

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 876 053**

21 Número de solicitud: 202030418

51 Int. Cl.:

E02D 27/42 (2006.01)

F03D 13/25 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

08.05.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.11.2021

71 Solicitantes:

SEAPLACE SL (100.0%)
C/ Bolivia 5
28016 Madrid (Madrid) ES

72 Inventor/es:

DE GUZMÁN MONTÓN, Santiago;
MOREU GAMAZO, Jaime;
TERCEÑO HERNÁNDEZ, Miriam;
LÓPEZ VIZCAYNO, Pedro;
GARCÍA MEROÑO, Caridad;
DELGADO FRANCO, Salvador;
PÉREZ DÍAZ, Óscar;
TABOADA GOSÁLVEZ, Alberto;
NEGUERUELA IMAÑA, Alberto y
GONZÁLEZ LÓPEZ, Daniel

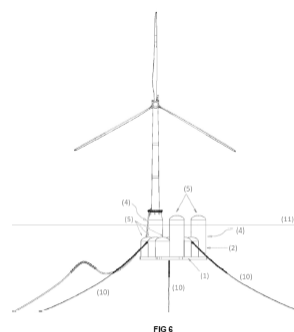
74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

54 Título: **PLATAFORMA FLOTANTE DE HORMIGÓN ARMADO DE APLICACIÓN A LA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA EÓLICA MARINA**

57 Resumen:

Solución de plataforma eólica flotante de hormigón armado para producción en serie caracterizada por un diseño geométrico que dota de una pretensión natural hidrostática al hormigón haciéndolo funcionar en compresión. Se mejora la respuesta estructural de la plataforma al trabajar en el modo más efectivo y se evita la aparición de fisuras o grietas en el hormigón, lo que reduce la permeabilidad y permite un menor contenido de ferralla en la estructura, aumentando también la seguridad en operación. Además, cuenta con un sistema para el anclaje de las líneas de fondeo a la estructura en forma de celosía de hormigón armado que distribuye las tensiones del fondeo homogéneamente, minimizando el pretensado en la zona alta de la plataforma y aumentando el área de reparto de esfuerzos cortantes debidos al cambio de sección entre la plataforma y la torre del aerogenerador. El diseño geométrico además otorga la versatilidad de poder adoptar soluciones tipo SPAR de calado reducido, semisumergibles, barcasas o boyas, con la instalación del aerogenerador centrado o descentrado en la estructura, adaptándose así a diferentes requisitos de calado o condiciones ambientales y logísticas.



ES 2 876 053 A1

DESCRIPCIÓN

PLATAFORMA FLOTANTE DE HORMIGÓN ARMADO DE APLICACIÓN A LA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA EÓLICA MARINA

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 5 El campo técnico de aplicación de la presente invención es el de las plataformas flotantes de la industria eólica marina.

La presente invención consiste en una plataforma flotante de hormigón armado en la cual se soporta un aerogenerador para la producción de energía eólica en el mar.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 El auge de las energías renovables hace que se tienda a la búsqueda de un mayor aprovechamiento de estas. Particularizando para la energía eólica, la tendencia que se observa es la de la instalación de plataformas en la mar donde las velocidades de viento son mayores que en tierra (y menos turbulentos), asegurando así una mayor producción de energía. Estas características de viento además mejoran cuanto más
15 nos alejamos de la costa.

- Sin embargo, estos emplazamientos presentan como inconveniente el que en muchos casos las plataformas fijas (plataformas ya economizadas y bien conocidas) no son competitivas, ya sea por desniveles en el lecho marino, por el tipo de suelo o porque nos encontremos a profundidades mayores de 60 metros. Esto lleva a que las
20 soluciones más viables pasen a ser las flotantes, con la consiguiente alteración del coste debido al aumento del tamaño de las soluciones, necesidad de un sistema de fondeo y medios de anclaje al lecho marino, diferentes operaciones marinas, nuevas incertidumbres, riesgos... Además, estas plataformas, al no estar fijas, están expuestas a los movimientos inducidos por el viento, el oleaje y la corriente, que
25 implican una disminución del rendimiento del aerogenerador, un aumento de la fatiga en las estructuras que soportan al aerogenerador, resonancias, etc. De esta forma, las plataformas flotantes deben hacer frente a una serie de problemas que afectan a las mismas tanto en su operación, como durante su construcción, transporte e instalación.

La tendencia del sector hasta los últimos 10 años ha sido la de emplear acero como

- solución estructural en la construcción de plataformas flotantes. La principal ventaja que ofrece la construcción en acero es el grado de conocimiento que se tiene sobre su comportamiento debido a la experiencia obtenida de las estructuras de acero en la industria del Oil & Gas, así como de las plataformas fijas de acero en la industria de la eólica marina. Sin embargo, la utilización de acero presenta la desventaja de ser un material muy susceptible de sufrir corrosión, especialmente en ambientes marinos, volatilidad de precios y un alto coste de adquisición y manipulación por tonelada frente a otros materiales. Pero además su producción emite prácticamente 2 toneladas de CO₂, gas de efecto invernadero, por cada tonelada de acero producido.
- 10 En una sociedad cada vez más concienciada por el cambio climático en la que se han llegado a acuerdos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, parece lógico pensar en otros materiales de construcción que reduzcan las emisiones. Por poner un ejemplo, la Comisión Europea tiene como objetivo en 2050 anular prácticamente las emisiones de CO₂. Por tanto, además de tender a la producción de energía por medios renovables tenemos que buscar la sustitución de materiales para poder alcanzar los objetivos. El hormigón es el material más empleado mundialmente en construcción. Presenta una ventaja primordial frente al acero, la menor emisión de CO₂ durante el proceso de construcción, así como una reducción del coste de la plataforma. Por ello, en la última década se han desarrollado soluciones de hormigón para la eólica marina.
- 20 La invención CN102358402A hace referencia a una plataforma flotante de producción y almacenamiento de hidrocarburos. La estructura está conformada por varios cuerpos de acero con forma hexagonal en disposición de panal de abeja, siendo cada uno de estos cuerpos un tanque de almacenamiento de hidrocarburos, y donde cada tanque comparte sus seis paredes con otros seis tanques. El hecho de que los tanques compartan paredes hace que las diferencias de calados existentes en tanques contiguos, y también con el propio calado de la plataforma cuando está flotando en el mar, provoque una diferencia de presiones que somete a la estructura a una serie de esfuerzos. Estos esfuerzos, combinados con las cargas producidas por agentes externos, como puede ser el oleaje, obligan a paredes de grandes espesores si no se quiere disponer de reforzados anulares y longitudinales para asegurar la resistencia estructural del artefacto y que no colapse durante su operación. Como las estructuras de acero son un orden de magnitud más esbeltas que las equivalentes de hormigón,

son mucho más susceptibles de pandear. Por ello, el necesario aumento de espesor encarece la solución al requerir una gran cantidad de acero y un elevado número de soldaduras necesarias entre paneles. Además, esta estructura está sujeta a una notable corrosión debido al aumento de la superficie de acero expuesta, encareciendo el mantenimiento del artefacto. La presente invención, que consiste en tanques verticales de forma cuasi cilíndrica en disposición a tresbolillo, usa hormigón armado para evitar el pandeo, y dispone unos huecos en medio de la estructura que están directamente conectados al mar. Esto favorece una simetría en las cargas que hace que la estructura trabaje de manera homogénea independientemente del nivel de llenado de agua de los diferentes tanques. Además, logra un estado de pretensión natural en el hormigón que reduce las fisuras o grietas en el mismo, mejorando la estanqueidad de la plataforma, y mejorando la resistencia estructural ante cargas asimétricas como impactos del oleaje.

A pesar de que las estructuras de hormigón armado son cada vez más empleadas en esta industria, dado su bajo coste de material por tonelada y la amplia experiencia que se tiene del hormigón en la industria de la construcción civil, uno de los principales problemas que presenta el hormigón es su mal comportamiento estructural cuando trabaja a flexión y tracción. Para solventar este problema, la mayoría de soluciones se basan en emplear grandes cantidades de ferralla en la construcción del hormigón armado y de aplicar procesos de pretensión al mismo. En la patente JP2014184863A se utiliza una estructura de acero dispuesta a modo de costillas internamente al cuerpo de hormigón con la finalidad de dotar de una pretensión axial sobre el hormigón para mejorar su comportamiento estructural. Sin embargo, el uso de estructuras mixtas de acero y hormigón encarece el coste y las emisiones de CO₂. Además, el uso de estructuras de acero como reforzado de hormigón obliga a disponer de sistemas para combatir la corrosión producida por el agua marina, tales como ánodos de sacrificio, sistemas de corrientes impresas, etc.

En la patente WO2013155521A1, en una de sus realizaciones describe una plataforma de hormigón basada en varios cuerpos cilíndricos dispuestos concéntricamente en torno a un cilindro central, también de hormigón, y unidos al mismo mediante diferentes tipos de estructuras de acero longitudinales. Este tipo de soluciones, con varios cuerpos unidos entre sí, requiere de un alto grado de refuerzo local en las zonas de unión ya que son las más sensibles a los esfuerzos producidos sobre todo el conjunto

al ser las zonas de transmisión de cargas. La necesidad de reforzar estas zonas acarrea una mayor complejidad estructural del dispositivo, concentrando la tensión en zonas puntuales. La presente invención resulta una solución más sencilla estructuralmente al tratarse realmente de un único cuerpo, eliminando elementos
5 adicionales de unión, y quedando optimizado su comportamiento estructural al evitar puntos de concentración de tensiones en la estructura. Además, su propio diseño hace que la plataforma trabaje a compresión, reduciendo el contenido de ferralla en el hormigón armado al mínimo.

Otro problema que afecta a las plataformas flotantes con aerogeneradores,
10 especialmente a aquellas de hormigón armado, es el brusco cambio de área en la sección de la plataforma que existe en la transición de la torre del aerogenerador al cuerpo de hormigón de la plataforma cuando este es de mayor anchura que la torre de la plataforma. En este punto se produce una enorme concentración de esfuerzos que hace esta zona especialmente sensible al fallo por fatiga. La solución que se suele
15 plantear para este tipo de plataformas consiste en disponer de piezas de transición con una serie de refuerzos que proporcionen una mayor rigidez estructural a la sección en esta zona de forma que se compense el cambio tan repentino de área.

La invención US2019264656A1 hace referencia a una pieza de transición entre el cuerpo de hormigón armado de una plataforma flotante y la torre de acero que soporta
20 un aerogenerador. La pieza de transición cuenta con una forma hiperboloide que permite una distribución más homogénea de los esfuerzos producidos en la unión entre dicha torre y el cuerpo de la plataforma. La presente invención, que consiste en tanques verticales de forma cuasi cilíndrica en disposición a tresbolillo, también presenta una distribución homogénea de las cargas desde la estructura flotante a la
25 torre del aerogenerador, pero en este caso la unión se consigue a partir de una de las secciones cuasi cilíndricas del cuerpo intermedio, que acabará soportando la torre. Si el cuasi cilindro y la torre del aerogenerador tienen diferente diámetro, la prolongación del cuasi cilindro tendrá una disminución paulatina de diámetro hasta adaptarse a la base de la torre del aerogenerador.

30 En general, el mayor problema al que se enfrentan las estructuras de hormigón es que este material apenas soporta cargas de flexión, tracción o esfuerzos cortantes. La forma en la que se suele solventar este problema actualmente en la industria es

añadiendo una gran cantidad de acero de refuerzo (ferralla) en la construcción del hormigón. Además, como el hormigón trabaja bien a compresión, si es necesario se incorpora acero pretensado, que al comprimir el hormigón incrementa la carga de flexión, tracción o esfuerzos cortantes que puede resistir el hormigón. Este método conlleva además una cierta dificultad técnica durante el proceso de construcción, elevando los costes asociados a la construcción de la plataforma.

La invención US3974789A hace referencia a una estructura flotante de hormigón armado compuesta por la unión de varios cuerpos de sección hexagonal, y ordenados en forma de panal de abeja. El interior de los cuerpos hexagonales se utiliza a modo de almacén de hidrocarburos o agua de lastre. La diferencia de presiones que existe entre los muros de hormigón armado de los cuerpos hexagonales, debido a la diferencia de fluidos y de calados entre caras, origina una serie de esfuerzos sobre la estructura que requieren de un alto contenido en acero para asegurar la integridad estructural del conjunto. La presente invención consiste en tanques verticales de forma cuasi cilíndrica en disposición a tresbolillo y, debido a que dispone unos huecos en medio de la estructura que están directamente conectados al mar, consigue un estado de pretensión natural que hace que el hormigón trabaje a compresión, evitando el fallo de la estructura por tracción y flexión. De esta manera se reduce el contenido de ferralla en el hormigón y, por tanto, se obtiene una solución estructuralmente más sencilla. Además, la compresión evita la aparición de fisuras o grietas en el hormigón armado, reduciendo la permeabilidad de la estructura.

Existe también un importante problema debido a factores externos a las propias plataformas que atañe a la viabilidad del uso de plataformas flotantes como sistema para soportar aerogeneradores de producción eléctrica. Este problema es la gran dificultad técnica que existe para realizar la instalación de la torre, góndola y palas de la turbina sobre la plataforma cuando la plataforma debe ser instalada primero en alta mar. Estas operaciones de instalación tienen un riesgo y coste elevado. El proceso de montaje del aerogenerador sobre la plataforma en la ubicación en la que va a operar es una operación con un altísimo riesgo y complejidad técnica que involucra una gran cantidad de medios auxiliares. La manera en la que se hace frente a este problema en las soluciones que existen actualmente se basa en realizar estas operaciones de instalación de las plataformas en ventanas temporales en las que las condiciones de viento y oleaje sean excepcionalmente buenas, para que pueda desarrollarse la

operación de instalación de una forma segura y con la precisión que requiere. Este hecho ocurre durante unos periodos breves de tiempo y que en ciertos emplazamientos se dan muy pocas veces a lo largo del año.

Otro de los problemas es la acción que producen las cargas del viento, oleaje y corrientes sobre la plataforma. Dicha acción se traduce en la presencia de aceleraciones y movimientos inducidos en la plataforma de carácter oscilatorio, los cuales provocan una disminución en el rendimiento del aerogenerador, así como un deterioro en los equipos y componentes del aerogenerador, que experimentan una reducción en el ciclo de su vida útil. Para la resolución de este problema existen invenciones tales como la que se propone en la patente EP2457818A1, la cual emplea medios activos tales como propulsores azimutales para contrarrestar los efectos de las cargas dinámicas que actúan sobre la plataforma y que provocan una escora en la misma. Los inconvenientes que presentan los sistemas de propulsores para compensación de oscilaciones y movimientos inducidos sobre las plataformas radican en la complejidad técnica que añaden a la plataforma y el incremento del coste asociado a la misma, tanto en costes de construcción como en costes de operación y mantenimiento, ya que aumentan la cantidad de equipos y componentes instalados en la plataforma.

Otras invenciones, como la descrita en la patente CN109941398A, emplean métodos pasivos para la reducción de oscilaciones sobre la plataforma. En este último caso, el método consiste en disponer de un sistema de fondeo en pata de gallo en el que cada línea de fondeo se bifurca en dos líneas, una que trabaja como una catenaria simple y otra, que trabaja con una pretensión aplicada sobre la misma haciéndose firmes ambas líneas a la plataforma en puntos a diferentes alturas y reduciendo las oscilaciones a las que se ve sometida la plataforma. El inconveniente presente en este tipo de sistemas es que el nivel de pretensión al que están sometidas parte de las líneas se magnifica en condiciones ambientales muy severas pudiéndose producir la rotura de estas líneas.

Otro problema que afecta a las plataformas flotantes con aerogeneradores, y que también es producido por la acción del viento y el oleaje, es que existe un momento escorante producido por el viento sobre el aerogenerador que lleva a éste a adoptar una posición de escora durante su operación. En esta condición, la acción del oleaje

provoca una serie de oscilaciones del aerogenerador en torno a dicha posición de escora, disminuyendo de esta forma el rendimiento del aerogenerador y de sus componentes. Para la resolución de este problema también existen patentes, como la JP2017074947A, que incluyen métodos activos que actúan sobre las líneas de fondeo, ajustando el grado de tensión al que son sometidas las mismas, de forma que en función de las condiciones ambientales que afectan a la plataforma se reduzcan las oscilaciones sobre la misma.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención consiste en una plataforma flotante de hormigón armado para la industria eólica cuyas características técnicas permiten solventar los problemas anteriormente descritos en el estado del arte. La geometría de la plataforma consiste en una serie de tanques verticales de forma cuasi cilíndrica en disposición a tresbolillo, disponiendo de unos huecos en medio de la estructura que están directamente conectados al mar. Esto permite que el conjunto de hormigón armado de la misma trabaje a compresión frente al conjunto de cargas a las que está sometida, en lugar de hacerlo a flexión, como suelen hacerlo las estructuras actuales de hormigón en esta industria. Esta ventaja técnica se traduce en un mejor comportamiento estructural de la plataforma, una mayor resistencia a la propagación de fisuras, una reducción del contenido de ferralla de plataforma y una mayor seguridad en la operación de esta plataforma.

La plataforma descrita en la presente invención puede operar, gracias a la versatilidad que le brinda su propia geometría, a distintos calados en función de las necesidades que se demanden, pudiéndose conseguir conceptos de plataformas flotantes en los cuales la plataforma se encuentra sumergida exceptuando al aerogenerador y la torre, o torres, en caso de existir varias torres donde una torre soporta al aerogenerador; y se pueden conseguir también conceptos flotantes en los cuales la plataforma no se encuentra totalmente sumergida sino que cuenta con una parte de la misma por encima de la flotación. Este hecho no sólo permite que la plataforma sea diseñada para una u otra opción, la propia plataforma es capaz de operar de estas dos formas distintas a lo largo de su vida útil: durante el transporte tiene un calado y lo cambia para operación. Además, esta ventaja técnica permite adecuar la plataforma a zonas con características físicas, como profundidad del fondo marino, condiciones de viento,

oleaje, etc. muy diferentes.

La plataforma de la presente invención resuelve, gracias a sus características técnicas, el problema que afecta a ciertas plataformas flotantes de la industria eólica marina como TLPs y que exige el montaje de la torre, góndola y palas en mar abierto, donde la plataforma va a desarrollar su operación. La geometría de la plataforma permite que esta sea capaz de flotar con calado reducido, a modo de barcaza (es decir, parcialmente sumergida), y de mantener una buena estabilidad durante el remolque con el aerogenerador instalado sobre la plataforma. Este hecho permite que la operación de montaje del aerogenerador sobre la plataforma pueda realizarse en puerto, donde las condiciones de oleaje son tremendamente más benevolentes que en mar abierto, y pudiendo usar para ello una grúa desde tierra, considerablemente más económica que un buque grúa. De este modo se reduce enormemente la complejidad técnica asociada a dicha operación de montaje, así como el riesgo asociado a esta operación y, como consecuencia, los costes implicados en el montaje del aerogenerador sobre la plataforma. Una vez que el aerogenerador se encuentra unido a la estructura de la plataforma, esta puede transportarse mediante remolque, sin necesitar ningún medio auxiliar de estabilidad, a la posición en la que va a desarrollar su operación y, una vez allí, ser fondeada.

La sencillez de la plataforma, además, supone una gran reducción de costes por su facilidad constructiva y menor uso de ferralla frente a las demás plataformas flotantes que existen en el sector.

La plataforma descrita en la presente invención cuenta con un sistema para el anclaje de las líneas de fondeo a la plataforma en forma de celosía plana basada en elementos estructurales de hormigón pretensado dispuestos en forma triangular en la parte alta de la plataforma y que cuenta con una doble finalidad. Por un lado, recibe las cargas que producen las líneas de fondeo sobre la plataforma, distribuyendo estas cargas de una forma homogénea por todo el cuerpo de hormigón armado de la plataforma, contribuyendo de esta manera al buen comportamiento estructural que ya, de por sí, tiene la plataforma debido a su geometría. Por otro lado, dicha celosía solventa el problema, descrito en el estado del arte, en el que la unión entre la torre del aerogenerador y el cuerpo de la plataforma produce una alta concentración de tensiones en la intersección de ambas zonas, la cual provoca que esta zona sea

especialmente sensible a los esfuerzos cortantes producidos sobre el aerogenerador por acción del viento y los movimientos de la plataforma, existiendo un problema estructural en esta zona. La disposición de la celosía en la zona alta de la plataforma consigue que exista un área de reparto de esfuerzos cortantes mayor, de forma que
5 estos se distribuyen de una manera más homogénea al cuerpo de la plataforma.

La geometría de la que consta la plataforma de la presente invención, en la que la sección del conjunto de la plataforma es significativamente mayor que la torre que sustenta el aerogenerador, y donde la plataforma llena total o parcialmente de agua los tanques, le confiere a la plataforma un gran desplazamiento (volumen), lo que le
10 permite tener altos periodos propios, que se alejan con facilidad de los periodos típicos del oleaje. Esto reduce las aceleraciones de la plataforma, otorgando unas mejores condiciones de operación a los equipos y componentes del aerogenerador en cuanto a movimientos y aceleraciones sufridas por estos, y por tanto mejorando su ciclo de vida útil.

15 La acción del viento sobre el aerogenerador en las plataformas flotantes es la causa de un momento escorante en la plataforma que la lleva a permanecer en una posición inclinada, efectuándose los movimientos de oscilación como consecuencia del oleaje en torno a dicha posición inclinada. Este hecho provoca una disminución notable en el rendimiento del aerogenerador, dado que este trabaja en torno a una situación de
20 escora de la plataforma. La plataforma de la presente invención, al contar con un cuerpo de gran sección horizontal en el que se albergan tanques de lastre en los cuasi cilindros, es capaz de corregir las escoras producidas por acción del viento mediante el traslado de agua entre los tanques de lastre correspondientes para contrarrestar el momento escorante, al contrario que las plataformas clásicas SPAR de un único
25 cuerpo, en las cuales no existe esta posibilidad.

La presente invención muestra las siguientes características innovadoras, frente a los antecedentes anteriormente descritos, de aplicación a la industria eólica marina, mejorando sustancialmente la respuesta de plataformas flotantes eólicas marinas de hormigón armado frente al viento, oleaje y corriente:

- 30 • La geometría, que permite que las cargas producidas sobre la misma por las presiones hidrostáticas a las que se ve sometida la plataforma en operación proporcionen al conjunto del cuerpo de hormigón de la plataforma una

pretensión de manera natural que mejora el comportamiento estructural de la misma, y que minimiza las cargas a flexión. Esta cualidad proporciona una mayor resistencia y reducción de fisuras de la estructura de hormigón.

- 5
 - Geometría modular que dota de versatilidad a la solución, pudiendo configurar soluciones tipo SPAR de calado reducido, semisumergible, barcaza o boya, y con disposición del aerogenerador tanto centrado como descentrado. Así, se puede adaptar la geometría a zonas con diferentes características físicas y ambientales.
- 10
 - Solución estable con el aerogenerador montado y con calado reducido, lo que permite la instalación del aerogenerador en puerto, evitando operaciones de instalación costosas y de alto riesgo en el emplazamiento de operación. La plataforma, torre y aerogenerador se transportan ya montados al emplazamiento de operación. Esto es posible al ser estable todo el conjunto cuando se encuentra sin agua en sus tanques, funcionando en tal caso como
- 15
 - una barcaza de bajo calado. Al llegar al lugar de instalación, la plataforma introduce agua en los tanques, aumentando el calado hasta llegar al calado operacional, y siendo el conjunto estable durante todo el proceso de inmersión.
- 20
 - Se amplían las ventanas temporales de instalación de la plataforma al prescindir de buques grúa para la instalación del aerogenerador en el emplazamiento
- 25
 - La celosía plana de hormigón pretensado para el anclaje del sistema de fondeo a la plataforma dota a esta de una mayor resistencia, reduciendo el riesgo asociado a su operación y aumentando sustancialmente la vida útil de la estructura. Se disminuye la complejidad técnica en la constitución de la plataforma, ya que no es necesario realizar procesos de pretensado sobre el hormigón que compone la plataforma y se requiere poca cantidad de ferralla durante la construcción.
- 30
 - Las formas de las que consta el cuerpo sumergido de hormigón de la plataforma proporcionan una muy reducida respuesta en aceleraciones inducidas en la plataforma por el oleaje. Esto se traduce en una mejora del rendimiento del aerogenerador, el cual trabaja en condiciones de escora y

oscilaciones muy reducidas.

- Solución SPAR que optimiza el rendimiento del aerogenerador al ser capaz de corregir el momento escorante producido por el viento gracias al movimiento de lastre líquido entre los tanques.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- 10 En la figura número 1 se muestra una representación esquemática del problema que inducen las cargas producidas por el viento a la plataforma flotante, en la que se produce una alta concentración de esfuerzos en la zona de intersección de la torre del aerogenerador al cuerpo de hormigón de la plataforma, donde se produce el cambio de área de la sección horizontal de manera brusca.
- 15 En la figura número 2 se muestra una vista en alzado de una de las posibles configuraciones de plataforma flotante definida en esta patente, en la que se aprecian los tres cuerpos, inferior (1), intermedio (2) y superior (3), de hormigón que componen la plataforma. En este caso, el cuerpo superior (3) está formado por una única torre (4) y los cerramientos (5) consisten en domos.
- 20 En la figura número 3 se muestra una sección en la que aparecen las cuasi circunferencias (6), dispuestas a tresbolillo adyacentes con un tramo recto de contacto entre sí, cuya extrusión vertical conforma el cuerpo intermedio (2) de la plataforma. En esta figura se muestra una de las posibles configuraciones que estas cuasi circunferencias (6) pueden conformar, en la que se aprecian los huecos (7) existentes
- 25 entre cada tres secciones cuasi circulares.

- En la figura número 4 se muestra una representación esquemática de la disposición de la celosía plana (9) de hormigón pretensado, en una de las posibles configuraciones que se pueden obtener de la plataforma. Se muestra la forma en la que esta celosía plana (9) distribuye las tensiones que provienen de las líneas de fondeo (10) sobre el
- 30 cuerpo intermedio (2) de hormigón de la plataforma.

En la figura número 5 se muestra otra de las configuraciones posibles que puede adoptar la plataforma añadiendo más cuasi circunferencias (6) en la sección horizontal que conforma el cuerpo intermedio (2) de hormigón de la plataforma. Se muestra también la forma en que la celosía plana (9) de hormigón pretensado se puede adaptar a las variaciones en la geometría de la plataforma y la forma en la que se pueden disponer las líneas de fondeo (10) de forma que se transmitan las cargas a la celosía plana (9) en cualquier variación de la geometría de la plataforma.

En la figura número 6 se muestra una vista de perfil de una de las posibles configuraciones, en este caso tipo semisumergible, de la plataforma flotante definida en esta patente. En la figura se muestra como diversas torres (4), incluyendo la que soporta a la torre del aerogenerador, quedan por encima de la superficie del agua (11), dotando así a la plataforma de la inercia necesaria para ser estable en las fases de instalación y operación.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Por tanto, es objeto de la presente invención proporcionar una solución de plataforma eólica flotante de hormigón armado para producción en serie y, caracterizada por un diseño geométrico que dota de una pretensión natural hidrostática al hormigón haciéndolo funcionar en su modo más efectivo, en compresión, mejorando la respuesta estructural de la plataforma y evitando la aparición de fisuras o grietas en el hormigón, lo que reduce la permeabilidad y permite un menor contenido de ferralla en la estructura, aumentando también la seguridad en operación. La presente invención cuenta con un sistema para el anclaje de las líneas de fondeo a la estructura en forma de celosía de hormigón armado que distribuye las tensiones del fondeo homogéneamente, minimizando el pretensado en la zona alta de la plataforma y aumentando el área de reparto de esfuerzos cortantes debidos al cambio de sección entre la plataforma y la torre del aerogenerador. El diseño geométrico además otorga la versatilidad de poder adoptar soluciones tipo SPAR de calado reducido, semisumergibles, barcasas o boyas, con la instalación del aerogenerador centrado o descentrado en la estructura, adaptándose así a diferentes requisitos de calado o condiciones ambientales y logísticas.

La presente invención consiste en una plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador en la que

se diferencian tres partes (FIG 2): un cuerpo inferior (1), un cuerpo intermedio (2) y un cuerpo superior (3) sobre el que se dispone un único aerogenerador marino. La plataforma cuenta con un sistema de fondeo tipo “*spread moored*” (FIG 4) compuesto por al menos tres líneas (10), dispuestas de la forma más equi-espaciada posible.

5 El cuerpo inferior (1) de la plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador (FIG 2) consiste en una base plana de hormigón cuyo objetivo es dar un soporte estructural al resto de la plataforma, que se apoya sobre dicho cuerpo, y también la de aportar un peso bajo a la plataforma, mejorando así la estabilidad de la misma.

10 El cuerpo intermedio (2) de la plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador consta de un único cuerpo de hormigón formado como una extrusión vertical de una sección horizontal (FIG 3) que consiste en una disposición a tresbolillo de, al menos, 5 cuasi circunferencias (6) adyacentes con un tramo recto de contacto entre ellas. El espacio
15 interior (8) a cada cuasi circunferencia es un espacio estanco capaz de albergar una combinación de lastre sólido y líquido.

En la disposición del cuerpo intermedio (2) anteriormente descrita (FIG 3) existen una serie de huecos interiores (7) formados por cada 3 cuasi circunferencias (6) que están en contacto. Dichos huecos interiores (7) se encuentran abiertos por la zona superior
20 de la plataforma y comunicados con el exterior por su parte inferior. La finalidad de dichos huecos (7) es la de permanecer inundados, gracias a sus conexiones con el exterior, en concordancia con el calado que tiene la plataforma en cada momento. De esta forma se consigue un equilibrio de las presiones hidrostáticas a las que se encuentra sometida la plataforma cuando se encuentra parcial o totalmente sumergida.
25 Gracias a este equilibrio de presiones se consigue que los muros de hormigón que componen el cuerpo intermedio (2) de la plataforma (FIG 2) adopten una cierta pretensión de compresión de una forma natural, gracias a las mencionadas presiones, que favorece el buen comportamiento estructural de la misma.

El cuerpo superior (3) de la plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la
30 industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador (FIG 2) de la presente invención se dispone sobre el cuerpo intermedio (2) anteriormente descrito y consiste en una serie de cerramientos de forma que se dispone cada uno sobre cada cuasi

circunferencia (6) que compone la sección horizontal del cuerpo intermedio (2) en la sección más elevada de dicho cuerpo (2), exceptuando al menos una de dichas secciones (6), sobre la que se dispone una prolongación de dicha sección para formar una torre (4) que se eleva sobre el resto de la plataforma, y en la que se dispondrá el soporte del aerogenerador de la plataforma.

La geometría de los cerramientos (5) que existen sobre el cuerpo intermedio (2) (FIG 2) es diferente en función del concepto de plataforma que se tenga en relación al grado de sumergimiento de la misma, tal y como se ha comentado anteriormente.

Por un lado, la plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador es capaz de operar sumergida, quedando por encima de la superficie del mar (11) (FIG 6) únicamente parte de las torres (4), donde en caso de existir más de una torre (4) una soporta el aerogenerador, y el propio aerogenerador. En esta situación, la estabilidad de la plataforma se obtiene en gran parte gracias a la base de hormigón que conforma el cuerpo inferior (1) de la plataforma, la cual mantiene el centro de gravedad del artefacto lo más bajo posible. En esta configuración, los cerramientos (5) del cuerpo intermedio (2) de hormigón consisten en una serie de domos dispuestos sobre cada cuasi circunferencia que compone la sección del cuerpo intermedio (2) de la plataforma, exceptuando aquellas cuasi circunferencias (6) sobre las que se disponen las torres (4) (FIG 6). La finalidad de estos domos es la de recibir la presión hidrostática a la que se encuentran sometidos al estar sumergida la plataforma y transmitir las cargas producidas por dichas presiones al cuerpo intermedio (2) de forma que este trabaje a compresión ante estas cargas.

Por otro lado, la plataforma flotante de hormigón de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador es capaz de operar de forma que no todo el cuerpo intermedio (2) se encuentre sumergido, sino que parte de este se encuentra sobre la superficie del mar. Para esta configuración de plataforma, los cerramientos (5) que se disponen sobre el cuerpo intermedio (FIG 2) simplemente consisten en unas losas o chapas reforzadas, ya que constructivamente es la solución más sencilla y resultan razonable al no estar expuestas a presión hidrostática por estar por encima de la flotación. Estos cerramientos (5) se disponen sobre cada cuasi circunferencia que compone la sección del cuerpo intermedio de la plataforma, exceptuando las torres

(FIG 6).

La propia geometría del cuerpo intermedio (2) de hormigón (FIG 2) de la plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador permite que puedan configurarse multitud de conceptos de plataforma diferentes según se disponga de más o menos cuasi circunferencias (6) en la sección horizontal (FIG 3) que conforma el cuerpo intermedio (2), manteniendo el número mínimo de estas cuasi circunferencias (6) en 5, tal y como se ha descrito anteriormente. Estas variaciones, junto con variaciones en la disposición de torres (4) (FIG 6) que forman el cuerpo superior (3) (FIG 2), tanto en número, habiendo al menos una, como en posición en la plataforma, permite obtener conceptos de plataformas tan diversos como: plataformas con una sola torre, en las que el área de flotación es relativamente pequeña y apenas contribuye a la estabilidad del artefacto ya que esta se consigue manteniendo el centro de gravedad muy bajo, y plataformas en las que existe más de una torre (4) en el cuerpo superior, donde una soporta el aerogenerador, y que se encuentran espaciadas entre sí para garantizar una inercia del área de flotación tal que sea favorable a la estabilidad del conjunto del artefacto.

La plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador de la presente invención consta (FIG 4) además de una celosía plana (9) de hormigón pretensado que se dispone entre el cuerpo inferior (2) y el cuerpo superior (3) de la plataforma (FIG 2). Dicha celosía plana (9) consiste en al menos tres elementos longitudinales de hormigón pretensado dispuestos de forma triangular y situada de forma que los vértices de la geometría triangular se encuentran en las zonas de tramos rectos de contacto entre las secciones cuasi circulares (6) que componen el cuerpo intermedio (2) de la plataforma (FIG 3). Las líneas de fondeo (10) de la plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador (FIG 4) se hacen firmes sobre los tramos rectos de contacto entre las cuasi circunferencias (6) que conforman la sección del cuerpo intermedio (2) de la plataforma en su zona más alta, de forma que existe continuidad estructural entre líneas de fondeo (10) y los vértices de la celosía plana (9) de hormigón pretensado.

La propia configuración de la celosía plana (9) de hormigón pretensado permite que se pueda adaptar a la geometría de la plataforma flotante de hormigón armado de

- aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador en función del número de cuasi circunferencias (6) existentes en la sección del cuerpo intermedio (2) de hormigón (FIG 5), de modo que añadiendo elementos longitudinales de hormigón pretensado se pueda componer una celosía (9) a partir de varias
- 5 disposiciones en forma triangular de estos elementos longitudinales. Esta característica brinda de una cierta versatilidad a la mencionada celosía (9) que la hace adecuada para cualquiera de las posibles configuraciones que puede adoptar la una plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador de la presente invención.
- 10 Se ha descrito la invención con referencia a casos específicos sin apartarse del alcance general de la invención según lo definido en las reivindicaciones adjuntas. Por esta razón, la especificación y con ello los dibujos no son restrictivos ni limitantes y deben entenderse como un ejemplo.

REIVINDICACIONES

- 1) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, caracterizada por:
 - a) Un cuerpo inferior (1) que consiste en una base plana de hormigón armado.
 - 5 b) Un único cuerpo intermedio de hormigón armado (2) formado por una extrusión vertical de una sección horizontal que consiste en una disposición de, al menos, 5 cuasi circunferencias (6) adyacentes con un tramo recto de contacto entre ellas, y ordenadas a tresbolillo; siendo el interior de cada cuasi circunferencia un espacio estanco (8) y los espacios interiores de
10 cada tres cuasi circunferencias espacios huecos (7) y directamente conectados con el mar.
 - c) Un cuerpo superior (3) sobre el cuerpo intermedio (2) formado por al menos una torre (4) que es prolongación de una cuasi circunferencia (6) y que sirve de soporte al aerogenerador.
 - 15 d) Sistema de fondeo mediante líneas (10) que conectan la plataforma al fondo del mar.
- 2) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, de acuerdo a la reivindicación 1),
20 caracterizado porque los cerramientos (5) del cuerpo intermedio (2) son domos y en el que cada domo se dispone sobre cada una de las cuasi circunferencias (6) que conforman la sección del cuerpo intermedio (2) de hormigón armado.
- 3) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, de acuerdo a la reivindicación 1),
25 caracterizado porque los cerramientos (5) del cuerpo intermedio (2) son losas planas o chapas reforzadas y en el que cada losa o chapa reforzada se dispone sobre cada una de las cuasi circunferencias (6) que conforman la sección del cuerpo intermedio (2) de hormigón de armado.
- 4) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, según las reivindicaciones 1) y 2),

en la cual algunos de los espacios estancos (8) interiores de cada cuasi circunferencia (6) tienen capacidad para albergar una combinación de lastre sólido y líquido y aire.

- 5) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, según las reivindicaciones 1) y 3), en la cual algunos de los espacios estancos (8) interiores de cada cuasi circunferencia (6) tienen capacidad para albergar una combinación de lastre sólido y líquido y aire.
- 6) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, de acuerdo a la reivindicación 4), en la que el sistema de fondeo está caracterizado por:
- a) Una celosía plana de hormigón pretensado (9), ubicada entre el cuerpo intermedio (2) de hormigón y los cerramientos (5) en forma de domo, y consistente en, al menos, 3 elementos longitudinales dispuestos de forma triangular y, situada de manera que los vértices de la mencionada celosía se encuentran sobre los tramos rectos de contacto entre las cuasi circunferencias (6) que conforman la sección del cuerpo intermedio (2) de la plataforma.
- b) En el que las líneas de fondeo (10) se hacen firmes sobre los tramos rectos de contacto entre las cuasi circunferencias (6) que conforman la sección del cuerpo intermedio (2) de la plataforma en su zona más alta, existiendo continuidad estructural entre la celosía plana (9) de hormigón pretensado y las mencionadas líneas de fondeo (10).
- 7) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, de acuerdo a la reivindicación 4), en la que el sistema de fondeo está caracterizado por líneas de fondeo que se hacen firmes sobre chapas reforzadas, ubicadas entre el cuerpo intermedio (2) de hormigón y los cerramientos (5) en forma de domo.
- 8) Plataforma flotante de hormigón armado de aplicación a la industria eólica marina para el soporte de un aerogenerador, de acuerdo a la reivindicación 5), en la que el sistema de fondeo está caracterizado por líneas de fondeo (10)

que se hacen firmes sobre los cerramientos (5) planos.

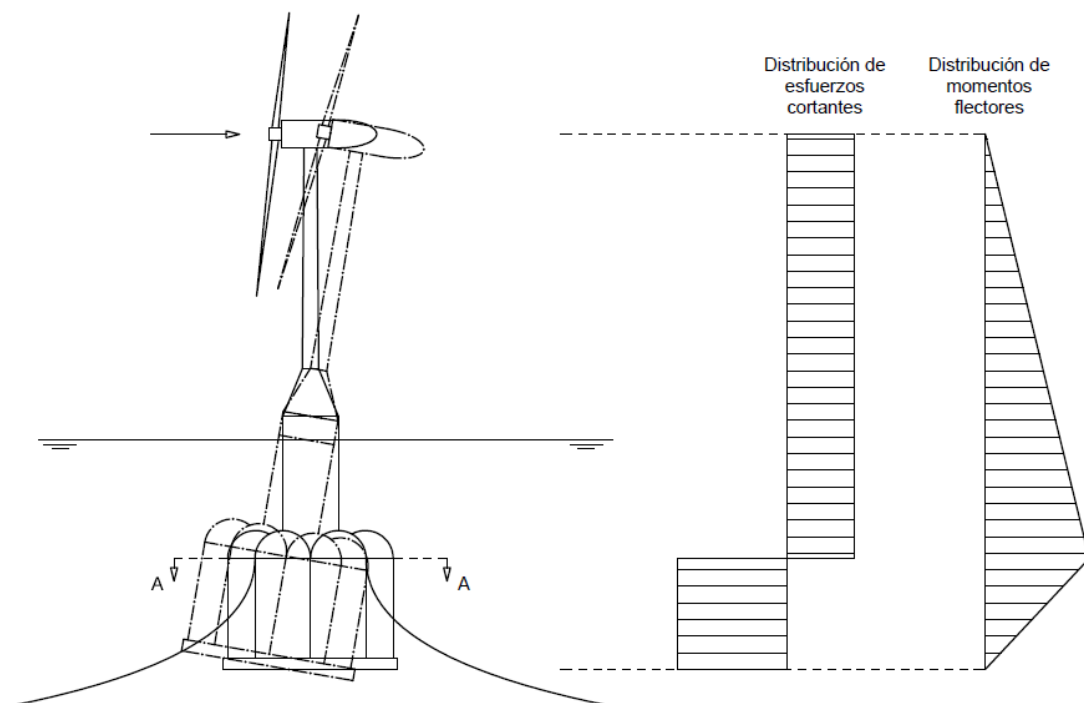


FIG 1

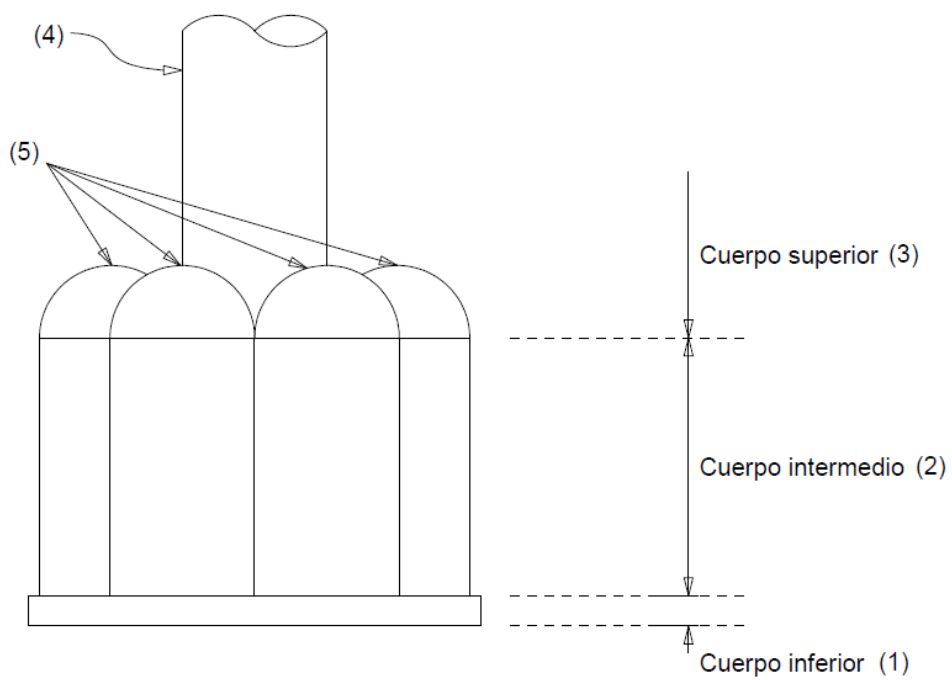
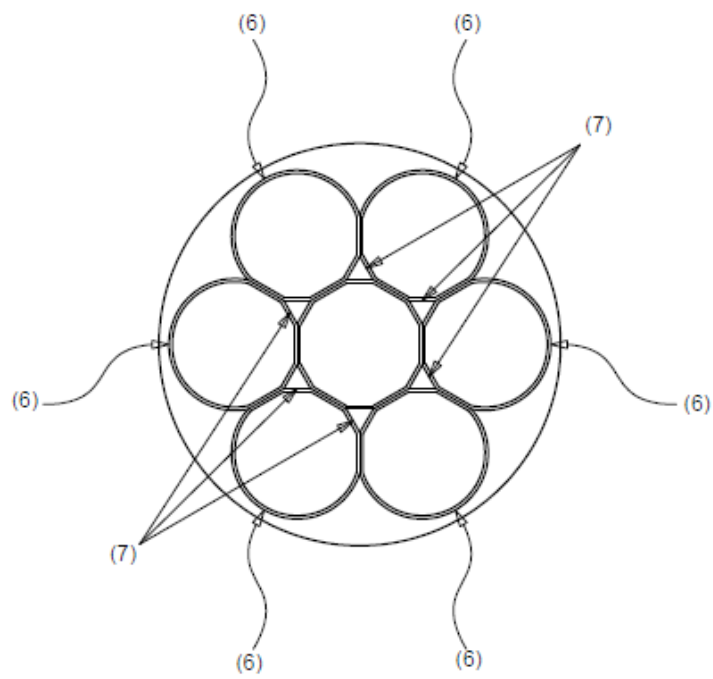


FIG 2



Sección A-A

FIG 3

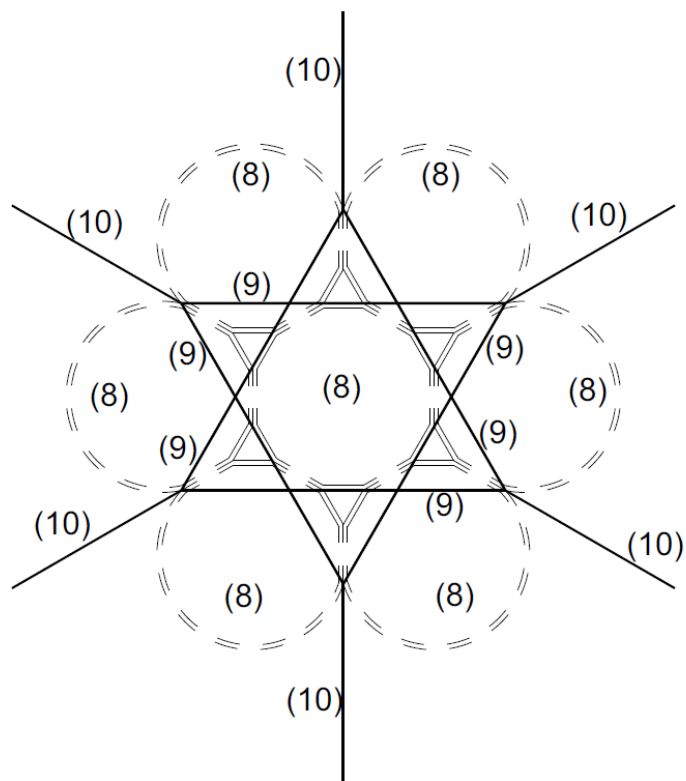


FIG 4

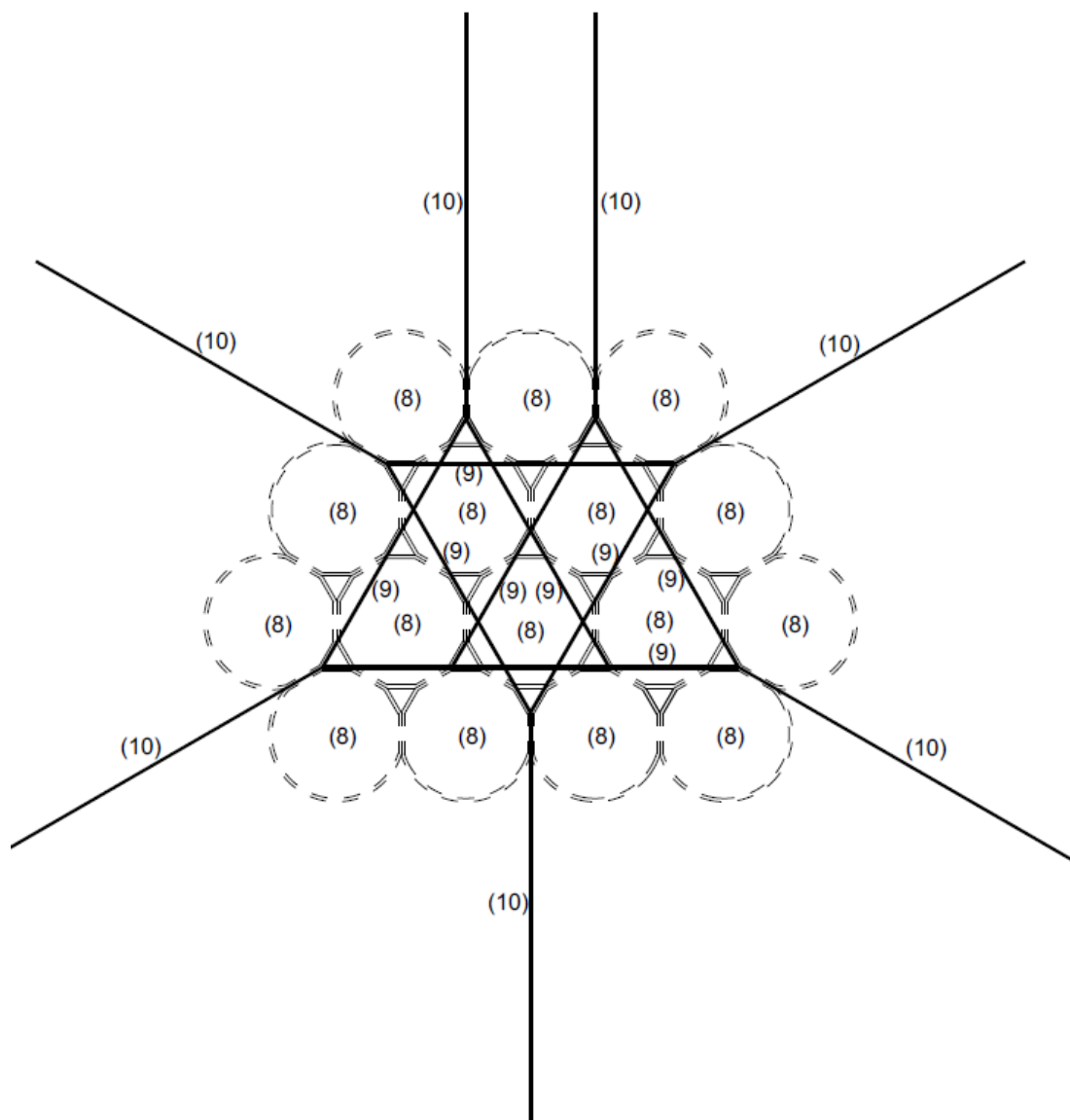


FIG 5

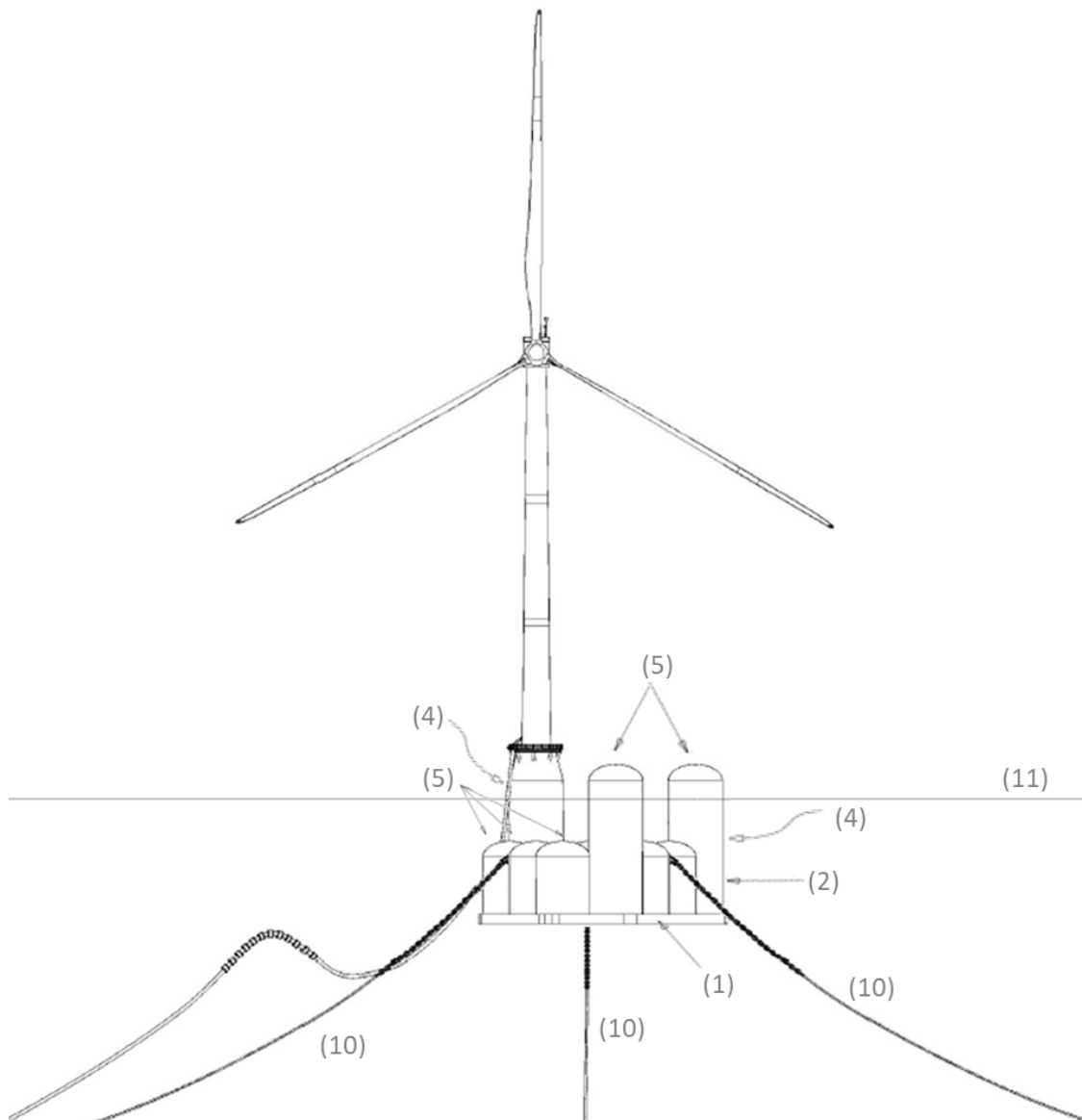


FIG 6



- (21) N.º solicitud: 202030418
(22) Fecha de presentación de la solicitud: 08.05.2020
(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) Int. Cl.: **E02D27/42** (2006.01)
F03D13/25 (2016.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	GB 2493023 A (SWAY TURBINE AS) 23/01/2013, Todo el documento.	1-8
A	US 2012155967 A1 (NAGURNY NICHOLAS J et al.) 21/06/2012, Descripción; figuras 2 y 3.	1-8
A	CN 110397066 A (UNIV TIANJIN) 01/11/2019, Todo el documento.	1-8
A	CN 110453711 A (UNIV TIANJIN) 15/11/2019, Todo el documento.	1-8
A	WO 2014013098 A1 (UNIV CANTABRIA et al.) 23/01/2014, Todo el documento.	1-8
A	CN 106638662 A (UNIV TIANJIN) 10/05/2017, Todo el documento.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
12.01.2021

Examinador
M. B. Castañón Chicharro

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E02D, F03D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC