

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 128**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42 (2006.01)
E02D 37/00 (2006.01)
F03D 13/20 (2006.01)
F03D 13/25 (2006.01)
E02B 17/02 (2006.01)
E02B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2019** **E 19382709 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 3779049**

54 Título: **Procedimientos para modernizar una cimentación para turbina eólica y cimentaciones para turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.04.2025

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA
S.L. (100.00%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

SCHOLTE-WASSINK, HARTMUT

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 3 015 128 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

Procedimientos para modernizar una cimentación para turbina eólica y cimentaciones para turbina eólica

- 5 **[0001]** La presente divulgación se refiere a procedimientos para modernizar una cimentación para turbina eólica. La presente divulgación divulga además cimentaciones para turbinas eólicas y turbinas eólicas que comprenden dichas cimentaciones.

Antecedentes

10

[0002] Las turbinas eólicas, en general, se consideran una fuente de energía renovable deseable y segura desde el punto de vista medioambiental. En resumen, una turbina eólica aprovecha la energía cinética del viento y transforma esta energía cinética en energía eléctrica. Para maximizar la eficacia de la generación de potencia y simplificar la conexión a una red de potencia, a menudo, se ubican varias turbinas eólicas en proximidad entre sí en lo que, en general, se denominan "*parques eólicos*". En particular, estos parques eólicos se pueden ubicar en regiones que tengan vientos relativamente fuertes, tales como, por ejemplo, en ubicaciones en alta mar.

15

20

[0003] Las cimentaciones en alta mar pueden ser fijas o flotantes. En turbinas eólicas flotantes, la turbina eólica está montada en una estructura flotante que está anclada al lecho marino a través de una pluralidad de cables. Las turbinas eólicas con plataformas de patas tensadas ("*tension leg platforms*") o boyas de espeque ("*spar buoy*") pueden ser ejemplos de turbinas eólicas flotantes. En las cimentaciones fijas, la cimentación para turbina eólica está conectada al suelo. Los ejemplos de cimentaciones fijas pueden ser *jackets* o monopilotes. Las *jackets* son estructuras reticulares similares a celosía de perfiles de acero. Estos perfiles de acero se pueden soldar o unir con pernos. En consecuencia, la fabricación de *jackets* puede llevar mucho tiempo.

25

30

[0004] Un monopilote ("*monopile*") es una estructura de cimentación para una turbina eólica en una ubicación en alta mar que comprende un único pilote. Este pilote puede tener, en general, un tubo o cajón cilíndrico largo que se clava en el lecho marino. El pilote se asegura al lecho marino a través de la fricción entre el pilote y el lecho marino a lo largo de la parte del pilote enterrada en el lecho marino. El pilote se puede formar por el ensamblaje de diferentes secciones en una ubicación en tierra. Posteriormente, el pilote se puede clavar hasta la profundidad de penetración requerida en la ubicación en alta mar de la turbina. El uso del pilote como estructura de cimentación puede ser ventajoso porque se puede usar el mismo equipo de sustentación pesado tanto para clavar el pilote como para la instalación de las turbinas eólicas, facilitando, por tanto, un tipo de operación de cadena de ensamblaje que implica relativamente pocas operaciones estandarizadas. Las cimentaciones de monopilotes también se pueden usar en ubicaciones en tierra.

35

40

[0005] El documento GB2505192 divulga una conexión de manguito de pilote que tiene una pieza de pilote alargada con un extremo de pilote abierto y una pieza de manguito que comprende un extremo de manguito cerrado. El documento WO 2018/133964 divulga un conjunto de plataforma de una turbina eólica, comprendiendo el conjunto de plataforma una plataforma y un bastidor, en el que la plataforma está destinada a fijarse al interior de una torre o una estructura de soporte de la turbina eólica por medio del bastidor, y en el que la plataforma es un componente estandarizado mientras que el bastidor está específicamente adaptado a las dimensiones de la sección específica de la torre o la estructura de soporte donde el conjunto de plataforma está destinado a montarse.

45

[0006] El pilote puede estar provisto de una pieza de transición ("*transition piece*") fijada a la parte superior del pilote para montar una turbina eólica. Los procedimientos para montar la pieza de transición en el pilote pueden incluir lechada, embutición o soldadura *in situ*. En resumen, la pieza de transición proporciona una superficie de unión a la que se puede fijar una parte inferior de la torre de turbina eólica, por ejemplo, unir con pernos.

50

55

[0007] Seleccionar un emplazamiento de turbina eólica ("*wind turbine site*") apropiado es clave para el éxito de cualquier proyecto de turbina eólica, tanto financiera como técnicamente. Por ejemplo, es importante considerar las ubicaciones de turbina eólica con una clase de viento apropiada y una cantidad relativamente baja de variación de la velocidad del viento con la altura ("*wind shear*"), entre otros. Sin embargo, típicamente los mejores emplazamientos de turbina eólica en alta mar o en tierra ya se han usado. En ubicaciones en alta mar, dichos parques eólicos pueden incluir: turbinas eólicas "*antiguas*", es decir, turbinas eólicas que en la mayoría de los casos han quedado obsoletas con una potencia nominal relativamente baja, por ejemplo, de 1,5 - 3 MW. Estas turbinas eólicas antiguas pueden alcanzar el final de su vida útil. Cuando se necesitan desmantelar las turbinas eólicas, se retiran las turbinas eólicas de sus cimentaciones y puede que las cimentaciones se necesiten retirar también del lecho marino. Este puede ser un procedimiento costoso.

60

[0008] Además, las turbinas eólicas modernas están configuradas para generar cantidades más grandes de potencia eléctrica que las turbinas eólicas más antiguas. Sin embargo, las turbinas eólicas modernas con una mayor potencia nominal requieren mayores velocidades del viento para lograr esta mayor potencia nominal.

65

[0009] Por lo tanto, la presente divulgación proporciona procedimientos para reutilizar emplazamientos de parque eólico en emplazamientos de turbina eólica en alta mar o en tierra.

Breve explicación

[0010] De acuerdo con un aspecto, se proporciona un procedimiento para modernizar una cimentación para turbina eólica. La cimentación para turbina eólica comprende un primer pilote sustancialmente alargado en el suelo. El procedimiento comprende disponer un extremo inferior de un canal alargado de un segundo pilote sustancialmente alargado alrededor del primer pilote, en el que el canal alargado se extiende sustancialmente a lo largo de una dirección longitudinal del segundo pilote, y en el que el canal alargado está configurado para recibir al menos una parte del primer pilote. El procedimiento comprende además hacer descender el segundo pilote de modo que el canal alargado rodee al menos a una parte del primer pilote y clavar el segundo pilote en el suelo.

[0011] De acuerdo con este primer aspecto, el segundo pilote se puede hacer descender de modo que el canal alargado rodee al menos a una parte del primer pilote (que forma parte de una cimentación para turbina eólica instalada previamente). A continuación, el segundo pilote se clava en el suelo. A este respecto, el segundo pilote hueco puede ser adecuado para soportar turbinas eólicas relativamente nuevas y potentes configuradas para producir una gran cantidad de potencia eléctrica (en comparación con las turbinas eólicas menos eficaces que se puedan instalar previamente sobre el primer pilote).

[0012] Además, el segundo pilote (y, por tanto, una correspondiente turbina eólica soportada por el segundo pilote) se instala en una ubicación previamente usada para turbinas eólicas, es decir, la ubicación correspondiente al primer pilote que probablemente tenga, por ejemplo, las mejores condiciones del viento y del suelo. Adicionalmente, al instalar los segundos pilotes en una cimentación instalada previamente, se reduce la inversión requerida, dado que al menos parcialmente se pueden reutilizar parte de las instalaciones, accesos, estudios geotécnicos, expropiaciones, licencias, etc. existentes y, por tanto, se reduce la inversión económica para instalar turbinas eólicas más potentes.

[0013] Adicionalmente, puesto que el segundo pilote está dispuesto alrededor del primer pilote instalado previamente, se puede evitar el coste de desmantelar el pilote instalado previamente.

[0014] En resumen, la instalación de un segundo pilote hueco alrededor de un primer pilote que forma parte de una cimentación instalada previamente puede proporcionar una solución rentable, eficaz y relativamente fácil de implementar para instalar turbinas eólicas más nuevas y más potentes en óptimas ubicaciones de turbina eólica en alta mar.

[0015] Aún en otro aspecto, se proporciona un procedimiento para repotenciar ("*repowering*") un parque eólico en alta mar. El parque eólico en alta mar comprende una pluralidad de primeras turbinas eólicas montadas en cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar. Las primeras turbinas eólicas en alta mar comprenden un primer pilote sustancialmente alargado clavado en el lecho marino. El procedimiento comprende seleccionar una o más cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar y retirar las primeras turbinas eólicas en alta mar montadas en las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas. El procedimiento comprende además disponer uno o más segundos pilotes alrededor de al menos una parte de los primeros pilotes de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas; hacer descender los segundos pilotes para recibir al menos una parte de los primeros pilotes de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas y clavar los segundos pilotes en el lecho marino. Además, se instalan segundas turbinas eólicas en alta mar en los segundos pilotes. Las segundas turbinas eólicas tienen una mayor potencia nominal que las primeras turbinas eólicas.

[0016] De acuerdo con este aspecto, se puede incrementar la potencia nominal de un parque eólico reduciendo los costes de instalación.

Breve descripción de los dibujos

[0017] En lo que sigue, se describirán ejemplos no limitantes de la presente divulgación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 2 ilustra una vista interna detallada de una góndola de una turbina eólica de acuerdo con un ejemplo;

las figuras 3 - 7 ilustran esquemáticamente una secuencia de situaciones que se pueden producir durante la realización de un procedimiento para modernizar cimentaciones instaladas previamente para turbinas eólicas en alta mar de acuerdo con un ejemplo;

la figura 8 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un diseño de un parque eólico en el que el parque eólico no se ha modernizado;

la figura 9 ilustra esquemáticamente otro diseño del parque eólico de la figura 8 después de que el parque eólico se haya modernizado;

la figura 10 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de procedimiento para modernizar una cimentación para turbina eólica que comprende un primer pilote sustancialmente alargado en el lecho marino;

la figura 11 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de un procedimiento para modernizar un parque eólico en alta mar que comprende una pluralidad de primeras turbinas eólicas montadas en cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar.

Descripción detallada de los ejemplos

[0018] En estas figuras, los mismos signos de referencia se han usado para designar elementos coincidentes.

[0019] En la presente divulgación, las expresiones superior, inferior, vertical, horizontal, etc. se dan con referencia a la posición pretendida de los pilotes y la pieza de transición cuando se instalan.

[0020] Por toda la presente divulgación, el término "suelo" engloba el término "lecho marino". Por toda la presente divulgación, el término "lecho marino" se refiere al suelo del mar u océano en el que se puede instalar una cimentación para turbina eólica en alta mar.

[0021] La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica 1. Como se muestra, la turbina eólica 1 incluye una torre 2 que se extiende desde una superficie de soporte 3, una góndola 4 montada en la torre 2 y un rotor 5 acoplado a la góndola 4. El rotor 5 incluye un buje 6 rotatorio y al menos una pala de rotor 7 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 6. Por ejemplo, en el ejemplo ilustrado, el rotor 5 incluye tres palas de rotor 7. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 5 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 7. Cada pala de rotor 7 se puede espaciar del buje 6 para facilitar la rotación del rotor 5 para posibilitar que la energía cinética se transfiera, a partir del viento, en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 6 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico 10 (figura 2) situado dentro de la góndola 4 o que forme parte de la góndola, para permitir que se produzca energía eléctrica. En este ejemplo, la turbina eólica es una turbina eólica en tierra, en otros ejemplos, puede ser una turbina eólica en alta mar.

[0022] La figura 2 ilustra una vista interna simplificada de un ejemplo de la góndola 4 de la turbina eólica 1 de la figura 1. Como se muestra, el generador 10 se puede disponer dentro de la góndola 4. En general, el generador 10 se puede acoplar al rotor 5 de la turbina eólica 1 para generar potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 5. Por ejemplo, el rotor 5 puede incluir un eje de rotor principal 8 acoplado al buje 6 para su rotación con el mismo. A continuación, el generador 10 se puede acoplar al eje de rotor 8 de modo que la rotación del eje de rotor 8 accione el generador 10. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el generador 10 incluye un eje de generador 11 acoplado de forma rotatoria al eje de rotor 8 a través de una caja de engranajes 9. En otros ejemplos, el generador se puede acoplar directamente al buje de rotor.

[0023] Se debe apreciar que el eje de rotor 8, la caja de engranajes 164 y el generador 10, en general, se pueden soportar dentro de la góndola 4 por un bastidor de soporte o bancada 12 situado encima de la torre de turbina eólica 2.

[0024] La góndola 4 se acopla de forma rotatoria a la torre 2 a través de un sistema de orientación 20. El sistema de orientación comprende un rodamiento de orientación (no visible en la figura 2) que tiene dos componentes de rodamiento configurados para rotar uno con respecto al otro. La torre 2 está acoplada a uno de los componentes de rodamiento, y la bancada o bastidor de soporte 12 de la góndola 4 está acoplado al otro componente de rodamiento. El sistema de orientación 20 comprende un engranaje anular 21 y una pluralidad de accionamientos de orientación 22 con un motor, una caja de engranajes y un piñón para engranarse con el engranaje anular para rotar uno de los componentes de rodamiento con respecto al otro.

[0025] Las palas 7 están acopladas al buje 6 con un rodamiento de *pitch* 100 entre la pala 7 y el buje 6. El rodamiento de *pitch* 100 comprende un anillo interior y un anillo exterior. Una pala de turbina eólica se puede fijar al anillo de rodamiento interior o bien al anillo de rodamiento exterior, mientras que el buje está conectado en el otro. Una pala 6 puede realizar un movimiento de rotación relativo con respecto al buje 5 cuando se acciona un sistema de *pitch* 101. Por lo tanto, el anillo de rodamiento interior puede realizar un movimiento de rotación con respecto al anillo de rodamiento exterior. El sistema de *pitch* 101 de la figura 2 comprende un piñón 102 que se engrana con un engranaje anular 103 provisto en el anillo de rodamiento interior para poner en rotación la pala de turbina eólica.

[0026] Las figuras 3 - 7 ilustran esquemáticamente una secuencia de situaciones que se pueden producir durante la realización de un procedimiento para modernizar una cimentación para turbina eólica en alta mar que comprende

un primer pilote sustancialmente alargado en el lecho marino de acuerdo con un ejemplo. El procedimiento se describe a continuación con referencia a las secuencias de situaciones ilustradas en las figuras 3 - 7.

[0027] En este ejemplo, la cimentación para turbina eólica es una cimentación para turbina eólica en alta mar y el suelo es el lecho marino. Sin embargo, en algunos otros ejemplos, la cimentación puede corresponder a una cimentación para turbina eólica en tierra.

[0028] En esta divulgación, el término "*modernizar una cimentación para turbina eólica*" se refiere a la reutilización de al menos una parte de la cimentación para turbina eólica ya instalada. Modernizar una cimentación para turbina eólica puede incluir repotenciar una cimentación para turbina eólica, es decir, modernizar una cimentación para turbina eólica existente para recibir una turbina eólica con mayor potencia nominal. Modernizar también puede incluir corregir una instalación incompleta o fallida de un monopilote en el suelo. Cuando no se logra la capacidad de carga esperada de un monopilote instalado, se puede considerar como una instalación incompleta o fallida. Esto se puede producir cuando se encuentra un terreno rocoso que provoca que el monopilote no se clave en la profundidad esperada.

[0029] En la figura 3, se proporciona una cimentación 30. La cimentación 30 comprende un primer pilote 31 sustancialmente alargado. El primer pilote alargado es un monopilote. Como se usa el presente documento, un pilote es un elemento de conexión alargado, hecho, por ejemplo, de acero. Los pilotes se clavan varios metros en una superficie, tal como el lecho marino, en el caso de turbinas eólicas en alta mar o el suelo en el caso de turbinas eólicas en tierra. Los pilotes pueden tener una conformación cilíndrica. Sin embargo, los pilotes también pueden ser cónicos, o pueden tener cualquier otra conformación adecuada.

[0030] El primer pilote 31, por ejemplo, un monopilote, se extiende longitudinalmente desde un extremo inferior 311 hasta un extremo superior 312 (véase también la figura 4). El extremo superior 312 del pilote 31 de esta figura se extiende más allá del nivel del agua 32. Por tanto, se define una longitud del primer pilote 31 entre ambos extremos. El ancho y la profundidad del primer pilote o monopilote se pueden determinar por análisis de ingeniería, tomando en consideración las cargas aplicadas (por ejemplo, corte lateral), las condiciones del lecho marino y otros factores. Por ejemplo, el primer pilote puede aguantar cargas de turbina eólica de un primer tipo de turbinas eólicas.

[0031] Puede estar provista además una estructura de soporte en alta mar, por ejemplo, una pieza de transición 33. La pieza de transición 33 se puede fijar al extremo superior 312 del primer pilote 31. Como se muestra en la figura, una parte inferior de la pieza de transición está situada por debajo del nivel del agua 32. En particular, para montar la pieza de transición 33 en el primer pilote 31, la pieza de transición 33 se puede sustentar sobre el primer pilote 31 y situar sobre el extremo superior del primer pilote 31. La pieza de transición 33 puede incluir retenedores (no mostrados) que enganchen el extremo superior (no visible) del primer pilote 31 y fijen la pieza de transición 33 al primer pilote 31. Esto asegura la pieza de transición 33 con respecto al primer pilote 31.

[0032] La pieza de transición 33 también puede comprender elementos de ajuste (no mostrados) en forma, por ejemplo, de gatos que se puedan usar para ajustar la orientación vertical de la pieza de transición 33 con respecto al primer pilote 31. Por ejemplo, puede que el primer pilote 31 no sea estrictamente vertical una vez taladrado/clavado en el lecho marino 35 y, por lo tanto, estos gatos pueden posibilitar que la pieza de transición 33 se ajuste para proporcionar una superficie plana horizontal para montar una torre de turbina eólica.

[0033] Puede estar provista una cámara de lechada para recibir la lechada entre una superficie interior 331 de la pieza de transición 33 y una superficie exterior 332 del primer pilote 31. La superficie interior 331 de la pieza de transición también se muestra en la figura 4. La cámara de lechada puede estar provista de un adhesivo o de una lechada. De esta manera, la pieza de transición 33 se puede fijar apropiadamente al primer pilote 31.

[0034] Una torre de turbina eólica 2 se puede conectar a la pieza de transición 33. La pieza de transición 33 puede comprender además una brida superior (no visible). La torre de turbina eólica 2 puede comprender una brida en su parte más baja. Esta brida se puede unir con pernos a la brida superior de la pieza de transición.

[0035] La pieza de transición 33 se puede prefabricar antes de colocar dicha pieza sobre el pilote 31 y puede incluir elementos auxiliares e instalaciones prefabricadas. Por ejemplo, la pieza de transición 33 puede estar provista de tubos externos, escaleras, plataformas, aparatos de acceso, así como un equipo de desembarco de barcos. La prefabricación de dichos aparatos y equipo puede ser altamente beneficiosa tanto en términos de tiempo como de coste.

[0036] Los parques eólicos en alta mar requieren cables para transmitir la potencia eléctrica generada por turbinas eólicas a un centro de transformación eléctrica en tierra. Adicionalmente, las turbinas eólicas en alta mar pueden requerir otros cables que puedan conectar las turbinas eólicas en alta mar a otras turbinas eólicas en alta mar o a un centro de transformación eléctrica en alta mar. Los cables para dichas instalaciones en alta mar pueden pasar a través de los tubos externos que forman parte de la pieza de transición 33.

[0037] La figura 3 ilustra una situación inicial de un procedimiento para modernizar una cimentación para turbina eólica. En esta situación inicial, el primer pilote 31 se muestra clavado en el lecho marino 35. Además, la pieza de transición 33 se instala sobre el primer pilote 31 y una torre de turbina eólica antigua se asegura a la pieza de transición 31 como se describe antes en el presente documento. Esta turbina eólica se puede configurar para proporcionar una potencia eléctrica, por ejemplo, de 2 MW.

[0038] En la figura 4, se retira la pieza de transición del primer pilote 31. Se puede fijar un elemento de sujeción ("holder") a la pieza de transición 33. Se puede fijar un equipo de sustentación, por ejemplo, una grúa, al elemento de sujeción por medio de una fijación de equipo de sustentación. Por tanto, el equipo de sustentación puede sustentar el elemento de sujeción y la pieza de transición al mismo tiempo. El equipo de sustentación puede estar provisto de un mecanismo de dirección. El mecanismo de dirección puede permitir la instalación y retirada de una pieza de transición en diferentes ángulos. De esta manera, la pieza de transición 33 se puede elevar y retirar del pilote 31 en la dirección de la flecha (flecha A).

[0039] Sin embargo, el pilote 31 puede permanecer clavado en el lecho marino 35 como se describe antes en el presente documento.

[0040] Por lo tanto, se puede retirar una pieza de transición antigua conectada al primer pilote. En ejemplos, la retirada de una pieza de transición antigua puede comprender fijar un elemento de sujeción para sujetar la pieza de transición antigua a la pieza de transición antigua y elevar la pieza de transición antigua usando un equipo de sustentación de modo que la pieza de transición se retire del primer pilote.

[0041] En la figura 5, puede estar provisto un segundo pilote 40 o monopilote sustancialmente alargado. El segundo pilote (y las partes restantes de la turbina eólica que se van a instalar, incluyendo una pieza de transición y una torre de turbina eólica) se puede colocar, por ejemplo, en la cubierta principal de la embarcación y transportar a la ubicación en alta mar deseada, es decir, la ubicación en alta mar correspondiente al primer pilote 31.

[0042] El segundo pilote se puede disponer para recibir al menos una parte del primer pilote. Por tanto, el segundo pilote puede rodear al primer pilote.

[0043] El segundo pilote 40 se extiende longitudinalmente desde un extremo inferior 441 hasta un extremo superior 442 que define una longitud. El material del pilote puede ser sustancialmente el mismo como se ha descrito anteriormente en el presente documento para el primer pilote, por ejemplo, acero. El diámetro exterior del segundo pilote 40 puede ser más grande que el diámetro exterior del primer pilote 31. El primer pilote se extiende desde el extremo superior hasta un extremo inferior que define una primera longitud y el segundo pilote se extiende desde el extremo superior hasta el extremo inferior que define una segunda longitud.

[0044] En algunos ejemplos, la longitud del segundo pilote puede ser más larga que la longitud del primer pilote. En algunos de estos ejemplos, la parte superior del segundo pilote puede estar por encima de la parte superior del primer pilote. De forma alternativa, o adicionalmente, una parte del segundo pilote clavado en el suelo puede ser más larga que una parte del primer pilote clavado en el suelo.

[0045] En algunos ejemplos, la longitud del segundo pilote y la longitud del primer pilote pueden ser sustancialmente la misma. Las partes superiores de la primera y la segunda partes pueden estar sustancialmente a la misma altura.

[0046] En algunos ejemplos, la longitud del segundo pilote puede ser más corta que la longitud del primer pilote. En algunos de estos ejemplos, una parte del primer pilote clavado en el suelo puede ser más larga que la parte del primer pilote en el suelo. Esta parte más corta clavada en el suelo se puede compensar con un segundo pilote de mayor diámetro. En consecuencia, el área de contacto entre el segundo pilote y el suelo puede ser más grande que el área de contacto entre el primer pilote y el suelo.

[0047] En particular, el segundo pilote 40 puede comprender un canal 41 alargado a lo largo de al menos una parte de la longitud longitudinal del segundo pilote 40. El canal alargado se puede extender desde el extremo inferior 441. En el ejemplo de la figura 5, el canal alargado se puede extender desde el extremo inferior 441 hasta el extremo superior 442. Por tanto, se puede formar un orificio pasante en el segundo pilote 40. En algunos ejemplos, el canal alargado se puede extender desde el extremo inferior 441 hasta una sección por debajo de la parte superior. Por tanto, se puede formar un orificio ciego en el segundo pilote 40.

[0048] En algunos ejemplos, el canal 41 puede tener el mismo diámetro en el extremo superior 442 del segundo pilote 40 y en el extremo inferior 441 del segundo pilote 40. En cualquier caso, el canal 41 se puede conformar y dimensionar específicamente para recibir al primer pilote 31. Para este propósito, el diámetro interior definido por las paredes laterales interiores del canal 41 puede ser más grande que el diámetro exterior del primer pilote 31.

[0049] Siguiendo con el ejemplo, puede estar provisto un elemento de sujeción (no mostrado) para sujetar un pilote. Como se comenta anteriormente, también puede estar provisto un equipo de sustentación. El elemento de

sujeción se puede fijar al segundo pilote 40 ubicado, por ejemplo, en la cubierta de una embarcación. El elemento de sujeción puede ser, por ejemplo, un dispositivo para agarrar el pilote o una viga de sustentación con una o más eslingas controlables alrededor del pilote. El equipo de sustentación se puede conectar además al elemento de sujeción. El elemento de sujeción (y, por tanto, el segundo pilote 41) se puede elevar y desplazar hacia el primer pilote 31 instalado previamente.

[0050] El segundo pilote 40 se puede situar en una posición sustancialmente vertical usando el equipo de sustentación. El canal 41 del segundo pilote 40 se puede alinear con el extremo superior del primer pilote 31. Por tanto, el canal alargado se puede centrar con respecto al primer pilote. En este punto, el segundo pilote 40 se puede desplazar en la dirección de la flecha (flecha B) usando el equipo de sustentación. Por tanto, el segundo pilote se puede hacer descender para al menos parcialmente proteger o cubrir el primer pilote. Por tanto, el primer pilote 31 se puede recibir en el extremo inferior del segundo pilote 40. Por tanto, el segundo pilote se mueve con respecto al primer pilote hasta que el segundo pilote 40 se inserta al menos parcialmente en el lecho marino 35.

[0051] El pilote 40 se puede clavar apropiadamente en el lecho marino por medio de un martillo, por ejemplo, un martillo hidráulico. El extremo superior 442 del pilote 40 puede tener un diámetro que exceda el diámetro del martillo y puede actuar para distribuir el impacto del "golpe" de martillo uniformemente al pilote. A lo largo de la presente divulgación, el término "golpe" se define como una transferencia de carga desde el martillo al pilote 40. Durante un "golpe", el martillo se puede sustentar por la presión de un fluido hidráulico suministrado al martillo por una unidad de potencia (no mostrada). Cuando se retira la presión del fluido, el martillo (no mostrado) baja y produce un golpe hacia abajo en el extremo superior 442 del pilote 40.

[0052] Como se muestra en esta figura, una pared lateral interior 80 del segundo pilote 40 (específicamente una pared lateral interior 80 del canal alargado) rodea a una pared lateral exterior 81 del primer pilote 30.

[0053] En ejemplos, el pilote 40 se puede clavar en el lecho marino por un aparato de perforación y enclavamiento por vibración.

[0054] Evidentemente, se pueden instalar otros pilotes alrededor del primer pilote y el segundo pilote se puede instalar de una manera sustancialmente similar.

[0055] En algunos ejemplos, disponer el extremo inferior del canal alargado del segundo pilote alrededor del primer pilote puede comprender fijar un elemento de sujeción para sujetar el pilote al segundo pilote y conectar un equipo de sustentación para sustentar un elemento de sujeción al elemento de sujeción; elevar el elemento de sujeción con el segundo pilote a una posición sustancialmente vertical; y disponer un extremo inferior del segundo pilote en o cerca de un extremo superior del primer pilote.

[0056] En ejemplos, disponer un extremo inferior del canal alargado del segundo pilote alrededor del primer pilote comprende centrar el canal alargado con respecto al primer pilote. Por ejemplo, una distancia entre una pared lateral interior 80 del canal alargado y una pared lateral exterior 81 del primer pilote puede ser de entre 0,5 metros y 10 metros, específicamente de entre 0,5 metros y 5 metros.

[0057] En la figura 6, el primer pilote 31 ya se ha recibido por el canal del segundo pilote y el segundo pilote 40 ya se ha clavado en el lecho marino 35. Como se muestra en esta figura, una pared lateral interior 80 del segundo pilote 40 (específicamente una pared lateral interior 80 del canal alargado) rodea a una pared lateral exterior 81 del primer pilote 30. En particular, la pared lateral 80 del segundo pilote está dispuesta radialmente hacia afuera con respecto a la pared lateral 81 del primer pilote. La pared lateral 80 del segundo pilote se puede disponer a una distancia de entre 0,5 metros y 10 metros con respecto a la pared lateral 81 del primer pilote.

[0058] En algunos ejemplos, el segundo pilote puede rodear sustancialmente al primer pilote a lo largo de su longitud. En otros ejemplos, el segundo pilote solo puede rodear a una parte del primer pilote.

[0059] En algunos ejemplos, después de retirar la turbina eólica y la pieza de transición, se puede cortar una parte del primer pilote y retirar de la parte restante del primer pilote. La longitud de la parte restante del primer pilote puede ser más corta que la longitud del primer pilote que sujeta una turbina eólica. En estos ejemplos, la parte restante del primer pilote puede guiar al segundo pilote.

[0060] En ejemplos, un extremo inferior del segundo pilote está dispuesto más profundamente en el lecho marino que un extremo inferior del primer pilote. Sin embargo, en algunos otros ejemplos, el extremo inferior del segundo pilote se puede disponer en una posición menos profunda en el lecho marino con respecto al extremo inferior del primer pilote. El extremo inferior del segundo pilote también puede estar a una profundidad sustancialmente similar que la del extremo inferior del primer pilote.

[0061] El segundo pilote 40 puede ser adecuado para soportar una turbina eólica más moderna y potente con respecto a la turbina eólica instalada previamente en el primer pilote (véase la figura 3). Como resultado, una nueva turbina eólica (que es más moderna y más potente en comparación con la turbina eólica instalada previamente

sobre el primer pilote) aprovecha las mejores condiciones del viento del emplazamiento en alta mar correspondiente a la turbina eólica instalada previamente sobre el primer pilote. Además, se evitan otros estudios geotécnicos para ubicar el nuevo segundo pilote. Adicionalmente, debido al primer pilote instalado previamente, el lecho marino es más rígido y, por tanto, se mejora la estabilidad de la cimentación.

[0062] Una vez que el segundo pilote esté completamente clavado alrededor del primer pilote, el segundo pilote se puede conectar al primer pilote. Se puede insertar lechada en al menos una parte de un espacio entre una pared lateral interior del canal alargado y una pared lateral exterior del primer pilote. Por tanto, el primer y el segundo pilote pueden colaborar para aguantar cargas de turbina eólica. Fijar el segundo pilote al primer pilote puede ayudar a reducir el tamaño del segundo pilote y, por lo tanto, el coste de la cimentación modernizada.

[0063] En la figura 7, puede estar provista una segunda pieza de transición 95. La segunda pieza de transición 95 puede ser igual o similar a la descrita anteriormente.

[0064] La segunda pieza de transición 95 se puede fijar al equipo de sustentación usando un elemento de sujeción como se describe antes en el presente documento. El elemento de sujeción con la segunda pieza de transición 95 se puede elevar a una posición sustancialmente vertical para instalar la segunda pieza de transición 95 sobre el segundo pilote 40. A este respecto, una parte inferior 98 de la segunda pieza de transición 95 se puede alinear y desplazar hacia un hueco 97 formado entre la pared lateral exterior del primer pilote y la pared lateral interior del segundo pilote en la dirección de la flecha (flecha C). En este ejemplo, un extremo inferior de la pieza de transición está dispuesto entre el primer pilote alargado y el segundo pilote alargado. Sin embargo, en otros ejemplos, la pieza de transición puede rodear parcialmente al segundo pilote.

[0065] La pieza de transición puede comprender además abrazaderas para soportar temporalmente la pieza de transición antes de la lechada. Las abrazaderas se pueden fijar a una superficie exterior de la pieza de transición y pueden soportar el peso de la pieza de transición 95 sobre, por ejemplo, un extremo superior del segundo pilote. Estas abrazaderas se pueden soportar por un equipo de sustentación o se pueden conectar temporalmente al segundo pilote.

[0066] Una vez que está instalada la segunda pieza de transición 95 sobre las abrazaderas, se forma un espacio anular entre la parte inferior 98 de la segunda pieza de transición 95 y una parte interior de las paredes laterales del segundo pilote. Este espacio anular se puede enlechar formando una cámara de lechada. La cámara de lechada de la cimentación para turbina eólica es adecuada para recibir lechada. Como se usa el presente documento, el término lechada incluye cualquier material cementoso fraguable o mezcla de materiales fraguables. Se usa lechada para soportar la presente cimentación para turbina eólica.

[0067] Por tanto, se introduce lechada en el hueco entre la pieza de transición y la pared lateral interior del segundo pilote. Como resultado, la segunda pieza de transición 95 se puede fijar apropiadamente al segundo pilote 40. Posteriormente, se puede montar una nueva torre de turbina eólica (no mostrada) (y la correspondiente turbina eólica) en la segunda pieza de transición 95.

[0068] De forma alternativa, se puede montar una nueva torre de turbina eólica (no mostrada) (y la correspondiente turbina eólica) directamente sobre una brida de un segundo monopilote, es decir, sin una pieza de transición.

[0069] En resumen, una parte inferior de una torre de turbina eólica se puede disponer en el segundo pilote. En particular, una parte inferior de una torre de turbina eólica se puede disponer en el segundo pilote conectando una pieza de transición al segundo pilote y conectando la pieza de transición a la parte inferior de la torre de turbina eólica. En ejemplos, conectar una pieza de transición al segundo pilote comprende situar una parte inferior de la pieza de transición en un espacio formado entre una pared lateral interior del canal alargado y una pared lateral exterior del primer pilote. En otros ejemplos, conectar una pieza de transición al segundo pilote comprende insertar lechada en al menos una parte del espacio formado entre la pared lateral interior del canal alargado y la pared lateral exterior del primer pilote para conectar el segundo pilote a la pieza de transición.

[0070] En ejemplos, puede estar provisto, por tanto, un parque eólico que comprenda una pluralidad de turbinas eólicas montadas en cimientos como antes en el presente documento.

[0071] La figura 8 muestra esquemáticamente un diseño de parque eólico 90 que incluye una pluralidad de cimentaciones que soportan turbinas eólicas. Estas turbinas eólicas pueden ser relativamente antiguas. Estas turbinas eólicas antiguas pueden tener una tasa de potencia nominal relativamente baja en comparación con la turbina eólica del estado de la técnica. Cada cimentación (y su correspondiente torre y turbina eólica) puede ser igual o similar a la mostrada en la figura 3. El diseño mostrado en esta figura comprende setenta turbinas eólicas "antiguas" y/o "menos potentes" (cada punto negro 89 representa una turbina eólica, una torre y su correspondiente cimentación). Como se comenta anteriormente, cada una de estas turbinas eólicas menos potentes 89 se puede configurar para producir, por ejemplo, 2 MW. Como resultado, la potencia eléctrica proporcionada para dicho parque eólico puede ser de alrededor de 140 MW.

[0072] La figura 9 muestra un parque eólico 99 repotenciado modernizado con turbinas eólicas nuevas y más potentes usando un procedimiento como se describe antes en el presente documento. El parque eólico 90 de la figura 8 se ha repotenciado para convertirse en el parque eólico 99 repotenciado. En esta figura, el número de referencia 91 (puntos negros rodeados por un círculo) representa cimentaciones previamente instaladas modernizadas en las que se han montado turbinas eólicas más potentes y eficaces. El número de referencia 92 representa las ubicaciones de las turbinas eólicas instaladas previamente que se han retirado. En este ejemplo, ninguna turbina eólica está montada en las ubicaciones 92.

[0073] En algunos ejemplos, todas las cimentaciones 89 instaladas previamente se pueden modernizar para obtener cimentaciones para turbina eólica modernizadas para soportar turbinas eólicas más potentes y más pesadas.

[0074] En algunos ejemplos, una pluralidad de cimentaciones instaladas previamente se pueden modernizar para soportar nuevas turbinas eólicas y una pluralidad de cimentaciones instaladas todavía pueden soportar turbinas eólicas antiguas. Por tanto, el parque eólico puede comprender una pluralidad de nuevas turbinas eólicas montadas en las cimentaciones para turbina eólica modernizadas, es decir, comprender un segundo pilote que rodee al primer pilote, y una pluralidad de turbinas eólicas antiguas montadas en el primer pilote.

[0075] Las turbinas eólicas montadas en las cimentaciones para turbina eólica modernizadas 91 aprovechan, por ejemplo, las condiciones del viento favorables y/o las buenas condiciones del suelo del emplazamiento en alta mar en el que se instalaron las turbinas eólicas "antiguas". Por ejemplo, el parque eólico modernizado puede comprender cuarenta "nuevas" turbinas eólicas 91, cada turbina eólica configurada para producir 12 - 20 MW. Como resultado, el parque eólico 99 con cuarenta turbinas eólicas puede suministrar una potencia eléctrica de 480 MW - 800 MW. Por tanto, está claro que el parque eólico modernizado mostrado en la figura 9 está configurado para producir más potencia eléctrica en comparación con el parque eólico menos eficaz mostrado en la figura 8 y, todo esto, con menos turbinas eólicas formando parte del parque eólico modernizado.

[0076] Cabe señalar que las turbinas eólicas pueden requerir cables que puedan conectar la turbina eólica en alta mar a otras turbinas eólicas en alta mar o a un centro de control o a un centro de transformación en alta mar. A este respecto, una vez que están instaladas las nuevas turbinas eólicas en las cimentaciones previamente instaladas, las primeras partes de cable eléctrico conectadas a las turbinas eólicas "antiguas" del parque eólico se pueden sustituir por segundas partes de cable eléctrico conectadas a las segundas turbinas eólicas del parque eólico. En ejemplos, solo se sustituye una parte de las primeras partes de cable eléctrico.

[0077] En ejemplos, se proporciona un procedimiento para repotenciar un parque eólico en alta mar que comprende una pluralidad de primeras turbinas eólicas montadas en cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar. El procedimiento comprende: seleccionar una parte de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar que comprenden un primer pilote alargado en un lecho marino; instalar segundas turbinas eólicas en las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas, en el que las segundas turbinas eólicas tienen una mayor potencia nominal que las primeras turbinas eólicas, e instalar las segundas turbinas eólicas como se describe antes en el presente documento.

[0078] La figura 10 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de un procedimiento para modernizar una cimentación para turbina eólica que comprende un primer pilote sustancialmente alargado en el suelo.

[0079] El bloque 200 representa disponer un extremo inferior de un canal alargado de un segundo pilote sustancialmente alargado alrededor del primer pilote. El canal alargado se extiende sustancialmente a lo largo de una dirección longitudinal del segundo pilote. El canal está configurado para recibir al menos una parte del primer pilote. El segundo pilote puede ser el mismo que como se describe antes en el presente documento.

[0080] El bloque 201 representa hacer descender el segundo pilote de modo que el canal alargado rodee al menos a una parte del primer pilote. Por tanto, el segundo pilote puede rodear al primer pilote.

[0081] En el bloque 202, el segundo pilote se puede clavar en el suelo, por ejemplo, el lecho marino. El segundo pilote se puede taladrar en el suelo o en el lecho marino como se describe antes en el presente documento.

[0082] En algunos ejemplos, el procedimiento de la figura 10 puede comprender otras operaciones, por ejemplo, fijar el primer pilote al segundo pilote, de acuerdo con cualquiera de los ejemplos descritos en el presente documento.

[0083] Con una disposición de este tipo, puede estar provisto un segundo pilote que esté configurado para soportar una turbina eólica relativamente moderna y eficaz. Adicionalmente, esta nueva turbina eólica se puede instalar en la misma ubicación del primer pilote previamente instalado, es decir, una ubicación que puede ser óptima en términos de condiciones del suelo o del viento.

[0084] La figura 11 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de un procedimiento para repotenciar un parque eólico en alta mar que comprende una pluralidad de primeras turbinas eólicas montadas en cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar. Las primeras turbinas eólicas en alta mar comprenden primeros pilotes o monopilotes sustancialmente alargados clavados en el lecho marino.

[0085] El bloque 300 representa seleccionar una o más de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar.

[0086] En el bloque 301, se proporciona la retirada de las primeras turbinas eólicas en alta mar montadas en las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas. En algunos ejemplos, la retirada de las primeras turbinas eólicas en alta mar montadas en las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas puede comprender retirar las primeras piezas de transición fijadas a los primeros pilotes de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas.

[0087] En algunos ejemplos, una parte de los primeros pilotes seleccionados se puede cortar y retirar de la parte restante de los primeros pilotes seleccionados. Por tanto, las partes restantes todavía se pueden clavar en el lecho marino.

[0088] El bloque 302 representa disponer uno o más segundos pilotes alrededor de los primeros pilotes de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas.

[0089] En algunos ejemplos, disponer segundos pilotes alrededor de los primeros pilotes de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas puede comprender situar un extremo inferior de un canal alargado del segundo pilote que rodea a un extremo superior del primer pilote, extendiéndose el canal alargado sustancialmente a lo largo de una dirección longitudinal del segundo pilote para recibir al menos una parte del primer pilote.

[0090] En el bloque 303, se hacen descender los segundos pilotes para recibir los primeros pilotes de las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas. El primer pilote se puede insertar en un canal que se extiende a través de al menos una parte del segundo pilote.

[0091] En el bloque 304, se clavan los segundos pilotes en el lecho marino. En algunos ejemplos, el segundo pilote se puede fijar al primer pilote. Por tanto, se puede incrementar la capacidad de carga de la cimentación.

[0092] Finalmente, en el bloque 305, se instalan segundas turbinas eólicas en alta mar en los segundos pilotes. Las segundas turbinas eólicas tienen una mayor potencia nominal que las primeras turbinas eólicas.

[0093] En consecuencia, se puede repotenciar un parque eólico. Por tanto, la producción de potencia global se puede incrementar.

[0094] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo los modos de realización preferentes, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Si los signos de referencia relacionados con los dibujos están colocados entre paréntesis en una reivindicación, son exclusivamente para intentar incrementar la inteligibilidad de la reivindicación y no se interpretarán como limitantes del alcance de la reivindicación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para modernizar una cimentación para turbina eólica que comprende un primer pilote (31) sustancialmente alargado en el suelo, comprendiendo el procedimiento:
5 disponer (200) un extremo inferior de un canal (41) alargado de un segundo pilote (40) sustancialmente alargado alrededor del primer pilote (31), en el que el canal (41) alargado se extiende sustancialmente a lo largo de una dirección longitudinal del segundo pilote (40), y en el que el canal (41) está configurado para recibir al menos una parte del primer pilote (31);
10 hacer descender (201) el segundo pilote (40) de modo que el canal (41) alargado rodee al menos a una parte del primer pilote (31);
15 clavar (202) el segundo pilote (40) en el suelo (35).
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que disponer el extremo inferior del canal alargado del segundo pilote alrededor del primer pilote comprende:
20 fijar un elemento de sujeción al segundo pilote (40) para sujetar el segundo pilote;
 conectar un equipo de sustentación al elemento de sujeción para sustentar el elemento de sujeción;
 elevar el elemento de sujeción fijado al segundo pilote (40) a una posición sustancialmente vertical; y
25 disponer un extremo inferior (441) del segundo pilote (40) en o cerca de un extremo superior (312) del primer pilote (31).
3. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que disponer un extremo inferior del canal (41) alargado del segundo pilote (40) alrededor del primer pilote (31) comprende centrar el canal (41) alargado del segundo pilote con respecto al primer pilote (31).
30
4. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que el segundo pilote (40) tiene una conformación cilíndrica o una cónica.
- 35 5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que el primer pilote (31) se extiende desde un extremo superior (312) hasta un extremo inferior (311) definiendo una primera longitud y el segundo pilote (40) se extiende desde un extremo superior (442) hasta un extremo inferior (441) definiendo una segunda longitud, en el que la segunda longitud es más larga que la primera longitud.
- 40 6. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, que comprende además:
 disponer una parte inferior de una torre de turbina eólica (2) en el segundo pilote (40).
- 45 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que disponer una parte inferior de una torre de turbina eólica en el segundo pilote comprende conectar una pieza de transición (95) al segundo pilote (40) y conectar la pieza de transición (95) a la parte inferior de la torre de turbina eólica (2).
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que conectar una pieza de transición (95) al segundo pilote (40) comprende situar una parte inferior de la pieza de transición (95) en un espacio formado entre una pared lateral interior (80) del canal (41) alargado y una pared lateral exterior (81) del primer pilote (31).
50
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que conectar una pieza de transición (95) al segundo pilote (40) comprende insertar lechada en al menos una parte del espacio formado entre la pared lateral interior (80) del canal alargado del segundo pilote y la pared lateral exterior (81) del primer pilote (31) para conectar el segundo pilote a la pieza de transición.
55
10. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, que comprende además fijar el segundo pilote al primer pilote.
60
11. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, que comprende además retirar una pieza de transición (33) antigua conectada al primer pilote (31) antes de disponer el segundo pilote alrededor del primer pilote.
- 65 12. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, en el que la turbina eólica es una turbina eólica en alta mar y el suelo (35) es un lecho marino.

13. Un procedimiento para repotenciar un parque eólico en alta mar que comprende una pluralidad de primeras turbinas eólicas montadas en cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar, en el que las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar comprenden primeros pilotes (31) sustancialmente alargados clavados en el lecho marino (35); comprendiendo el procedimiento:
- 5 seleccionar una o más cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar,
- 10 retirar las primeras turbinas eólicas en alta mar montadas en las cimentaciones para primera turbina eólica en alta mar seleccionadas;
- modernizar las cimentaciones para turbina eólica en alta mar seleccionadas de acuerdo con la reivindicación 12; e
- 15 instalar segundas turbinas eólicas en alta mar (41) en las cimentaciones para turbina eólica en alta mar modernizadas, en el que las segundas turbinas eólicas tienen una mayor potencia nominal que las primeras turbinas eólicas.

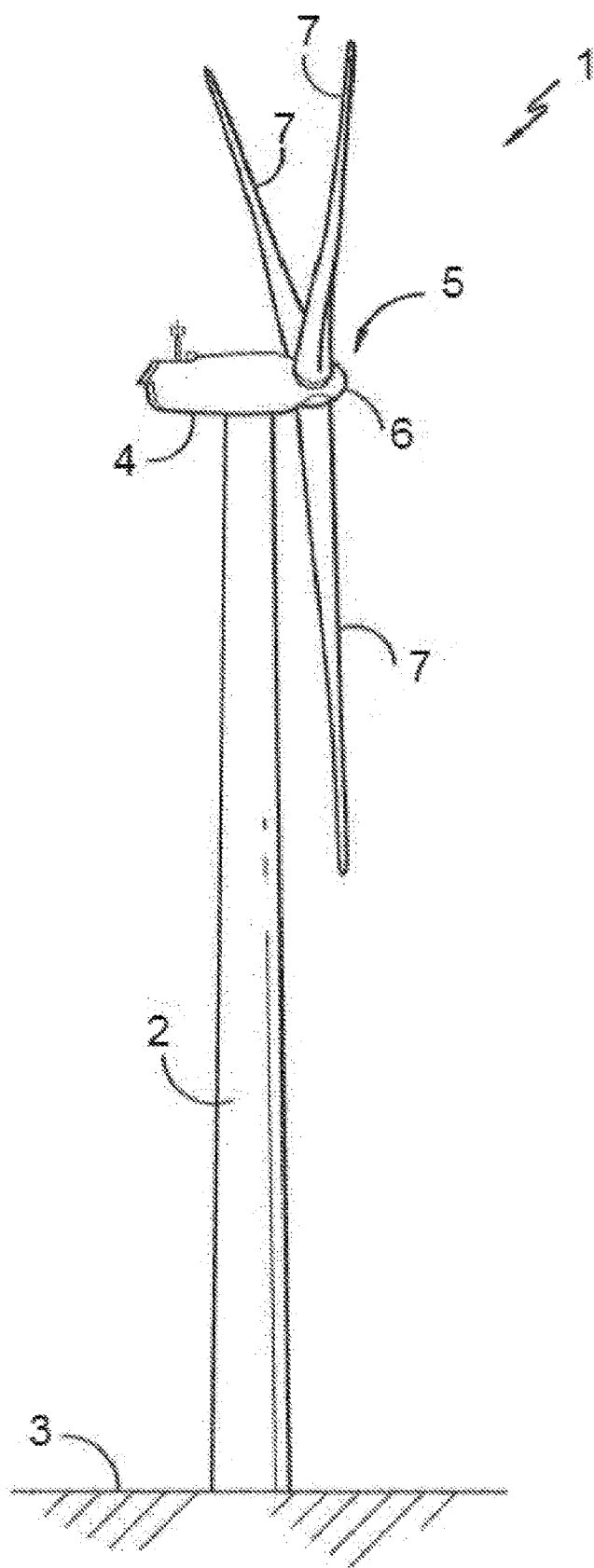


Figura 1

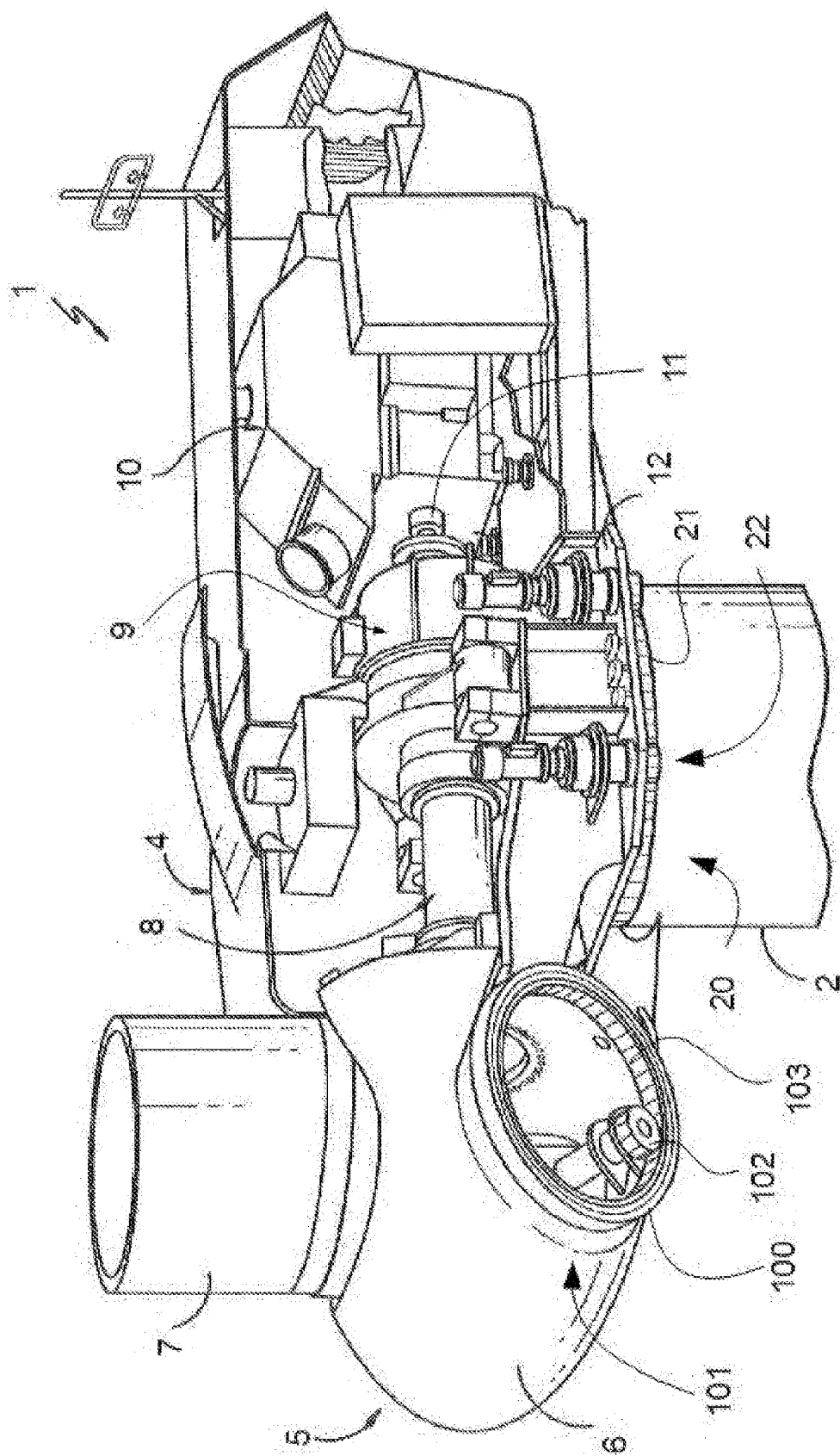


Figura 2

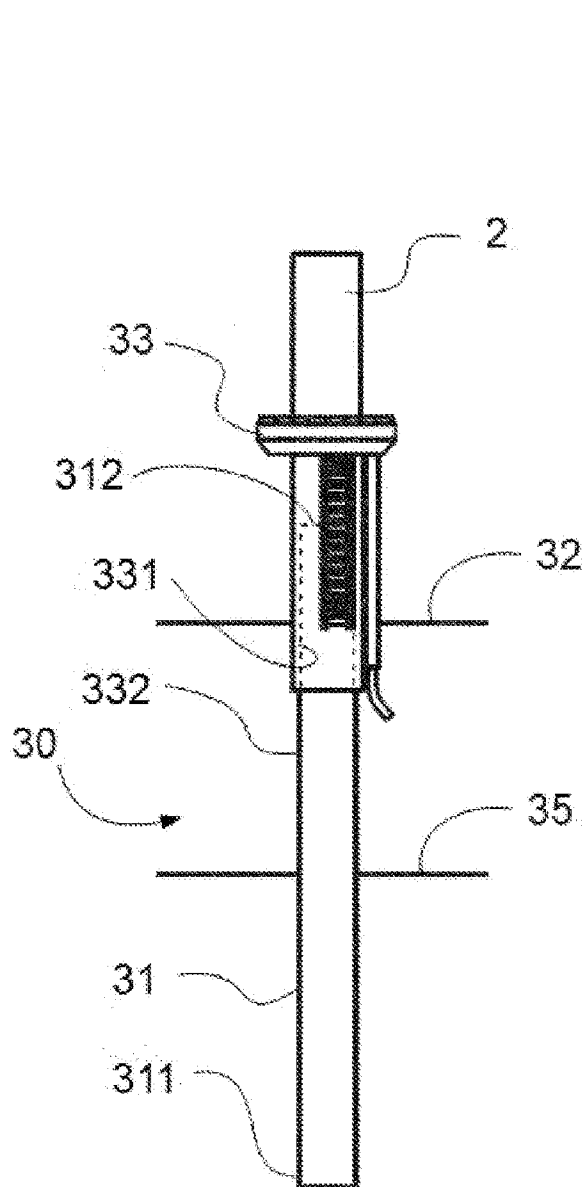


Figura 3

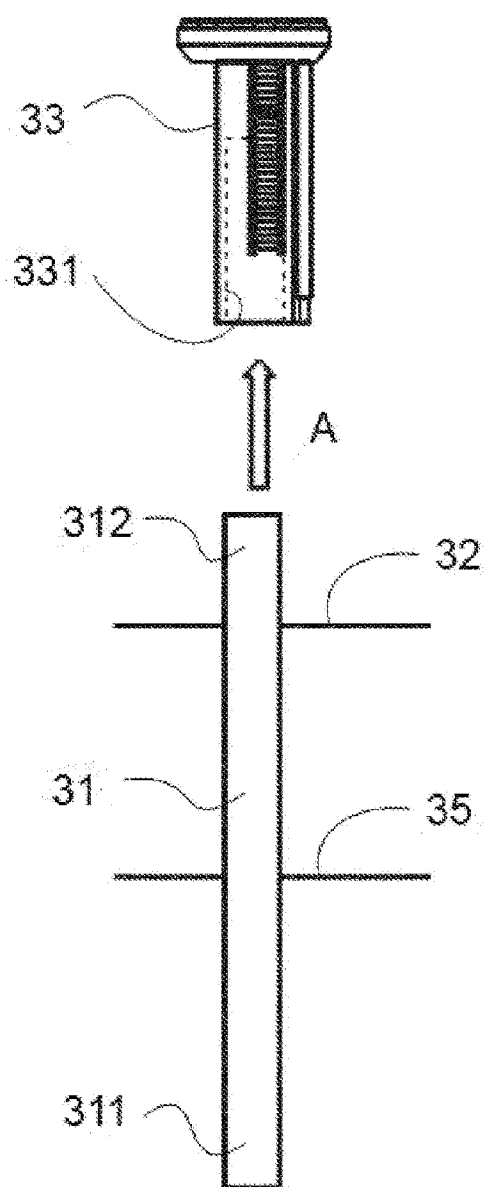


Figura 4

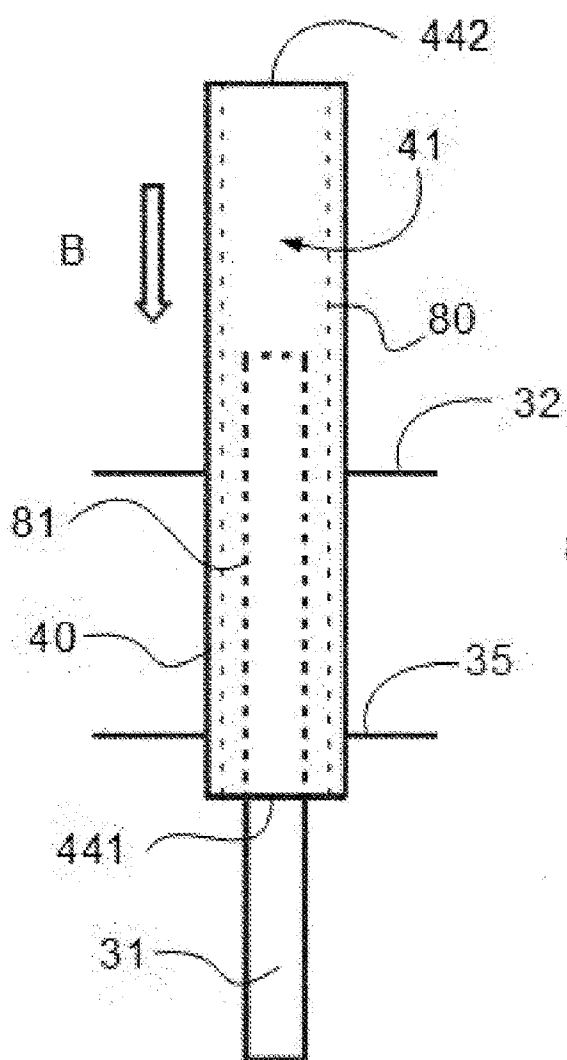


Figura 5

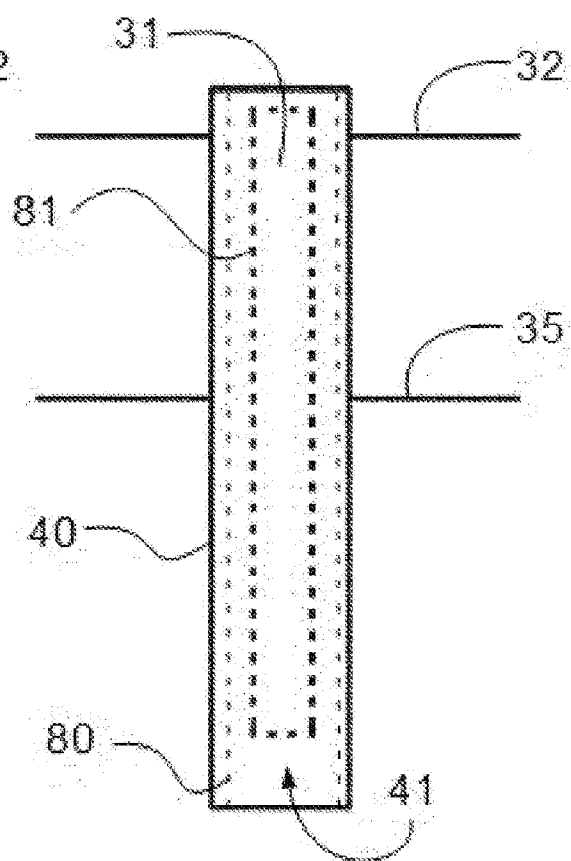


Figura 6

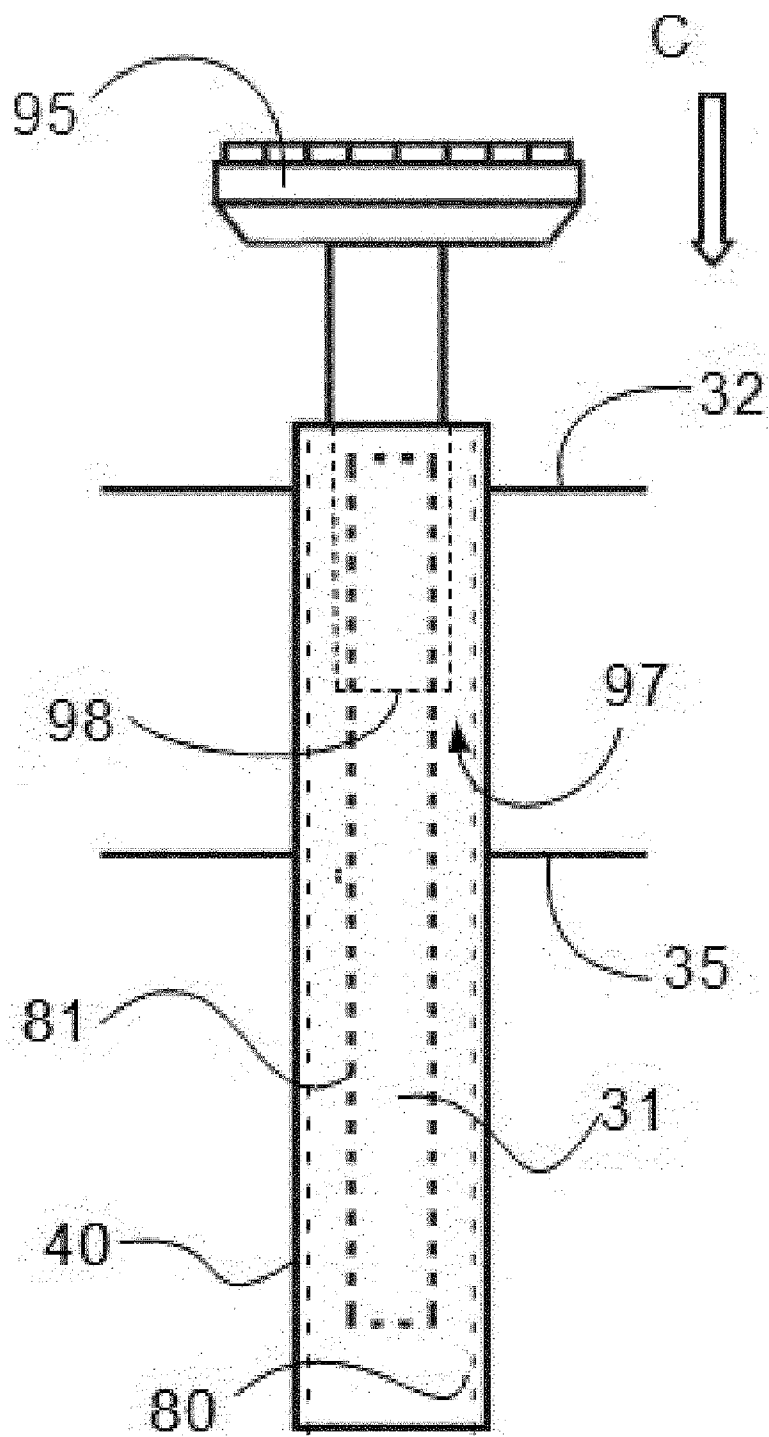


Figura 7

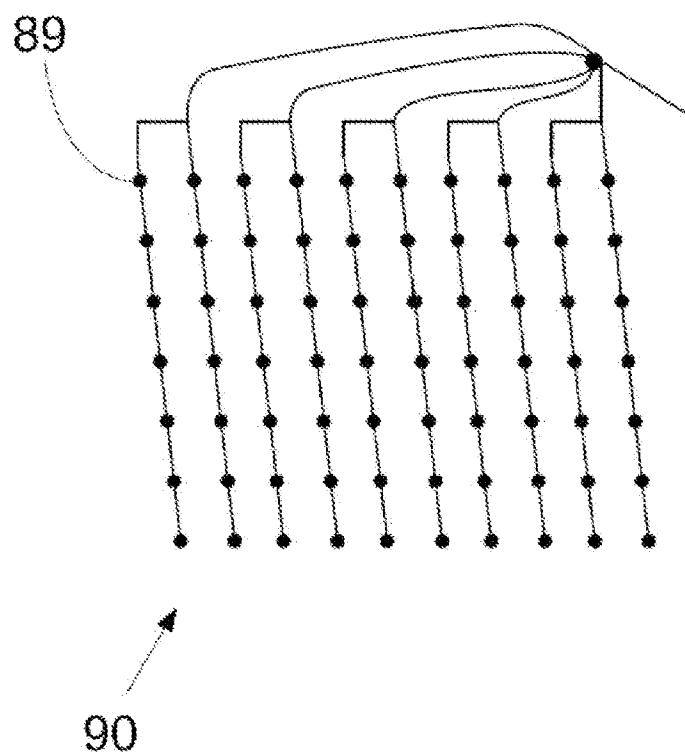


Figura 8

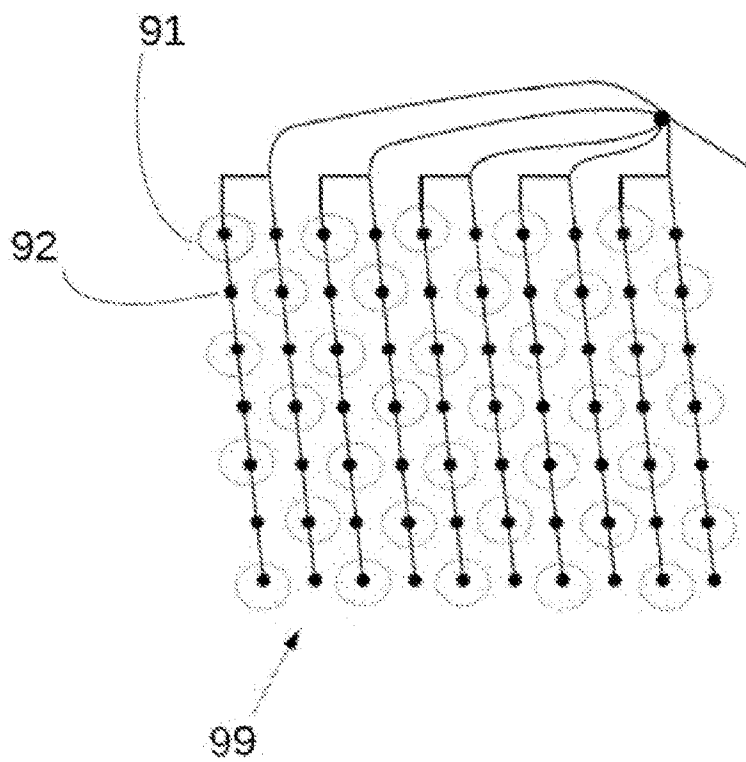


Figura 9

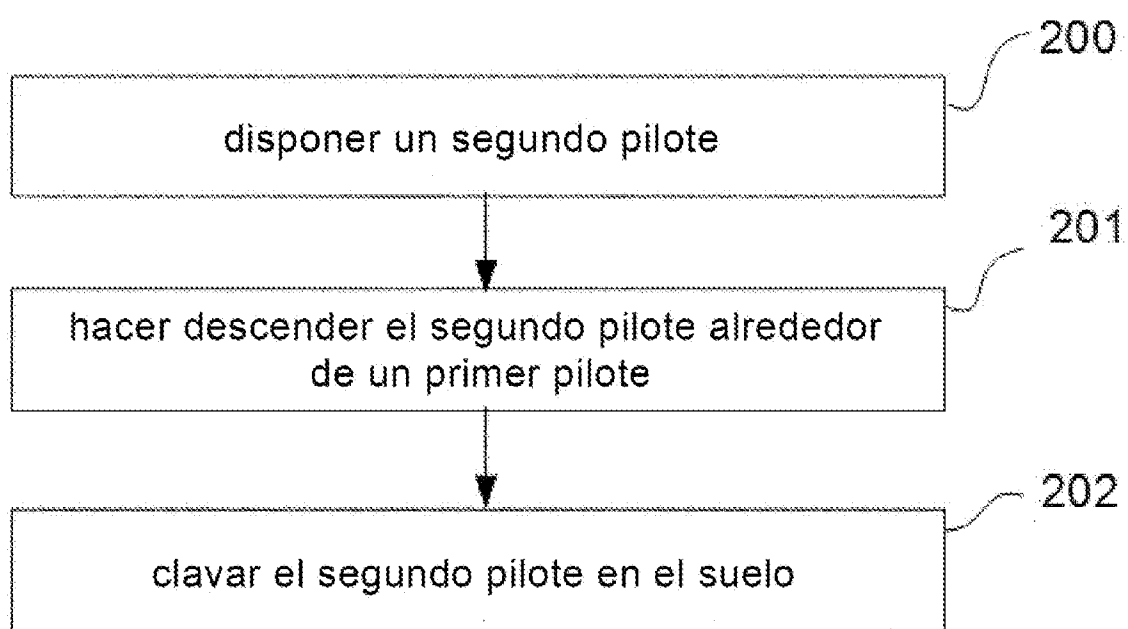


Figura 10

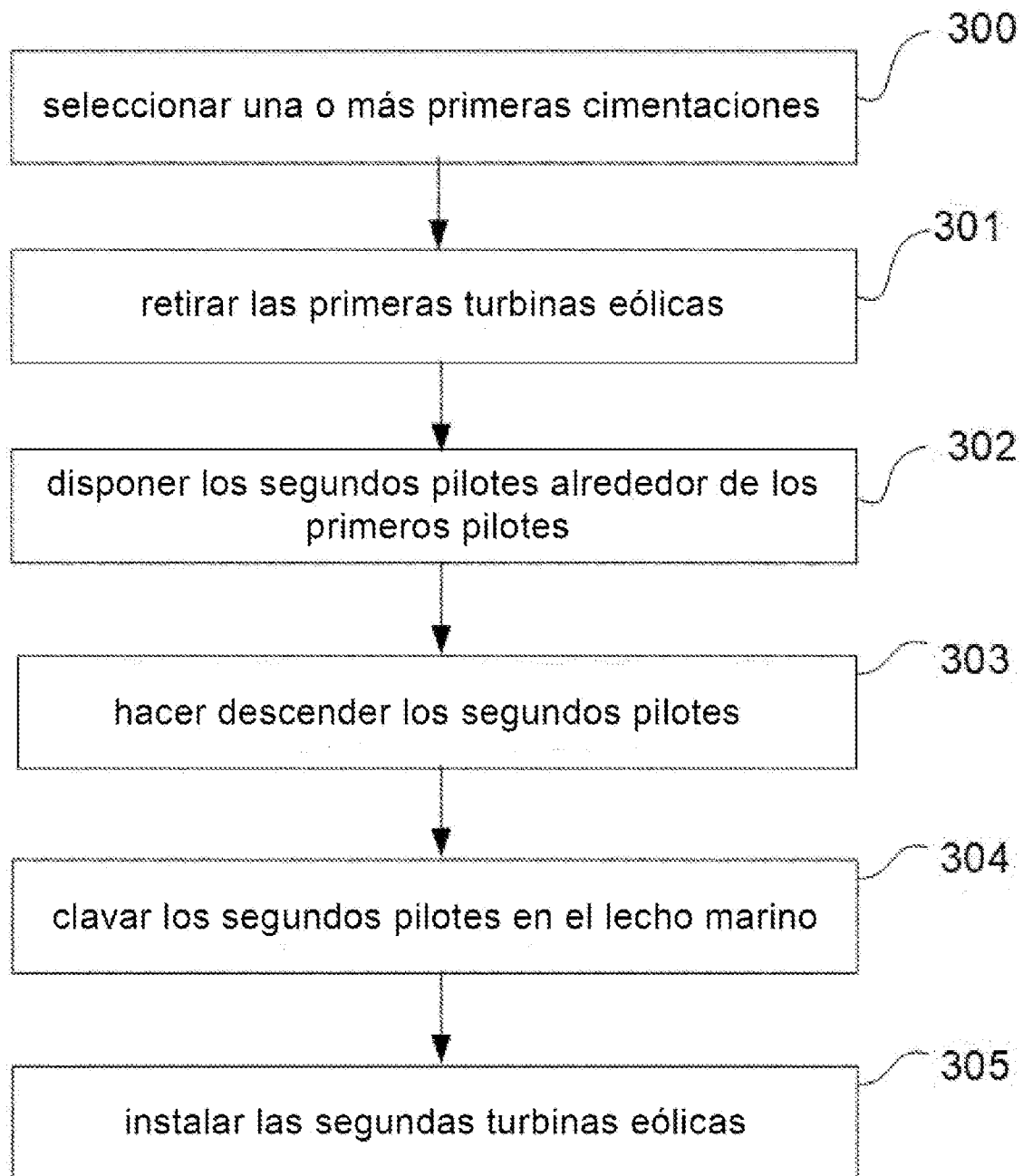


Figura 11