(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
23 de enero de 2014 (23.01.2014)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2014/013098 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
B63B 35/44 (2006.01) *B63B 9/06* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2013/000165

(22) Fecha de presentación internacional:
5 de julio de 2013 (05.07.2013)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201200760 18 de julio de 2012 (18.07.2012) ES

(71) Solicitantes: **UNIVERSIDAD DE CANTABRIA** [ES/ES]; CARRO PAZOS, Angel, Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n, E- 39005 Santander. Cantabria (ES). **FUNDACION INSTITUTO DE HIDRAULICA AMBIENTAL DE CANTABRIA** [ES/ES]; Parque Científico y Tecnológico de Cantabria., c/ Isabel Torres, 50. CP., E-39011 Santander. Cantabria. (ES).

(72) Inventores: **GUANCHE GARCIA, Raúl**; Fundación Hidráulica Ambiental., E.T.S. Ingenieros de Caminos., Avda. de ios Castros 44, E-33005 Santander. Cantabria. (ES). **LOPEZ LOPEZ, Javier**; Fundación Hidráulica Ambiental., E.T.S. Ingenieros de Caminos., Avda. de ios Castros 44, E-33005 Santander. Cantabria. (ES). **VIDAL PASCUAL, César**; Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Ingenieros de Caminos., Avda. de ios Castros 44, E-33005 Santander. Cantabria. (ES). **LOSADA RODRIGUEZ, Iñigo**; Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Ingenieros de Caminos., Avda. de ios Castros 44, E-33005 Santander. Cantabria. (ES). **MEDINA SANTAMARIA, Raúl**; Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Ingenieros de Caminos., Avda. de ios Castros 44, E-33005 Santander. Cantabria. (ES).

(74) Representante común: **UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**; CARRO PAZOS, Angel, Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n, E- 39005 Santander. Cantabria (ES).

(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Continúa en la página siguiente]

(54) **Title**: SEMI-SUBMERSIBLE PLATFORM FOR USE IN THE OPEN SEA

(54) **Título** : PLATAFORMA SEMI SUMERGIBLE PARA APLICACIONES EN MAR ABIERTO

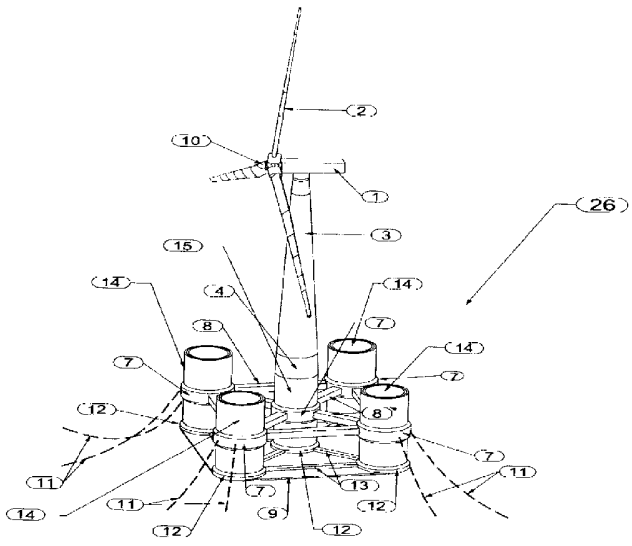

FIGURA 1

(57) **Abstract**: 1. The invention relates to a semi-submersible platform (26) comprising: an inner column (15) and at least four outer columns (14), in which each of the inner and outer columns (14, 15) is made from reinforced concrete and comprises a resistant base (12), a shaft (5a, 5b; 6a, 6b) and a section (7) located at a pre-determined height and having greater resistance. The semi-submersible platform also comprises a plurality of beams (8) at the aforementioned pre-determined height, which connect each outer column (14) to the inner column (15) and to each adjacent outer column, and a plurality of anchor lines (11) designed to be anchored to the more resistant section (7) of each outer column (14). The semi-submersible platform (26) also comprises a lower plate (9) on which the columns (14, 15) are secured and which is reinforced with a plurality of beams (13) that connect the base (12) of each outer column (14) to the base of the inner column (15) and to the base (12) of each adjacent outer column. The invention relates to a method for the construction of a semi-submersible platform.

(57) **Resumen**:

[Continúa en la página siguiente]

WO 2014/013098 A1

(84) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

— *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))*

1. Una plataforma semisumergible (26) que comprende: una columna interior (15) y al menos cuatro columnas exteriores (14), donde cada una de dichas columnas interior y exteriores (14, 15) son de hormigón armado y comprenden una base resistente (12), un tronco (5a, 5b; 6a, 6b) y una sección de mayor resistencia (7) a una determinada altura. La plataforma semisumergible comprende además una pluralidad de vigas (8) a dicha determinada altura que unen cada columna exterior (14) con la columna interior (15) y con cada columna exterior adyacente, y una pluralidad de líneas de fondeo (1 1) configuradas para ser ancladas a la sección de mayor resistencia (7) de cada columna exterior (14). La plataforma semisumergible (26) comprende además una placa inferior (9) sobre la que se fijan las columnas (14, 15) reforzada por una pluralidad de vigas (13) que conectan la base (12) de cada columna exterior (14) con la base de la columna interior (15) y con la base (12) de cada columna exterior adyacente. Un método de construcción de una plataforma semisumergible.

PLATAFORMA SEMISUMERGIBLE PARA APLICACIONES EN MAR ABIERTO

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención pertenece al sector de la construcción y tecnología naval relacionada con las estructuras marinas en mar abierto, también denominadas estructuras offshore y, más concretamente, al de las estructuras flotantes offshore del tipo semisumergible que sirven para dar soporte físico al desarrollo de actividades de carácter industrial, energético, investigador, etc.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El diseño de estructuras flotantes en aguas profundas (en adelante offshore) está ligado a la carrera tecnológica desarrollada en los últimos 60 años por la industria petrolera (Oil & Gas ó O&G), y su esfuerzo por explotar de manera rentable yacimientos de petróleo y gas cada vez más lejanos de la costa y a mayor profundidad. A la hora de identificar cuáles son las distintas tecnologías, cabe mencionar las siguientes grandes familias:

1. Plataformas tipo SPAR
2. Plataformas tipo TLP (Tension Leg Platform)
3. Plataformas Semisumergibles o Semis
4. FPSO (Floating Production Storage & Offloading), las cuales se caracterizan por tener forma de barco.

Estas estructuras se fijan al fondo mediante sistemas compuestos, principalmente, por líneas de fondeo formadas por catenarias de cadena de acero, estacha de fibra, etc. o por líneas de fondeo con sistemas tensos, también denominados TLP (*Tension Leg Platform*), compuestos por elastómeros, tendones, cables de acero, etc.

En los últimos años se han unido a esta carrera tecnológica empresas con interés en aprovechar y explotar el recurso eólico marino offshore, como fuente de energía renovable (*Offshore Wind*); siendo en todos los casos, diseños que han heredado sus características y filosofía de los de la industria O&G añadiendo los requerimientos propios de la industria eólica terrestre.

Estos diseños son generalmente de menor tamaño, escalados en función de las necesidades (a menor capacidad de carga se requiere menor empuje) y en los que se repiten, en mayor o menor medida, las características de diseño y fabricación de las estructuras flotantes de la industria O&G.

1) Plataforma Semisumergible
2) Plataforma tipo SPAR
3) Plataforma tipo TLP
4) Concepto SWAY (hibrido entre una SPAR y una TLP)

Las estructuras flotantes offshore que actualmente se están desarrollando para la industria eólica son, en general, caras y presentan ciertas características que las hacen poco operativas, flexibles y seguras. Disponen, en la mayoría de casos, de sistemas de fondeo o anclaje excesivamente caros al estar heredados de la industria del O&G, y sus condiciones de estabilidad son, en muchos casos, insuficientes para el estado de máxima carga operacional o eventos extremos. Para aplicaciones flotantes de eólica marina, el proceso de diseño y dimensionamiento de las estructuras flotantes que las soportan es muy distinto del de las plataformas dedicadas a la perforación, extracción y producción de crudo. Las plataformas destinadas a la eólica offshore están sometidas además de al peso propio y a las cargas inducidas por el oleaje, la corriente y el viento, a otras cargas de magnitud considerable que no presentan las plataformas del O&G: el empuje horizontal y el momento torsor originados por el aerogenerador y transmitidas a la estructura flotante a través de la torre que lo sustenta. Otro gran inconveniente que presentan los actuales conceptos para la industria eólica marina son unos métodos constructivos lentos y caros, no adaptados a las necesidades de esta

industria, además de un coste logístico en el remolque, instalación y fondeo demasiado alto.

Los otros tipos de estructuras, extensamente empleadas en la industria eólica marina, son las compuestas por estructuras fijas offshore. Éstas son estructuras directamente fijadas o pilotadas al fondo marino y se emplean en aguas cuya profundidad las hace económicamente atractivas. Actualmente se habla que las estructuras fijas offshore del tipo monopilotadas, es decir; las formadas por una torre directamente pilotada al fondo marino sobre la que se instala el aerogenerador, se emplean en aguas someras cuya profundidad máxima es de unos 20 metros. Entre los 25 y los 45 metros las estructuras fijas tipo Jacket, constituidas por tramos de celosías de acero unidas, son las que presentan las mejores características técnico-económicas. Es a partir de los 45-50 metros cuando las estructuras flotantes comienzan a presentar mejores características que las estructuras fijas anteriormente citadas. Estas profundidades son denominadas en la industria eólica offshore como aguas profundas.

De entre todos los conceptos y diseños que actualmente están en vías de desarrollo, dentro de los sistemas flotantes offshore para aguas profundas, cabe mencionar los siguientes:

HyWind, tipología SPAR. Un ejemplo de este tipo de sistema flotante offshore para aguas profundas se describe en la solicitud de patente internacional nº WO2010/122316A1. Esta estructura ha sido diseñada en acero y tiene el hándicap de que necesita una gran cantidad de lastre a mucha profundidad para poder asegurar las condiciones de estabilidad y seguridad mínimas. De no hacerlo, el centro de gravedad (KG) de todo el conjunto estaría demasiado alto dando lugar a alturas metacéntricas (GM) nulas o incluso negativas haciendo inestable a todo el conjunto. Esto origina que el calado mínimo necesario de la parte sumergida de esta estructura sea de 100m para instalar un aerogenerador de 2,3 MW. Lo que hace inviable que pueda operar a profundidades de 50m.

En cuanto a los movimientos de respuesta, las SPAR se caracterizan por presentar movimientos verticales de alteada (*heave*), más amortiguados que el resto de conceptos. Sin embargo presentan movimientos de cabeceo (*pitch*) y balance (*roll*) mayores. Son, por lo descrito en la publicación anterior, inviables técnicamente para operar en aguas con una profundidad de entorno a 45 metros y se estima que puedan empezar a ser competitivas técnicamente a partir de profundidades de entorno a los 120m. Otro inconveniente que presenta esta estructura, y en general las del tipo SPAR, es que la operación de remolque e instalación es excesivamente cara y compleja por el despliegue logístico que necesita. Dado su elevado calado no pueden salir de puerto ni en posición vertical ni en condición de lastre y esto impide que puedan llevar instalada la turbina eólica, haciendo imprescindible su instalación en alta mar una vez que la plataforma ya esté debidamente fondeada y lastrada o preparada para recibir el peso elevado del aerogenerador. Esto complica mucho técnicamente el proceso de instalación y puesta en marcha del sistema, pero sobre todo incrementa notablemente los costes asociados.

Blue H, tipología TLP. Un ejemplo de este tipo de sistema flotante offshore para aguas profundas se describe en la solicitud de patente estadounidense nº US2012/0014752A1. Esta estructura también se ha diseñado en acero y se caracteriza por ser una estructura flotante con un sistema de anclaje al fondo basado en sistemas tensos con cables de acero y/o elastómeros o tendones que conectan rígidamente la estructura al anclaje del fondo, compuesto principalmente por un peso muerto. Esta estructura, y en general las del tipo TLP, se caracterizan por tener movimientos de respuesta ante las cargas ambientales y las propias del aerogenerador muy amortiguadas debido a su especial sistema tenso de fondeo, que por sí mismo amortigua todos los movimientos de respuesta. No presentan el problema de estabilidad derivado de las variaciones de lastre y centros de gravedad que tienen las SPAR y a priori, aunque en condición de salida de puerto puedan tener cierta precariedad en su condición de estabilidad, podrían llevar instalada la turbina eólica desde puerto, lo que hace menos cara y compleja la operativa de remolque, instalación y puesta en marcha. El principal problema que tienen este tipo de

tipologías, y que las hace mucho menos competitivas, es su costoso y complejo sistema de fondeo; principal hándicap de las estructuras tipo TLP. La instalación del sistema de fondeo requiere del empleo de medios muy sofisticados y caros. Otros inconvenientes derivados principalmente del sistema de fondeo, es el más que posible acoplamiento de las frecuencias propias de los tendones empleados en unir la estructura al fondo y la frecuencia propia de la estructura lo que deriva en fenómenos resonantes muy perjudiciales para la operación del sistema. Además, el mantenimiento del sistema de fondeo resulta muy costoso.

SWAY *Floating Tower*, tecnología híbrida entre SPAR y TLP. Esta estructura está construida en acero. Esta tecnología mezcla la tipología SPAR con el sistema de fondeo tenso característico de las TLP. El principal inconveniente de esta tecnología radica en que es inviable en profundidades de 45m, por lo ya expuesto para las tipologías SPAR. Podría empezar a utilizarse a partir de los 80m. Además, sus costes de remolque, instalación y fondeo son muy elevados al no permitir salir de puerto ni en posición vertical ni con la turbina montada, como ya se explicó para las SPAR. Además, el sistema de fondeo extremadamente caro de instalar y de mantener, presentando los mismos problemas que los TLP.

PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES. Dentro de esta familia destacan varios conceptos:

WindSea Floater. Un ejemplo de este tipo de sistema flotante se describe en la solicitud de patente estadounidense nº US2011/0006539A1. Se trata de estructuras flotantes de construcción en acero y planta triangular. Esta estructura puede operar en aguas de 50m de profundidad y permite la instalación de hasta 3 turbinas sobre la misma plataforma. Compuesta por 3 grandes cilindros conectados entre sí. Su principal característica es el sistema de fondeo que está conectado a la plataforma en el baricentro del triángulo inferior. Esta puede no ser la solución más estable en lo que se refiere a rigidez a momento torsor global. Otra singularidad de este diseño es ser una plataforma multi-turbina. Lo cual tiene limitaciones en función del tamaño de

turbina instalada, ya que debido a la poca separación entre ellas el rendimiento puede verse afectado gravemente por los efectos de estela y turbulencias derivados del funcionamiento de los aerogeneradores. Este concepto es, a priori, excesivamente grande y con un sistema de fondeo poco eficaz.

Trifloater Semisub. Estructura de construcción en acero y planta triangular. Este tipo de estructuras puede operar en aguas de 50m profundidad siendo relativamente sencillo su remolque e instalación en alta mar. Puede salir de puerto con la torre y la turbina ya instaladas y presenta una correcta estabilidad en cualquier condición. Está compuesta por 3 grandes cilindros conectados entre sí. La torre y el aerogenerador están dispuestos en el baricentro de la planta triangular. El principal problema que presenta es que tiene un punto débil estructural en la zona de unión entre la torre y la plataforma, zona especialmente sensible a las solicitaciones generadas por las cargas de operación del propio aerogenerador. El dimensionamiento de esta zona de unión entre torre y plataforma requiere la utilización de mucho material, siendo muy exigentes las garantías necesarias para su correcta operación durante una vida útil de 20 o 25 años.

WindFloater. Un ejemplo de este tipo de sistema flotante se describe en la solicitud de patente estadounidense nº US2011/0037264A1. Se trata de una estructura diseñada en acero y planta triangular. Este concepto puede operar en aguas de 50m profundidad siendo relativamente sencillo su remolque e instalación en alta mar. Puede salir de puerto con la torre y la turbina ya instaladas. La principal singularidad de este concepto es el hecho de tener la torre con la turbina, es decir los pesos más importantes y que son del orden de 850 toneladas, dispuestos en un extremo del triángulo que forman los 3 cilindros principales que componen la plataforma. Esto motiva una escora permanente que merma su estabilidad. Por lo tanto, este diseño está obligado a disponer de un sistema especial y automático de control y trasiego de lastre entre los tanques dispuestos en cada columna para corregir permanentemente las distintas escoras que se producen por la incorrecta distribución de pesos, las cargas ambientales y del aerogenerador. Este sistema es especialmente sensible a

fallos cuyo origen esté en el sistema de lastre, lo cual puede reducir significativamente su operatividad. Es preciso señalar que el sistema de corrección de escoras debe estar adecuadamente dimensionado para mover enormes cantidades de agua entre los tanques en muy poco tiempo, por lo que resultará en un sistema de gestión de agua y corrección de escoras caro en adquisición, instalación y sobre todo en su mantenimiento a lo largo de una vida útil de 20 o 25 años.

Cabe destacar ciertos aspectos negativos que comparten todos los diseños actuales de plataformas flotantes para la industria eólica offshore, con independencia de su tipología estructural, y especialmente las plataformas semisumergibles:

1) Al ser diseños de dimensiones considerables y fabricados en acero, necesitan ser construidas en grandes infraestructuras terrestres especialmente dedicadas a ello, como pueden ser astilleros o grandes factorías. Esta dependencia dificulta su fabricación y encarece enormemente los costes de inversión al tener que afrontar el transporte de la estructura flotante desde estas factorías hasta el lugar de instalación / operación, generalmente a cientos de millas náuticas de distancia. Cuando se trata de pequeñas estructuras flotantes con rendimientos debidos a su explotación de carácter marginal o reducido, este hecho es suficiente para desestimar su fabricación.

2) La construcción de todas las estructuras flotantes offshore se realiza en acero, lo cual encarece el producto final debido al proceso de elaboración que requiere. Además el precio del acero es otro factor variable que puede encarecer el producto final en un momento dado sin capacidad de maniobra para el promotor o fabricante.

3) Los plazos de fabricación empleando acero son largos lo cual encarece también los costes totales de la inversión. A su vez, los tiempos de llegada a mercado se alargan con la consecuente pérdida de competitividad. Se estima que una plataforma de entorno a 2.100 toneladas de acero requiere del orden de 84.000 horas de trabajo en factorías especializadas como pueden ser los astilleros.

4) La fabricación en acero de este tipo de estructuras tiene como consecuencia la necesidad de un plan de mantenimiento de las estructuras muy exigente, ya que el acero presenta un problema de corrosión en ambiente marino muy importante. El coste de mantenimiento de la estructura de acero es muy elevado porque requiere en la mayoría ocasiones de su retirada del lugar de operación y su traslado y entrada en dique para el adecuado mantenimiento y limpieza del casco, generalmente en un astillero. Los costes derivados de esta necesidad pueden hacer que los costes de operación y mantenimiento sean altos e inasumibles para el proyecto en su conjunto.

5) Por cuestiones económicas, muchas de las aplicaciones actuales de las estructuras offshore están limitadas a emplazamientos no lejanos a la costa y con profundidades relativamente bajas, en aguas en donde la tecnología actual de plataformas fijas deja de ser competitiva, es decir; a unos 45-50m de profundidad. Eso provoca que las tipologías del tipo SPAR no pueden emplearse de manera masiva y competitiva por motivos técnicos.

6) En general todas las plataformas semisumergibles, y especialmente el concepto WindFloat, son dependientes de los sistemas de lastre y trasiego de lastre necesarios para la corrección automática de las escoras que producen los desiguales repartos de peso y las acciones de las cargas ambientales y propias. Lo que las hace muy sensibles a los fallos de este sistema, además de incrementar los costes de mantenimiento.

7) Las tipologías SPAR y algunas TLP no pueden salir de puerto con el aerogenerador ya instalado, lo cual encarece mucho los costes de remolque, instalación y puesta en marcha en alta mar.

8) La tipología de plataformas TLP presentan unos costes derivados de la instalación y mantenimiento de su complejo sistema de fondeo que puede hacer inasumible la inversión.

9) Todas las estructuras semisumergibles que actualmente hay en el estado de la técnica tienen planta triangular, lo cual las dota de un único plano de simetría y esto hace que presenten un patrón de respuestas desigual en función de la dirección predominante del oleaje incidente, disminuyendo su flexibilidad y seguridad de operación.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante una plataforma semisumergible y un método de construcción de la misma que no necesita grandes infraestructuras, como son los astilleros o factorías navales.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una plataforma semisumergible que comprende: una columna interior y al menos cuatro columnas exteriores, donde cada una de las columnas interior y exteriores comprenden una base resistente y un tronco, y donde cada columna comprende una sección de mayor resistencia a una determinada altura y una pluralidad de vigas que unen cada columna exterior con la columna interior y cada columna exterior con cada columna exterior adyacente.

Preferentemente, las columnas interior y exteriores son de hormigón armado.

Preferentemente, la plataforma semisumergible comprende además una placa inferior sobre la que se fijan las columna interior y exteriores, configurada para incrementar el amortiguamiento de los movimientos verticales. Preferentemente, esa placa inferior es de hormigón armado. También preferentemente, la placa inferior está reforzada por una pluralidad de vigas que conectan la base de cada columna exterior con la base de la columna interior y la base de cada columna exterior con la base de cada columna exterior adyacente.

En una realización particular, la plataforma semisumergible comprende además un sistema de fondeo que comprende una pluralidad de líneas de fondeo configuradas para ser ancladas a la sección de mayor resistencia de cada columna exterior.

En una realización particular, la columna interior lleva montados al menos una torre, una nacelle, un rotor y una pluralidad de palas.

En una realización particular, la plataforma semisumergible comprende cuatro columnas exteriores formando una planta cuadrada.

En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de construcción de una plataforma semisumergible, que comprende las etapas de: colocación de una base resistente interior y al menos cuatro bases resistentes exteriores sobre la base de un dique flotante; instalación de un encofrado trepante configurado para construir una columna interior y al menos cuatro columnas exteriores sobre las bases resistentes; avance de la trepa hasta alcanzar un determinado nivel, de forma que queden construidos un tronco sobre cada base resistente, simultáneamente con lo cual se va sumergiendo el dique flotante; instalación de encofrados que tapan las bocas de dichos troncos; colocación de una pluralidad de vigas de arriostramiento que unen cada tronco exterior con el tronco interior y cada tronco exterior con cada tronco exterior adyacente; instalación de encofrados verticales para construir zonas de mayor resistencia; colocación de armaduras de dichas zonas de mayor resistencia, hormigonado de las mismas y desmontaje de los encofrados; tras la construcción de las secciones de mayor resistencia sobre cada tronco: instalar encofrados trepantes sobre las mismas, trepar hasta un cierto nivel hasta construir los troncos por encima de las secciones de mayor resistencia, simultáneamente con lo cual se va sumergiendo el dique flotante, y desmontaje de los encofrados trepantes; remate de la parte superior de cada tronco; hundimiento del dique flotante hasta dejar a flote la plataforma; traslado de la plataforma hasta el muelle de armamento; postensado vertical de los troncos.

Preferentemente, el método comprende, antes de la colocación de las bases

resistentes: colocación de una pluralidad de vigas de refuerzo sobre la base del dique flotante; colocación de una armadura de una base resistente sobre la base del dique flotante;
encofrado de dicha base; hormigonado de dicha base; desmontaje de los encofrados de la base.

En una realización particular, tras el postensado vertical de los troncos, se procede a la instalación en el muelle de armamento de al menos un equipo sobre la plataforma. Preferentemente, el al menos un equipo es una torre, una góndola, un rotor de aerogenerador o un equipo auxiliar.

La invención descrita tiene una aplicación destacable, pero no única, en el sector de la industria eólica marina como plataforma flotante que da soporte y sobre la que se instalan aerogeneradores multi-megawatio empleados para el aprovechamiento de la energía eólica en zonas cuyas aguas tienen una profundidad que hace viable técnica y económicamente el empleo de la invención aquí propuesta en detrimento del empleo de otro tipo de estructuras flotantes o fijas offshore directamente pilotadas o fijadas al fondo.

Las ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción siguiente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 ilustra una vista en perspectiva 3D de un esquema de una plataforma que lleva instalada una torre y demás equipos, de acuerdo con una posible realización de la invención.

La figura 2 ilustra una vista ampliada en perspectiva 3D del esquema de la plataforma ilustrada en la figura 1.

La figura 3 ilustra una vista en perspectiva 3D del anillo estructural de la plataforma de la figura 2, al que se fijan las líneas de fondeo a la plataforma.

La figura 4 ilustra una vista de perfil de la plataforma que lleva instalada una torre y demás equipos, de la figura 1, con sistema de fondeo sin pretensión inicial.

La figura 5 ilustra una vista de perfil de la plataforma lleva instalada una torre y demás equipos, de la figura 1, con sistema de fondeo con pretensión inicial.

La figura 6 ilustra una vista en planta de la plataforma y torre de la figura 1, en la que la disposición del sistema de fondeo está constituida por 8 líneas de fondeo.

La figura 7 ilustra una vista en planta de la plataforma y torre de la figura 1, en la que la disposición del sistema de fondeo está constituida por 4 líneas de fondeo.

La figura 8 ilustra una vista en planta de la plataforma y torre de la figura 1, en la que la disposición del sistema de fondeo está constituida por 6 líneas de fondeo.

La figura 9 muestra la comparativa entre el Operador de Amplitud en Respuesta (RAO) de los desplazamientos verticales o grado de libertad HEAVE de la plataforma cuadrada de hormigón ejemplificada, con placa de heave y sin placa de heave.

En las figuras 10-16 se resumen los operadores de respuesta de la plataforma en los grados de libertad principales para un oleaje procedente a lo largo de uno de los ejes de simetría de la plataforma. Concretamente: La figura 10 muestra el Operador de Amplitud en Respuesta (RAO) del grado de libertad SURGE de la plataforma cuadrada de hormigón ejemplificada, con placa de heave con oleaje regular de 2m y de 6m de altura. La figura 11 muestra el Operador de Amplitud en Respuesta (RAO) del grado de libertad HEAVE de la plataforma cuadrada de hormigón ejemplificada, con placa de heave con oleaje regular de 2m y de 6m de altura. La figura 12 muestra el Operador de Amplitud en Respuesta (RAO) del grado de libertad PITCH de la plataforma cuadrada de hormigón ejemplificada, con placa de heave con oleaje regular de 2m y de 6m de altura. La figura 13 muestra la Gráfica de aceleraciones en el grado de libertad SURGE para la plataforma y la nacelle (a 112m metros de altura), con oleaje regular de 2m y de 6m de altura. La figura 14 muestra la Gráfica de aceleraciones en el grado de libertad HEAVE para la plataforma y la nacelle (a 112m metros de altura), con oleaje regular de 2m y de 6m de altura. La figura 15 muestra la Gráfica de aceleraciones en el grado de libertad PITCH para la plataforma y la nacelle (a 112m metros de altura), con oleaje regular de 2m y de 6m de altura. La figura 16 muestra las Fuerzas máximas en la catenaria de barlomar mas expuesta con oleaje regular de 2m y de 6m de altura.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

En este texto, el término "comprende" y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos "aproximadamente", "sustancialmente", "alrededor de", "unos", etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

La figura 1 muestra una estructura formada por una plataforma semisumergible 26, que se detalla a continuación, sobre la que va montada una torre 3, una nacelle 1, un rotor 10 y unas palas 2 que forman la turbina o aerogenerador offshore. La torre es preferentemente de acero. Los equipos que se montan sobre la plataforma (torre, nacelle, rotor, palas, etc.) son convencionales y no son objeto de la invención.

La plataforma semisumergible 26, mostrada en detalle en la figura 2, tiene forma cuadrada. Esta plataforma 26 está constituida por cuatro grandes columnas verticales 14, preferentemente cilíndricas, cerradas en su coronación y dispuestas en los vértices del cuadrado que constituye la planta, y por una quinta columna central 15, preferentemente cilíndrica, que puede ser de mayor, igual o menor diámetro que las otra cuatro columnas 14. Sobre esta quinta columna central 15 va montada, directamente o por medio de una pieza de transición 4 (ilustrada en la figura 1), la torre 3, la nacelle 1, el rotor 10 y las palas 2 que forman la turbina o aerogenerador offshore.

Las columnas cilíndricas 14 15 dotan al conjunto del empuje necesario para poder soportar los pesos derivados de todos los equipos y sistemas instalados, que son normalmente, aunque no limitativamente, todos o alguno de los siguientes: el peso propio de las columnas 14 15, estructura soporte, que se describe más adelante, torre 3, aerogenerador o turbina 1 2 10, pieza de transición 4 si la hubiera, sistema de lastre, equipos eléctricos y electrónicos, accesos, plataformas auxiliares, etc.

Las columnas verticales 14 15 tienen una parte preferentemente hueca (6a 6b en las

columnas externas 14 y 5a 5b en la columna central 15) y compartimentada internamente. Las columnas 14 15 tienen una base resistente 12 diseñada para dotar de más resistencia al conjunto, que puede ser de de mayor, menor o igual diámetro y sección (que los de la parte citada anteriormente 5a 5b 6a 6b) sobre la que se construye el tronco o parte principal 5a 5b 6a 6b. A una determinada altura H de cada columna 14 15 se incluye una sección resistente 7. El objetivo de ésta es aumentar la resistencia estructural, mejorando el comportamiento global de la estructura ya que en esta zona van fijados los anclajes de las líneas de fondeo 11 (ilustradas de forma esquematizada en la figura 1) y son las zonas más solicitadas de toda la estructura. La altura H puede variar en función de la posición óptima del anclaje de las líneas de fondeo 11 a la plataforma. Los troncos o partes preferentemente huecas 6a 6b 5a 5b de las columnas 14 15 están hechos preferentemente de hormigón armado. El hormigón armado utilizado debe ser adecuado para ambientes marinos, como un experto en la materia sabe.

La sección resistente 7 se produce a la misma altura en todas las columnas. A su vez, estas zonas de mayor resistencia 7 se unen entre sí por medio de vigas 8, preferentemente huecas. La sección de estas vigas 8 puede ser, por ejemplo, cuadrada, rectangular o cilíndrica. Estas vigas 8 pueden ser construidas tanto en hormigón armado como en acero o en cualquier otro material o combinación de materiales. Las vigas 8 junto con las zonas de la columna de mayor resistencia 7 forman un anillo estructural que dota al conjunto de una gran resistencia. El conjunto formado por las zonas de la columna de mayor resistencia 7 y las vigas 8 se ilustra en detalle en la figura 3.

Preferentemente, la plataforma semisumergible 26 comprende además una placa inferior o placa de alteada (placa de *heave*) 9 que incrementa el amortiguamiento de los movimientos verticales. La placa de *heave* 9, ubicada en la base de la plataforma, se halla a su vez reforzada por vigas 13, que pueden ser huecas o macizas, preferentemente macizas, y cuya sección puede ser de diversos tipos, tales como cuadrada o rectangular. Estas vigas 13 pueden construirse en diversos materiales,

tales como acero u hormigón armado, u otros. Las vigas 13 son solidarias con la placa de *heave* 9 y están conectadas con la base reforzada 12 de las columnas 14 15.

La placa de *heave* 9, que funciona como dispositivo amortiguador del movimiento vertical, está fabricada en hormigón armado y sobre ella se elevan las cinco columnas 14 15. La disposición de esta placa 9 mejora las prestaciones de comportamiento y respuestas en la mar de la plataforma. Esta placa 9 puede ser homogénea o tener agujeros.

Como se ha dicho, el tronco o parte preferentemente hueca 5a 5b 6a 6b de las columnas 14 15 está interiormente compartimentada y preferentemente estas partes 5a 5b 6a 6b tienen tanques de lastre, los cuales se llenan una vez la plataforma sale de las aguas del puerto, o zona de resguardo en donde se ha construido, con el fin de bajar el centro de gravedad e incrementar su estabilidad.

El sistema de fondeo está constituido por varias líneas de fondeo 11; por ejemplo, por 4, 6 u 8 líneas de fondeo con forma de catenarias hechas por ejemplo de cadena de acero con eslabón sin contrete, de estacha marina o un mix de ambos. Además las líneas de fondeo 11 pueden ser dispuestas con o sin pretensión inicial forzada mediante la adición de bloques o elementos de hormigón 14 (ver esquema de la figura 5) dispuestos a una distancia variable L desde la posición de anclaje en la plataforma. El sistema de fondeo está especialmente adaptado para esta aplicación, reduciendo significativamente las tensiones resultantes y siendo especialmente recomendable para aguas de poca profundidad, aunque sin exluir su uso en aguas de gran profundidad. En uno de sus extremos, las líneas de fondeo 11 se unen a la plataforma mediante una pieza, por ejemplo de acero, u orejeta conectada firmemente con el armado del hormigón a esa altura. En el otro extremo, las líneas de fondeo 11 están firmemente sujetas al fondo marino mediante el empleo de un dispositivo de anclaje que puede ser por ejemplo: un ancla, un muerto, un pilote o un pilote de succión.

A continuación se describen varios posibles sistemas de fondeo:

La figura 6 ilustra una posible realización de un sistema de fondeo 11, formado por 8 catenarias, dispuestas dos por cada una de las cuatro columnas exteriores 14. Las líneas se encuentran firmemente unidas a la plataforma a la altura del anillo estructural formado por las zonas de mayor resistencia 7 y las vigas 8. En un ejemplo concreto de esta realización, las líneas forman 45° entre sí y 22,5° con los ejes de coordenadas locales de cada uno de las columnas, tal y como puede apreciarse en la figura 6. Este sistema de fondeo es recomendable en mares especialmente severos, aquellos en donde se alcancen las alturas significantes de oleaje importantes para la condición de supervivencia y además no haya una dirección o sector de incidencia predominante de los mismos.

La figura 7 ilustra una realización alternativa de sistema de fondeo 11, constituido por 4 catenarias, disponiendo una línea por cada una de las columnas exteriores 14. Las líneas 11 se encuentran firmemente unidas a la plataforma a la altura del anillo estructural formado por las zonas de mayor resistencia 7 y las vigas 8. En un ejemplo concreto de esta realización, las líneas forman 45° con los ejes de coordenadas locales de cada uno de las columnas, tal y como puede apreciarse en la figura 7. Este sistema de fondeo es el recomendado para zonas con climas marítimos suaves y/o poco severos, en donde la condición de diseño en supervivencia sea suficientemente suave como para no tener que contemplar la instalación de 8 catenarias y no haya una dirección muy predominante en las acciones ambientales.

Por último, la figura 8 ilustra otra realización alternativa del sistema de fondeo 11, constituido por 6 catenarias. Este sistema de fondeo está diseñado para aquellas zonas cuyo clima marítimo, severo en condiciones de supervivencia, con una dirección o sector característico de incidencia de oleaje y viento; de tal forma que es necesario incrementar la seguridad del fondeo únicamente en esta dirección o sector predominante de incidencia. Esto dar lugar a un sistema resultante mixto de los dos anteriormente descritos, formando una línea por cada una de las columnas exteriores

14 que quedan a sotavento de la dirección predominante y dos líneas por cada una de las columnas exteriores 14 que quedan a barlovento de la dirección predominante. Las líneas se encuentran firmemente unidas a la plataforma a la altura del anillo estructural formado por las partes de mayor resistencia 7 y las vigas 8. En un ejemplo concreto de esta realización, las líneas de sotavento forman 45° con los ejes de coordenadas locales de cada uno de las columnas a las que van sujetos, mientras que las líneas de barlovento forman 45° entre sí y 22,5° con los ejes de coordenadas locales de las columnas a los que van sujetos, tal y como puede apreciarse en la figura 8.

Como un experto en la materia puede apreciar, la plataforma semisumergible presenta una serie de características ventajosas frente a las plataformas del estado de la técnica actual. Estas características son, entre otras:

- El empleo de hormigón como material de construcción principal.
- La disposición de 5 columnas verticales, 4 de ellas en los vértices formando una disposición en planta cuadrada y 1 central sobre la que se monta el equipamiento (por ejemplo, la torre y el aerogenerador).
- Preferentemente, una placa de hormigón en la base sobre la que se construye todo el conjunto que sirve, además, para amortiguar significativamente los desplazamientos verticales durante su operación y en cualquier condición de mar. Esta placa vertical provoca, al moverse en sentido vertical, un desplazamiento extra de agua a su alrededor, denominado masa añadida, que genera un efecto de amortiguamiento sobre la estructura y reduce significativamente los desplazamientos verticales incrementando notablemente sus prestaciones operacionales respecto de cualquier otro diseño.
- El empleo de un anillo estructural ubicado a una altura intermedia (H) que sirve como elemento rigidizador y que dota de extraordinaria resistencia estructural al diseño. A este anillo estructural se fijan las líneas de fondeo incrementando la seguridad de la plataforma.

- Los elementos de hormigón empleados para generar una pretensión inicial en las líneas de fondeo y que permiten reducir las tensiones dinámicas máximas sobre las mismas.
- El empleo de vigas de unión que pueden ser construidas en acero u hormigón.
- La separación lograda entre las columnas exteriores, ubicadas en los vértices del conjunto, dota al sistema de una elevada estabilidad en cualquier situación al incrementar, esta separación, la inercia de la flotación y con ello su par restaurador o adrizante.
- Esta estructura flotante offshore de hormigón con placa de heave puede, en función de la aplicación a la que se destine, montar sobre las cinco columnas (exteriores y central) una cubierta de trabajo o cubiertas sucesivas de superestructura necesarias para el correcto desempeño de su misión y que permitan instalar todo el equipamiento necesario para ello, por ejemplo: módulos habitacionales, subestaciones, equipos de apoyo a explotaciones offshore de toda índole, etc. Esta versatilidad la distingue, también, claramente del resto de soluciones propuestas por el estado de la técnica actual.

Y por lo tanto:

- La disposición de las columnas en planta cuadrada permite realizar un perfecto reparto de pesos en donde la columna central está diseñada para absorber el peso de la torre y aerogenerador.
- La plataforma presenta inmejorables características de estabilidad a flote, con diferentes condiciones de peso y cargas de operación o ambientales.
- La disposición cuadrada dota a la plataforma de un doble plano de simetría que permite a este diseño, en relación a los diseños de planta triangular actualmente en desarrollo, ofrecer idénticas prestaciones de estabilidad, seguridad y comportamiento en la mar con independencia de la dirección o sector predominante de incidencia de las fuerzas ambientales.
- El sistema de fondeo está optimizado para lograr la reducción de las tensiones máximas en las líneas de fondeo.

- Presenta unas necesidades de mantenimiento considerablemente menores que el resto de diseños del estado de la técnica, al emplear hormigón como material de construcción.

El dispositivo está dotado de la suficiente estabilidad como para permitir instalar en puerto, a flote y con el calado mínimo, la torre y el aerogenerador; de tal forma que puede ser remolcado al lugar de instalación con todos los equipos y sistemas ya instalados.

A continuación se describe el procedimiento constructivo de una plataforma semisumergible de las anteriormente descritas. Como se ha indicado anteriormente, se ha observado que el hormigón armado, por ser un material industrializable, es una buena alternativa al acero para la construcción de plataformas semisumergibles. Entre otras ventajas, se pueden apuntar las siguientes: resistencia y durabilidad del hormigón al ambiente marino; rapidez de construcción; coste del hormigón frente al acero. Para asegurar la no apertura de fisuras de tracción se puede realizar el post-tesado del hormigón.

En el método constructivo que se describe a continuación, se detalla las diferentes etapas del proceso de construcción de una plataforma de hormigón armado y post-tesado, que sirva como soporte, por ejemplo, a la torre de un aerogenerador.

En el método constructivo que se describe, se asume la disponibilidad de un dique flotante de características similares a los que se utilizan para la construcción de cajones celulares de hormigón armado para obras marítimas, adaptada a las dimensiones y cargas que requiere la construcción de la plataforma. Dado que el método constructivo de las columnas de la plataforma es por encofrado autotrepante, no es necesaria la instalación del paraguas que caracteriza a los diques flotantes para cajones celulares de hormigón. Las operaciones de izado se realizan, por ejemplo, con una grúa ringer autopropulsada situada en el muelle, con capacidad suficiente para las operaciones a realizar.

Además del dique flotante, son necesarias las siguientes estructuras e infraestructuras:

- Un muelle con profundidad de agua superior al calado de la plataforma en rosca más el puntal de la base del dique flotante.
- Un área de tierra cercana al muelle del dique flotante para los almacenes de áridos y la planta de hormigonado.
- Un área de tierra cercana al muelle del dique flotante para el taller y almacenamiento de la ferralla.
- Un área cercana en tierra para el acopio de las vigas pretensadas de refuerzo de la base y de arriostramiento.
- Un muelle en el mismo puerto para el armamento de la plataforma y sus equipos y la instalación de la torre, góndola y rotor del aerogenerador.
- Un área en tierra adyacente al muelle de armamento para el acopio y/o la construcción de las instalaciones de la plataforma y del aerogenerador.

ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Una vez establecidos los parques de áridos (nótese que el hormigón comprende árido, cemento y armadura pasiva y/o activa), el parque de ferralla y la planta de hormigonado y amarrado al muelle el dique flotante, el proceso de construcción de la plataforma sigue las siguientes etapas:

ETAPA 1 - Construcción de la base de la plataforma

La base de la plataforma se construye siguiendo las siguientes etapas:

1.1. En el taller de ferralla se construyen los diferentes elementos que constituyen la armadura de la base.

En el caso de que la plataforma semiflotante bajo fabricación se haya diseñado para incluir una placa de heave 9 y además para que ésta esté reforzada con vigas 13:

1.2. Colocación de las vigas pretensadas 13 de refuerzo de la placa de heave 9 de la

plataforma sobre la base del dique flotante.

1.3. Colocación de la armadura de la placa de heave 9 de la plataforma sobre la base del dique flotante.

1.4. Construcción del encofrado de la placa de heave 9 de la plataforma. En la zona de los troncos verticales se dejan preparados los cajones para la recepción de los cables de post-tensado vertical de los troncos.

1.5. Hormigonado de la placa de heave 9 de la plataforma.

1.6. Desmontaje de los encofrados de la placa de heave 9.

Nótese que las etapas destinadas a colocar la placa de heave 9 y las vigas de refuerzo 13 solo se realizan en caso de que se haya diseñado una plataforma semisumergible que incluya esos elementos.

ETAPA 2 - Construcción de los fustes de los troncos hasta el nivel de las vigas de arriostramiento.

Una vez hormigonada la base se procede a instalar los encofrados trepantes de los troncos 5 6 e iniciar el proceso de trepa hasta alcanzar el nivel de las vigas de arriostramiento 7. Las etapas de esta fase son:

2.1. Construcción de las armaduras de los troncos 5 6 en el taller de ferralla.

2.2. Instalación de los encofrados trepantes.

2.3. Avance de la trepa, hasta alcanzar el nivel de apoyo de las vigas de arriostramiento 7 (es decir, construir 5b 6b). Acompañando al proceso de trepa, se va sumergiendo el dique flotante, para que parte de las cargas sean tomadas por los empujes hidrostáticos sobre la plataforma.

2.4. Desmontaje de los encofrados trepantes.

ETAPA 3 - Construcción de las secciones de arriostramiento

Terminado el proceso de trepado, se procede a la construcción de las secciones de arriostramiento 7 sobre los troncos 5b 6b siguiendo las siguientes etapas:

3.1. Construcción en el taller de ferralla de las armaduras de las secciones de arriostramiento 7. Estas armaduras incluyen los ganchos de anclaje de la plataforma a las líneas de fondeo 11.

3.2. Instalación de las plataformas auxiliares de acceso a los troncos.

3.3. Instalación de los encofrados horizontales que tapan las bocas de los troncos.

3.4. Colocación de las vigas pretensadas de arriostramiento 8.

3.5. Instalación de los encofrados verticales de las secciones de arriostramiento, incluido el bloque de acceso 7 que comunica los troncos superiores 5a 6a con los inferiores 5b 6b y con el alma de las vigas de arriostramiento 8, por donde llegarán las conducciones que facilitarán los trasvases de lastre y las comunicaciones del personal entre los cilindros.

3.6. Colocación de las armaduras de las secciones de arriostramiento.

3.7. Hormigonado de las secciones de arriostramiento.

3.8. Desmontaje de las secciones de arriostramiento

ETAPA 4 -Construcción de los fustes de los troncos hasta la coronación (es decir, construir 5a 6a)

Una vez construidas las secciones de arriostramiento 7 de los troncos, se procede a continuar el proceso de trepado de los troncos 5 6 hasta su coronación (5a 6a). Las etapas de esta fase son:

4.1. Construcción de las armaduras de los fustes en el taller de ferralla.

4.2. Instalación de los encofrados trepantes.

4.3. Avance de la trepa hasta alcanzar el nivel de apoyo de la parte superior de los troncos 5a 6a. Acompañando al proceso de trepa, se va sumergiendo el dique flotante, para que parte de las cargas sean tomadas por los empujes hidrostáticos sobre la plataforma.

4.4. Desmontaje de los encofrados trepantes.

ETAPA 5 - Remate de la parte superior de los troncos

Finalizado el proceso de trepado de las columnas, se procede al remate de sellado de los troncos perimetrales y central. Esta fase tiene las siguientes etapas:

5.1. Construcción en el parque de ferralla de las armaduras de las tapas de sellado de los troncos perimetrales y central. Esta armadura incluye las barras roscadas de unión con la base (por ejemplo, de acero) de la torre del aerogenerador.

5.2. Instalación de una plataforma de trabajo sobre las tapas de los cilindros.

5.3. Colocación de los encofrados horizontales y verticales del remate de los troncos perimetrales y central 6a 5a. En la tapa del tronco central se deja una boca de acceso para equipos y canalizaciones.

5.4. Colocación de las armaduras de las tapas sobre los troncos.

5.5. Hormigonado de las tapas de los troncos.

5.6. Desmontaje de los encofrados de las tapas de los troncos.

ETAPA 6 - Traslado de la plataforma al muelle de armamento

Una vez terminado el proceso de trepado, se procede al traslado de la plataforma hasta el muelle de armamento, donde se realiza la instalación de la torre del aerogenerador y resto de instalaciones. Esta fase se divide en las siguientes etapas:

6.1. Hundimiento del dique flotante, hasta dejar a flote la plataforma.

6.2. Traslado con remolcador de la plataforma hasta el muelle de armamento y amarre de la misma al muelle.

ETAPA 7 - Post-tensado vertical de los troncos

Durante todo el proceso de trepado, construcción de las secciones de arriostramiento y tapas de los troncos verticales se ha mantenido la continuidad de las vainas que alojarán los tendones de post-tensado. En esta fase, se procede a la colocación de los tendones y a su tesado, siguiendo las etapas:

7.1. Enhebrado de los tendones en las vainas de post-tensado

7.2. Colocación en la base de las cabezas de fijación de los tendones.

7.3. Tesado desde la tapa superior de los troncos.

7.4. Sellado de las cabezas de fijación de los tendones y sellado de las vainas.

ETAPA 8 - Instalación de los equipos auxiliares

Los equipos auxiliares de la plataforma pueden incluir los sistemas de control de lastre en los cilindros perimetrales y central (bombas y conducciones), los equipos de energía de reserva, comunicaciones, climatización y ayudas a la navegación.

ETAPA 9 - Instalación de la torre, góndola y rotor del aerogenerador

La instalación del aerogenerador se realiza en el muelle de armamento y comprende las etapas convencionales de instalación de un aerogenerador. La construcción de la plataforma en el dique flotante requiere un periodo aproximado de dos meses, tiempo suficiente para la instalación de equipos y aerogenerador en el muelle de armamento. Quiere esto decir que mediante el proceso anteriormente descrito, cada conjunto plataforma-aerogenerador puede ser completado en dos meses, salvo el primero, que requiere un periodo algo mayor, de 4 meses.

Algunas ventajas de estas estructuras o plataformas semisumergibles se indican a continuación.

La construcción de estructuras semisumergibles flotantes de hormigón, frente a las estructuras convencionales de acero, y preferentemente con la citada placa de amortiguamiento vertical o placa de *heave*, proporciona de manera clara y directa las siguientes ventajas competitivas:

1) Permite emplear las técnicas y procesos de construcción civil utilizados extensamente en obras marítimas y portuarias, basadas en la utilización de cajoneros flotantes. Mediante esta técnica de construcción deja de ser necesario el empleo de grandes infraestructuras dedicadas especialmente para la construcción en acero de estos artefactos, como son los astilleros o factorías navales. Este hecho es de vital importancia para acercar la construcción de estas unidades al lugar de operación, y por lo tanto, reducir drásticamente los costes de transporte, mejorando sustancialmente la rentabilidad de la inversión y por lo tanto su atractivo.
2) Se reducen radicalmente los plazos de fabricación. A modo de ejemplo decir que una unidad flotante offshore de unas 10.000 toneladas, construida en hormigón armado, tiene un plazo de fabricación y entrega de entorno a los 40 días. Lo que supone una reducción en el plazo de entrega, respecto de una unidad similar construida en acero, de unos 3,5 meses.

3) El precio del hormigón es relativamente constante y no se ve afectado, de una manera tan clara y directa por la presión de la demanda del mercado como en el caso del acero. Esto permite realizar presupuestos y previsiones económicas más realistas y seguras, además de conocer con mayor exactitud los costes reales de inversión. Esto hace más segura, rentable y atractiva la inversión.
4) El empleo de la placa de amortiguamiento a heave, en caso de usarse, reduce drásticamente los movimientos de la estructura en el mar, lo que permite diseñar sistemas de fondeo menos robustos y por lo tanto menos costosos. Además de mejorar la operatividad de todo el conjunto.
5) Los costes de operación y mantenimiento son menores que los de cualquier estructura marina de acero, incrementando la rentabilidad de la explotación.
6) Esta plataforma semisumergible no es dependiente de los sistemas de lastre y trasiego comúnmente empleados para la corrección automática de escoras en las plataformas semisumergibles que conforman el estado de la técnica actual.
7) La instalación de todos los sistemas y equipos, incluidos la torre y el aerogenerador, puede realizarse a flote en el lugar en el que se construya la plataforma. Esto permite reducir drásticamente la complejidad de la operativa de remolque, instalación y puesta en marcha de la plataforma, reduciendo significativamente los costes asociados a estas operaciones.
8) Se facilita la tecnología de construcción de obras marinas en hormigón, desarrollando la metodología necesaria para realizar la construcción de las plataformas localmente, o al menos de manera cercana a los emplazamientos objetivos en puertos convencionales.
9) El precio del hormigón es significativamente más económico que el del acero. El empleo de hormigón como material de construcción permite la industrialización masiva de este tipo de plataformas offshore, lo que sin duda contribuirá a la reducción de costes y por lo tanto a una mejor competitividad de diversas industrias, tales como la industria eólica offshore.

A continuación se describe un ejemplo de platafaforma semisumergida de acuerdo

con la realización descrita:

EJEMPLO

Se ha diseñado y simulado un dispositivo de acuerdo con la realización descrita de la invención. Para definir las dimensiones óptimas del diseño propuesto se ha considerado que tiene su aplicación directa en la industria eólica offshore. Las dimensiones principales del dispositivo dependen de las características de los equipos que instale, y sobre todo del tamaño del aerogenerador. La tecnología avanza y por lo tanto la turbina estándar puede variar. Es comúnmente aceptado que a mayor potencia instalada, mayor es el peso del aerogenerador y mayor el diámetro que abarcan las palas del mismo. Es decir, a medida que avance la tecnología y el estado de la técnica de los aerogeneradores offshore, será necesario redimensionar la plataforma, para optimizar su diseño en función de los nuevos requerimientos de empuje, estabilidad y comportamiento en la mar derivados de las nuevas y mayores cargas originadas por estos nuevos aerogeneradores.

Teniendo en consideración lo anteriormente dicho, se ilustra un ejemplo concreto de realización suponiendo que la plataforma instala un aerogenerador offshore con una potencia de 5 MW, y cuyos principales componentes tienen los siguientes pesos y centros de gravedad verticales:

Componente	Peso (Toneladas)	VCG (m)
Aerogenerador (nacelle + rotor)	365	112
Torre	400	72,3
Equipos y Sistemas	180	30
Total	**945**	**78,24**

TABLA 1

Otras dos características clave para este diseño es que las palas de este aerogenerador tienen un diámetro de 126 metros y el hub del rotor está a una altura de 90m respecto de la flotación de diseño en reposo, o lo que es lo mismo: a 112 metros respecto de la base de la plataforma.

Para este aerogenerador de 5MW, la plataforma cuadrada de hormigón tiene las siguientes dimensiones principales y pesos, optimizado el conjunto para el requerimiento de empuje horizontal del aerogenerador considerado y que es de 190 toneladas a 112m de altura en la peor de las condiciones de cálculo. Para otros requerimientos de carga, la plataforma puede variar las dimensiones descritas a continuación:

	Valor	Unidades
Eslora	46	m
Manga	46	m
Puntal o Altura Total	30	m
Área de la Placa de Heave	1.600	m^2
Calado por debajo de la flotación	22	m
Francobordo	8	m
Desplazamiento (calado de 22m)	13.207	ton
Diámetro de las 4 columnas exteriores	11,3	m
Diámetro de la columna central	10,2	m
Altura metacéntrica inicial (GM_0)	5,5	m
Máximo brazo adrizante (GZ)	2,70	m a 24,5º
Volumen de hormigón necesario	5.500	m^3

TABLA 2

La capacidad máxima de carga es de 1.300 toneladas con las dimensiones aquí especificadas. La plataforma tiene un calado mínimo, con la torre y turbina montadas, de 16 metros y un calado de operación, tras efectuar el lastrado de los tanques dispuestos en la parte inferior de las columnas cilíndricas, de 22 metros con el centro de gravedad de todo el conjunto localizado verticalmente a 15,3 metros respecto de la base y centrado con el cilindro central. Este diseño permite salir con la condición de mínimo lastre y mínimo calado sin ningún problema de estabilidad llevando instalados la torre y la turbina.

a. Comportamiento en la mar

El diseño ha sido evaluado técnicamente mediante la realización de diferentes ensayos en tanque de olas de un modelo a escala reducida 1/60. Así mismo, se han hecho simulaciones numéricas con acoplamiento entre la plataforma y su sistema de

fondeo, tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, empleando para ello modelos numéricos comerciales extensamente utilizados en la industria offshore como son: WAMIT, WADAM y SIMO-RIFLEX, todos ellos convenientemente calibrados con los resultados obtenidos de los ensayos en tanque, lo que asegura la confianza de los resultados obtenidos.

Del conjunto de ensayos y simulaciones realizados, con diferentes estados de mar, han resultado los siguientes datos que caracterizan la plataforma semisumergible de hormigón de planta cuadrada:

(1) Períodos Propios de la estructura sin acoplamiento del sistema de fondeo y con placa de heave:

Grado de Libertad	Valor	Unidades
Período Propio a Heave (Alteada)	24,13	s
Período Propio a Pitch y Roll (Cabeceo y Balanceo)	27,10	s

TABLA 3

(2)Períodos Propios de la estructura sin acoplamiento del sistema de fondeo y sin placa de heave:

Grado de Libertad	Valor	Unidades
Período Propio a Heave (Alteada)	12	s

TABLA 4

Es muy importante destacar los resultados de las TABLAS 3 y 4 donde se comparan los periodos propios de la estructura con y sin placa de heave: la misma plataforma sin placa de heave presenta un período propio de 12 segundos en su movimiento vertical, lo que hace que entre en resonancia con estados de mar cuyo período medio esté en torno a los 12 segundos dificultando mucho su operatividad y viabilidad técnica debido a que estados de mar con períodos medios de 12 segundos son muy habituales en cualquier parte del mundo. En cuanto se implementa la placa de heave se logra alejar el período propio de la estructura hasta los 24 segundos, lo cual es de

vital importancia para asegurar su excelente comportamiento en la mar con cualquier estado de mar, resaltando que estados de mar con períodos medios de 24 segundos son muy inusuales y rara vez se producen en ningún lugar del planeta.

En la figura 9 se muestra la comparación de ambos Operadores de Amplitud en Respuesta a Heave, es decir; el patrón de respuestas de los movimientos verticales de la misma plataforma cuadrada de hormigón con placa y sin placa de heave para diferentes períodos de oleaje y suponiendo la linealidad de sus respuestas. Se ve que la placa de heave provoca un amortiguamiento de las respuestas muy importante hasta oleajes con periodos de entorno a 21 segundos, comenzando después la zona resonante. Por el contrario observamos como la misma plataforma sin placa de heave entra en resonancia en la zona de los 12 segundos y tras la misma, la plataforma se convierte en un dispositivo seguidor del oleaje (factor de 1) lo que indica que no es capaz de amortiguar los desplazamientos verticales, moviéndose con igual amplitud que el oleaje incidente. Lo que haría empeorar mucho sus prestaciones de operatividad, flexibilidad y perjudicaría el funcionamiento del aerogenerador.

A continuación en la tabla 5 se muestran los periodos propios de la estructura con placa de heave y sistema de fondeo. Como puede observarse los periodos propios de la estructura en cualquiera de sus grados de libertad, se encuentran alejados de los periodos típicos del oleaje.

(3)Períodos Propios de la estructura con acoplamiento del sistema de fondeo y con placa de heave:

Grado de Libertad	Valor	Unidades
Período Propio a Heave (Alteada)	23,90	s
Período Propio a Pitch y Roll (Cabeceo y Balanceo)	26,17	s
Período Propio a Surge y Sway (Largada y Deriva)	158,39	s
Período Propio a Yaw (Guiñada)	123,08	s

TABLA 5

(4)Movimientos con oleaje regular:

A continuación en las figuras 10-16 se resumen los operadores de respuesta de la plataforma en los grados de libertad principales para un oleaje procedente a lo largo de uno de los ejes de simetría de la plataforma. Estos resultados han sido obtenidos en laboratorio mediante ensayos en tanque de oleaje a una escala 1/60.

De la visión de las figuras 10 a 16, se afirma que la estructura se caracteriza por:
-Presentar linealidad en sus respuestas con una demostrada limitación de sus movimientos de respuesta, lo que ofrece un comportamiento en la mar excelente con oleajes de periodos inferiores a 22 segundos.
-Presentar tensiones dinámicas de pequeña magnitud en las líneas de fondeo con períodos de oleaje inferiores a 22 segundos.
-Presentar pequeñas aceleraciones en los grados de libertad más importantes para la plataforma y sobretodo el aerogenerador: heave, pitch y surge.

(5)Movimientos con oleaje irregular:

La caracterización de las respuestas más importantes de la plataforma semisumergible cuadrada de hormigón con oleaje irregular queda definido por los siguientes valores:

Estado de Mar	*Valor Máximo Observada*	*Valor de Amplitud RMS*
SURGE (m)		
Estado de mar de Operación	1,89	0,46
Estado de mar Severo	11,37	2,99
Estado de mar Extremo de Supervivencia	21,50	5,5

TABLA 6

Estado de Mar	*Valor Máximo Observado*	*Valor de Amplitud RMS*
HEAVE (m)		
Estado de mar de Operación	0,20	0,08
Estado de mar Severo	2,66	0,89
Estado de mar Extremo de Supervivencia	3,50	1,55

TABLA 7

Estado de Mar	*Valor Máximo Observado*	*Valor de Amplitud RMS*
PITCH (º)		
Estado de mar de Operación	0,70	0,26
Estado de mar Severo	2,49	0,89
Estado de mar Extremo de Supervivencia	5,00	1,50

TABLA 8

En donde los estados de mar irregular considerados son:

1.- Estado de Mar de Operación $H_S < 3$ metros

2.- Estado de Mar Severo 5 metros $< H_S <$ 10 metros

3.- Estado de Mar Extremo de Supervivencia 10 metros $< H_S <$ 14 metros

REIVINDICACIONES

1. Una plataforma semisumergible (26) que comprende:

una columna interior (15) y al menos cuatro columnas exteriores (14), donde cada una de dichas columnas interior y exteriores (14, 15) comprenden una base resistente (12) y un tronco (5a, 5b; 6a, 6b),

estando la plataforma semisumergible (26) caracterizada por que dichas columna interior (15) y al menos cuatro columnas exteriores (14) son de hormigón armado, y cada columna (14, 15) comprende una sección de mayor resistencia (7) a una determinada altura, comprendiendo además la plataforma semisumergible una pluralidad de vigas (8) a dicha determinada altura que unen cada columna exterior (14) con la columna interior (15) y cada columna exterior (14) con cada columna exterior adyacente y una pluralidad de líneas de fondeo (11) configuradas para ser ancladas a la sección de mayor resistencia (7) de cada columna exterior (14),

y donde la plataforma semisumergible (26) comprende además una placa inferior (9) sobre la que se fijan dichas columna interior (15) y al menos cuatro columnas exteriores (14), configurada para incrementar el amortiguamiento de los movimientos verticales y donde dicha placa inferior (9) está reforzada por una pluralidad de vigas (13) que conectan la base (12) de cada columna exterior (14) con la base de la columna interior (15) y la base (12) de cada columna exterior (14) con la base (12) de cada columna exterior adyacente.

2. La plataforma semisumergible (26) de la reivindicación 1, donde dicha placa inferior (9) es de hormigón armado.

3. La plataforma semisumergible (26) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha columna interior (15) lleva montados al menos una torre (3), una nacelle (1), un rotor (10) y una pluralidad de palas (2).

4. La plataforma semisumergible (26) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende cuatro columnas exteriores (14) formando una planta cuadrada.

5. Un método de construcción de una plataforma semisumergible, caracterizado por las etapas de:

-colocación de una base resistente (12) interior y al menos cuatro bases resistentes (12) exteriores sobre la base de un dique flotante;
-instalación de un encofrado trepante configurado para construir una columna interior (15) y al menos cuatro columnas exteriores (14) sobre sendas bases resistentes (12);
-avance de la trepa hasta alcanzar un determinado nivel, de forma que queden construidos un tronco (5b, 6b) sobre cada base resistente (12), simultáneamente con lo cual se va sumergiendo el dique flotante;
-instalación de encofrados que tapan las bocas de dichos troncos (5b,6b);
-colocación de una pluralidad de vigas de arriostramiento (8) que unen cada tronco exterior (6b) con el tronco interior (5b) y cada tronco exterior (6b) con cada tronco exterior adyacente;
-instalación de encofrados verticales para construir zonas de mayor resistencia (7);
-colocación de armaduras de dichas zonas de mayor resistencia (7), hormigonado de las mismas y desmontaje de los encofrados;
-tras la construcción de las secciones de mayor resistencia (7) sobre cada tronco (5b, 6b): instalar encofrados trepantes sobre las mismas, trepar hasta un cierto nivel hasta construir los troncos (5a, 6a) por encima de las secciones de mayor resistencia (7), simultáneamente con lo cual se va sumergiendo el dique flotante, y desmontaje de los encofrados trepantes;
-remate de la parte superior de cada tronco (5a, 6a);
-hundimiento del dique flotante hasta dejar a flote la plataforma;
-traslado de la plataforma hasta el muelle de armamento;
-postensado vertical de los troncos (5a, 5b; 6a, 6b).

6. El método de la reivindicación 5, que comprende además, antes de la colocación de las bases resistentes (12):
-colocación de una pluralidad de vigas (13) de refuerzo sobre la base del dique flotante;
-colocación de una armadura de una base resistente (9) sobre la base del dique flotante;
-encofrado de dicha base (9);
-hormigonado de dicha base (9);
-desmontaje de los encofrados de la base (9).

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, que comprende, tras el postensado vertical de los troncos (5a, 5b; 6a, 6b), la instalación en el muelle de armamento de al menos un equipo sobre la plataforma.

8. El método de la reivindicación 7, donde dicho al menos un equipo es una torre, una góndola, un rotor de aerogenerador o un equipo auxiliar.

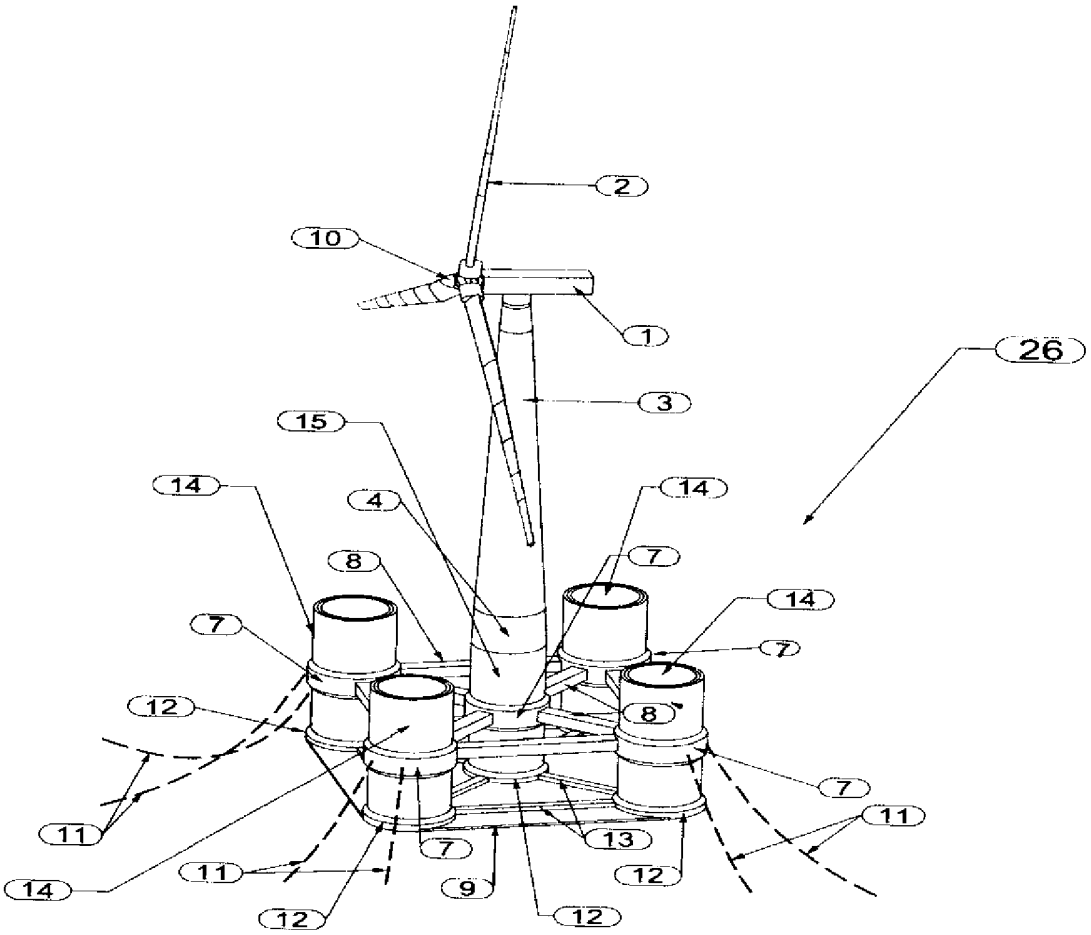

FIGURA 1

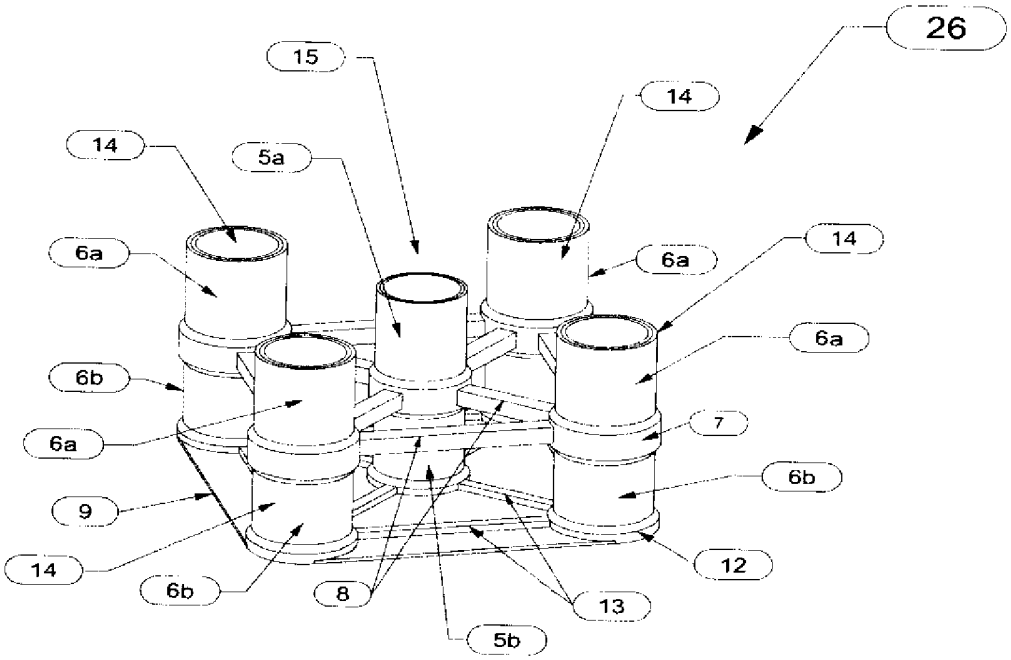

FIGURA 2

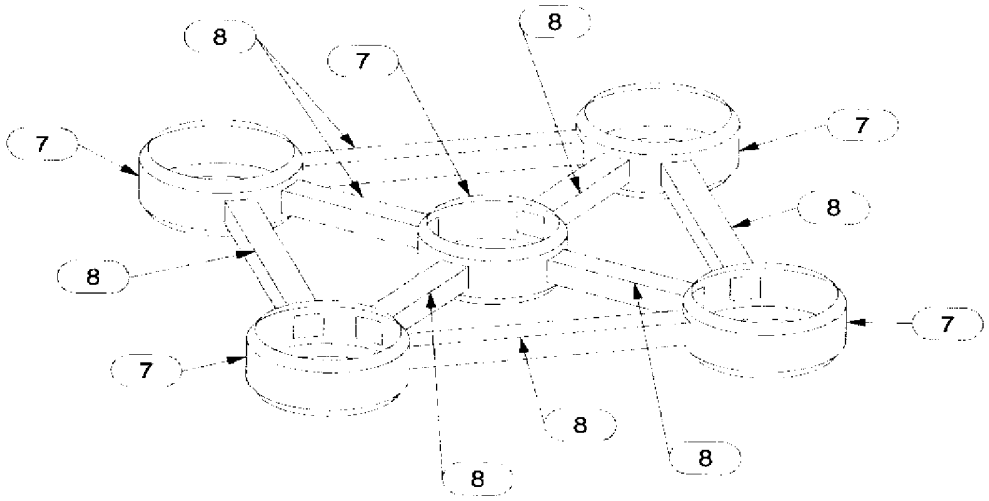

FIGURA 3

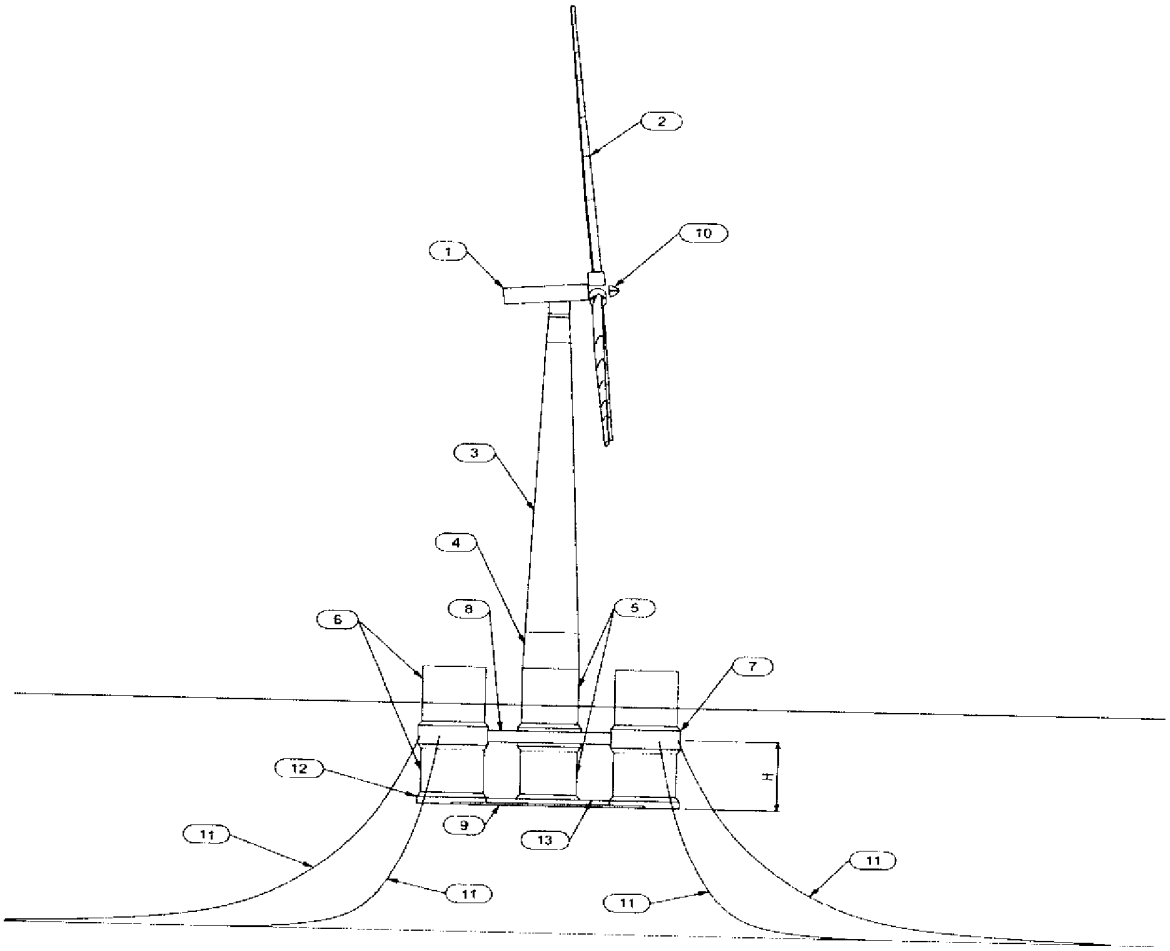

FIGURA 4

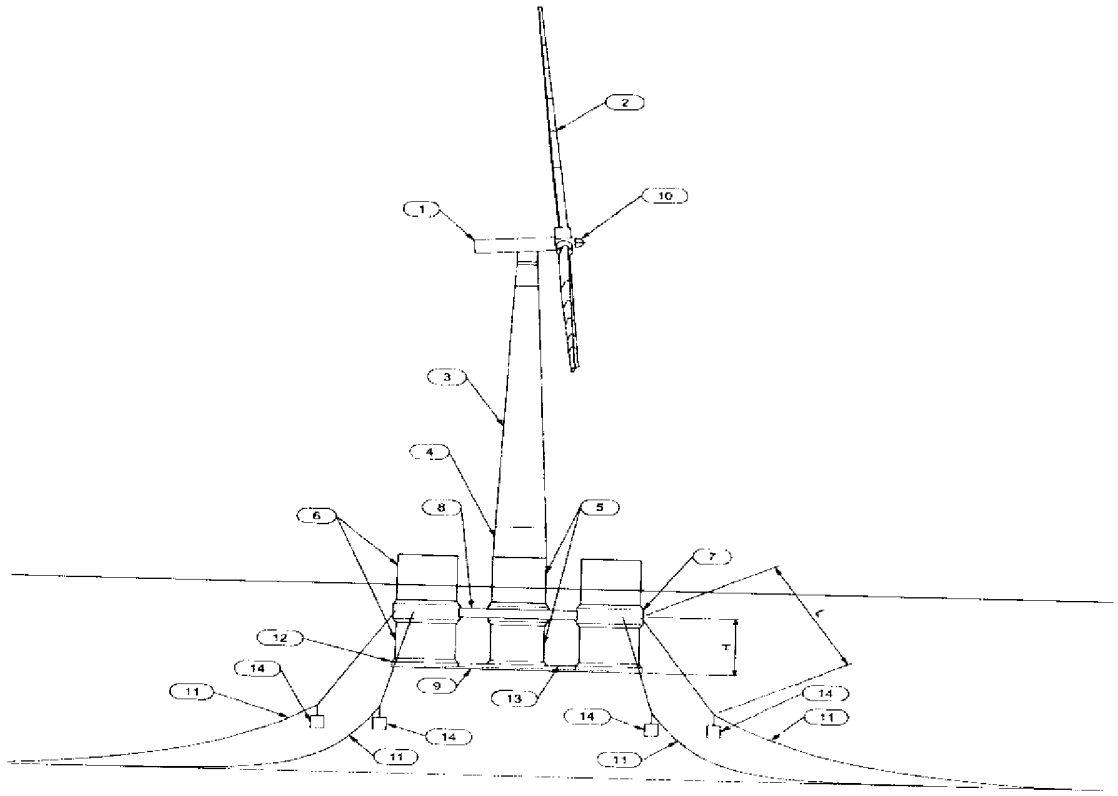

FIGURA 5

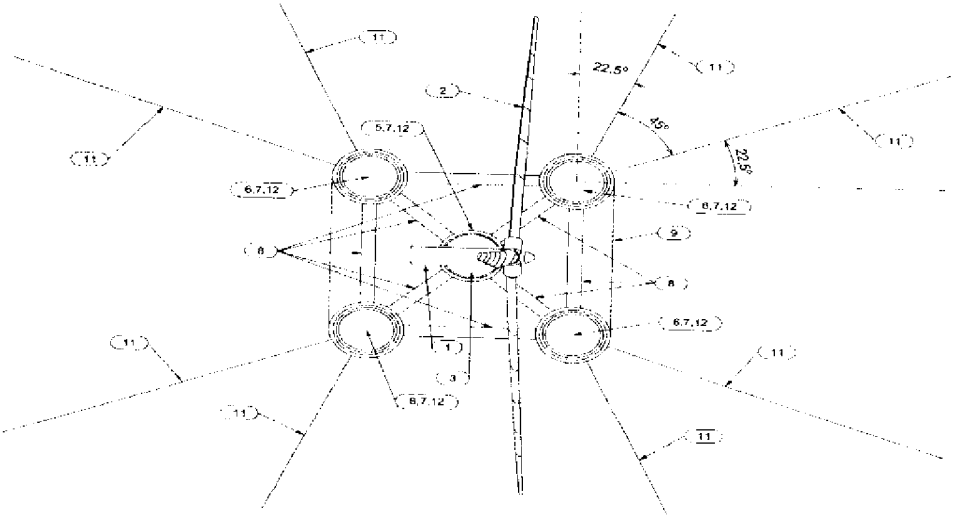

FIGURA 6

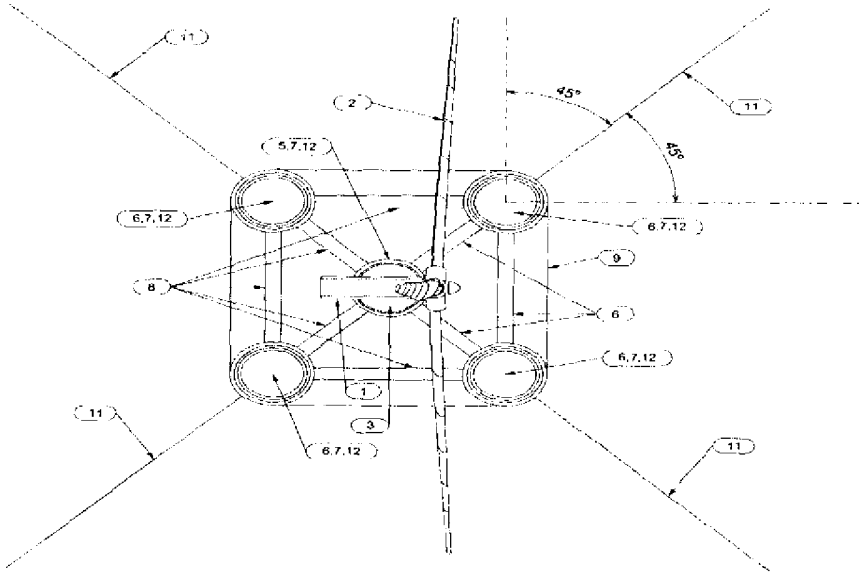

FIGURA 7

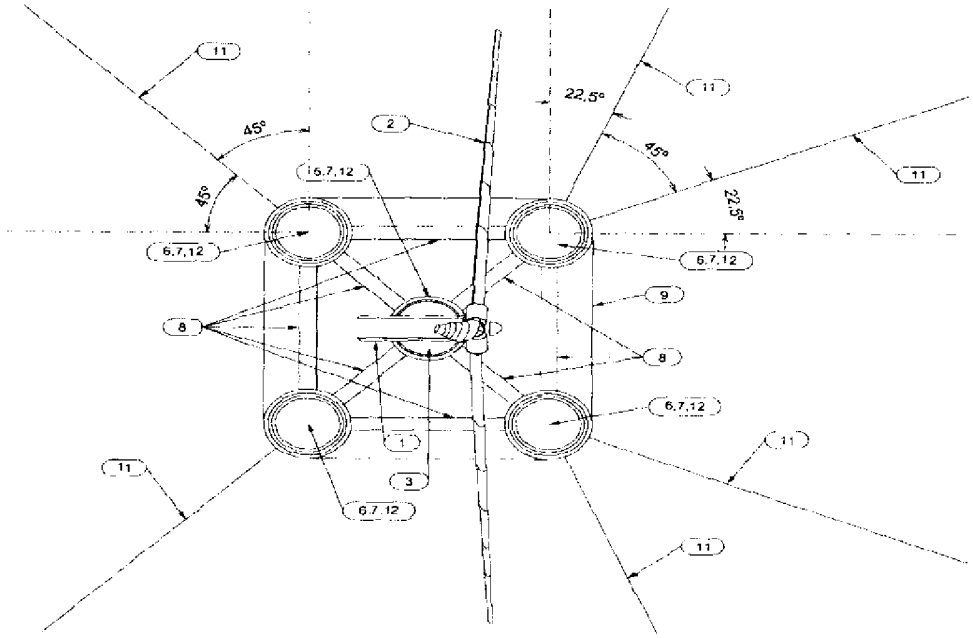

FIGURA 8

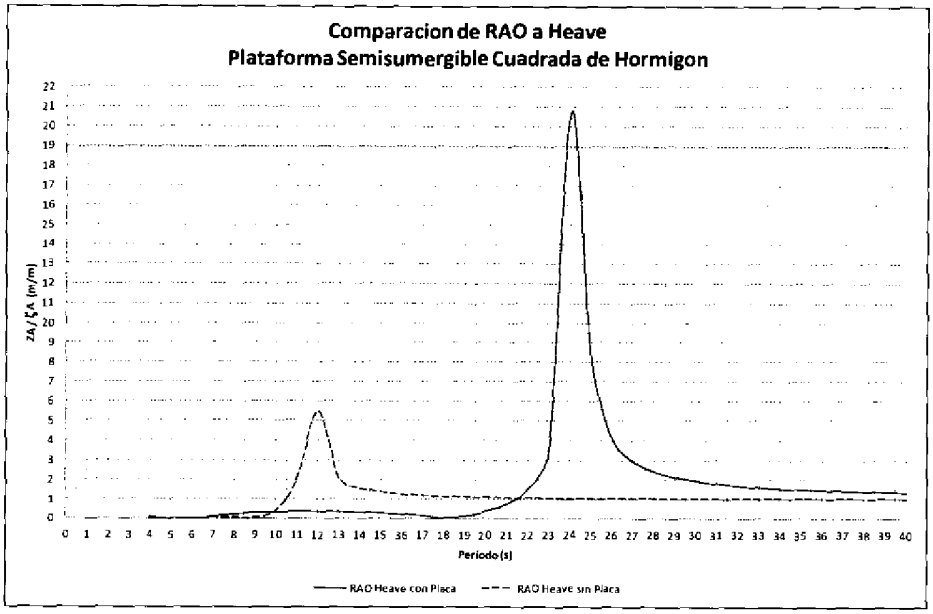

FIGURA 9

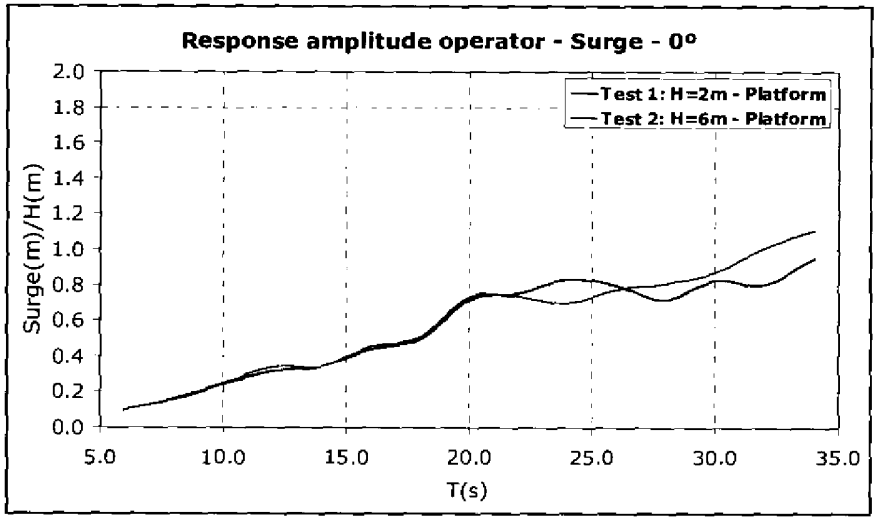

FIGURA 10

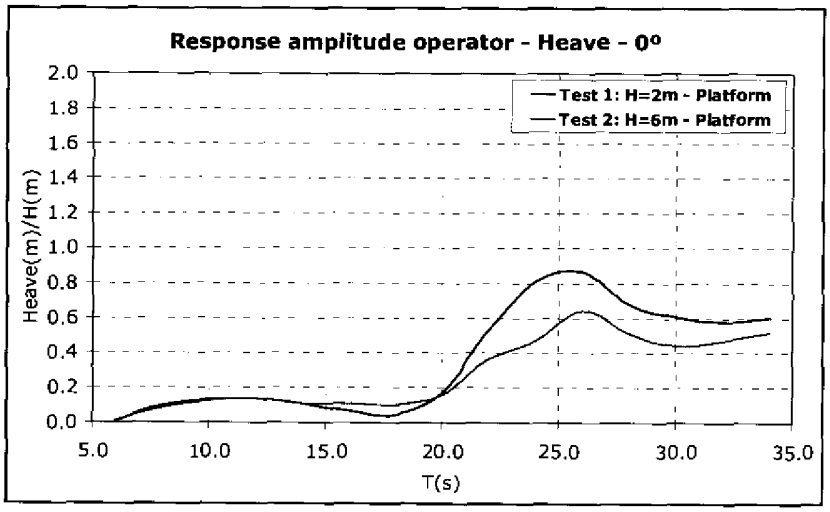

FIGURA 11

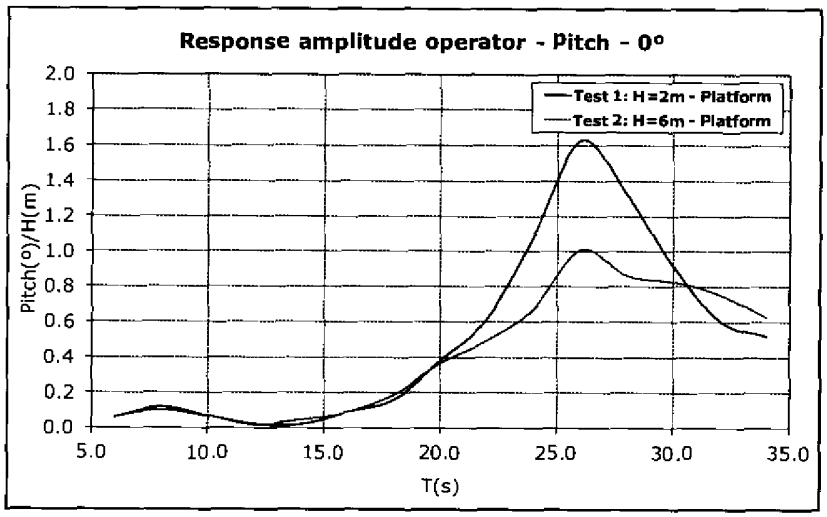

FIGURA 12

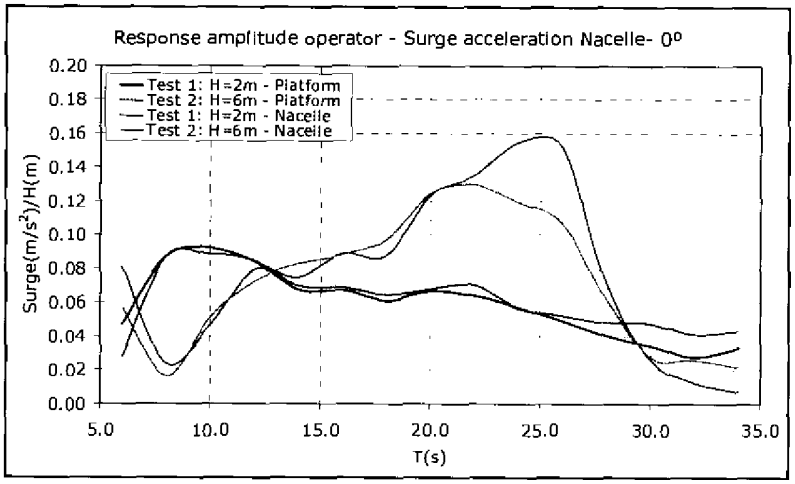

FIGURA 13

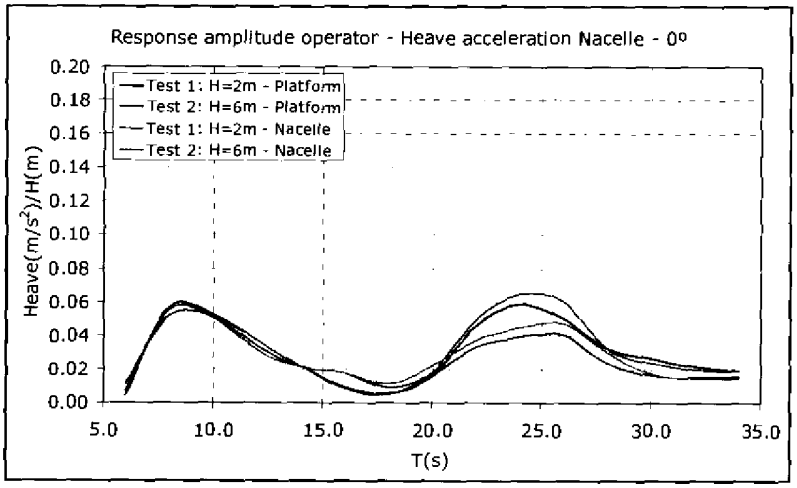

FIGURA 14

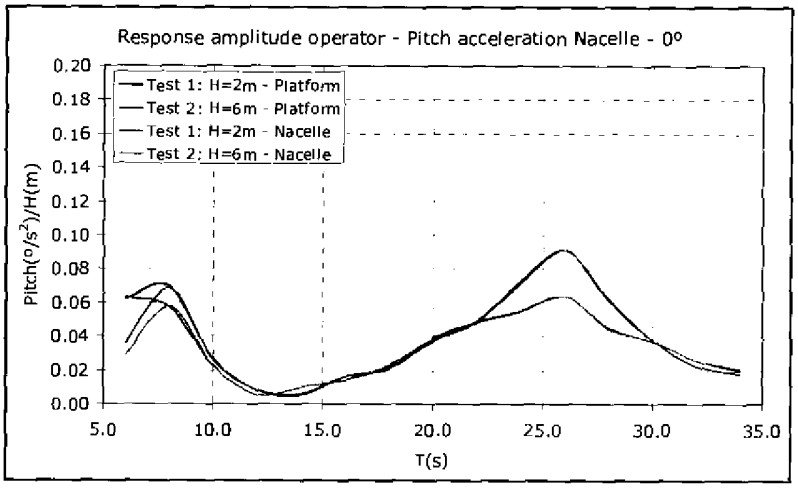

FIGURA 15

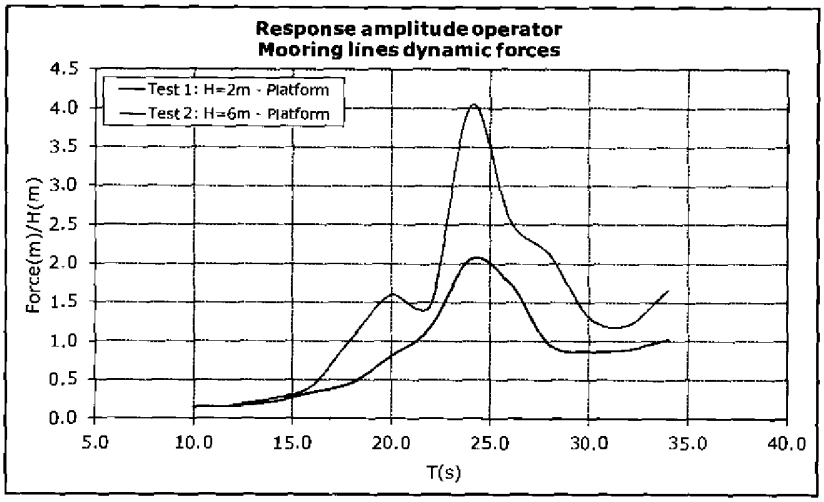

FIGURA 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2013/000165

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B63B35/44 (2006.01)
B63B9/06 (2006.01)
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B63B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012061710 A2 (UNIV MAINE SYS BOARD TRUSTEES ET AL.) 10/05/2012, pages 1 - 30; figures 1 - 21.	1-4
A		5-8
A	WO 0231270 A1 (CSO AKER MARITIME INC) 18/04/2002, pages 1 - 17; figures 1 - 15.	1-8
A	US 2012034034 A1 (XU QI) 09/02/2012, figures 1 - 3. paragraphs[0001 - 0046];	1-8
A	WO 2005009838 A1 (EXXONMOBILE UPSTREAM RES COMPA ET AL.) 03/02/2005, pages 1 - 12; figures 1 - 13.	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08/11/2013	**(11/11/2013)**
Name and mailing address of the ISA/ OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España) Facsimile No.: 91 349 53 04	Authorized officer M. Revuelta Pollán Telephone No. 91 3496824

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2013/000165

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004253060 A1 (HORTON EDWARD E HORTON III EDWARD E) 16/12/2004, figures 1 - 18. paragraphs[0004 - 0063];	5-8
A	GB 1488065 A (ARMERAD BETONG AB) 05/10/1977, page 1, line 1 - page 3, line 46; figures 1 - 11.	5-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/ES2013/000165

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO2005009838 A1	03.02.2005	US2008014024 A1	17.01.2008
		EP1651511 A1	03.05.2006
		CN1787945 A	14.06.2006
		AU2003304373 A1	14.02.2005
WO0231270 A1	18.04.2002	NO20031529 A	10.06.2003
		ES2307654T T3	01.12.2008
		EP1339922 A1	03.09.2003
		EP1339922 A4	02.08.2006
		BR0114579 A	06.01.2004
		AU9672901 A	22.04.2002
		US2002041795 A1	11.04.2002
		US6524032 B2	25.02.2003
		US6652192 B1	25.11.2003
WO2012061710 A2	10.05.2012	US2013233231 A1	12.09.2013
		EP2635489 A2	11.09.2013
		CN103282274 A	04.09.2013
		US2013224020 A1	29.08.2013
US2012034034 A1	09.02.2012	MX2013000105 A	05.03.2013
		EP2601355 A1	12.06.2013
		CN103052751 A	17.04.2013
		WO2012018703 A1	09.02.2012
		CA2805334 A1	09.02.2012
		AU2011285952 A1	28.02.2013
		US8444347 B2	21.05.2013
GB1488065 A	05.10.1977	NO753419 A	21.04.1976
		SE7412940 A	20.04.1976
US2004253060 A1	16.12.2004	NO331952B B1	20.02.2006
		NO20055809 A	20.02.2006
		WO2004110855 A2	23.12.2004
		WO2004110855 A3	15.09.2005
		OA13213 A	13.12.2006
		GB2430915 A	11.04.2007
		GB2430915 B	17.10.2007
		GB2430965 A	11.04.2007
		GB2430965 B	17.10.2007
		GB2419114 A	19.04.2006
		BRPI0411108 A	18.07.2006
		US6935810 B2	30.08.2005

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2013/000165

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD
B63B35/44 (2006.01)
B63B9/06 (2006.01)
De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)
B63B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	WO 2012061710 A2 (UNIV MAINE SYS BOARD TRUSTEES ET AL.) 10/05/2012, páginas 1 - 30; figuras 1 - 21.	1-4
A		5-8
A	WO 0231270 A1 (CSO AKER MARITIME INC) 18/04/2002, páginas 1 - 17; figuras 1 - 15.	1-8
A	US 2012034034 A1 (XU QI) 09/02/2012, figuras 1 - 3. Párrafos [0001 - 0046];	1-8
A	WO 2005009838 A1 (EXXONMOBILE UPSTREAM RES COMPA ET AL.) 03/02/2005, páginas 1 - 12; figuras 1 - 13.	1-8

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.
"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
08/11/2013	**11 de noviembre de 2013 (11/11/2013)**
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España) Nº de fax: 91 349 53 04	Funcionario autorizado M. Revuelta Pollán Nº de teléfono 91 3496824

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2013/000165

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 2004253060 A1 (HORTON EDWARD E HORTON III EDWARD E) 16/12/2004, figuras 1 - 18. párrafos[0004 - 0063];	5-8
A	GB 1488065 A (ARMERAD BETONG AB) 05/10/1977, página 1, línea 1 - página 3, línea 46; figuras 1 - 11.	5-8

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2013/000165

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
WO2005009838 A1	03.02.2005	US2008014024 A1	17.01.2008
		EP1651511 A1	03.05.2006
		CN1787945 A	14.06.2006
		AU2003304373 A1	14.02.2005
WO0231270 A1	18.04.2002	NO20031529 A	10.06.2003
		ES2307654T T3	01.12.2008
		EP1339922 A1	03.09.2003
		EP1339922 A4	02.08.2006
		BR0114579 A	06.01.2004
		AU9672901 A	22.04.2002
		US2002041795 A1	11.04.2002
		US6524032 B2	25.02.2003
		US6652192 B1	25.11.2003
WO2012061710 A2	10.05.2012	US2013233231 A1	12.09.2013
		EP2635489 A2	11.09.2013
		CN103282274 A	04.09.2013
		US2013224020 A1	29.08.2013
US2012034034 A1	09.02.2012	MX2013000105 A	05.03.2013
		EP2601355 A1	12.06.2013
		CN103052751 A	17.04.2013
		WO2012018703 A1	09.02.2012
		CA2805334 A1	09.02.2012
		AU2011285952 A1	28.02.2013
		US8444347 B2	21.05.2013
GB1488065 A	05.10.1977	NO753419 A	21.04.1976
		SE7412940 A	20.04.1976
US2004253060 A1	16.12.2004	NO331952B B1	20.02.2006
		NO20055809 A	20.02.2006
		WO2004110855 A2	23.12.2004
		WO2004110855 A3	15.09.2005
		OA13213 A	13.12.2006
		GB2430915 A	11.04.2007
		GB2430915 B	17.10.2007
		GB2430965 A	11.04.2007
		GB2430965 B	17.10.2007
		GB2419114 A	19.04.2006
		BRPI0411108 A	18.07.2006
		US6935810 B2	30.08.2005