado con medios de arriada que unen el barco a la base de flotación.

32. Procedimiento de instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 27 a 31, caracterizado porque comprende además, antes del paso E), los pasos:

K1) fabricar on-shore o in-shore al menos un cajón de hormigón de los medios de empuje descendente y colocarlo en la masa de agua de emplazamiento,

K2) transportar dicho cajón de hormigón de forma autoflotante, empleando barcos remolcadores, hasta el emplazamiento,

K3) lastrar dicho cajón de hormigón de modo que se incrementa su peso total lo suficiente para contrarrestar las fuerzas ascensionales que puedan transmitir los cables de retención y se sumerge hasta llegar a su cota operativa.

33. Procedimiento de instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 27 a 31, caracterizado porque comprende además, antes del paso E), el paso:

M) disponer en la base de flotación medios de tracción de los cables de retención;

y porque comprende además, en el paso E): accionar dichos medios de tracción de los cables de retención para desplazar verticalmente la base de flotación.

34. Procedimiento de instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 27 a 33 para una obra flotante de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque al menos uno de dichos elementos masivos adosables forma parte de la unidad de transporte y es transportado conjuntamente con la base de flotación y la edificación, y una vez en el emplazamiento se descuelga de la base de flotación hasta alcanzar su posición para la condición instalada de la obra.

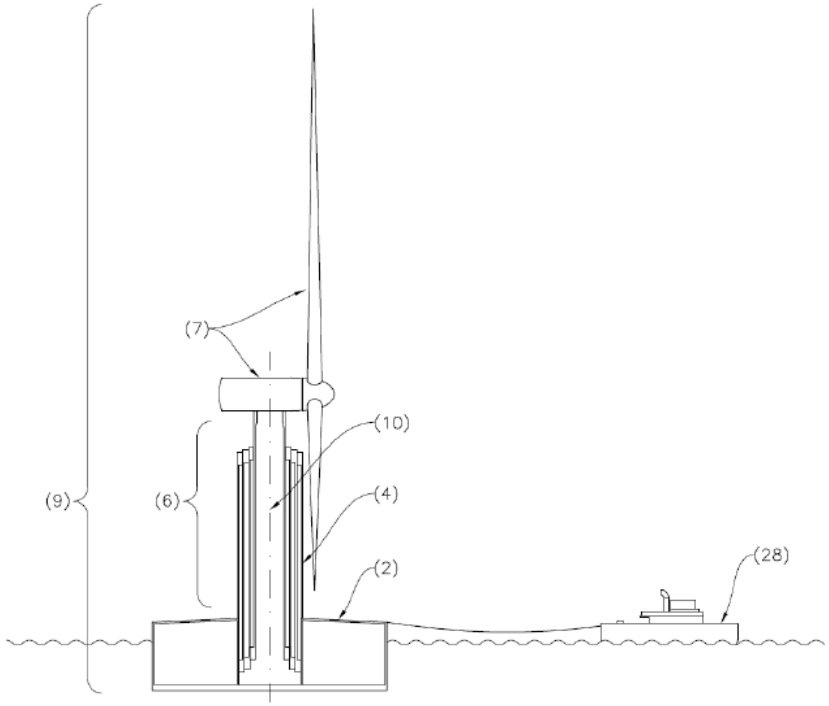

FIG. 1

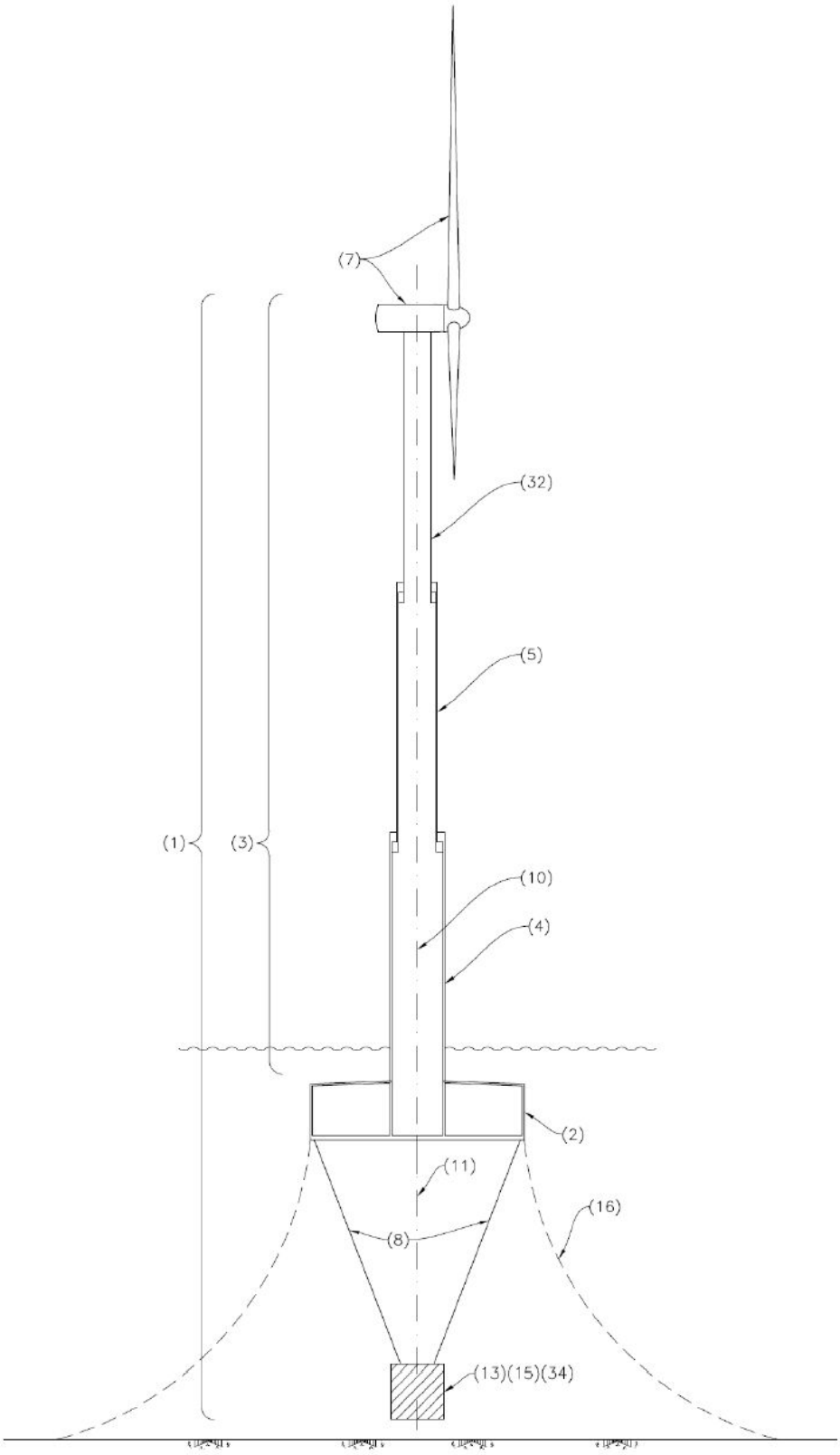

FIG. 2

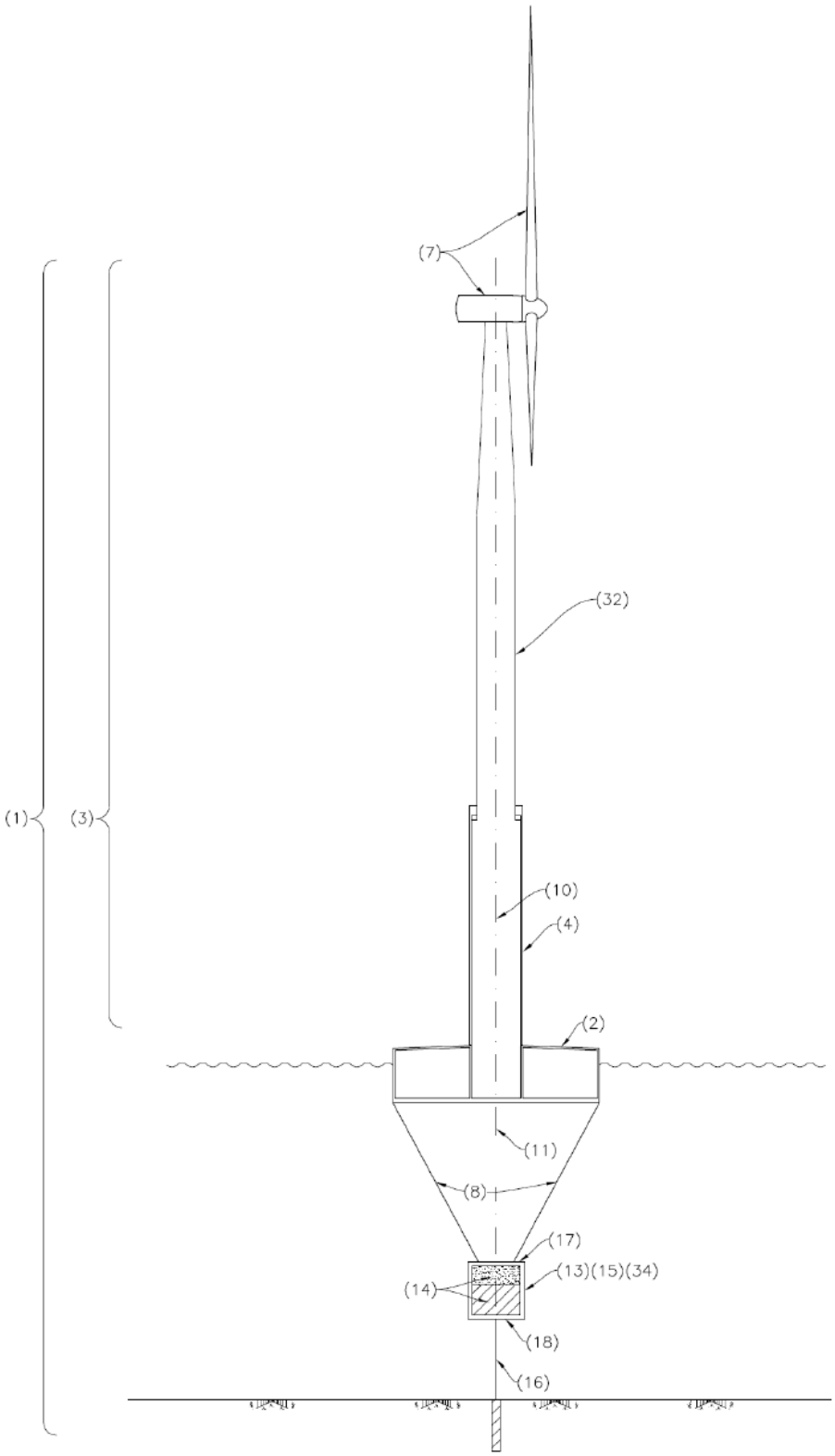

FIG. 3

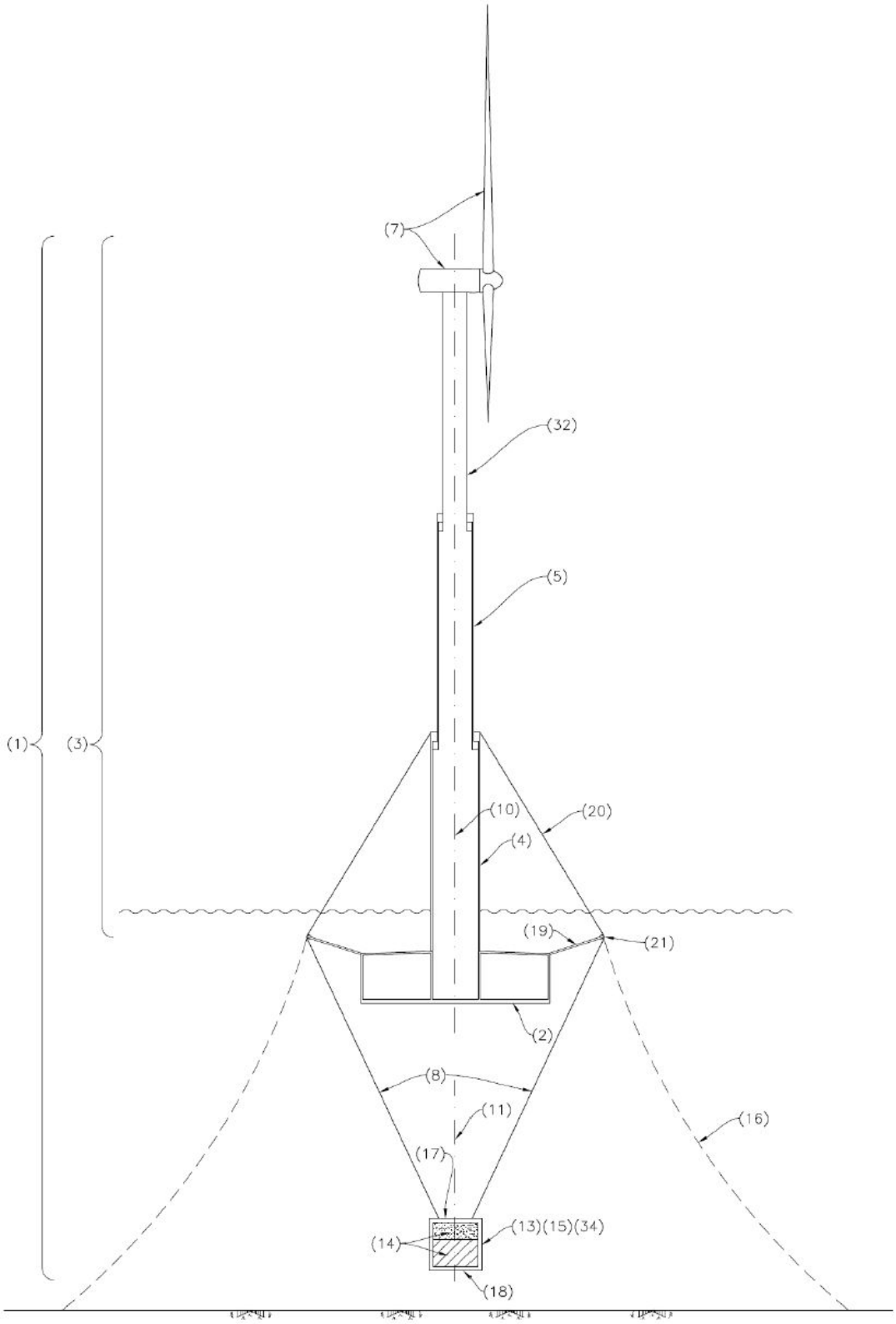

FIG. 4

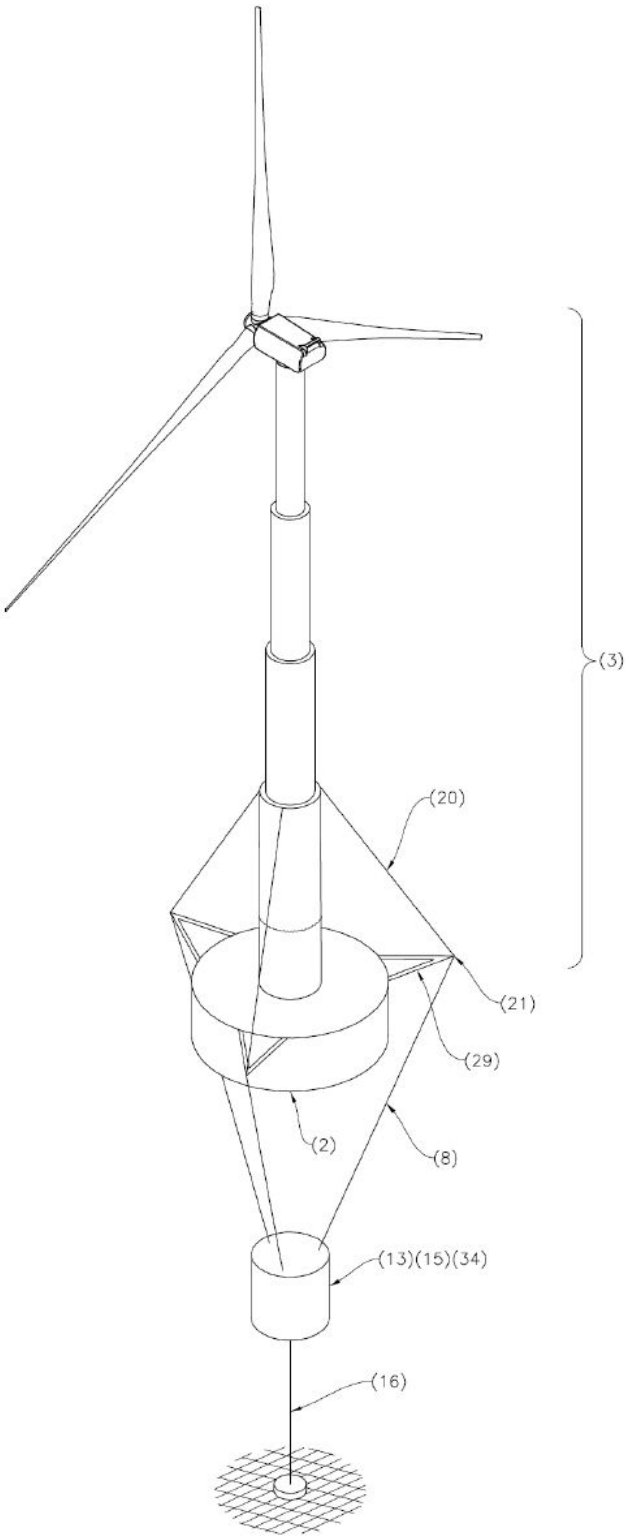

FIG. 5

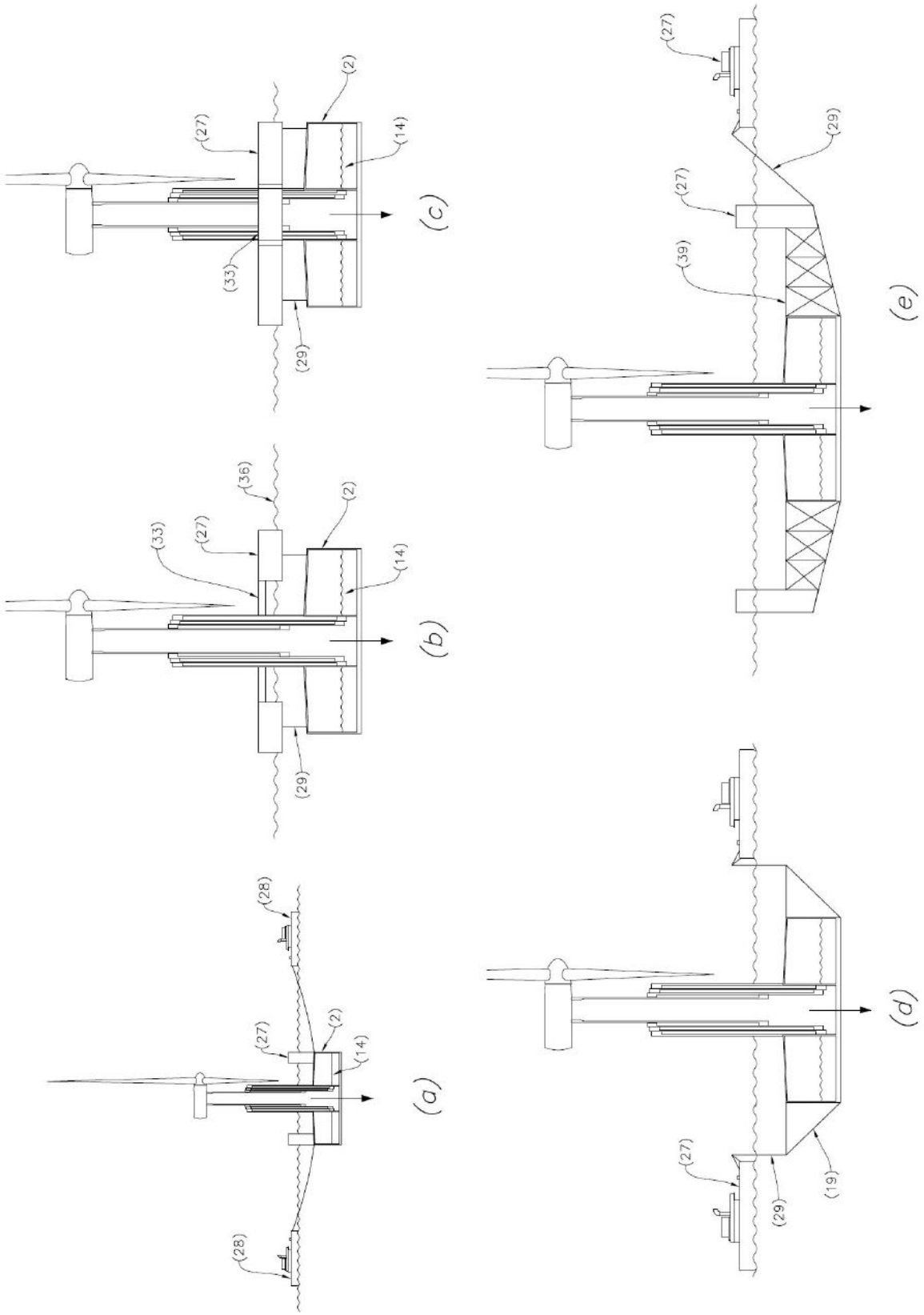

FIG. 6

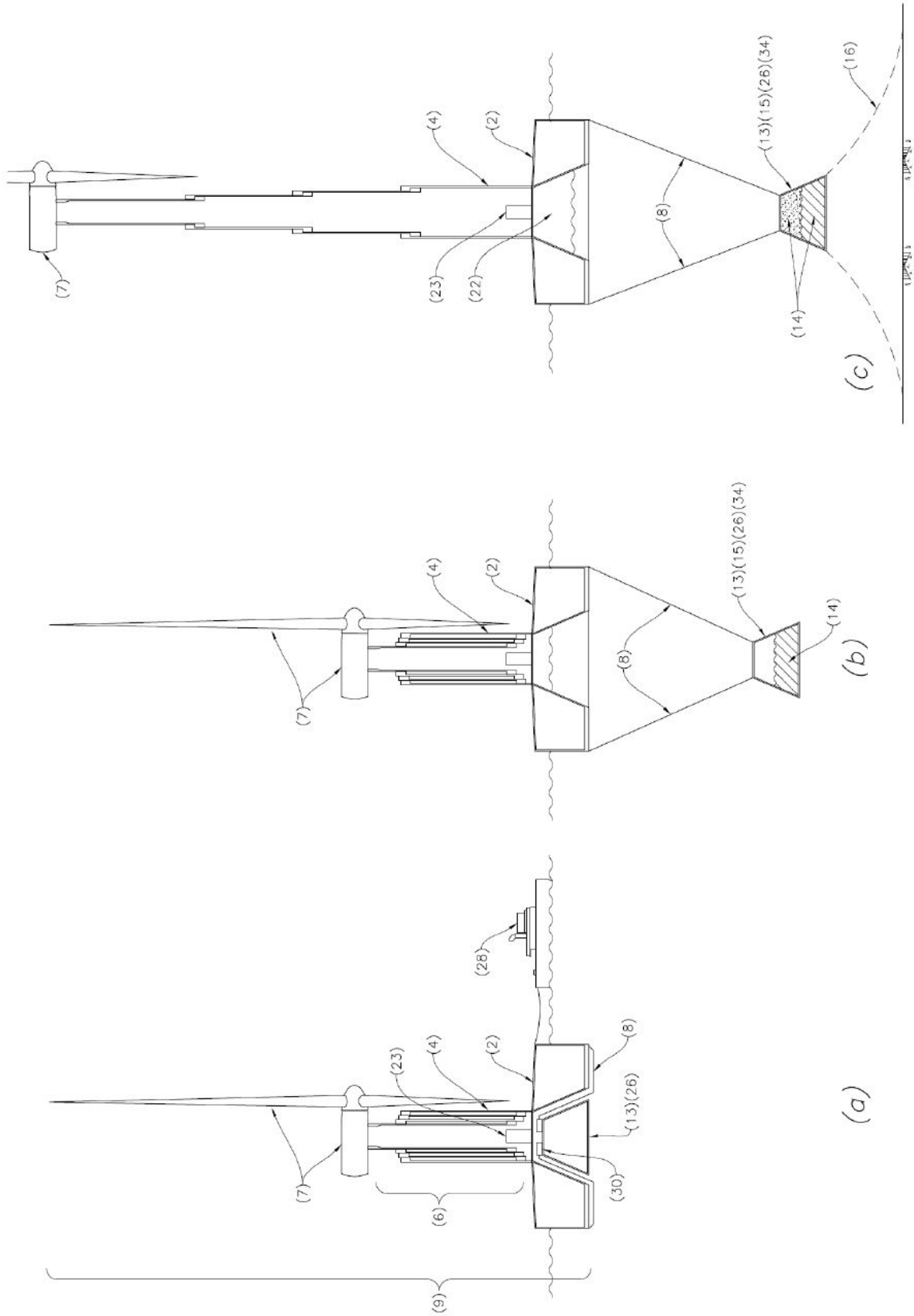

FIG. 7

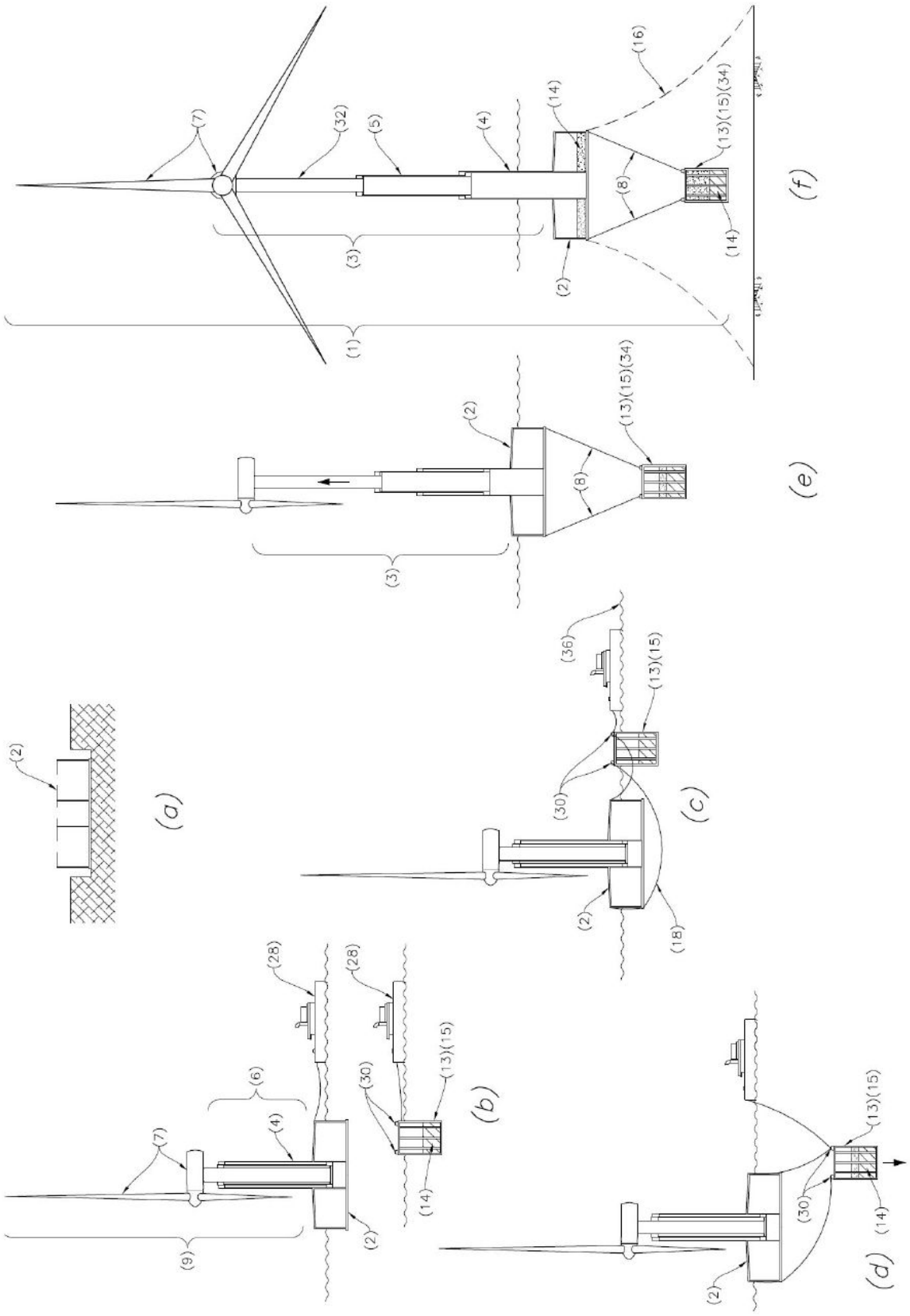
(a)
(2)
(b)
(28)
(28)
(6)
(4)
(7)
(30)
(13)(15)
(14)
(9)
(2)
(c)
(36)
(13)(15)
(30)
(2)
(18)
(d)
(13)(15)
(30)
(14)
(2)
(e)
(2)
(13)(15)(34)
(8)
(3)
(f)
(16)
(7)
(32)
(5)
(4)
(14)
(13)(15)(34)
(8)
(3)
(2)
(14)
(1)

FIG. 8

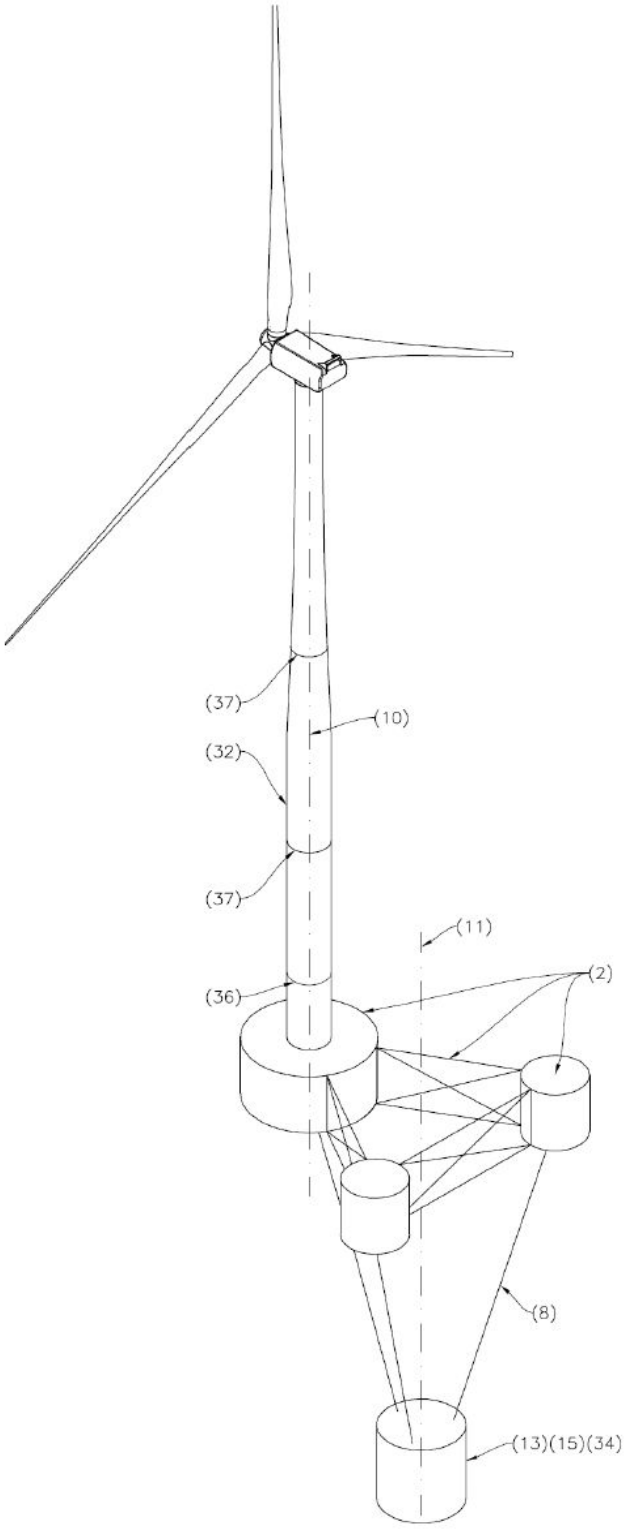

FIG. 9

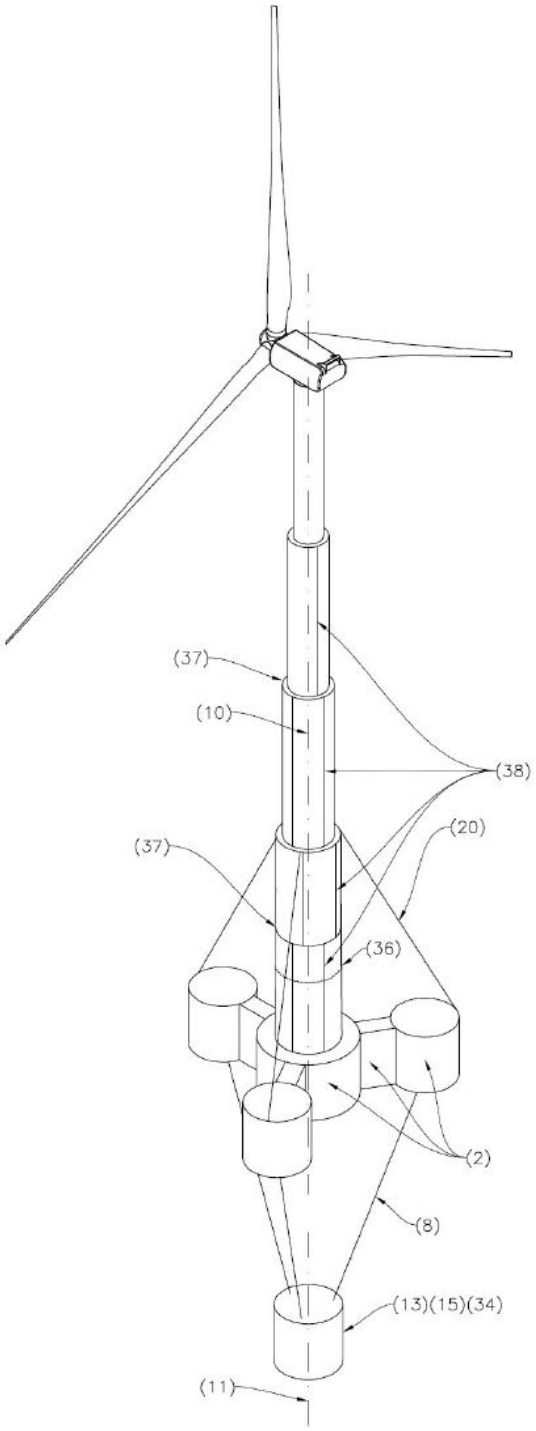

FIG. 10

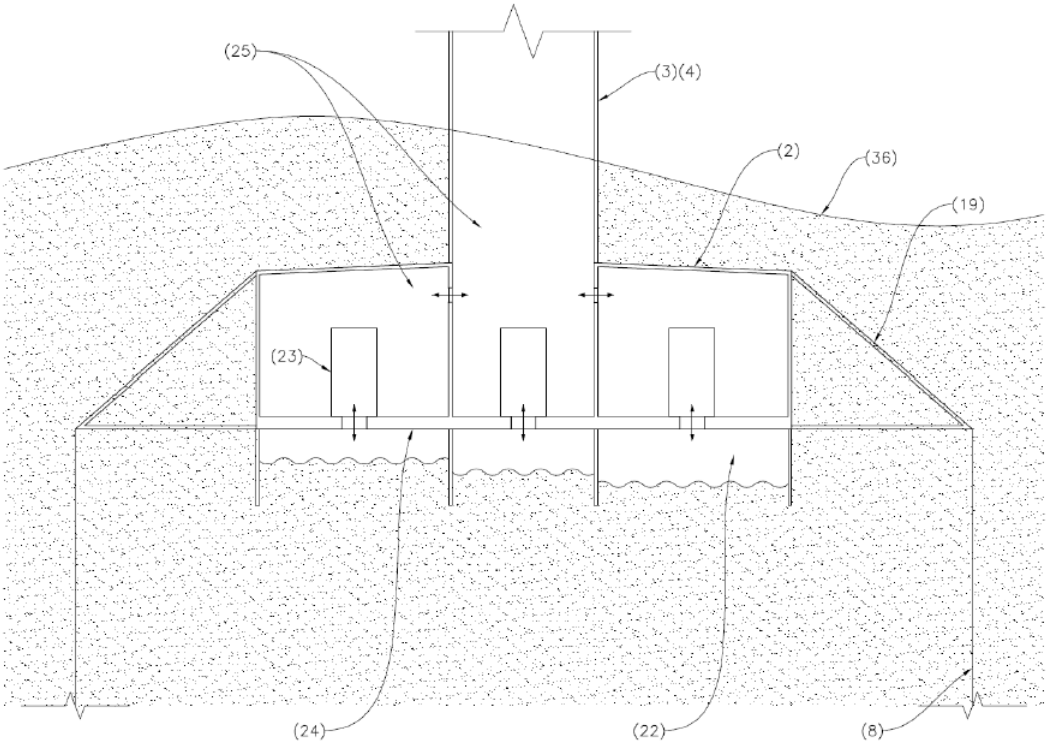

FIG. 11

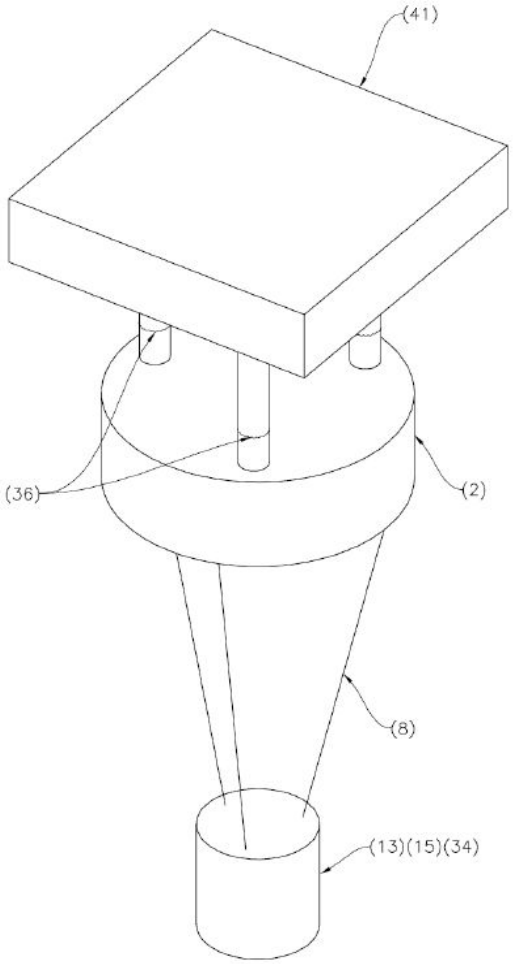

FIG. 12