

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 504**

51 Int. Cl.:

E04H 12/20 (2006.01)

E02D 27/42 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

E04H 12/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2018** **E 18155120 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020** **EP 3521535**

54 Título: **Torre de turbina eólica y base de cimentación respectiva**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.03.2021

73 Titular/es:

METALVIX ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
(50.0%)

Rua João de Oliveira Soares, 120, Jardim
Camburi

29090-390 Vitória - ES, BR y

MCA TECNOLOGIA DE ESTRUTURAS LTDA
(50.0%)

72 Inventor/es:

BRANDÃO, JOSÉ EMÍLIO;

MONTENEGRO, CARLOS ALBERTO PINTO y

CALMON NOGUEIRA DA GAMA, CARLOS
AUGUSTO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 811 504 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

Torre de turbina eólica y base de cimentación respectiva

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una torre de turbina eólica y una base de cimentación respectiva, capaz de soportar altas cargas de los efectos de operación de la turbina eólica (particularmente en dirección horizontal) y el propio viento en la torre.

10

Antecedentes de la invención

El uso de torres para turbinas eólicas de eje horizontal no es reciente, y su desarrollo se ha visto impulsado desde la década de 1980. Para este tipo de turbina eólica, el mejor uso de la energía contenida en el viento se produce con torres de mayor altura, ya que el viento es generalmente más fuerte y menos turbulento bajo estas condiciones. La evolución de la tecnología de generación de energía eólica también ha aportado mayores dimensiones a los componentes de los sistemas conocidos, tales como el rotor, la torre y la cimentación. Las torres que soportan turbinas eólicas con una potencia de varios megavatios tienen actualmente alturas de 80 a 120 metros y superiores, y sus estructuras están hechas de acero (tubular o armado) u hormigón (reforzado y/o pretensado). Además, las torres de acero exclusivamente tubulares con alturas superiores a 100 m y potencias de la turbina > 2,0 MW están prácticamente descartadas debido al ancho de transporte de los segmentos de base (mayor que 4,30 m de diámetro). Por lo tanto, para torres altas (que alcanzan 130 m de altura de cubo para una turbina eólica de 5 MW), la solución más económica actualmente es un diseño de torre híbrida, que consiste de una torre de hormigón pretensado (hasta h= 120 m) y un segmento superior de acero tubular que soporta la góndola con el rotor.

25

Sus bases están construidas con cimentaciones directas o indirectas de hormigón de grandes dimensiones. Aunque las cimentaciones de hormigón actuales cumplen las funciones para las que están destinadas, con diferentes tipos de formato (cuadrado, poligonal, circular y anular), representan grandes dimensiones y un gran volumen de hormigón y el peso de las barras de acero de refuerzo, debido a los momentos altos transferidos desde la torre a la base de cimentación, en alrededor de los 280 metros cúbicos para torres de 80 metros de altura con turbinas con una turbina que tiene una potencia nominal de aproximadamente 1,5 megavatios (refuerzo pasivo que pesa alrededor de 17 toneladas), hasta 1.500 metros cúbicos para torres de 100 metros de altura con una turbina con una potencia nominal de alrededor de 5 megavatios (refuerzo pasivo que pesa alrededor de 130 toneladas).

35

Las grandes dimensiones de los parques eólicos y la gran cantidad de turbinas eólicas, que tienen que estar separadas por un mínimo de la extensión longitudinal de la torre y una distancia tres veces el diámetro del rotor, son dos de los inductores de costos más importantes durante la construcción y operación de parques eólicos. Dadas estas características técnicas, las bases para soportar las torres de turbinas eólicas existentes representan los altos costos de producción, ensamblaje, transporte y construcción de torres de turbinas eólicas.

40

Las bases de cimentación de las torres de turbinas eólicas actuales causan algunos inconvenientes en los procedimientos de instalación, tales como:

- gran volumen de excavación y relleno debido a las dimensiones actuales de la cimentación;
- costo de refuerzo, material y mano de obra;
- mayor tiempo de producción, transporte y ejecución;
- se requiere un gran volumen de hormigón (puede requerir refrigeración para combatir el agrietamiento térmico);
- grandes cantidades de pilotes, cuando las condiciones geotécnicas del suelo del sitio requieren cimentaciones profundas

50

Todos los elementos mencionados anteriormente tienen un impacto significativo en los costos de implementación del parque eólico (en el intervalo de 20-30 %), entonces los desarrolladores del parque eólico han realizado muchos esfuerzos e iniciativas para minimizar estos costos. Este es el principal impulsor de la invención sometido a este proceso y se describe a continuación.

55

Los ejemplos de genéricos de bases para el soporte de una turbina eólica se dan en los documentos US 2014/0237914 A1, US 2,213,870 A o WO 2016/140892 A1. Los ejemplos de estructuras de torres con elementos de tracción se describen en los documentos WO 2012/127467 A1 o JP 2001 355351 A.

60

Principio estructural de rigidez a la flexión

Un enfoque para minimizar los inconvenientes mencionados es reducir las columnas centrales reales de las torres de turbinas eólicas con respecto a la rigidez a la flexión y prever estructuras de refuerzo en forma de cables de anclaje para compensar dicha falta de rigidez a la flexión. Una torre de turbina eólica de este tipo se describe de manera ejemplar en el documento DE 103 09 825 A1.

65

Sin embargo, la desventaja de las torres eólicas con estructuras de refuerzo de acuerdo con el estado de la técnica es que dichas estructuras de refuerzo con cables de anclaje soportan las columnas centrales respectivas solo a alturas únicas. Dichas estructuras de refuerzo no son capaces de evitar la flexión a varias alturas de las columnas centrales.

5 Por lo tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar una base reforzada para soportar una torre de turbina eólica que sea capaz de evitar la flexión a varias alturas de la columna central.

10 Este objeto se resuelve por una base de acuerdo con la reivindicación 1. Los avances ventajosos son materia de las reivindicaciones dependientes.

La presente invención se refiere a una base para soportar una torre de turbina eólica. La base comprende una columna central, preferentemente tubular.

15 En una parte inferior de la columna central se proporciona una cimentación de la columna central. Por medio de dicha cimentación de la columna central, la columna central puede fijarse al suelo. Preferentemente, la cimentación de la columna central se realiza mediante un collar, yugo o brida.

20 En una parte superior de la columna central, opuesta a la parte inferior, se une una turbina eólica. La turbina eólica está unida a la parte superior de la columna, de manera que un eje de rotación de la turbina se fija con respecto a la base o que el eje de rotación de la turbina sea móvil, especialmente giratorio con respecto a la base.

25 Entre su parte inferior y su parte superior, la columna central se proporciona con una porción de soporte para elementos estructurales de tracción superior inclinados flexibles, que en lo sucesivo se denominará porción de soporte del elemento estructural de tracción. Los elementos estructurales de tracción superior inclinados flexibles están formados preferentemente por barras cilíndricas tubulares con preferentemente un perfil circular. Los extremos superiores, es decir, aquellos extremos que están más alejados del suelo, de los elementos estructurales de tracción superior están unidos a la porción de soporte del elemento estructural de tracción de la columna central. "Flexible" significa en este contexto que la rigidez a la flexión es muy pequeña en comparación con su rigidez extensional.

30 "Inclinado" significa que los elementos estructurales de tracción se extienden en una dirección no paralela a la dirección de la extensión longitudinal o el eje de la columna central. Los extremos superiores de los elementos estructurales de tracción superior están unidos preferentemente a la columna central por medio de juntas articuladas. En caso de que los elementos estructurales de tracción superior sean tubos o barras, puede usarse una conexión de bisagra o placas de anclaje con tuercas hexagonales en lugar de articulaciones de rótula. La porción de soporte del elemento estructural de tracción puede ser un elemento unido a la columna central o puede formarse integralmente con la columna central.

35 Alrededor de la cimentación de la columna central, se proporcionan cimentaciones adicionales, preferentemente más pequeñas, para elementos estructurales de tracción, en lo sucesivo denominadas cimentaciones de elementos estructurales de tracción. Por medio de dichas cimentaciones de elementos estructurales de tracción, los elementos estructurales de tracción, como alambres, cables de acero u otros elementos flexibles, pueden fijarse al suelo independientemente de la cimentación de la columna central. Las cimentaciones del elemento estructural de tracción se pueden realizar mediante elementos de tipo estaca. Otros dispositivos de anclaje también están dentro del ámbito de la presente invención.

45 La base de acuerdo con la presente invención se caracteriza generalmente por elementos estructurales de compresión rígidos a la flexión que se extienden horizontalmente preferentemente, así como también, elementos estructurales de tracción inferior flexibles que se extienden de manera vertical preferentemente.

50 "Rígido a la flexión" significa en este contexto que los elementos estructurales de compresión son capaces de resistir o transmitir fuerzas de compresión opuestas a los elementos estructurales de tracción superior e inferior, que no son capaces de resistir o transmitir fuerzas de compresión o que simplemente son capaces de resistir o transmitir fuerzas de compresión muy pequeñas.

55 Los elementos estructurales de compresión están dispuestos dentro de la base de tal manera que cada extremo inferior de los elementos estructurales de tracción superior, es decir, el extremo que está más cerca del suelo, está unido a un elemento estructural rígido de compresión respectivo. Este elemento estructural de compresión conecta dicho extremo inferior del elemento estructural de tracción superior con una porción de soporte del elemento estructural de compresión de la columna central. La porción de soporte del elemento estructural de compresión está ubicada entre la porción de soporte del elemento estructural de tracción y la cimentación de la columna central. La porción de soporte del elemento estructural de compresión puede ser un elemento unido a la columna central o puede formarse integralmente con la columna central.

65 Los elementos estructurales de tracción inferior están dispuestos dentro de la base de tal manera que cada extremo inferior de los elementos estructurales de tracción superior está unido a un elemento estructural de tracción inferior

respectivo. Este elemento estructural de tracción inferior conecta dicho extremo inferior del elemento estructural de tracción superior respectivo con una de las cimentaciones del elemento estructural de tracción.

5 Al igual que los elementos estructurales de tracción superior, los elementos de tracción inferior son preferentemente barras cilíndricas circulares tubulares. Las realizaciones con alambres o cables de acero también están dentro del ámbito de la presente invención.

10 Las conexiones de las cimentaciones del elemento estructural de tracción con los elementos estructurales de tracción inferior, de los elementos estructurales de tracción inferior con los elementos estructurales de tracción superior y de los elementos estructurales de compresión con los elementos estructurales de tracción superior e inferior, respectivamente, se realizan preferentemente mediante conexiones articuladas. En caso de que los elementos estructurales de tracción superior e inferior sean tubos o barras, puede usarse una conexión de bisagra o placas de anclaje con tuercas hexagonales en lugar de articulaciones de rótula.

15 Al proporcionar los elementos estructurales de compresión, es posible soportar la columna central a una altura adicional además de la altura de la porción de soporte del elemento estructural de tracción.

20 Además, es posible disponer la dirección de las fuerzas de rodamiento en las cimentaciones del elemento estructural de tracción sin cambiar la posición de las cimentaciones del elemento estructural de tracción determinando la longitud de los elementos estructurales de compresión según se desee. Por lo tanto, es posible adaptar las direcciones de las fuerzas de rodamiento en las cimentaciones del elemento estructural de tracción de acuerdo con las condiciones del suelo respectivo.

25 En este contexto, se puede afirmar que preferentemente los elementos estructurales de tracción inferior tienen la misma longitud, que preferentemente todos los elementos estructurales de tracción superior tienen la misma longitud y que preferentemente todos los elementos estructurales de compresión tienen la misma longitud. Sin embargo, también está dentro del ámbito de la invención proporcionar a la base elementos estructurales de tracción y de compresión con longitudes diferentes respectivas.

30 Los elementos estructurales de compresión están conectados mediante bisagras a la porción de soporte del elemento estructural de compresión.

35 Una conexión articulada entre los elementos estructurales de compresión y la porción de soporte del elemento de compresión puede facilitar los aspectos de la ejecución y el ensamblaje de la estructura.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, la base comprende al menos tres elementos estructurales de tracción superior, tres elementos estructurales de tracción inferior, tres elementos estructurales de compresión y tres cimentaciones de elementos estructurales de tracción.

40 En caso de que los tres elementos estructurales de tracción superior estén dispuestos de tal manera que ninguno de los tres elementos estructurales de tracción superior se encuentren en el mismo plano imaginario que uno de los otros elementos estructurales de tracción superior, los tres elementos estructurales de tracción inferior están dispuestos de tal manera que ninguno de los tres elementos estructurales de tracción inferior se encuentren en el mismo plano imaginario que uno de los otros elementos estructurales de tracción inferior y los tres elementos
45 estructurales de compresión están dispuestos de tal manera que ninguno de los tres elementos estructurales de compresión se encuentren en el mismo plano imaginario que uno de los otros elementos estructurales de compresión, la columna central puede ser reforzada en todas las direcciones laterales paralelas al suelo.

50 De acuerdo con otro aspecto de la invención, cada extremo inferior de los elementos estructurales de tracción superior está conectados a los extremos inferiores respectivos de los elementos estructurales de tracción superior vecinos a través de elementos estructurales laterales externos respectivos de tal manera que todos los elementos estructurales laterales externos formen un espacio anular exterior alrededor de la columna central.

55 Cuando una torre de turbina eólica con la base de cimentación de acuerdo con la invención se expone a una carga de viento lateral, la columna central puede doblarse y los elementos estructurales de tracción, así como también los elementos estructurales de compresión pueden desviarse en dirección lateral. Al proporcionar los elementos estructurales laterales externos, dicha desviación lateral se minimiza. Con los elementos estructurales laterales externos que forman una estructura anular, los elementos estructurales laterales se realizan como elementos esencialmente capaces de soportar fuerzas de compresión o como elementos esencialmente capaces de soportar
60 fuerzas de tracción. Por lo tanto, se logra una buena integridad estructural a un costo comparablemente bajo.

Hay otros aspectos relevantes de la invención, como se describió en los elementos más abajo:

65 (i) Las porciones centrales de los elementos estructurales de compresión están conectadas entre sí a través de elementos estructurales laterales internos, de tal manera que todos los elementos estructurales laterales internos formen un espacio anular interior alrededor de la columna central.

Estos elementos estructurales laterales internos pueden evitar el pandeo de los elementos estructurales de compresión durante las cargas de viento lateral sobre la base, lo que mejora aún más la integridad estructural de una base de acuerdo con la invención.

(ii) Los elementos estructurales laterales internos y los elementos estructurales laterales externos son elementos pretensados indirectamente y los elementos estructurales laterales externos son capaces de soportar fuerzas de compresión.

(iii) Los elementos estructurales de tracción superior y/o los elementos estructurales de tracción inferior son elementos flexibles pretensados.

Cuando los elementos estructurales de tracción superior y/o inferior son elementos flexibles pretensionados, una flexión inducida por la carga del viento de la columna central inicialmente causa principalmente un cambio de la pretensión en los elementos estructurales de tracción superior y/o inferior y solo deformaciones marginales de dichos elementos.

(iv) Al menos uno de los elementos flexibles comprende un tensor para inducir y adaptar una pretensión dentro del elemento flexible.

El tensor hace posible mantener el elemento flexible respectivo y partes de la estructura adyacentes a dicho elemento pretensado durante deformaciones mayores de la base. Además, el modo propio de la torre de turbina eólica se puede cambiar para evitar la estimulación de la oscilación inducida por la carga del viento de la torre de turbina eólica. En una realización mejorada adicional, el tensor también puede tener características para influir en el comportamiento de amortiguación del elemento respectivo.

(v) La porción de soporte del elemento estructural de tracción y/o la porción de soporte del elemento estructural de compresión de la columna central se realiza mediante un anillo que está unido al resto de la columna central.

Dado que la porción de soporte del elemento estructural de tracción y/o la porción de soporte del elemento estructural de compresión es un anillo que se puede unir al resto de la porción central, cada torre de turbina eólica común de acuerdo con el estado de la técnica puede modificarse para ser soportada por una base de acuerdo con la presente invención.

(vi) La base comprende más de una porción de soporte del elemento estructural de tracción y, en consecuencia, más de un conjunto de elementos estructurales de tracción superior y elementos estructurales de tracción inferior, respectivamente, así como también más de una porción de soporte del elemento estructural de compresión y, en consecuencia, más de solo un conjunto de elementos estructurales de compresión.

Por lo tanto, la columna central puede estar soportada en más de solo dos alturas clave, haciendo posible adaptar la estructura de refuerzo al comportamiento oscilante esperado de la columna central no reforzada más específicamente.

La presente invención se refiere a una torre de turbina eólica que comprende una base de cimentación de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores.

Finalmente, es relevante considerar que una parte superior de la torre de turbina eólica es un módulo estandarizado o consiste en módulos estandarizados. Cuando se construye una turbina eólica juntando la base de cimentación y la sección inferior de la torre de acuerdo con la presente invención y una parte superior estandarizada de una torre de turbina eólica, la base básicamente reemplaza una base desventajosa de acuerdo con el estado actual de la técnica. Por lo tanto, las ventajas de la presente invención pueden obtenerse sin verse obligados a cambiar todo el sistema, sino solo la sección inferior de la torre y la base de cimentación, que están optimizadas, manteniendo la parte superior sin cambios.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor en base a la divulgación de los dibujos adjuntos donde:

- La Figura 1 ilustra una vista lateral del estado de la técnica, con una torre de turbina eólica tubular de metal compuesta de segmentos más pequeños y su cimentación en hormigón para soportar la turbina eólica de eje horizontal,
- La Figura 2 ilustra una variación de una torre de acuerdo con la presente invención, y
- La Figura 3 es una yuxtaposición contrastante de un estado de la técnica de torre de turbina eólica (Figura 3A) y una torre de turbina eólica de acuerdo con la presente invención (Figura 3B).

Descripción detallada de los dibujos

La Figura 1 representa una columna central 2 de una torre de turbina eólica tubular de metal 1 del estado actual de la técnica (véase la Figura 3), que comprende secciones de acero más pequeñas 4, con un peso total de aproximadamente 125 toneladas para torres de 80 metros con turbinas eólicas con una potencia nominal de alrededor de 1,5 megavatios. Una cimentación circular 6 de la columna central 2 en el ejemplo, está hecha de un bloque de hormigón con un volumen de aproximadamente 280 metros cúbicos.

La Figura 2 muestra una base 8 de acuerdo con la presente invención; La base 8 consiste esencialmente en una columna central cónica 10, dieciséis elementos estructurales de tracción superior 12, dieciséis elementos estructurales de tracción inferior 14, dieciséis elementos estructurales de compresión 16, dieciséis elementos

estructurales laterales externos 18, dieciséis elementos estructurales laterales internos 20, dieciséis cimentaciones de elementos estructurales de tracción 22, dieciséis elementos estructurales de tracción superior para las juntas de la columna central 24, dieciséis juntas de elementos estructurales 26, dieciséis elementos estructurales de compresión para juntas de la columna 28, dieciséis elementos estructurales de tracción inferior para juntas de cimentación 30 y treinta y dos elementos estructurales de compresión para juntas de elemento estructural lateral interno 32.

La columna central 10 es básicamente un tubo metálico cónico 34 que está fijado a una cimentación de la columna central de hormigón 36. En el borde inferior del tubo 34, donde la sección transversal del tubo 34 es más grande que en el borde superior, se proporciona una brida 38. Los nervios 40 en dicho borde inferior refuerzan la transición entre el tubo 34 y la brida 38. Una abertura 42 por encima de la brida 38 asegura el acceso al interior del tubo 34, especialmente por razones de instalación.

La cimentación de la columna central 36 es similar a la cimentación de la columna central 6 del estado de la técnica representada en la Figura 1, es decir, la cimentación de la columna central 36 es una brida con una sección transversal circular. Sin embargo, las dimensiones radiales de la cimentación de la columna central 36 son más pequeñas que las dimensiones radiales de cimentación de la columna central 6 del estado de la técnica.

El tubo de metal 34 está conectado a la cimentación de la columna central 36 por medio de husillos no representados.

Alternativamente a la presente realización, también es posible usar un tubo de un material diferente en lugar del metal. Especialmente los compuestos de carbono o vidrio pueden ser ventajosos. El tubo 34 puede no ser cónico, sino circularmente cilíndrico. También puede ser posible realizar el tubo 34 y la cimentación de la columna central 36 mediante un único elemento que consiste del mismo material, por ejemplo, metal u hormigón.

En una porción cercana al borde superior del tubo 34, se proporciona una porción de soporte del elemento estructural de tracción 44 en el tubo 34. La porción de soporte del elemento estructural de tracción 44 es un anillo de metal soldado a la superficie exterior del tubo 34 que comprende dieciséis puertos para el elemento estructural de tracción superior para las juntas de la columna central 24. Dichos dieciséis puertos están ubicados a la misma altura y están distribuidos uniformemente alrededor de la circunferencia exterior del anillo de metal.

En una porción entre la porción de soporte del elemento estructural de tracción 44 y la cimentación de la columna central 36 se proporciona una porción de soporte del elemento estructural de compresión 46. Al igual que la porción de soporte del elemento estructural de tracción 44, la porción de soporte del elemento estructural de compresión 46 es un anillo de metal soldado a la superficie exterior del tubo 34. La porción de soporte del elemento estructural de compresión 46 comprende dieciséis puertos para el elemento estructural de compresión para las juntas de las columnas 28. Dichos dieciséis puertos están ubicados a la misma altura y están distribuidos uniformemente alrededor de la circunferencia exterior del anillo de metal. La distancia entre la porción de soporte del elemento estructural de compresión 46 y la porción de soporte del elemento estructural de tracción 44 es aproximadamente dos veces mayor que la distancia entre la porción de soporte del elemento estructural de compresión 46 y la cimentación de la columna central 36.

La porción de soporte del elemento estructural de tracción 44 y la porción de soporte del elemento estructural de compresión 46 pueden formarse de manera integral alternativamente con el tubo 34.

Los elementos estructurales de tracción superior 12 están unidos al tubo 34 por medio del elemento estructural de tracción superior para las juntas de la columna central 24. El elemento estructural de tracción superior para las juntas de la columna central 24 se realizan mediante conexiones articuladas.

Los elementos estructurales de compresión 16 están unidos al tubo 34 por medio del elemento estructural de compresión para las juntas de la columna central 28. El elemento estructural de compresión para las juntas de columna central 28 son conexiones articuladas, es decir, son capaces de transferir la traslación en todas y cada una de las direcciones. Los elementos estructurales de compresión 16 sobresalen del tubo 34 en una dirección perpendicular a una dirección longitudinal del tubo 34. En otras palabras, los elementos estructurales de compresión 16 se extienden radialmente hacia fuera desde el tubo 34 paralelo a la superficie del suelo que rodea la cimentación de la columna central 36, con la condición de que esta superficie sea plana.

Los elementos estructurales de tracción superior 12 se extienden inclinados hacia abajo hacia los extremos exteriores de los elementos estructurales de compresión 16. Por lo tanto, cada elemento estructural de tracción superior 12 forma junto con el elemento estructural de compresión 16 respectivo y la porción del tubo 34 entre la porción de soporte del elemento estructural de tracción 44 y la porción de soporte del elemento estructural de compresión 46 un triángulo rectangular. En otras palabras, los elementos estructurales de tracción superior 12 y los elementos estructurales de compresión 16 contornean un cono truncado imaginario con los elementos estructurales de tracción superior 12 que se encuentran en la superficie lateral y los elementos estructurales de compresión 16 que se encuentran en el área superficial de la parte inferior del cono truncado imaginario.

Cada una de las juntas de elementos estructurales 26 conecta uno de los extremos inferiores de los elementos estructurales de tracción superior 12 con el extremo exterior del elemento estructural de compresión respectivo 16 y con el extremo superior del elemento estructural de tracción inferior respectivo 14.

5 Cada uno de los elementos estructurales laterales externos 18 conecta dos juntas de elementos estructurales adyacentes 26 de modo que todos los elementos estructurales laterales externos 18 formen un espacio anular alrededor de la columna central 10. Dicho espacio anular esencialmente contornea el área superficial de la parte inferior del cono truncado imaginario mencionado anteriormente.

10 Cada uno de los elementos estructurales laterales internos 20 conecta las porciones medias de dos elementos estructurales de compresión vecinos 16 de manera que todos los elementos estructurales laterales internos 20 formen un espacio anular alrededor de la columna central 10. Dicho espacio anular es concéntrico al espacio anular de los elementos estructurales laterales externos 18 y se encuentra en el área superficial de la parte inferior del cono truncado imaginario mencionado anteriormente. Ambos extremos de cada elemento estructural lateral interno 20
15 están unidos a las porciones medias respectivas del elemento estructural de compresión 16 a través del elemento estructural de compresión para las juntas del elemento estructural lateral interno 32.

El elemento estructural de compresión para las juntas del elemento estructural lateral interno 32 son conexiones rígidas, es decir, son capaces de transferir rotaciones y traslación en todas y cada una de las direcciones.

20 Las juntas del elemento estructural 26 están conectadas rígidamente a los respectivos elementos estructurales de compresión 16. Con respecto al elemento estructural de tracción superior respectivo 12 y el elemento estructural de tracción inferior respectivo 14, cada junta de elemento estructural 26 actúa como una junta articulada, es decir, al menos en una dirección de rotación no se puede transferir desde uno de los elementos estructurales de tracción superior 12 al elemento estructural de compresión respectivo 16 ni desde uno de los elementos estructurales de tracción inferior 14 hasta el elemento estructural de compresión 12 respectivo.
25

Los elementos estructurales de tracción inferior 14 se extienden directamente hacia abajo desde las juntas de elementos estructurales 26 hacia las cimentaciones de elementos estructurales de tracción 22. En otras palabras, los elementos estructurales de tracción inferior 14 son paralelos al eje longitudinal del tubo 34.
30

Cada extremo inferior de los elementos estructurales de tracción 14 están conectados a la cimentación de elemento estructural de tracción 22 respectivo por medio de uno de los elementos estructurales de tracción inferior a las juntas de cimentación 30. Dicho elemento estructural de tracción inferior a las juntas de cimentación 30 son conexiones articuladas. Cada elemento estructural de tracción inferior comprende un tensor 48. Por medio de los tensores 48, todo el sistema de los elementos estructurales de tracción superior e inferior 12 y 14, así como también los elementos estructurales de compresión 16 se pueden pretensar para mejorar la rigidez de la base 8. Con el fin de evitar la estimulación de la oscilación de la base 8 y una torre de turbina eólica completa 50 (véase la Figura 3) con la base 8, respectivamente, puede ser ventajoso inducir diferentes pretensiones en los diferentes elementos estructurales de tracción inferior 14.
35
40

Cada cimentación del elemento estructural de tracción 22 es básicamente una versión pequeña de la cimentación de la columna central 36, es decir, un elemento en forma de disco que está enterrado en el suelo, excepto que su longitud es mucho mayor que la sección transversal y el elemento se somete a tracción.
45

Todos los elementos estructurales de tracción superior e inferior 12 y 14 se realizan mediante tubos metálicos huecos con secciones transversales circulares en forma de anillo o barras metálicas macizas con secciones transversales circulares. Todos los elementos estructurales de compresión 16, así como también todos los elementos estructurales laterales exterior e interior 18 y 20, se realizan mediante tubos metálicos huecos con secciones transversales circulares en forma de anillo.
50

La Figura 3 ilustra una comparación de la torre de turbina eólica 50 que comprende la base 8 de acuerdo con la invención (véase la Figura 3B) con una torre de turbina eólica de acuerdo con el estado de la técnica (véase la Figura 3A).
55

Tanto la torre de turbina eólica de acuerdo con el estado de la técnica como la torre de turbina eólica de acuerdo con la presente invención comprenden una turbina eólica en cada parte superior y una estructura central que se extiende desde la turbina eólica hacia abajo hasta el suelo. Hasta cierta altura H, dichas estructuras centrales pueden ser completamente idénticas. Por ejemplo, pueden consistir en módulos estandarizados, especialmente en la sección de acero en forma de anillo 4 (véase la Figura 1), que están unidos entre sí, por ejemplo, por medio de husillos. Más abajo de la altura H, la torre de turbina eólica de acuerdo con la presente invención consiste en una base de acuerdo con la presente invención y, por lo tanto, comprende menos hormigón, lo que da como resultado una torre de turbina eólica con menos peso.
60

65 **Lista de números de referencia**

ES 2 811 504 T3

	1	torre de turbina eólica del estado de la técnica
	2	columna central del estado de la técnica
	4	sección de acero del estado de la técnica
5	6	cimentación de la columna central del estado de la técnica
	8	base
	10	columna central
	12	elemento estructural de tracción superior
10	14	elemento estructural de tracción inferior
	16	elemento estructural de compresión
	18	elemento estructural lateral externo
	20	elemento estructural lateral interno
15	22	cimentación del elemento estructural de tracción
	24	elemento estructural de tracción superior para la junta de la columna central
	26	junta de elemento estructural
	28	elemento estructural de compresión para la junta de la columna central
20	30	elemento estructural de tracción inferior para la junta de cimentación
	32	elemento estructural de compresión para la junta de elemento estructural lateral interno
	34	tubo
	36	cimentación de la columna central
	38	brida
25	40	nervio
	42	abertura
	44	porción de soporte del elemento estructural de tracción
	46	porción de soporte del elemento estructural de compresión
30	48	tensor
	50	torre de turbina eólica con base
	H	altura de una torre de turbina eólica

REIVINDICACIONES

1. Una base (8) para soportar una torre de turbina eólica (50) que comprende:
 una columna central (10), preferentemente tubular, con una cimentación de la columna central (36) para fijar la
 columna central (10) al suelo o una plataforma de soporte,
 elementos estructurales de tracción superior inclinados flexibles (12), preferentemente formados por barras
 cilíndricas tubulares, con extremos superiores unidos a una porción de soporte del elemento estructural de
 tracción (44) de la columna central (10) sobre la cimentación de la columna central (36), y
 cimentaciones de elementos estructurales de tracción (22) alrededor de la cimentación de la columna central
 (10), que proporcionan una fijación al suelo independientemente de la cimentación de la columna central (36), en
 donde
 cada extremo inferior de los elementos estructurales de tracción superior (12) están unidos a un elemento
 estructural de compresión (16) rígido a la flexión respectivo, que preferentemente se extiende de manera
 horizontal, que conecta dicho extremo inferior del elemento estructural de tracción superior (12) respectivo con
 una porción de soporte del elemento estructural de compresión (46) de la columna central (10), que se encuentra
 entre la porción de soporte del elemento estructural de tracción (44) y la cimentación de la columna central (36),
 y
 cada extremo inferior de los elementos estructurales de tracción superior (12) está unido a un elemento
 estructural de tracción inferior flexible (14) respectivo, que se extiende de manera vertical preferentemente, que
 conecta dicho extremo inferior del elemento estructural de tracción superior respectivo (12) con una de las
 cimentaciones de elementos estructurales de tracción (22)
caracterizada porque
 los elementos estructurales de compresión (16) están unidos mediante bisagras a la porción de soporte del
 elemento estructural de compresión (46).
2. La base (8) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por** al menos tres elementos estructurales de
 tracción superior (12), tres elementos estructurales de tracción inferior (14), tres elementos estructurales de
 compresión (16) y tres cimentaciones de elementos estructurales de tracción (22) separados por igual entre sí.
3. La base (8) de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada porque** cada extremo inferior de los elementos
 estructurales de tracción superior (12) está conectado a los extremos inferiores respectivos de los elementos
 estructurales de tracción superior vecinos (12) a través de los elementos estructurales laterales externos (18)
 respectivos de tal manera que todos los elementos estructurales laterales externos (18) formen un espacio anular
 exterior alrededor de la columna central (10).
4. La base (8) de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, **caracterizada porque** las porciones centrales de los
 elementos estructurales de compresión (16) están conectadas entre sí a través de elementos estructurales laterales
 internos (20) de tal manera que todos los elementos estructurales laterales internos (20) formen un espacio anular
 interno alrededor de la columna central (10).
5. La base (8) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada porque**
 los elementos estructurales laterales internos (20) son elementos flexibles pretensados indirectamente y los
 elementos estructurales laterales externos (18) son capaces de soportar fuerzas de compresión, o
 los elementos estructurales laterales externos (18) son elementos flexibles pretensados indirectamente y los
 elementos estructurales laterales internos (20) son capaces de soportar fuerzas de compresión.
6. La base (8) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** los elementos estructurales
 de tracción superior (12) y/o los elementos estructurales de tracción inferior (14) son elementos flexibles
 pretensados.
7. La base (8) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque** al menos uno de los
 elementos flexibles (12; 14; 18; 20) comprende un tensor (48) para inducir y adaptar una pretensión dentro del
 elemento flexible (12; 14; 18; 20).
8. La base (8) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** la porción de soporte del
 elemento estructural de tracción (44) y/o la porción de soporte del elemento estructural de compresión (46) de la
 columna central (10) se realiza mediante un anillo que está unido al resto de la columna central (10).
9. La base (8) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por**
 más de una porción de soporte del elemento estructural de tracción (44) y correspondientemente más de un
 conjunto de elementos estructurales de tracción superior (12) y elementos estructurales de tracción inferior (14),
 respectivamente, así como también
 más de una porción de soporte del elemento estructural de compresión (46) y correspondientemente más de un
 conjunto de elementos estructurales de compresión (16).
10. Una torre de turbina eólica (50) que comprende una base (8) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

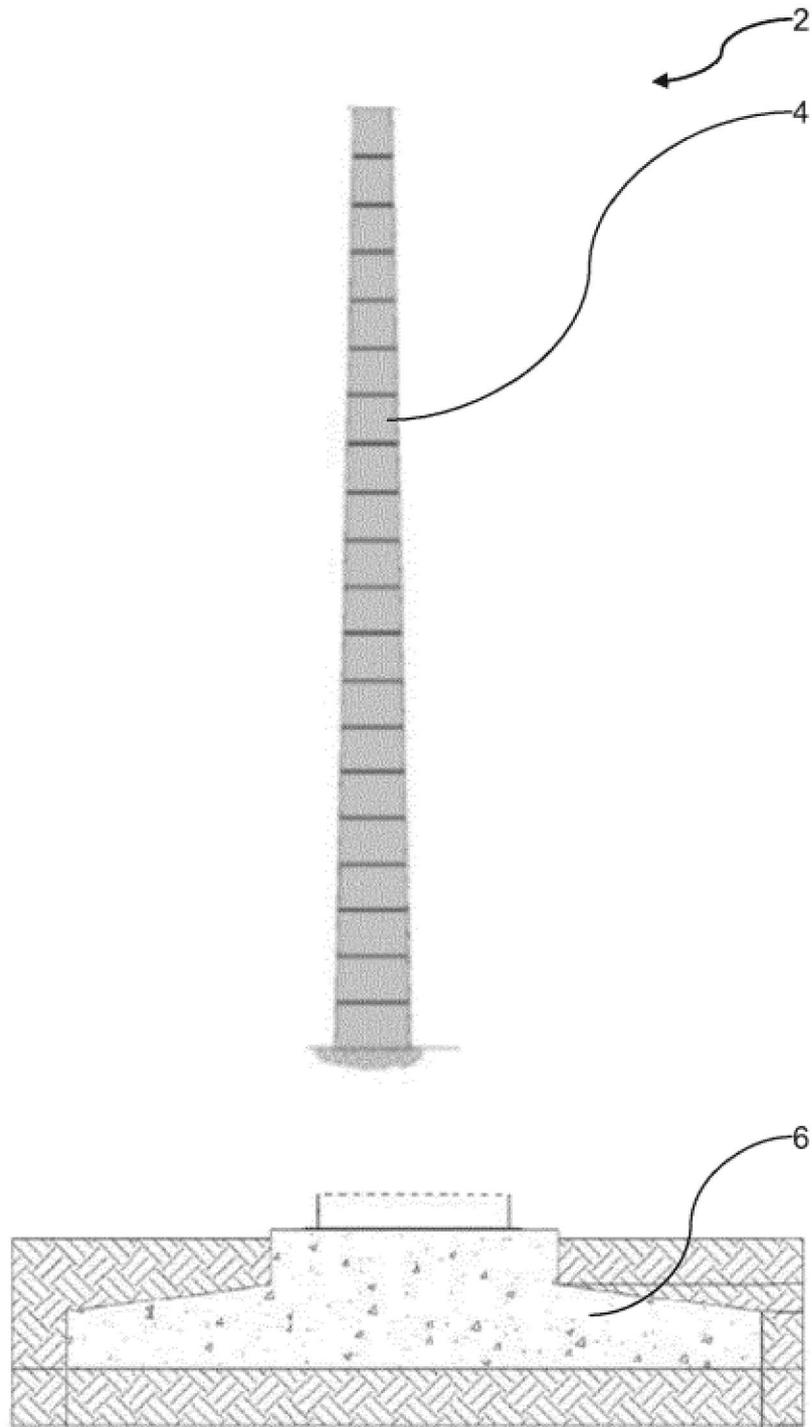


Figura 1

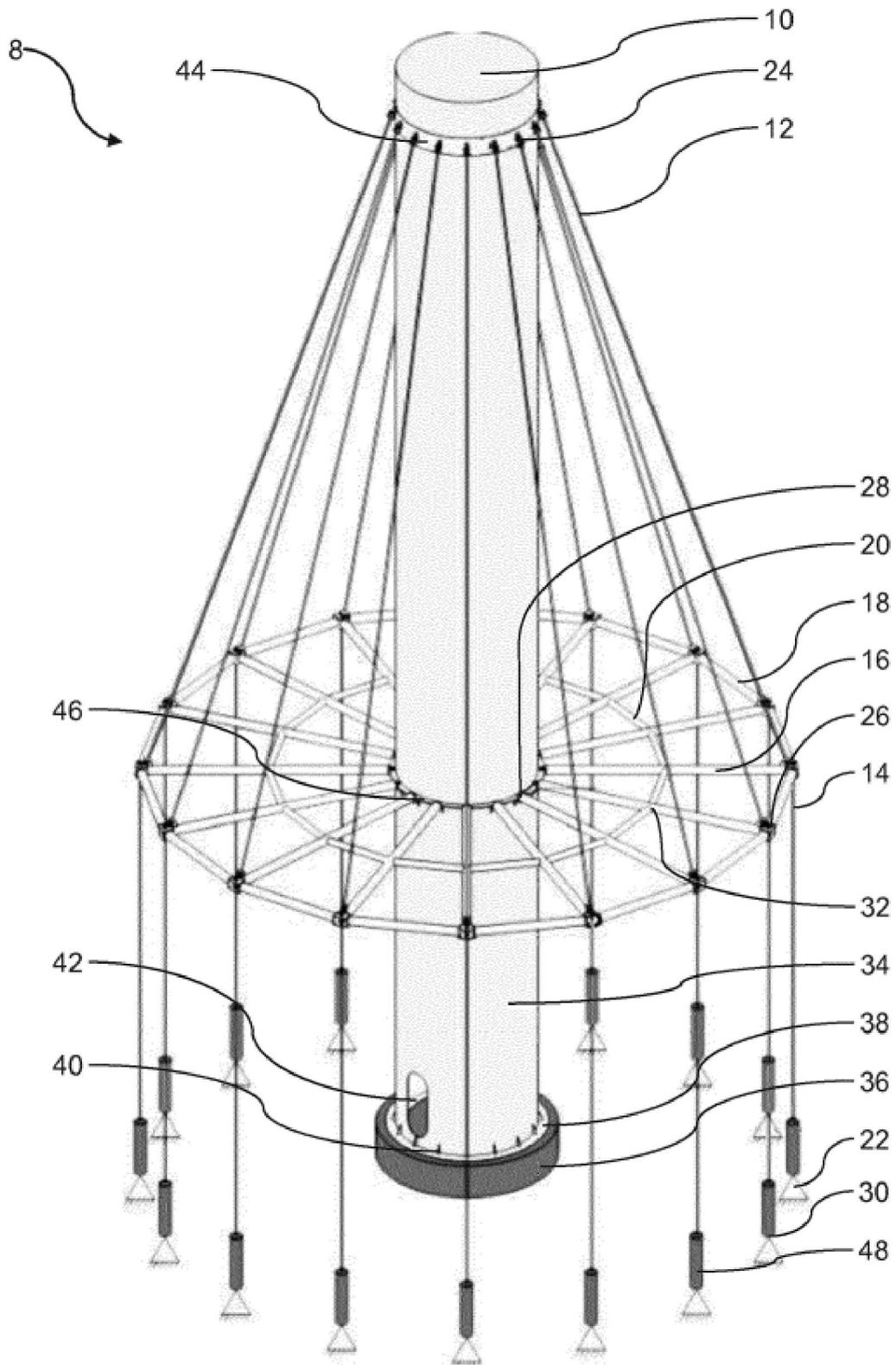


Figura 2

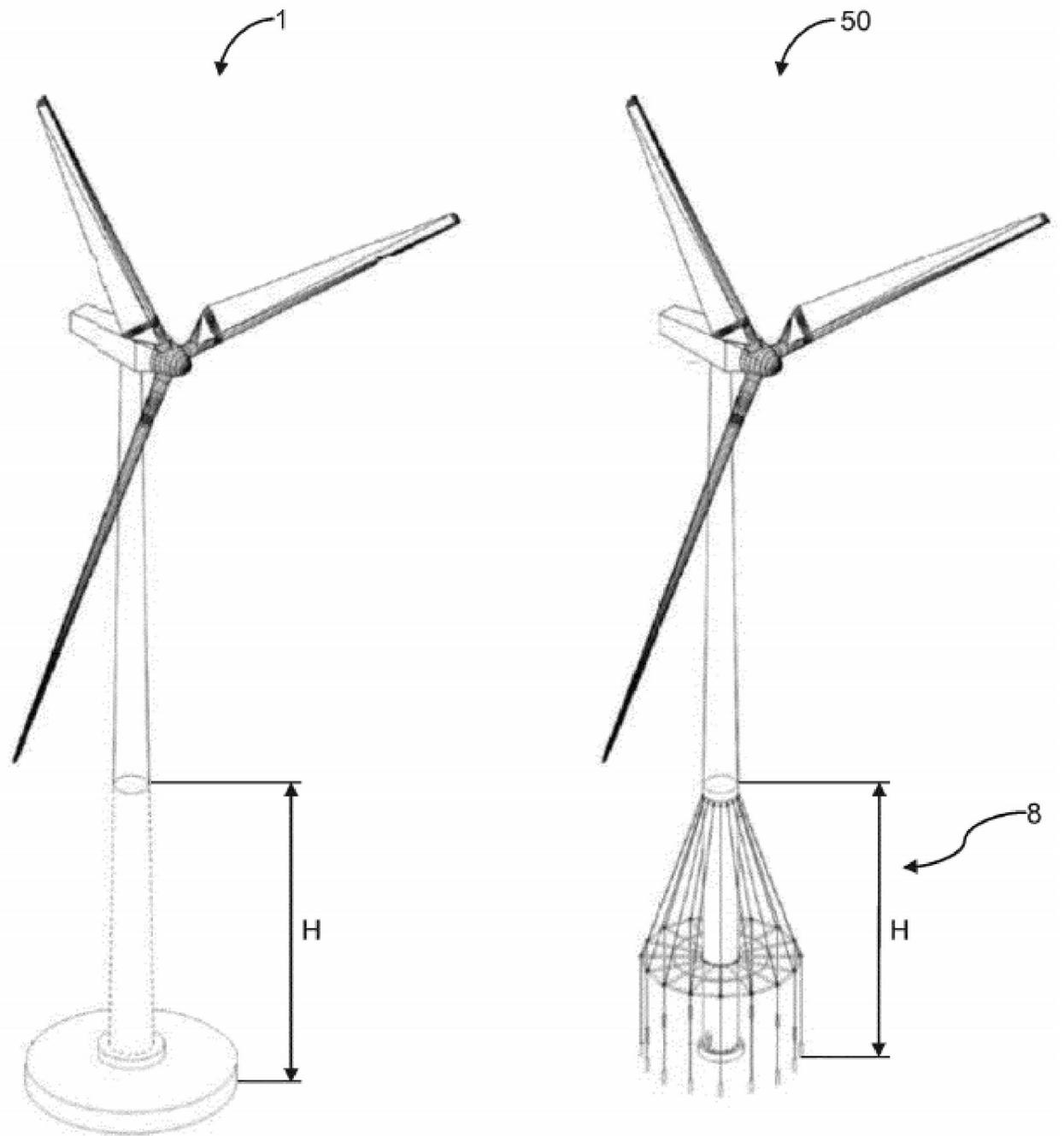


Figura 3A

Figura 3B