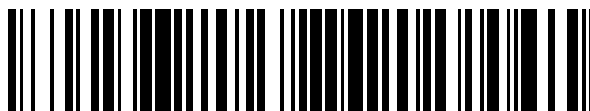


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 532**

51 Int. Cl.:

E02B 17/02 (2006.01)

E02D 27/42 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

E02B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2015** **E 15161418 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018** **EP 2930273**

54 Título: **Cimiento basado en la gravedad para una instalación en alta mar**

30 Prioridad:

07.04.2014 NL 2012573

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

11.07.2018

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE BAM GROEP N.V. (100.0%)
Runnenburg 9
3981 AZ Bunnik, NL**

72 Inventor/es:

**VAN RIJEN, JOSEPHUS FREDERICUS MARIA y
NGUYEN, NHUT QUANG**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 675 532 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cimiento basado en la gravedad para una instalación en alta mar

5 Campo general de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un cimiento basado en la gravedad para una instalación en alta mar.

10 **[0002]** Más específicamente, la invención se ha desarrollado en relación con un cimiento monoárbol basado en la gravedad para una instalación en alta mar. Pero debe observarse que el cimiento basado en la gravedad según la invención también se podría aplicar a los cimientos de múltiples árboles.

[0003] En el contexto de esta solicitud, un cimiento monoárbol es un cimiento que tiene una única columna, denominada en esta solicitud el árbol, para soportar una instalación en alta mar sobre/en el lecho marino. Como tal, estas columnas se pueden apilar en el lecho marino, cuyos cimientos también se conocen como "monopilares", mientras que la columna se denomina pilar. Sin embargo, la presente invención está dirigida a un denominado cimiento basado en la gravedad, que obtiene su estabilidad de su masa. En general, un cimiento basado en la gravedad es un cimiento sobre la base de un cajón, que a menudo se produce en costa, aunque en el mar, en tierra, más general a flote o de otro modo que sea posible, es autoflotante y se remolca a aguas más profundas, se hunde en el lecho marino y se instala en el lecho marino.

Antecedentes de la técnica anterior

25 **[0004]** Con los denominados "monopilares", se utiliza un martinete para conducir el pilar al lecho marino con un ariete que actúa en el extremo superior del pilar. Como resultado, la estructura superior, similar a un aerogenerador, no se puede montar directamente en el extremo superior del pilar. Se utiliza una pieza de transición. Esta pieza de transición es, de hecho, un tubo que tiene un diámetro ligeramente mayor que el diámetro del extremo superior del pilar. Una brida en la parte superior de la pieza de transición permite asegurar la estructura superior con 30 tuercas y pernos. La pieza de transición se monta en el pilar por medio de mortero. En el caso de los aerogeneradores, la torre oscilará y vibrará debido a las cargas dinámicas de las olas y el viento, lo que puede provocar el desmenuzamiento del mortero. Los pilares son en general de hormigón o acero. El acero tiene la ventaja de que proporciona una gran resistencia a, relativa con respecto al hormigón, diámetros pequeños.

35 **[0005]** Una alternativa para un cimiento apilado es un cimiento basado en la gravedad. Los cimientos basados en la gravedad también se utilizan con aerogeneradores. Un cimiento basado en la gravedad para aguas más profundas comprende un cajón de hormigón, así como un árbol de hormigón. Visto en el plano horizontal, el cajón tiene, en general, una sección transversal circular. La cara superior del cajón o todo el cajón tiene, en general, la forma de un cono truncado. El árbol se extiende desde la parte superior del cono hacia arriba, en general, a 40 algunos metros sobre el nivel del mar. Como se muestra entre otros documentos EP-1.777.348 y EP-2.559.814, el árbol no se extiende dentro del cajón ya que el extremo inferior del árbol termina en la parte superior del cono truncado. El cajón y el árbol están fabricados de hormigón. Teniendo en cuenta el tamaño de estos cimientos, el cajón y el árbol se cuelan en un procedimiento gradual o secuencial, pero al final forman una estructura de hormigón integral. En la parte superior del árbol se proporciona una brida u otra conexión para montar la estructura superior, 45 similar a un aerogenerador. De este modo, se puede prescindir de una pieza de transición.

[0006] En general, el cimiento basado en la gravedad se realiza en costa, aunque en el mar, en tierra, más general a flote o de otro modo que sea posible, y tiene una estructura hueca para ser autoflotante, de modo que puede transferirse a su destino en una condición flotante. En su destino, se permite la introducción de agua al cajón 50 para que se hunda hasta el fondo y después de llegar al fondo, el agua es reemplazada por material de lastre, tal como arena, para lastrear los cimientos.

[0007] Con estos cimientos monoárbol de hormigón, el árbol tiene normalmente un diámetro en el intervalo de 12-15 metros o incluso mayor cuando se aplica como cimientos para parques eólicos actualmente en desarrollo. 55 Estos árboles de gran diámetro dan como resultado que el agua actúe con una elevada carga hidrodinámica en el árbol. Esto puede limitarse mediante el uso de acero en el árbol, lo que permite una reducción considerable en el diámetro a aproximadamente la mitad del diámetro de un árbol de hormigón, así como una distribución de peso diferente.

[0008] El documento GB 2.493.023 describe una estructura de cimienta basada en la gravedad para un aerogenerador. La estructura del cimienta comprende un tubo de acero y cuatro pontones cilíndricos que rodean la base del tubo de acero. La estructura de cimienta está provista además de estructuras de soporte superior e inferior en la parte superior e inferior de los pontones cilíndricos. Estas estructuras de soporte tienen la forma de losas horizontales planas de hormigón que están formadas integralmente con los cuatro pontones y llenan el espacio entre las porciones cilíndricas de los pontones y el tubo de acero.

Resumen de la invención

10 **[0009]** El objetivo de la presente invención es proporcionar un cimienta mejorado basado en la gravedad con un cajón de hormigón y un árbol de acero. Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un cimienta tal, que sea capaz de resistir de forma fiable grandes cargas cíclicas y los momentos de flexión resultantes que actúan sobre el cimienta y la estructura superior.

15 **[0010]** Uno o más de los objetivos anteriores se logran, según la invención, proporcionando un cimienta basado en la gravedad, especialmente un cimienta monoárbol basado en la gravedad, para una instalación en alta mar, como un aerogenerador; en el que el cimienta comprende un cajón de hormigón y un árbol de acero;

20 en el que el cajón tiene una losa inferior, un techo y una pared lateral que se extiende entre la losa inferior y el techo para definir una estructura hueca delimitada por la losa inferior, el techo y la pared lateral;

en el que el techo tiene un paso para el árbol, cuyo paso está circunscrito por un borde y es más ancho que el diámetro del árbol;

25 en el que se define un espacio entre el borde del paso y el árbol;

en el que el árbol tiene un extremo inferior y un extremo superior;

en el que el árbol se extiende con su extremo inferior a través del paso en el cajón;

30 en el que el árbol está soportado por el cajón en un soporte inferior que proporciona un soporte lateral al extremo inferior del árbol y un soporte superior;

35 en el que el soporte superior comprende una colada de hormigón que cierra el espacio entre el borde del paso y el árbol;

en el que el soporte superior se extiende alrededor del árbol y está dispuesto en el paso;

40 en el que el soporte superior comprende además barras de refuerzo radial distribuidas alrededor del árbol, que sobresalen del techo en dirección radial hacia el interior, fijadas al techo e integradas en la colada de hormigón; elementos radiales distribuidos alrededor del árbol, que sobresalen desde el árbol en dirección radial hacia el exterior, fijados al árbol e integrados en la colada de hormigón; y opcionalmente además elementos integrados en la colada de hormigón;

45 en el que las barras de refuerzo radial, los elementos radiales, los elementos adicionales y la colada de hormigón están dispuestos para transferir fuerzas de tracción radiales de los elementos radiales a las barras de refuerzo radial con el fin de transferir las fuerzas de tracción radiales del árbol al techo; y

en el que el techo está dispuesto para transferir las fuerzas de tracción a la pared lateral.

50 **[0011]** El cimienta según la invención consiste en un cajón de hormigón que soporta un único árbol de acero. El cajón tiene una losa inferior, una pared del techo y una pared lateral que se extiende entre la pared del techo y la losa inferior. La losa inferior, el techo y la pared lateral definen una estructura hueca para proporcionar flotabilidad al cajón. El hueco no excluye la presencia de paredes de compartimento u otras estructuras dentro del cajón. El hueco tampoco excluye la estructura, como normalmente será el caso de un cimienta en uso, que se llena con agua, arena u otro material de relleno para lastrado, de modo que el cimienta se hunde y permanece en el fondo del agua. Visto en el plano horizontal, el cajón puede tener una forma circular/de circunferencia. Aunque el techo puede tener una forma plana, el techo en general tendrá una forma troncocónica. En caso de que el techo se extienda hasta la losa inferior, se puede considerar al borde inferior del techo como la pared lateral.

[0012] El techo está provisto de un paso para el árbol y la losa inferior está provista de un soporte inferior para proporcionar el soporte lateral del árbol. Tal soporte inferior podría realizarse como un anillo que se extiende alrededor del extremo inferior del árbol y se fija a la losa inferior, por ejemplo, un anillo de hormigón formado integralmente con la losa inferior. El soporte inferior también podría ser un rebaje en la losa inferior. Tanto el anillo como el rebaje tendrán dimensiones internas que coincidirán con las dimensiones externas del extremo inferior del árbol. También otras realizaciones del soporte inferior son muy concebibles.

[0013] En el techo, más precisamente en el borde del paso en el techo, se proporciona, en la parte superior del cajón, un soporte superior para el árbol. Este soporte superior comprende el cierre de hormigón o el llenado del espacio entre el borde del paso y el borde para proporcionar un sellado de este espacio. Además, el soporte superior se extiende alrededor del árbol, por lo cual podría decirse que tiene forma de anillo, y está dispuesto en el paso para transferir fuerzas de tracción desde el árbol al techo de manera que dicho sellado se mantenga cuando se transportan cargas transversales debido al viento, agua y posiblemente otras fuerzas que actúan sobre el árbol. El soporte superior está especialmente dispuesto:

- para transferir fuerzas de tracción en una dirección radial y/o tangencial y/o axial, en el que radial, tangencial y axial está definido con respecto al árbol,

20 y/o

- tal que, después de colocar el cimientito sobre el fondo del agua y proporcionar una instalación en alta mar, similar a un aerogenerador, sobre el cimientito; el sellado del soporte superior se realiza, a una profundidad de al menos 5 m, como mínimo 10 m, como 20 m o más por debajo del nivel de agua, mantenido con cargas de viento y/o agua transversales de 2 MN (mega Newton) o más,

y/o

- tal que, después de colocar el cimientito en el fondo del agua (por ejemplo, el lecho marino) y proporcionar una instalación en alta mar, similar a un aerogenerador, sobre el cimientito, el sellado del soporte superior se realiza, a una profundidad de al menos 5 m, como mínimo 10 m, como 20 m o más por debajo del nivel del agua, mantenido con una carga horizontal de 15 MN experimentada, en el nivel del soporte superior, por el árbol.

[0014] La expresión "una carga horizontal experimentada, en el nivel del soporte superior, por el árbol" pretende ser el "componente de fuerza horizontal" resultante, en el nivel del soporte superior, debido a las cargas de viento y agua que actúan sobre el árbol y la instalación en alta mar colocada encima del árbol. Este "componente de fuerza horizontal" es una especie de fuerza imaginaria que representa (parte de) otras fuerzas que actúan en otras ubicaciones en el árbol y la instalación en alta mar colocada encima. Más en general, la fuerza del viento, la fuerza del agua y posiblemente otras fuerzas que actúan sobre el árbol y/o la instalación en alta mar encima del árbol provocarán, vista en el nivel del soporte superior, una llamada "carga de transferencia superior" que actúa desde el árbol en el soporte superior. En general, esta "carga de transferencia superior" estará compuesta por, al menos:

- un "componente de fuerza horizontal" expresado en N (=Newton), también llamado "carga horizontal",
- un "componente de fuerza vertical" expresado en N, y
- un "componente de momento horizontal" expresado en Nm (=Newton metro).

45

[0015] El agua y el viento, dependiendo de sus direcciones, ejercerán una fuerza de carga esencialmente horizontal en el árbol, dando como resultado un momento de carga experimentado por el árbol. El soporte superior y el soporte inferior contrarrestarán conjuntamente las fuerzas de carga y el momento de carga ejerciendo fuerzas de soporte, así como un momento de soporte en el árbol para resistir la carga ejercida por el agua y el viento. Las fuerzas de soporte en el soporte inferior son proporcionadas por el soporte inferior. El soporte inferior podría, según la realización adicional, discutirse aún más a continuación, ser un tapón integral con la losa. Las fuerzas de soporte en el soporte superior se proporcionan en su totalidad por el techo. Teniendo en cuenta que el viento y el agua tenderán a empujar hacia abajo el árbol lateralmente, el árbol tenderá a ejercer una o más fuerzas de presión sobre el techo en el borde del paso. Debido al brazo de palanca (mucho) más pequeño, las fuerzas de reacción horizontales en el nivel del techo y el tapón son más altas que las cargas de viento y olas ejercidas sobre el árbol. Debido a que el soporte superior es capaz de resistir y absorber fuerzas de tracción, las fuerzas de presión ejercidas sobre el techo tendrán una magnitud menor en caso de que el soporte superior no pueda absorber las fuerzas de tracción. Esto significa que el techo se utiliza de manera más efectiva para soportar el árbol, lo que da como resultado la posibilidad de reducir las dimensiones, como el grosor, del techo, y/o reducir el número de barras de

refuerzo, y/o prescindir del pretensado y/o resistir cargas más elevadas mientras se mantienen las dimensiones, las barras de refuerzo, el pretensado, etcétera del techo.

[0016] Además, el soporte superior que transfiere las fuerzas de tensión radial también contrarresta la deformación del árbol debido a las fuerzas de presión reactiva que actúan sobre el árbol en la ubicación del soporte superior en reacción a cargas transversales sobre el árbol.

[0017] Con respecto a la expresión "fuerzas de tracción", se observa que las fuerzas de tracción transferidas por el soporte superior podrían, y en la práctica probablemente estarán, en una dirección inclinada con respecto a la dirección longitudinal del árbol, por ejemplo, cuando el techo está inclinado, por ejemplo, troncocónico. Como se conoce comúnmente en la representación de fuerzas con respecto a un eje imaginario, dicha fuerza inclinada (de tracción) puede representarse mediante un componente axial y un componente radial.

[0018] Si bien un experto en la materia se da cuenta, dicho soporte superior puede disponerse para transferir fuerzas de tracción desde el árbol al techo al proporcionar barras de tracción o cables de tracción que se extienden desde el árbol hasta el techo, que están sujetos tanto al árbol de acero como al techo de hormigón. Posteriormente, la sección entre el techo y el árbol puede rellenarse con hormigón a fin de cerrar esta sección de manera estanca.

[0019] Sin embargo, teniendo en cuenta el conocimiento de la ingeniería de hormigón/acero, un experto en la materia también tiene disponibles muchas otras técnicas para realizar una transferencia de fuerzas de tracción entre el árbol de acero y el techo de hormigón a través de una parte intermedia que comprende hormigón. A este respecto, se observa lo siguiente:

- como tal, se sabe que el hormigón en sí tiene una resistencia a la tracción relativamente baja. La técnica anterior enseña, sin embargo, muchas soluciones para mejorar la resistencia a la tracción de las estructuras de hormigón de modo que puedan resistir y transferir hasta fuerzas de tracción muy elevadas. Por ejemplo, el hormigón puede reforzarse con barras de refuerzo y/o fibras de refuerzo incrustadas en el hormigón.

- También se sabe que los elementos de hormigón colados secuencialmente se pueden conectar entre sí mediante "barras de refuerzo salientes", que sobresalen del primer elemento de hormigón colado y se incrustan en el segundo elemento de hormigón colado posteriormente. Como tales, estas "barras de refuerzo salientes" pueden transferir fuerzas de tracción desde el primer elemento de hormigón al segundo elemento de hormigón mediante acoplamiento mecánico y/o junta con solape. En el acoplamiento mecánico, una barra de refuerzo que sobresale primero desde un elemento de hormigón se conecta mecánicamente a otra barra de refuerzo que se extiende e incrusta en el interior del segundo elemento de hormigón. Por ejemplo, se pueden utilizar los llamados acopladores Lenton, que proporcionan una conexión roscada entre dos barras de refuerzo alineadas. En la junta con solapa, no se requiere contacto directo entre las barras de refuerzo. Disponiendo dos barras de refuerzo parcialmente en una configuración paralela superpuesta, lo suficientemente cerca unas de otras dentro del hormigón, la transferencia de la fuerza de tracción aplicada en una barra a la otra barra puede tener lugar a través del hormigón intermedio entre las dos barras. En gran medida, la transferencia en el hormigón intermedio será en este caso por fuerzas de cizallamiento. Para mejorar el agarre de las barras de refuerzo es conocido el uso de barras de refuerzo con una superficie exterior perfilada.

- Además, la técnica anterior también enseña varias técnicas para conectar elementos de estructuras de acero al hormigón. Básicamente, esto se puede efectuar proporcionando al elemento de hormigón conectores que sobresalgan del elemento de hormigón y conectando estos conectores mecánicamente o de otro modo al elemento estructural de acero, o proporcionando primero el elemento estructural de acero con conectores que sobresalen para incrustarse en el elemento de hormigón cuando se cuela. Algunas de estas técnicas solo proporcionan una conexión, mientras que otras de estas técnicas permiten que se transfieran fuerzas de tracción sustanciales entre el elemento estructural de acero y el elemento de hormigón.

Estas técnicas, así como otras técnicas fácilmente disponibles para el experto en la materia, se pueden utilizar de manera independiente o en combinación para conseguir un soporte superior capaz de transferir fuerzas de tracción radial y/o axial desde el árbol al techo.

Según una realización adicional de la invención, dicho soporte superior está dispuesto para poder transferir, desde el árbol al techo, una cantidad de fuerzas de tracción de al menos 1,5 MN. A este respecto, se observa que en la práctica esta condición puede verificarse experimentalmente sobre un cimientado real ejerciendo una carga de ensayo, como una que consiste únicamente en una fuerza de ensayo horizontal, en el árbol en la ubicación del soporte superior y midiendo en el soporte superior si es capaz de transferir una fuerza de tracción de al menos 1,5 MN. Prácticamente, esto también se puede verificar en una maqueta o en una simulación por ordenador, como una

simulación por ordenador basada en un modelo de elementos finitos.

[0020] Según una realización adicional de la invención, el soporte superior está dispuesto para poder absorber, como una fuerza de tracción, al menos 10 %, tal como al menos 15 %, de una carga horizontal de 15 MN dentro del soporte superior y para transferir esta tensión al techo. En la práctica, el soporte superior podría absorber al menos el 30 %, o al menos el 35 %, de una carga horizontal tal como una fuerza de tracción. La carga a este respecto se considera dirigida en una dirección transversal a la dirección de la longitud del árbol. Además, durante el uso, esta carga horizontal será una de las llamadas "fuerzas de reacción" resultantes del viento y/o agua y/u otras cargas externas que actúan sobre el cimientado y la construcción en alta mar. Sin embargo, para fines de ensayo o simulación, esta carga horizontal podría ser una fuerza aplicada en dirección horizontal en el árbol al nivel del soporte superior. A este respecto, se observa que, en la práctica, estas condiciones se pueden verificar experimentalmente sobre un cimientado real ejerciendo una carga de ensayo, que consiste únicamente en una fuerza de ensayo horizontal de 15 MN, en el árbol en la ubicación del soporte superior y midiendo en el soporte superior la cantidad de fuerzas de tracción y expresando esta cantidad como un porcentaje de la fuerza de ensayo de 15 MN. Prácticamente, estas condiciones también se pueden verificar en una maqueta o en una simulación por ordenador, como una simulación por ordenador sobre el cimientado de un modelo de elementos finitos.

[0021] Según una realización adicional de la invención, en la que, vista al nivel del soporte superior, una carga de transferencia superior se define como:

- aquella que actúa a partir del árbol del soporte superior; y
- que comprende uno o más componentes del grupo de:
 - un componente de fuerza horizontal,
 - un componente de fuerza vertical, y
 - un componente de momento horizontal;

el soporte superior está dispuesto para distribuir dicha carga de transferencia superior alrededor de la circunferencia del soporte superior y para transferir dicha carga de transferencia superior distribuida alrededor de la circunferencia del soporte superior al techo por medio de una combinación de:

- al menos fuerzas de tracción y fuerzas de compresión que actúan en el soporte superior; y
 - opcionalmente fuerzas de cizallamiento que actúan en el soporte superior.
- A este respecto, debe observarse que "distribuido alrededor de la circunferencia del soporte superior" no significa que la distribución deba ser homogénea. En la práctica, la transferencia de fuerzas desde el árbol al soporte superior tendrá lugar en "ubicaciones diferentes" distribuidas, a intervalos mutuos, alrededor de la circunferencia. Además, debe observarse que un "componente de fuerza horizontal" de una "carga de transferencia superior" será absorbido por fuerzas de presión en un lado del árbol y en el otro lado opuesto por fuerzas de tracción, mientras que entre estos lados será absorbido por un - cambio - de mezcla de fuerzas de compresión, cizallamiento y tracción. Este ejemplo deja claro que, como tal, las fuerzas de tracción y las fuerzas de compresión, así como las fuerzas de cizallamiento, en general, no se distribuirán uniformemente alrededor de la circunferencia del soporte superior.

[0022] Según realizaciones adicionales de la invención, el soporte superior, en el caso de un componente de fuerza horizontal (R_{superior}) de 10 MN, absorberá

- al menos 10 %, tal como al menos 15 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) como fuerzas de tracción (T) y/o
- al menos 7 %, tal como al menos 10 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) como fuerzas de cizallamiento, y/o
- al menos 20 %, tal como al menos 30 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) como fuerzas de compresión (P); y/o
- como máximo 75 %, como máximo 60 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) como fuerzas de

tracción (T).

A este respecto, se observa que en la práctica estas condiciones pueden verificarse experimentalmente sobre un cimientado real ejerciendo una carga de ensayo, que consiste únicamente en una fuerza de ensayo horizontal de 10 MN, en el árbol en la ubicación del soporte superior y midiendo en el soporte superior fuerzas de tracción, cizallamiento y/o compresión. Prácticamente, estas condiciones también se pueden verificar en una maqueta o en una simulación por ordenador, como una simulación por ordenador sobre el cimientado de un modelo de elementos finitos.

10 **[0023]** Según una realización adicional de la invención, dicho elemento radial puede comprender una barra en forma de U que se extiende en un plano radial. Los extremos libres de las patas de dicha barra en forma de U podrían apuntar hacia el árbol, mientras que la parte curva de la barra en forma de U mantiene el hormigón unido para resistir mejor las fuerzas de tracción.

15 **[0024]** Según una realización adicional de la invención, dicho elemento radial comprende al menos una barra en forma de L que se extiende en un plano radial. El extremo libre de la pata larga de la barra en forma de L se dirigirá en general hacia el árbol, mientras que la pata corta de la barra en forma de L sirve para mantener unido el hormigón sometido a fuerzas de tracción. Según una realización adicional de la invención, dicho elemento radial podría comprender dos o más de dichas barras en forma de L. En el caso de dos de dichas barras en forma de L, 20 ambas barras en forma de L tienen un extremo libre, el extremo libre de una de dichas barras en forma de L apunta en una dirección opuesta al extremo libre de la otra de dichas barras en forma de L.

[0025] Según una realización adicional de la invención, dicho elemento radial comprende una aleta radial soldada al árbol. Según otra realización adicional de la invención, la aleta está provista de:

- 25
- una primera placa soldada a la aleta y que se extiende transversalmente a la aleta y transversalmente a la dirección de tracción; y
 - una o más segundas placas soldadas a la aleta y que se extienden transversalmente a la aleta, así como transversalmente a la primera placa,

30 en el que una barra en forma de U según la invención y/o al menos una barra en forma de L según la invención son sujetadas a la primera placa del lado de la primera placa en el lado opuesto al árbol; y en el que una o más segundas placas soportan la primera placa en el lado opuesto al árbol para evitar la flexión de la primera placa debido a las fuerzas de tracción ejercidas sobre la barra en forma de U y/o una o más barras en forma de L, 35 respectivamente.

[0026] Como ya se indicó anteriormente, la sección transversal del cajón podría, según una realización de la invención, tener una forma circular, y la parte superior del cajón podría tener una forma troncocónica. Según una realización adicional de la invención,

- 40
- la huella del cajón en el fondo del agua/mar puede tener un diámetro superior a 20 m, tal como en el intervalo de 30-60 m, como 30-40 m; y/o
 - 45 • la altura vertical del árbol es superior a 40 m, como 50-80 m o mayor para la profundidad del agua de 30-60 m; y/o
 - la altura vertical del cajón es superior a 15 m, tal como 20 m o más, como en el intervalo de 15-30 m; y/o
 - 50 • el tapón podría tener una altura vertical de 1-4 m, tal como 1-2 m o más.

[0027] Según una realización adicional de la invención, el soporte inferior comprende un tapón de hormigón provisto en el extremo inferior del árbol, en el que, vistas en un plano transversal al árbol, las dimensiones exteriores del tapón y las dimensiones internas del extremo inferior del árbol coinciden entre sí. Según otra realización, este 55 tapón podría ser un tapón que sobresale desde la losa inferior hacia arriba en el extremo inferior del árbol y formado como una parte integral con la losa inferior de hormigón del cajón, de modo que el tapón proporciona un soporte lateral al extremo inferior del árbol. Cuando el árbol está sometido a una carga lateral debido al viento y/o al agua, el soporte inferior ejercerá una fuerza de reacción en el extremo inferior del árbol. El tapón provisto en el extremo inferior del árbol evita que la deformación debida a esta fuerza de reacción debida a las dimensiones exteriores del

tapón sea esencialmente la misma que las dimensiones internas del extremo inferior del tapón. Al hacer que el tapón sea una parte integral de la losa inferior, hace que el tapón proporcione un soporte lateral al extremo inferior del árbol evitando que el extremo inferior del árbol se mueva en una dirección horizontal con respecto al cajón. Por supuesto, las dimensiones exteriores del tapón serán, al menos durante el montaje del cimientó, un poco más pequeñas que las dimensiones internas del extremo inferior del árbol a fin de permitir una inserción fácil del tapón en el extremo inferior del árbol (o al revés, es fácil pasar el extremo inferior del árbol a lo largo del tapón). Para evitar juegos no permitidos entre el tapón y el extremo inferior del árbol, este espacio se rellenará con hormigón u otro relleno. El tapón proporciona un soporte inferior para el árbol.

- 10 **[0028]** Según un aspecto adicional, la invención también se refiere a un conjunto de un cimientó basado en la gravedad según la invención, así como a un aerogenerador, el aerogenerador que comprende una torre vertical que lleva una turbina en su extremo superior, en el que el extremo inferior la torre se apoya en el extremo superior del árbol del cimientó. Con respecto a la presente invención, se observa que el cimientó basado en la gravedad, tal como se contempla actualmente, se realizará en costa, aunque en alta mar, en tierra, más general a flote o de otro modo que sea posible. Además, el cimientó basado en la gravedad según la invención tiene una estructura hueca para ser autoflotante de modo que pueda transferirse a su destino en una condición flotante. En su destino, se permite la entrada de agua al cajón para que se hunda hasta el fondo y después de llegar al fondo, el agua es reemplazada con material de lastre, tal como arena, para lastrar los cimientos. Con el fin de mejorar y/o influir en la estabilidad y el comportamiento de flotación del cimientó durante el transporte en condiciones de flotación, opcionalmente se puede permitir la entrada de agua al cajón antes o durante el transporte. La cantidad de agua permitida en el cajón antes o durante el transporte puede ser menor que la cantidad permitida en el cajón para su hundimiento.

- 25 **[0029]** Con el fin de ensayar y diseñar, así como el fin de la llamada "suficiencia de descripción" como se requiere para una patente, similar al requisito del Art. 83 EPC, se observa que la "carga de transferencia superior" y sus componentes (componente de fuerza horizontal $R_{superior}$, componente de fuerza vertical $V_{superior}$ y componente de momento horizontal $M_{superior}$) están ensayando cargas aplicadas al árbol en el nivel del soporte superior, mientras que el cimientó está encima del agua y aún no está llenado con el material de lastre, como agua y arena, utilizado para hundir el cimientó en el fondo y colocarlo en la parte inferior. Esto se aplica para todas las cargas mencionadas en las reivindicaciones y la descripción de esta solicitud. Como ya se ha indicado varias veces, tales cargas de ensayo se pueden aplicar - en ensayos de duración - en un cimientó real ejerciendo la carga de ensayo en el árbol en la ubicación del soporte superior y midiendo en el soporte superior las fuerzas de tracción, cizallamiento y/o presión/compresión. En lugar de los ensayos de duración, los ensayos también se pueden aplicar en una maqueta o mediante simulación por ordenador, como una simulación por ordenador sobre el cimientó de un modelo de elementos finitos.

Breve descripción de los dibujos

- 40 **[0030]** La presente invención se describirá adicionalmente a continuación, con referencia a los dibujos. En estos dibujos:

la figura 1 muestra una vista en perspectiva de una sección transversal de un cimientó según la invención provista de un aerogenerador;

la figura 2 muestra como detalle una vista en perspectiva de una parte del cimientó de la figura 1;

- 45 la figura 3 muestra como detalle, en una vista en sección transversal, una realización para realizar la transferencia de la fuerza de tracción;

la figura 4 muestra en una vista en sección transversal (figura 4A), una vista en perspectiva (figura 4B), y una vista superior (figura 4C) detalles de otra realización para realizar la transferencia de fuerza de tracción; y

- 50 la figura 5 ilustra muy esquemáticamente un ejemplo de las cargas y fuerzas de reacción que actúan sobre un cimientó que lleva un aerogenerador; la figura 5A muestra una vista lateral y la figura 5B muestra una sección transversal del árbol al nivel del soporte superior.

- [0031]** La figura 1 muestra en sección transversal en perspectiva un cimientó basado en la gravedad 1 según la invención. El cimientó 1 mostrado consiste en un cajón 3 y un árbol 4. El cimientó 1 se hizo en costa. El cajón 3 y el árbol 4 ensamblados en conjunto en una unidad han sido llevados a su destino en alta mar sobre el agua. Debido a su estructura hueca, el conjunto de cajón 3 y árbol 4 es autoflotante y puede remolcarse a su destino en alta mar mediante remolcadores u otras embarcaciones. Llegado a su destino, se permite la entrada de agua al cajón 3, de modo que el cajón 3 y el árbol 4 se hundan hasta el lecho marino 36. El extremo superior 11 del árbol 4 permanece sobresaliendo por encima del nivel del mar 35. Posteriormente, el agua dentro del cajón 3 y, en general, también el

agua dentro del árbol 4 se reemplaza con una masa de lastre, como arena. En aras de la claridad, la arena dentro del cajón 3 y el árbol 4 no se ha mostrado.

[0032] Después de instalar el cimientó 1 en su posición en el lecho marino 36, se ha instalado una instalación en alta mar 2 en el extremo superior 11 del árbol 4. En la realización mostrada, la instalación en alta mar es un aerogenerador 30 de un parque eólico. El aerogenerador tiene una llamada torre 31 que lleva la turbina 32.

[0033] Como se puede ver en las figuras 1 y 2, el cajón está definido por una losa inferior 5, un techo 6 o una pared de techo 6 y una pared lateral 7 que se extiende entre la losa inferior 5 y el techo 6. Aunque el techo 6 podría tener cualquier forma, como una pared plana que se extiende horizontalmente, se prefiere que el techo 6 se estreche en una dirección hacia arriba hacia el árbol 4. En la realización mostrada, el techo 6 tiene una forma troncocónica.

[0034] El cajón en su conjunto puede ser de hormigón. Teniendo en cuenta que la losa inferior 5 del cajón puede tener un diámetro de 30-40 m y que la altura vertical del cajón 3 puede ser de unos 20 m, resulta evidente que dicho cajón de hormigón se hará, en general, paso a paso o secuencialmente. Por ejemplo, la losa inferior 5 se hará primero. Posteriormente, la pared lateral 7 puede fabricarse al colarla en el sitio sobre la losa inferior 5, pero la pared lateral 7 también puede erigirse a partir de elementos de pared lateral prefabricados, que se colocan sobre la losa inferior 5 y se unen mediante el colado de hormigón en los huecos en las conexiones entre los elementos adyacentes de la pared lateral. Como etapa siguiente, el techo 6 podría ser colado *in situ* o ensamblado a partir de elementos de techo prefabricados, que se colocan en la pared lateral 7 y se unen colando hormigón en los huecos en las conexiones entre los elementos de techo adyacentes. De manera similar, el techo 6 o los elementos de techo están unidos a la pared lateral 7 mediante el colado de hormigón en las conexiones entre el techo 6 y la pared lateral 7. Como tal, esta preparación de tal cimientó en costa es conocida y también se puede hacer de varias maneras más. Además, se observa que no se requiere que todo el cajón esté fabricado de hormigón.

[0035] Como puede verse adicionalmente en las figuras 1 y 2, el cajón comprende tabiques 33 que se extienden vertical y radialmente. Estos tabiques sirven entre otros el fin de evitar que el agua u otro lastre dentro del cajón fluya a otras partes del cajón, lo que podría causar inestabilidad del cajón, especialmente cuando está flotando o hundiéndose o sumergiéndose.

[0036] El árbol 4 está fabricado de acero. Las fuerzas hidrodinámicas debidas a las olas y otros movimientos del agua actuarán sobre el árbol 4 y se representan como la flecha F_h . Además, una carga dinámica debida al viento actuará sobre el árbol 4 y se representa como la flecha F_w . Las fuerzas hidrodinámicas F_h y las fuerzas del viento F_w pueden actuar en cualquier dirección. Estas direcciones pueden ser mutuamente diferentes, como se indica en la fig. 1, que muestra direcciones opuestas como ejemplo, pero las direcciones también pueden ser las mismas. El cimientó 1 debe resistir esta carga resultante de las fuerzas hidrodinámicas F_h y las fuerzas del viento F_w . Esto significa que esta carga F_h , F_w se transfiere desde el árbol 4 al cajón 3. Esta transferencia tiene lugar en las ubicaciones en las que el árbol 4 está soportado por el cajón 3. Según la invención, esto es en un soporte inferior 12 y un soporte superior 14.

[0037] El soporte inferior 12 comprende un tapón 15, que podría ser de hormigón. Vistas en el plano horizontal, las dimensiones exteriores de este tapón 15 coinciden con las dimensiones internas del extremo inferior 10 del árbol 4, de modo que el tapón evita la deformación del extremo inferior del árbol 4 debido a las fuerzas de reacción que actúan sobre el extremo inferior del árbol 4. Cuando el tapón 15 se fija a la losa 5, por ejemplo, haciendo que el tapón de hormigón se forme como parte integral de la losa de hormigón, el tapón también proporciona un soporte lateral al árbol 4. El tapón 15 podría tener una altura vertical de 1 a 3 metros o más.

[0038] El soporte superior 14 está dispuesto en la transición entre el techo de hormigón 6 y el árbol de acero 4. El techo de hormigón 6 está provisto de un paso 8 (figura 2) para el árbol 4. Durante el montaje, se requiere que el árbol 4 se añada al cimientó después de hacer el cajón 3, el paso en el techo es más ancho que el diámetro del (extremo inferior 10) del árbol 4. En esta etapa, el paso 8 está definido por un borde 9 formado por el hormigón del techo 6. En una etapa posterior, este espacio que queda entre el techo 6 y el árbol 4 también se puede llenar o puentear con hormigón.

[0039] Cuando una carga F_h , F_w actúa sobre el árbol 4, el árbol 4 será empujado en la dirección de la carga resultante F_h , F_w , dando como resultado una fuerza de presión P ejercida por el árbol 4 sobre el soporte superior 8. El efecto de dicha fuerza de presión P es, entre otros, que el árbol 4 podría deformarse en la ubicación del soporte superior 4 y/o que el soporte superior está comprimido/deformado, y/o que en el lado del soporte superior opuesto a

la ubicación en la que la fuerza de presión P actúa un espacio podría ser causado en el soporte superior. Los efectos dinámicos de la carga F_h , F_w , causarían un efecto de bombeo a través del espacio, de modo que el intercambio de agua deteriora el soporte superior, el árbol y/o el techo por erosión.

5 **[0040]** Según la invención, el soporte superior está dispuesto para poder absorber fuerzas de tensión considerables, mostradas como la flecha T en la figura 1, en al menos una dirección radial. Esta absorción de las fuerzas de tensión T tiene varios efectos. Un efecto es que la deformación del árbol 4 en la ubicación del soporte superior 14 se contrarresta. Un segundo efecto es que se evita la formación de dicho espacio. Un tercer efecto es que toda la circunferencia del soporte superior contribuye a absorber la carga F_h , F_w en lugar de solo un cuarto hasta
10 la mitad de la circunferencia. Esto significa que o bien el soporte superior 14 puede dimensionarse más ligero/más pequeño o el soporte superior 14 es capaz de absorber más carga F_h , F_w o, por supuesto, una combinación de ambos.

[0041] Las fuerzas de tracción T absorbidas por el soporte superior, por supuesto, deben transferirse a la
15 pared lateral 7 para poder transferirlas al lecho marino 36. Para este fin, se pueden utilizar las barras de refuerzo 37, véase las líneas discontinuas en la figura 2 que muestran solo tres de las múltiples barras de refuerzo 37. Estas barras de refuerzo 37 en general también estarán presentes en estructuras tales como, vistas desde la pared lateral 7 hasta el árbol 4 a lo largo del techo 6, la longitud de estos elementos de techo será de varios metros. Sin embargo, también se prevén y son posibles otras maneras de proporcionar al tejado 6 la capacidad de transferir fuerzas de
20 tracción T . Por ejemplo, se podría utilizar en lugar de o como suplemento a las barras de refuerzo 37 alambres de tensión o barras que se extienden fuera del hormigón del techo 6 o que se extienden libremente a través del techo de hormigón 6.

[0042] La capacidad del soporte superior 14 según la invención para absorber y transferir las fuerzas de
25 tensión T puede, como se ha dilucidado anteriormente, conseguirse de varias maneras. La figura 3 muestra una manera posible de lograr esto, y la figura 4 muestra otra manera, actualmente preferida, para lograr esto.

La figura 3 muestra un soporte superior 14 que tiene el espacio intermedio entre el techo 6 y el árbol 4 lleno con una colada de hormigón 16, que se muestra coloreado en gris. El árbol 4 está provisto de varios elementos radiales 18
30 (véase también la fig. 2) soldados con una soldadura 25 al árbol de acero 4. Por ejemplo, podrían proporcionarse aproximadamente 30-40 de estos elementos 18 distribuidos alrededor de un árbol 4 de aproximadamente 6 m de diámetro. Estos elementos radiales consisten en una placa 19, denominada aleta 19, que está, según la realización mostrada en la figura 3, provista con una pluralidad de resaltes 39 provistos a ambos lados de la aleta 19. Los resaltes pueden tener, por ejemplo, un diámetro de 22 mm cm y una longitud aproximada de 20 cm. El techo 6 está
35 provisto de una pluralidad de barras de refuerzo 37 que se extienden en la dirección de la pendiente del techo. Estas barras de refuerzo 37 sobresalen dentro de la colada de hormigón 16 del soporte superior 14, estando indicadas las partes salientes como barras de refuerzo 17. A cada lado de una aleta 19, se proporciona una barra en forma de una abrazadera 38 en forma de bucle con extremos superpuestos. Se podrían haber proporcionado dos o más barras en forma de L. Las aletas 19 con resaltes 39, barras de refuerzo 17, barras en L 42, abrazaderas 38 y colada de
40 hormigón 16 aseguran en conjunto la transferencia de las fuerzas de presión, tensión y cizallamiento desde el árbol 4 al techo 6. Con el fin de mantener la integridad de la colada de hormigón 16 en la dirección circunferencial del soporte superior, se podría haber previsto una pluralidad de barras de refuerzo circunferencial 41.

[0043] Con referencia a las figuras 4A, 4B y 4C, el soporte superior 14 también puede diseñarse de manera
45 diferente. Los elementos radiales 18 son en la figura 4 diferentes de los elementos radiales 18 en la figura 3. Las aletas 19 todavía están presentes, pero los resaltes 39 están ausentes. La aleta 19 está a ambos lados opuestos provista de una primera placa 26 soldada a la aleta 19 y que se extiende transversalmente a la aleta 19. En el lado de la primera placa 26 que está frente al techo 6, se proporcionan placas de soporte 27. En este ejemplo, cada aleta 19 tiene cinco placas de soporte 27 en cada lado, véase la figura 4B. Estas placas de soporte 27 también están
50 soldadas a la aleta 19 y se extienden transversalmente a la aleta 19. La primera placa 26 lleva una barra en forma de U 20 que tiene ambos extremos montados en la primera placa por medio de una conexión de perno 43, 44, véase la figura 4C para más detalles. La primera placa 26 lleva además dos barras en forma de L 21, 22, que tienen un extremo montado en la primera placa 26 mediante una conexión de perno 43, 44. Los extremos libres 23, 24 de estas barras en L están orientados en direcciones opuestas. Las aletas 19, las primeras placas 26, las segundas
55 placas 27, las barras en U 20, las barras en L 21, 22, las barras de refuerzo 17 y la colada de hormigón 16 proporcionan en conjunto la transferencia de fuerzas de tracción T , así como fuerzas de cizallamiento y fuerzas de presión del árbol 4 al techo 6.

[0044] La figura 5A muestra esquemáticamente, en un nivel elevado y sin estar completo, un ejemplo de

cargas que actúan sobre y en un cimiento y un aerogenerador 31 según la invención.

[0045] El viento que actúa sobre el aerogenerador está representado por la flecha F_w y se supone que actúa a una altura H_1 de aproximadamente 100 m sobre el nivel del mar 35. Las fuerzas debidas al viento pueden alcanzar valores altos, F_w por ejemplo tiene una fuerza de 2 MN (MN = mega Newton). El agua que actúa sobre el árbol 4 está representada por la flecha F_h y se supone que actúa a una altura H_2 de aproximadamente 10 m por debajo del nivel del mar 35. Las fuerzas debidas al agua (como debido a las olas, las mareas, los flujos, etcétera) también pueden alcanzar valores altos, por ejemplo, F_h tiene una fuerza de 3 MN (MN = mega Newton). El lecho marino 36 está en este ejemplo a una profundidad ($H_2 + H_3 + H_4$) de 50 m, mientras que la altura H_4 del cajón, es decir, la altura del nivel del soporte superior es de 20 m, por lo que F_h que se supone que actúa en H_3 está 20 m por encima del soporte superior 14. El diámetro del árbol 4 en el nivel del soporte inferior 12 y el soporte superior 14 es en este ejemplo de aproximadamente 7 m (7 metros).

[0046] Estas cargas de viento y agua F_w , F_h son resultado de las fuerzas de reacción y los momentos de reacción entre el árbol 4 y el cajón 3 en los lugares en los que el árbol está soportado por el cajón. Estas ubicaciones son el soporte superior 4 y el soporte inferior 2.

La conexión en el soporte inferior entre el árbol 4 y la losa 5 a través del tapón 4 se puede considerar como una denominada "conexión de haz fijo". Debido a la carga de viento y agua, el tapón/losa, en el nivel del soporte inferior, ejercerá sobre el árbol al menos una fuerza de reacción horizontal $R_{inferior}$, una fuerza de reacción vertical $V_{inferior}$, y un momento de reacción (no mostrado) que tiene un eje horizontal. También pueden estar presentes otras fuerzas de reacción y momentos de reacción.

[0047] También la conexión en el soporte superior 14 entre el árbol 4 y el techo 3 se puede considerar como una denominada "conexión de haz fijo". Debido a la carga de viento y agua, el techo/soporte superior, al nivel del soporte superior, ejercerá sobre el árbol al menos una fuerza de reacción horizontal $R_{superior}$, fuerzas de reacción vertical $V_{superior}$ y un momento de reacción $M_{superior}$ que tendrá un eje horizontal 34. También pueden estar presentes otras fuerzas de reacción y momentos de reacción.

[0048] Sin entrar en detalles de cálculo y por simplicidad dejando de lado otras cargas como la carga debido al peso de la estructura, el experto comprenderá que lo anterior significa que el soporte superior junto con el soporte inferior deberá ser capaz de manejar un momento de 200 a 400 MNm (mega Newton por metro) y que este 200-400 MNm es, al nivel del soporte superior, tomado por $R_{superior}$ (junto con $R_{inferior}$), $V_{superior}$ y $M_{superior}$. Se esperan valores para la fuerza de reacción horizontal $R_{superior}$, en el intervalo de 10-30 MN (mega Newton), mientras que una combinación de la fuerza de reacción vertical $V_{superior}$, $M_{superior}$ y posiblemente también otras fuerzas y momentos de reacción ocuparán las partes restantes del 200 a 400 MNm. En otras palabras, el soporte superior ha de poder transferir una llamada "carga de transferencia superior" compuesta, en este ejemplo, de un componente de fuerza horizontal llamado $R_{superior}$, un componente de fuerza vertical llamado $V_{superior}$ y un componente de momento horizontal llamado $M_{superior}$. Dependiendo de la profundidad del agua y de otras circunstancias locales, estas fuerzas de reacción y momentos de reacción podrían incluso ser mucho más grandes.

[0049] Como quedará claro a partir de la descripción anterior y la figura 5A, las fuerzas y los momentos que van a ser absorbidos por el soporte superior son muy, muy altos. Según la invención, el soporte superior está dispuesto para absorber estas fuerzas y momentos del árbol y transferirlas al techo mediante fuerzas de tensión y fuerzas de compresión, y preferentemente también fuerzas de cizallamiento. Teniendo en cuenta solo $R_{superior}$ y haciendo referencia a la figura 5B, que muestra una sección transversal del árbol 4 al nivel del soporte superior/aletas 19, esto significa que el techo 6/soporte superior 14 no solo ejercerá una fuerza de reacción de presión sobre el árbol en el lado de la aleta 19a, sino que, en el lado opuesto, en la aleta 19b, el techo 6/soporte superior 14 ejercerá una fuerza de tracción sobre el árbol 4. Yendo desde la aleta 19b a lo largo de la circunferencia del árbol hasta la aleta 19a, quedará claro que acercándose a la aleta 19c, las fuerzas de tensión ejercidas por el techo/soporte superior en el árbol disminuyen mientras aumentan las fuerzas de cizallamiento ejercidas por el soporte superior sobre el árbol y que continuando después de la aleta 19c hasta la aleta 19a, las fuerzas de presión ejercidas por el techo/soporte superior en el árbol aumentan mientras que las fuerzas de cizallamiento ejercidas por el soporte superior sobre el árbol disminuyen. De este modo, con el soporte superior de la invención, se consigue una distribución de $R_{superior}$ en torno a la circunferencia del árbol 4. De manera similar se aplica a otras fuerzas de reacción y momentos de reacción activos en el nivel del soporte superior. Teniendo en cuenta que se proporcionarán aproximadamente 30-40 (o un número diferente) de aletas alrededor del árbol 4, también será evidente que la transferencia de fuerzas del árbol al soporte superior tiene lugar en lugares distintos, determinados por aletas.

Listado de signos de referencia

[0050]

5	1	cimiento
	2	instalación en alta mar
	3	cajón
	4	árbol
	5	losa inferior del cajón
10	6	techo del cajón
	7	pared lateral
	8	paso
	9	borde del paso
	10	extremo inferior del árbol
15	11	extremo superior del árbol
	12	soporte inferior
	14	soporte superior
	15	tapón
	16	colada de hormigón
20	17	barra de refuerzo
	18	elemento radial
	19	aleta
	20	barra en forma de U
	21	barra en forma de L
25	22	barra en forma de L
	23	extremo libre de la barra en forma de L 21
	24	extremo libre de la barra en forma de L 22
	25	soldadura
	26	primera placa
30	27	segunda placa
	30	aerogenerador
	31	torre
	32	turbina
35	33	placa divisoria
	35	nivel del mar
	36	lecho marino
	37	barra de refuerzo en el techo
40	38	abrazadera
	39	resalte
	41	barra de refuerzo circunferencial
	42	barra en L
	43	casquillo con rosca interna para la conexión del perno;
45	44	perno
	T	fuerza de tracción
	P	fuerza de presión
	Fw	fuerza del viento
50	Fh	fuerzas hidrodinámicas/agua
	R _{superior}	fuerza de reacción horizontal en el nivel del soporte superior
	V _{superior}	fuerzas de reacción vertical en el nivel del soporte superior
	M _{superior}	momento de reacción en el nivel del soporte superior
	R _{inferior}	fuerza de reacción horizontal en el nivel del soporte inferior
55	V _{inferior}	fuerzas de reacción vertical en el nivel del soporte inferior.

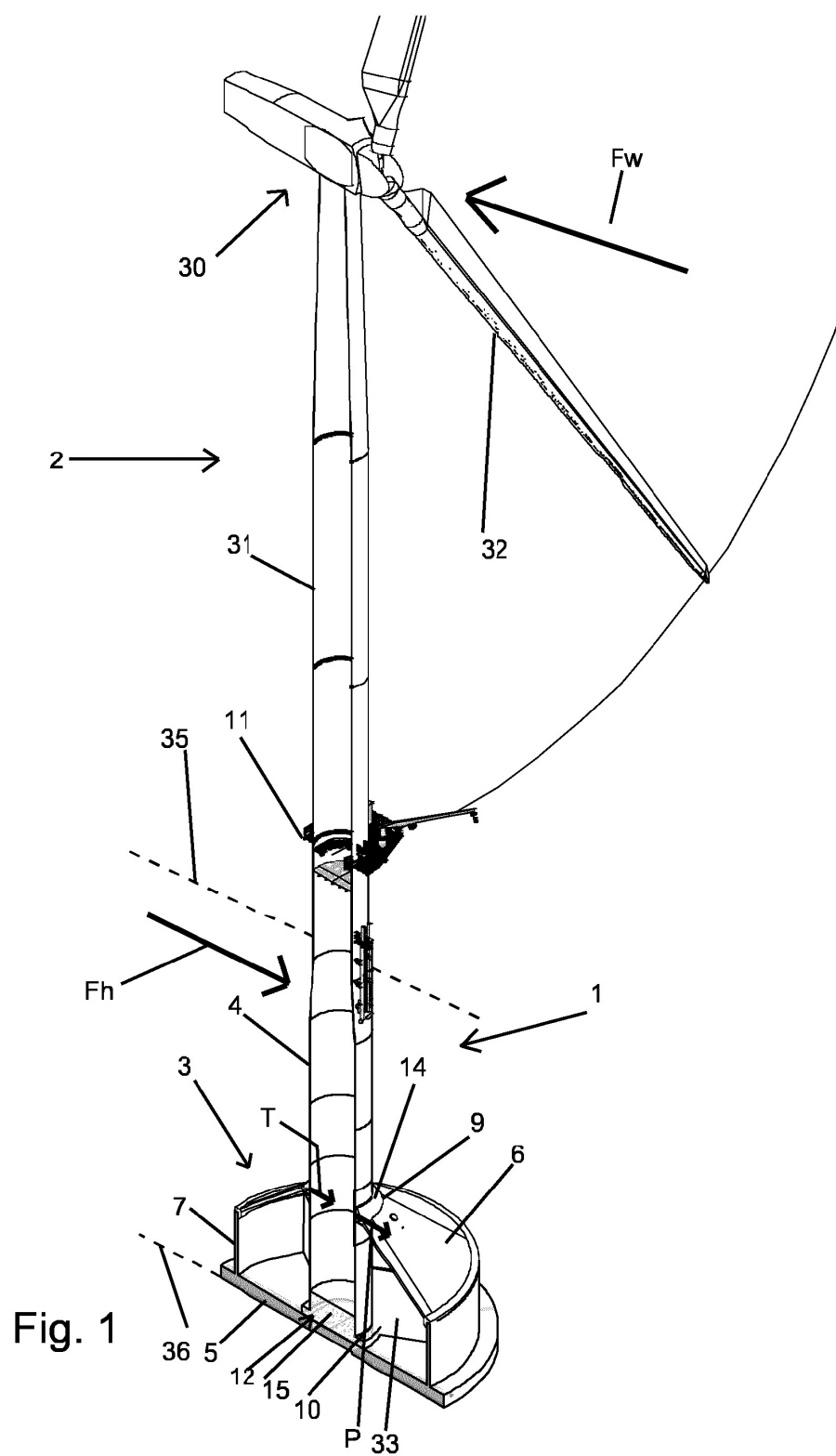
REIVINDICACIONES

1. Cimiento basado en la gravedad (1) para una instalación en alta mar (2),
 - 5 en el que el cimiento (1) comprende un cajón (3) de hormigón y un árbol (4) de acero;
en el que el cajón (3) tiene una losa inferior (5), un techo (6) y una pared lateral (7) que se extiende entre la losa inferior (5) y el techo (6) para definir una estructura hueca delimitada por la losa inferior (5), el techo (6) y la pared lateral (7);
en el que el techo (7) tiene un paso (8) para el árbol (4), cuyo paso (8) está circunscrito por un borde (9) y es más
10 ancho que el diámetro del árbol;
en el que se define un espacio entre el borde (9) del paso (8) y el árbol (4);
en el que el árbol (4) tiene un extremo inferior (10) y un extremo superior (11);
en el que el árbol (4) se extiende con su extremo inferior (10) a través del paso (8) en el cajón (3);
en el que el árbol (4) está soportado por el cajón (3) en un soporte inferior (12) y un soporte superior (14);
15 en el que el soporte superior (14) comprende una colada de hormigón (16) que cierra el espacio entre el borde (9) del paso (8) y el árbol (4); y
en el que el soporte superior (14) se extiende alrededor del árbol (4) y está dispuesto en el paso (8) **caracterizado porque** el soporte superior (14) comprende, además:
 - 20 • barras de refuerzo radial (17) distribuidas alrededor del árbol (4), que sobresalen del techo (6) en dirección radial hacia el interior, fijadas al techo (6) e integradas en la colada de hormigón (16); y
• elementos radiales (18) distribuidos alrededor del árbol (4), que sobresalen desde el árbol (4) en dirección radial hacia el exterior, fijados al árbol (4) e integrados en la colada de hormigón (16);
25 y **porque** las barras de refuerzo radial (17), los elementos radiales (18) y la colada de hormigón (16) están dispuestos para transferir fuerzas de tracción radiales (T) de los elementos radiales (18) a las barras de refuerzo radial (17) con el fin de transferir las fuerzas de tracción radiales (T) del árbol al techo (6); y
porque el techo (6) está dispuesto para transferir las fuerzas de tracción (T) a la pared lateral (7).
- 30 2. Cimiento (1) según la reivindicación anterior, en el que dicho soporte superior (14) está dispuesto para poder transferir, del árbol (4) al techo (6), una cantidad de fuerzas de tracción (T) de al menos 1,5 MN.
 3. Cimiento (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte superior (14) está
35 dispuesto para absorber al menos 10 %, tal como al menos 15 %, de una carga horizontal (R_{superior}) de 15 MN como fuerzas de tracción (T), en el que dicha carga horizontal se dirige transversalmente a la dirección de la longitud del árbol (4) y ejercida por el árbol (4) sobre el soporte superior (14).
 4. Cimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, vista al nivel del soporte superior (14), una carga de transferencia superior se define como:
40 • aquella que actúa a partir del árbol (4) sobre el soporte superior (14); y
• que comprende uno o más componentes del grupo de:
 - un componente de fuerza horizontal (R_{superior}),
45 ◦ un componente de fuerza vertical (V_{superior}), y
◦ un componente de momento horizontal (M_{superior});y
50 en el que el soporte superior (14) está dispuesto para distribuir dicha carga de transferencia superior (R_{superior} , V_{superior} , M_{superior}) alrededor de la circunferencia del soporte superior (14) y para transferir dicha carga de transferencia superior (R_{superior} , V_{superior} , M_{superior}) distribuida alrededor de la circunferencia del soporte superior (14) al
techo (6) por medio de una combinación de:
 - 55 • al menos fuerzas de tracción (T) y fuerzas de compresión (P) que actúan en el soporte superior (14); y
• opcionalmente fuerzas de cizallamiento que actúan en el soporte superior (14).
 5. Cimiento (1) según la reivindicación 4, en el que, en el caso de un componente de fuerza horizontal (R_{superior}) de 10 MN,

- al menos 10 %, tal como al menos 15 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) es absorbido como fuerzas de tracción (T) por el soporte superior;
y/o
- 5 • al menos 7 %, tal como al menos 10 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) es absorbido como fuerzas de cizallamiento por el soporte superior;
y/o
- al menos 20 %, tal como al menos 30 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) es absorbido como fuerzas de compresión (P) por el soporte superior;
- 10 y/o
- como máximo 75 %, como máximo 60 %, de este componente de fuerza horizontal (R_{superior}) es absorbido como fuerzas de tracción (T) por el soporte superior.
- 6. Cimientto (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento radial (18)
- 15 comprende una barra en forma de U (20) que se extiende en un plano radial.
- 7. Cimientto (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento radial (18) comprende al menos una barra en forma de L (21, 22), tal como dos barras en forma de L, que se extienden en un plano radial, en el que, en el caso de dos de dichas barras en forma de L, ambas barras en forma de L (21, 22)
- 20 tienen un extremo libre (23, 24), el extremo libre (23) de una de dichas barras en forma de L (21) apunta en una dirección opuesta al extremo libre (24) de la otra de dichas barras en forma de L (22).
- 8. Cimientto (1) según una de las reivindicaciones 1-5, en el que dicho elemento radial (18) comprende una aleta radial (19) soldada al árbol (4).
- 25 9. Cimientto (1) según la reivindicación 8, en el que la aleta (19) está provista de:
 - una primera placa (26) soldada a la aleta (19) y que se extiende transversalmente a la aleta (19) y transversalmente a la dirección de tracción; y
 - 30 • una o más segundas placas (27) soldadas a la aleta (19) y que se extienden transversalmente a la aleta (19) así como transversalmente a la primera placa (26);
- en el que una barra en forma de U (20) según la reivindicación 6 y/o al menos una barra en forma de L (21, 22) según la reivindicación 7 están fijadas a la primera placa (26) del lado de la primera placa (26) opuesta al árbol (4);
- 35 en el que una o más segundas placas (27) soportan la primera placa (26) en el lado opuesto al árbol (4) para evitar la flexión de la primera placa (26) debido a las fuerzas de tracción (T) ejercidas sobre la barra en forma de U (20) y/o una o más barras en forma de L (21, 22), respectivamente.
- 10. Cimientto (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, vista en dirección horizontal, la
- 40 sección transversal del cajón (3) tiene una forma circular, y en el que la parte superior del cajón (3) tiene una forma troncocónica.
- 11. Cimientto (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que:
 - 45 • la superficie en el suelo del cajón (3) tiene un diámetro superior a 20 m, tal como en el intervalo de 30-60 m, como 30-40 m;
y/o
 - la altura vertical del árbol (4) es superior a 30 m, como 50 m o mayor;
y/o
 - 50 • la altura vertical del cajón (3) es superior a 10 m, tal como 15 m o más, como en el intervalo de 15-25 m;
y/o
 - el tapón (15) tiene una altura vertical de 1-4 m, tal como 1-2 m o más.
- 12. Cimientto (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el cimientto (1) es autoflotante.
- 55 13. Cimientto según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte inferior (12) comprende un tapón de hormigón (15), y en el que, visto en un plano transversal al árbol (4), las dimensiones exteriores del tapón (15) y las dimensiones interiores del extremo inferior (10) del árbol (4) coinciden entre sí.

14. Cimiento según la reivindicación 13, en el que el tapón sobresale de la losa inferior (5) hacia arriba en el extremo inferior (10) del árbol (4) y está formado como una parte integral de la losa inferior de hormigón (5) del cajón (3) de manera que el tapón (15) proporciona un soporte lateral al extremo inferior (10) del árbol (4).

5 15. Instalación en alta mar (2), que comprende un cimientado basado en la gravedad (1) según una de las reivindicaciones anteriores 1-14, y un aerogenerador (30), el aerogenerador comprende una torre vertical (31) que lleva una turbina (32) en su extremo superior, en el que el extremo inferior de la torre (31) está soportado por el extremo superior (11) del árbol (4) del cimientado (1).



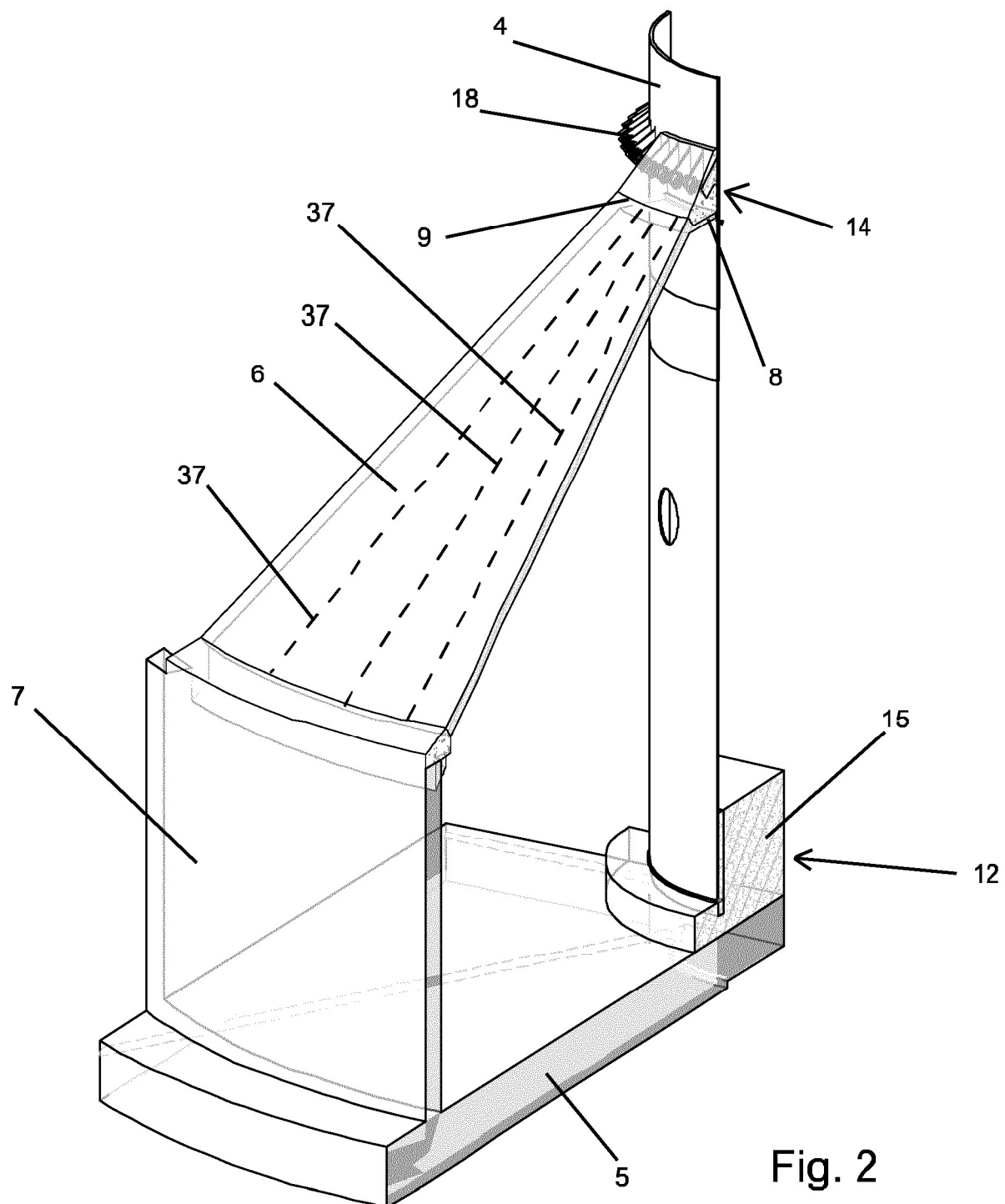


Fig. 2

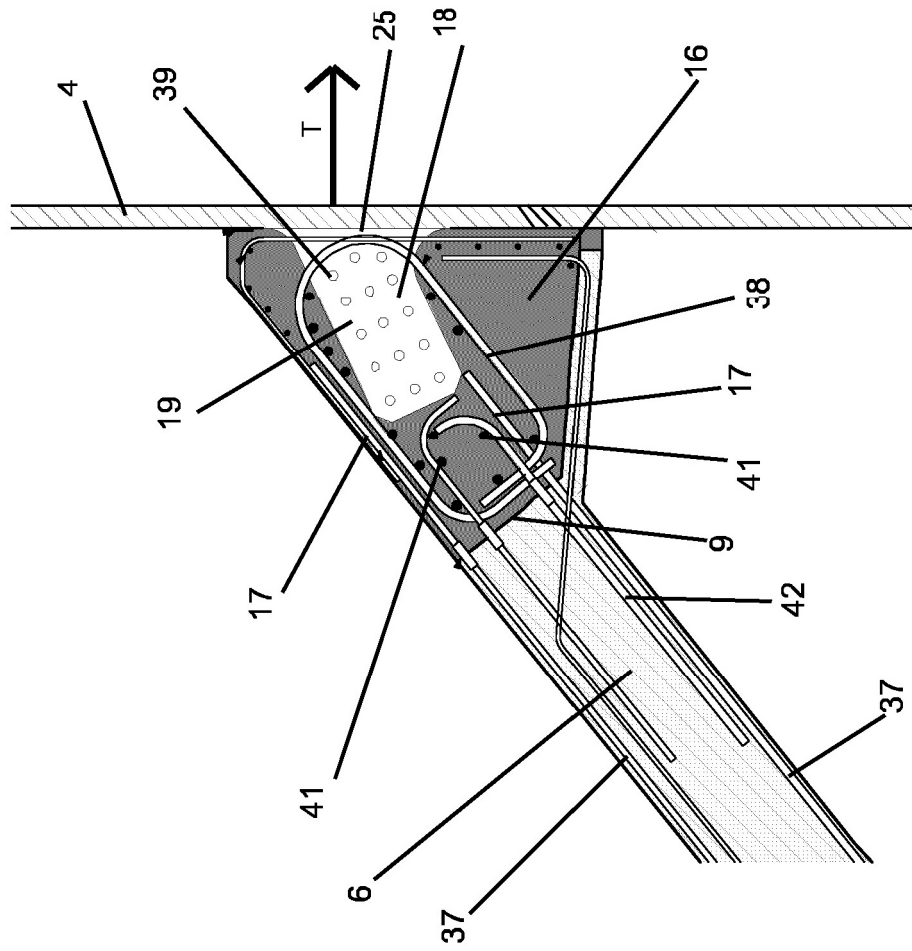


Fig. 3

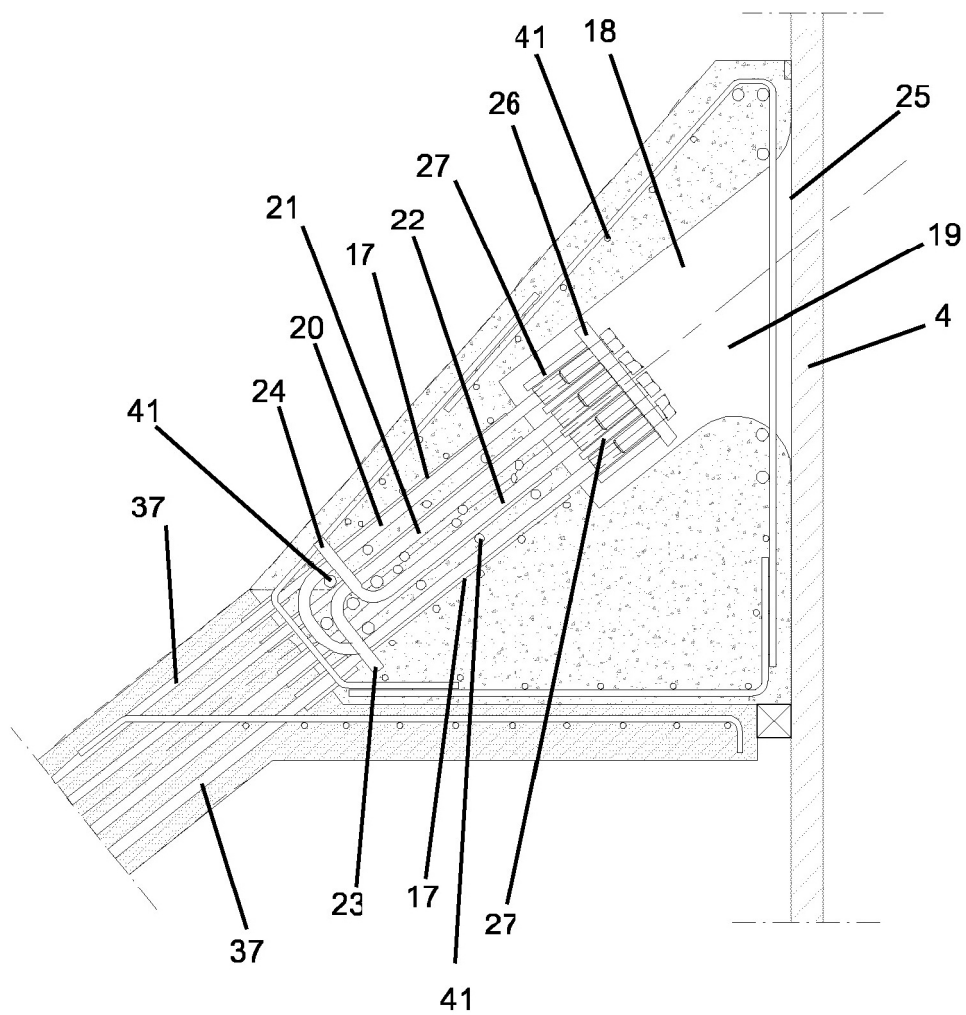


Fig. 4A

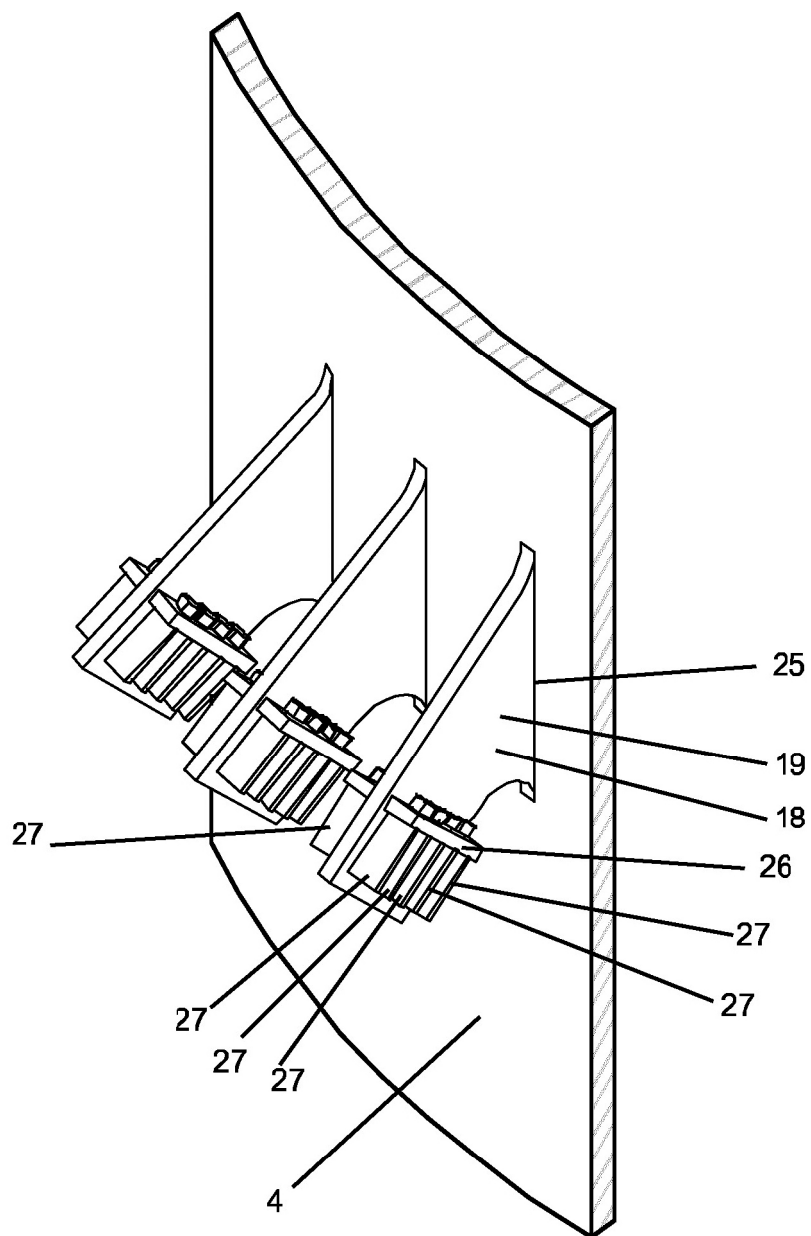


Fig. 4B

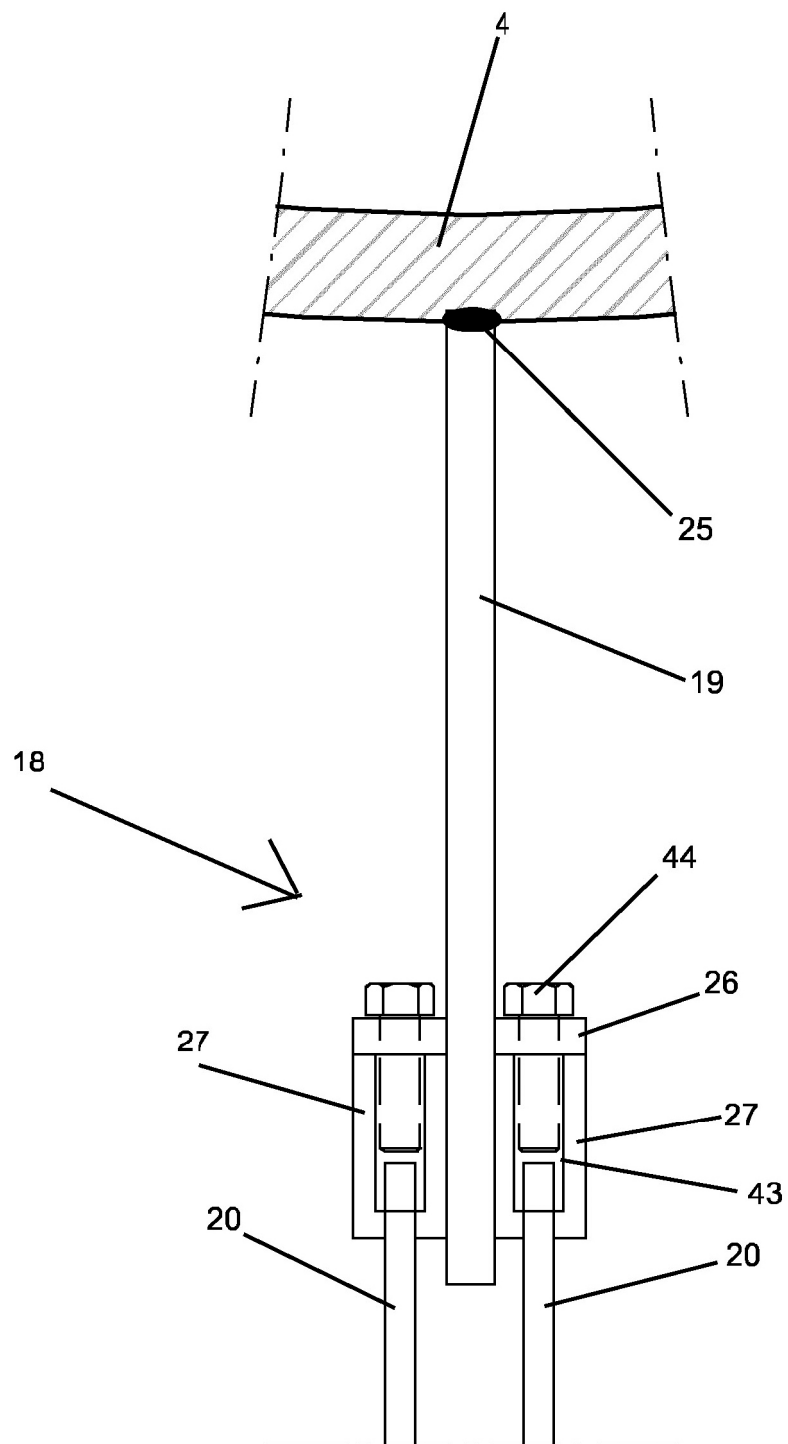


Fig. 4C

