

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 948 211**

51 Int. Cl.:

E04H 12/16 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2018** **E 18208592 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2023** **EP 3502378**

54 Título: **Segmento de torre para un aerogenerador y método de fabricación de un segmento de torre**

30 Prioridad:

29.11.2017 DE 102017011046

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

06.09.2023

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
SERVICE GMBH (100.0%)
Beim Strohhause 17-31
20097 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

FROST, BERND

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 948 211 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

Segmento de torre para un aerogenerador y método de fabricación de un segmento de torre

5 La invención se refiere a un segmento de torre para una torre de un aerogenerador, así como a un método de fabricación de un segmento de torre.

10 Una torre de un aerogenerador puede erigirse colocando varios segmentos circulares o poligonales unos encima de otros. Los segmentos de torre pueden fabricarse como segmentos anulares completos o como segmentos anulares parciales en una fábrica. Tras el transporte al lugar donde se va a montar el aerogenerador, la torre se puede ensamblar a partir de los segmentos de torre prefabricados.

15 En el caso de segmentos de torre dispuestos uno encima del otro, una superficie extrema inferior del segmento de torre superior descansa sobre la superficie extrema superior del segmento de torre dispuesto debajo. Los segmentos de torre pueden sujetarse entre sí en dirección vertical para evitar que resbalen entre sí. Es entonces esencialmente la fricción entre los segmentos de torre, aumentada por la tensión vertical, la que mantiene los segmentos de torre en posición unos respecto a otros.

20 Para lograr una transmisión de fuerzas suficiente entre los segmentos de torre dispuestos uno encima del otro, las superficies extremas de los segmentos de torre deben encajar bien entre sí. Si las superficies extremas son de hormigón, se requiere un cuidadoso acabado de las mismas. El nivel de tolerancia alcanzable al verter el hormigón no es suficiente. Incluso con superficies extremas bien preparadas, pueden surgir problemas por la fragilidad del material de hormigón. Incluso pequeñas imprecisiones o cuerpos extraños entre las superficies pueden bastar para desprender trozos de hormigón de una superficie extrema. Existe el riesgo de que la torre no tenga la estabilidad deseada.

25 Los métodos alternativos, como la aplicación de capas de nivelación adicionales (WO 2011/045319 A1), en caso necesario con un paso posterior de mecanizado adicional (WO 2009/121581 A2), resultan costosos. En los documentos EP 0 960 986 A2, WO 2010/044380 A1, WO 2011/157476 A2 se describen otras posibilidades para la construcción de una torre de un aerogenerador. El documento CN 205 638 802 U presenta una estructura de torre hecha de hormigón, donde una pluralidad de segmentos de anillo están conectados mediante pernos de brida y donde la estructura de torre está pretensada mediante barras de pretensado en el cuerpo de hormigón. El documento DE 10 2015 118163 A1 presenta una estructura de torre tubular, donde la estructura de torre tubular está diseñada como una torre de doble casco. El documento CN 203 452 440 U presenta un segmento de barra de hormigón pretensado con los dos extremos unidos por bridas internas. El documento WO 2008/031912 A1 presenta una torre para un aerogenerador, donde la torre se divide en segmentos y donde los segmentos constan de una pluralidad de piezas prefabricadas de hormigón.

35 La invención tiene por objeto presentar un segmento de torre para una torre de un aerogenerador, así como un método de fabricación asociado, con el que se reduce la probabilidad de un fallo durante el montaje de la torre. Partiendo del estado de la técnica mencionado, el objeto se resuelve con las características de las reivindicaciones independientes 1 y 12. En las reivindicaciones subordinadas se indican formas de realización ventajosas.

40 El segmento de torre según la invención tiene una pared hecha de hormigón. Una primera sección anular de metal conectada al hormigón forma una superficie extrema superior de la pared. Una segunda sección anular de metal conectada al hormigón forma una superficie extrema inferior de la pared.

45 El término anillo o sección anular en el sentido de la invención comprende secciones que abarcan un contorno en forma de círculo o círculo parcial. También se incluyen contornos circulares, por ejemplo, en forma de polígono.

50 Cuando una sección anular de metal forma la superficie extrema sobre la que se apoya un segmento de torre adyacente, el riesgo de fallo se reduce significativamente en comparación con una superficie extrema de hormigón.

55 Si la sección anular de metal se somete localmente a un aumento de presión, el material metálico puede fluir y evitar así el aumento de presión. No hay ningún defecto localizado en la sección anular, ni la fricción se ve afectada en otras zonas de la sección anular.

60 El segmento de torre está diseñado como un segmento anular parcial. Los segmentos del anillo completo pueden colocarse directamente unos encima de otros al montar la torre. En el caso de los segmentos anulares parciales, primero se forma un anillo completo a partir de varios segmentos dispuestos unos junto a otros en la dirección circunferencial antes de colocar encima otros segmentos de torre. El segmento anular parcial puede, por ejemplo, extenderse sobre una sección circunferencial de 90°, 120° o 180°, de modo que un anillo completo puede estar compuesto por cuatro, tres o dos segmentos parciales.

65 La superficie extrema inferior del segmento de torre puede tener un radio mayor en relación con un eje central de la torre que la superficie extrema superior del segmento de torre. La pared del segmento de torre puede ensancharse en forma de cono desde la superficie extrema superior hasta la superficie extrema inferior.

5 La sección anular de metal se extiende por toda la sección circunferencial que abarca el segmento de torre. Cuando un anillo completo se compone de varios anillos parciales, la sección anular de un primer anillo parcial puede ser directamente adyacente a la sección anular de un segundo anillo parcial en la dirección circunferencial. La sección anular de metal puede diseñarse de tal manera que un segmento de torre adyacente en la dirección vertical solo entre en contacto con la sección anular de metal y no tenga contacto con el material de hormigón.

10 La sección anular de metal puede formar una superficie extrema de forma plana. En particular, la sección anular y/o el segmento de torre pueden estar libres de elementos que sobresalgan de la superficie extrema. Si un segmento de torre adyacente, que también tiene una superficie extrema de forma plana, se coloca sobre dicha superficie extrema, el contacto y la transferencia de carga tienen lugar exclusivamente a través de la superficie extrema.

15 Con respecto a la dirección radial, la sección anular de metal puede extenderse sobre al menos el 50 %, preferiblemente al menos el 70 %, más preferiblemente al menos el 90 % del espesor de la pared de hormigón. En particular, es posible que la sección anular de metal cubra el espesor de la pared en su totalidad. Por ejemplo, el grosor de la pared de hormigón puede estar comprendido entre 10 cm y 50 cm, preferiblemente entre 20 cm y 40 cm.

20 El espesor de material de la sección anular de metal puede estar comprendido, por ejemplo, entre 5 mm y 50 mm, preferiblemente entre 10 mm y 40 mm. La sección anular de metal puede estar hecha en acero común. Puede utilizarse un material de mayor calidad, pero no suele ser necesario, ya que sobre la sección anular se ejercen principalmente fuerzas de compresión.

25 La primera sección anular de metal y la segunda sección anular de metal pueden estar dispuestas en planos paralelos entre sí. La tolerancia del segmento de torre puede ser tal que la mayor desviación de la dimensión nominal entre la primera sección anular y la segunda sección anular no sea superior a 2 mm, preferiblemente no superior a 1 mm, más preferiblemente no superior a 0,5 mm. La distancia entre la primera sección anular y la segunda sección anular, que define la altura del segmento de torre, puede estar comprendida entre 2,5 m y 20 m, por ejemplo.

30 La sección anular de metal puede incluir uno o varios elementos de anclaje. Los elementos de anclaje pueden unirse al material metálico mediante soldadura, por ejemplo. Los elementos de anclaje pueden extenderse en dirección opuesta a la superficie extrema. El elemento de anclaje puede estar envuelto por el material de hormigón de modo que la sección anular esté firmemente unida al material de hormigón. Un elemento de anclaje puede tener un destalonamiento, de modo que el elemento de anclaje no pueda extraerse del material de hormigón sin aumentar la abertura con la que el material de hormigón rodea al elemento de anclaje. Por ejemplo, el elemento de anclaje puede comprender un vástago que se expande en forma de seta a una distancia de la sección anular.

40 Además, o como alternativa a los elementos de anclaje, la sección anular de metal puede comprender una o más barras de refuerzo. Las barras de refuerzo pueden unirse al material metálico mediante soldadura, por ejemplo. Las barras de refuerzo pueden orientarse de modo que se extiendan a lo largo de la dimensión de altura de la pared de hormigón hacia la sección anular opuesta. Las barras de refuerzo pueden extenderse a lo largo de al menos el 10 %, preferiblemente al menos el 20 %, más preferiblemente al menos el 40 % de la altura del segmento de torre.

45 El segmento de torre puede estar equipado con un componente parcial de un dispositivo antitorción. Cuando se apilan dos segmentos de torre, el subcomponente del dispositivo antitorción puede acoplarse con el segmento de torre adyacente para impedir que los dos segmentos de torre giren uno respecto al otro en torno al eje vertical. Por ejemplo, el subcomponente del dispositivo antitorción puede comprender un orificio alineado con un orificio del segmento de torre adyacente. Si se introduce un perno a través de los dos orificios, la torsión de los dos segmentos de torre entre sí es imposible. El dispositivo antitorción puede comprender un saliente que se extiende radialmente hacia el interior desde la sección anular, de modo que el enganche pueda tener lugar fuera de la pared de hormigón.

50 La invención también se refiere a una torre que comprende una pluralidad de tales segmentos de torre dispuestos uno encima del otro. En cada caso, una sección anular inferior hecha de metal puede descansar sobre una sección anular superior hecha de metal del segmento de torre dispuesto debajo. La torre puede constar de un segmento superior de hormigón con una sección anular inferior. El extremo superior del segmento más alto de la torre hecho de hormigón puede formar una transición a una sección de torre totalmente metálica. El segmento más bajo de la torre puede estar conectado a una estructura de cimentación. La sección de torre situada entre el segmento de torre más bajo y el segmento de torre de hormigón más alto puede tener, por ejemplo, una altura de entre 30 m y 100 m, preferiblemente de entre 50 m y 80 m.

60 Para mantener los segmentos de torre en posición unos con respecto a otros, la torre puede incluir un dispositivo tensor para tensar los segmentos de torre entre sí. El dispositivo tensor puede extenderse desde el segmento superior de la torre de hormigón hasta una estructura de cimentación de la torre.

65 La invención también se refiere a un método de fabricación de un segmento de torre de estas características. En este método, una primera sección de metal y una segunda sección de metal se colocan en una posición predeterminada una respecto a la otra. Un espacio intermedio entre la primera sección anular de metal y la segunda sección anular de

metal se rellena con un material de hormigón, de modo que el material de hormigón conecta la primera sección anular de metal y la segunda sección anular de metal.

5 El procedimiento puede llevarse a cabo de modo que las dos secciones anulares queden alineadas verticalmente en la posición especificada. Las dos secciones anulares pueden extenderse en planos paralelos entre sí. Se pueden utilizar paredes de soporte para mantener las secciones anulares en esta posición. Una sección anular puede, por ejemplo, estar unida a una pared de soporte mediante tornillos. La unión atornillada puede diseñarse de forma que no entre en contacto con el material de hormigón, de modo que la unión atornillada pueda aflojarse fácilmente una vez endurecido el material de hormigón. Por ejemplo, la unión atornillada puede terminar en un orificio ciego dispuesto en la superficie extrema de la sección anular. El procedimiento con dos secciones anulares dispuestas verticalmente es especialmente adecuado si el segmento de torre solo se extiende sobre un anillo parcial, porque entonces es fácil rellenar el hormigón.

15 Una torre de aerogenerador puede ensamblarse a partir de dichos segmentos de torre apilando una pluralidad de segmentos de torre unos sobre otros. Antes de apilarlos, los segmentos anulares parciales de torre pueden ensamblarse en segmentos anulares completos de torre. Para aumentar la fuerza de fricción entre los segmentos de torre dispuestos uno encima del otro, los segmentos de torre dispuestos uno encima del otro pueden sujetarse entre sí. El dispositivo tensor puede extenderse desde un segmento superior de la torre de hormigón hasta una estructura de cimentación de la torre.

20 Para que la torre resista bien las fuerzas de torsión, segmentos adyacentes de la torre pueden asegurarse contra torsiones alrededor del eje vertical. Si el segmento de torre está equipado con un subcomponente prefabricado de un dispositivo antitorsión, este subcomponente puede acoplarse con el segmento de torre adyacente.

25 Especialmente en el caso de los segmentos de torre sin dispositivo antitorsión prefabricado, se puede mecanizar una sección anular para evitar la torsión. Por ejemplo, puede crearse un orificio alineado en dirección radial que se extienda sobre dos secciones anulares superpuestas. Si se inserta un perno en un orificio de este tipo, los segmentos adyacentes de la torre no pueden girar uno contra otro sin levantar las secciones anulares entre sí. Este procedimiento tiene la ventaja de que no hay que tener en cuenta ninguna tolerancia, ya que los dos segmentos de torre ya están en su posición final uno respecto del otro.

35 El método puede perfeccionarse con características adicionales que se describen en relación con el segmento de torre según la invención. El segmento de torre puede perfeccionarse además con características adicionales descritas en el contexto del método según la invención.

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo haciendo referencia a los dibujos adjuntos mediante formas de realización ventajosas. Muestran:

40 Figura 1: un aerogenerador según la invención;

Figura 2: una torre de aerogenerador según la invención;

Figura 3: un segmento de torre según la invención;

45 Figura 4: un detalle del segmento de torre de la Figura 3 en representación ampliada;

Figura 5: la representación según la Figura 3 en una realización alternativa de la invención;

50 Figura 6: un detalle de una torre según la invención;

Figura 7: un detalle de la Figura 6 desde otra perspectiva;

Figura 8: un detalle de un segmento de torre según la invención.

55 En el caso de un aerogenerador mostrado en la Figura 1, una góndola 14 está dispuesta de manera giratoria sobre una torre 15. La góndola 14 soporta un rotor 16 que empieza a girar gracias al viento y a través de un árbol de rotor acciona un generador para generar energía eléctrica. La góndola 14 puede girarse con respecto a la torre 15 para alinear el rotor 16 en la dirección del viento.

60 En función del estado de funcionamiento del aerogenerador, pueden actuar sobre la torre 15 cargas estáticas y dinámicas elevadas. El objetivo es fabricar con poco esfuerzo una torre que soporte estas cargas.

65 Haciendo referencia a la Figura 2, la torre 15 comprende una sección inferior 17 en la que la pared de la torre es de hormigón, y una sección superior 18 en la que la pared de la torre es de acero. Entre la sección inferior 17 y la superior 18 se dispone una pieza 19 de transición. La pieza 19 de transición está situada aproximadamente a la altura que

barren las puntas de las palas del rotor cuando estas cruzan la torre. El eje del rotor 16 y la trayectoria barrida por las puntas de las palas se indican en la Figura 2.

5 La sección inferior 17 de la torre se extiende desde un segmento 20 de cimentación hasta un segmento 21 de conexión superior. El segmento 20 de cimentación está conectado a una estructura 22 de cimentación del aerogenerador, que está dispuesta en el suelo. El segmento 21 de conexión superior forma la conexión para la pieza 19 de transición. Todos los segmentos intermedios 23 dispuestos entre el segmento 20 de cimentación y el segmento 21 de conexión superior están diseñados según la invención. Un dispositivo tensor 24 se extiende desde un reborde que sobresale hacia el interior del segmento 21 de conexión superior hasta la estructura 22 de cimentación. Con el dispositivo tensor 10 24, los segmentos intermedios 23 se aprietan entre sí en dirección vertical y, de este modo, se mantienen entre sí en la posición correcta.

15 Los segmentos intermedios 23 se componen cada uno de dos medias conchas, como se muestra en la Figura 3. Cada media concha forma un segmento 25 de torre según la invención. La pared 26 del segmento 25 de torre es de hormigón. La superficie extrema 27 superior del segmento 25 de torre está formada por una primera sección anular 28 de metal. La superficie extrema 29 inferior del segmento 25 de torre está formada por una segunda sección anular 30 de metal.

20 Según la Figura 4, la primera sección anular 28 y la segunda sección anular 30 comprenden sendos elementos 31 de anclaje en forma de seta que se extienden en dirección opuesta a las superficies extremas 27, 29. Los elementos 31 de anclaje se funden en el material de hormigón de modo que las secciones anulares 28, 30 queden unidas de forma estable a la pared 26 de hormigón. Para mejorar la transmisión de fuerza entre las secciones anulares 28, 30 y el material de hormigón, en la realización según la Figura 5 se conectan barras 32 de refuerzo adicionales a las secciones anulares 28, 30.

25 La media concha de la Figura 3 forma un segmento anular parcial. Dos medias conchas pueden ensamblarse para formar un segmento anular completo, que puede formar un segmento intermedio 23 de la torre 15. Si los segmentos 25 de torre se apilan unos sobre otros, los segmentos 25 de torre contiguos se tocan exclusivamente a través de las superficies extremas 27, 29 de las secciones anulares 28, 30. De este modo se consigue una buena transferencia de 30 fuerzas entre los segmentos 25 de torre y se reduce el riesgo de daños en el material de hormigón.

35 Mediante el dispositivo tensor 24, los segmentos 25 de torre dispuestos uno encima del otro se tensan entre sí de tal manera que la fricción entre las superficies extremas 28, 30 es suficiente para evitar que los segmentos 25 de torre se deslicen entre sí. Para mejorar la estabilidad frente a las fuerzas de torsión, los segmentos 25 de torre pueden asegurarse adicionalmente contra la torsión. Según las Figuras 6 y 7, se puede disponer un orificio 33 en las secciones anulares 28, 30 para este propósito después de que los segmentos 25 de torre se hayan dispuesto en la posición correcta uno encima del otro. Si se inserta un perno en un orificio de este tipo, los segmentos 25 de torre no pueden girarse entre sí sin que la sección anular 30 inferior del segmento superior 25 de torre se levante de la sección anular 40 28 superior del segmento inferior 25 de torre.

45 También es posible equipar el segmento de torre con un subcomponente prefabricado de un dispositivo antitorsión. En la Figura 8, se trata de una lengüeta 34 que sobresale radialmente hacia el interior de la sección anular 28, en la que se forma un orificio. Si el orificio está alineado con un orificio correspondiente en el segmento 25 de torre adyacente, se puede pasar un perno a través de los orificios para evitar la torsión. Para permitir la compensación de tolerancias, el perno puede tener un diámetro inferior al de los orificios.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Segmento de torre para una torre (15) de un aerogenerador que tiene una pared (26) de hormigón, donde una primera sección anular (28) de metal conectada al hormigón forma una superficie extrema (27) superior de la pared (26) y donde una segunda sección anular (30) de metal forma una superficie extrema (29) inferior de la pared (26), donde el segmento de torre es un segmento anular parcial (25), **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y/o la segunda sección anular (30) se extienden por toda la sección circunferencial que abarca el segmento de torre.
- 10 2. Segmento de torre según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el segmento de torre se extiende en particular sobre una sección circunferencial de 90°, 120° o 180°.
- 15 3. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y/o la segunda sección anular (30) forman una superficie extrema (27, 29) de forma plana.
- 20 4. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la primera sección anular (28), la segunda sección anular (30) y/o el segmento de torre (25) están libres de elementos que sobresalgan de la superficie extrema (27, 29).
- 25 5. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que**, con respecto a una dirección radial, la primera sección anular (28) y/o la segunda sección anular (30) se extienden sobre al menos el 50 %, preferiblemente al menos el 70 %, más preferiblemente al menos el 90 % del espesor de pared de la pared (26) de hormigón.
- 30 6. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y la segunda sección anular (30) están dispuestas en planos paralelos entre sí.
- 35 7. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la mayor desviación de la dimensión nominal entre la primera sección anular (28) y la segunda sección anular (30) no es mayor de 2 mm, preferiblemente no mayor de 1 mm, más preferiblemente no mayor de 0,5 mm.
- 40 8. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y/o la segunda sección anular (30) comprenden uno o más elementos (31) de anclaje encerrados por el material de hormigón.
- 45 9. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y/o la segunda sección anular (30) comprenden una o más barras (32) de refuerzo que se extienden a lo largo de una dimensión de altura de la pared (26) de hormigón.
- 50 10. Segmento de torre según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por** un subcomponente (34) de un dispositivo antitorsión.
- 55 11. Torre con una pluralidad de segmentos (25) de torre dispuestos unos sobre otros según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada por que** la torre comprende un dispositivo tensor (24) para tensar los segmentos (25) de torre unos contra otros.
12. Método de fabricación de un segmento de torre, donde el segmento de torre es un segmento anular parcial (25), en el que una primera sección anular (28) de metal y una segunda sección anular (30) de metal se colocan en una posición predeterminada una con respecto a la otra, y en el que un espacio intermedio entre la primera sección anular (28) y la segunda sección anular (30) se rellena con un material de hormigón de modo que el material de hormigón conecta la primera sección anular (28) y la segunda sección anular (30) entre sí, **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y/o la segunda sección anular (30) se extienden por toda la sección circunferencial que abarca el segmento de torre.
13. Método según la reivindicación 12, **caracterizado por que** la primera sección anular (28) y la segunda sección anular (30) están alineadas verticalmente en la posición predeterminada.

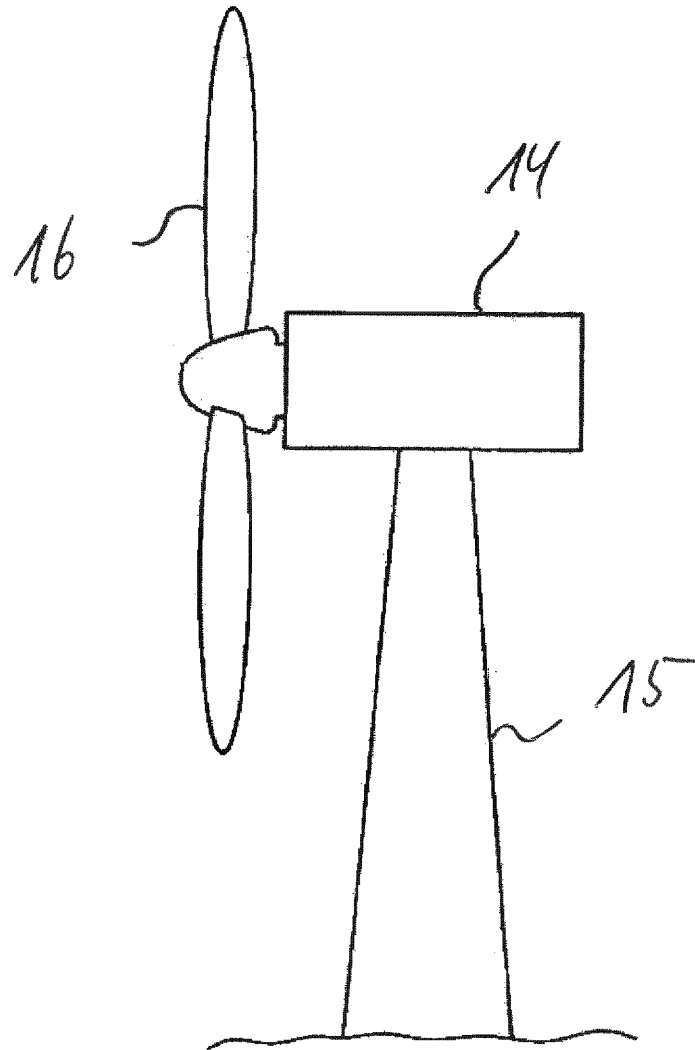


Figura 1

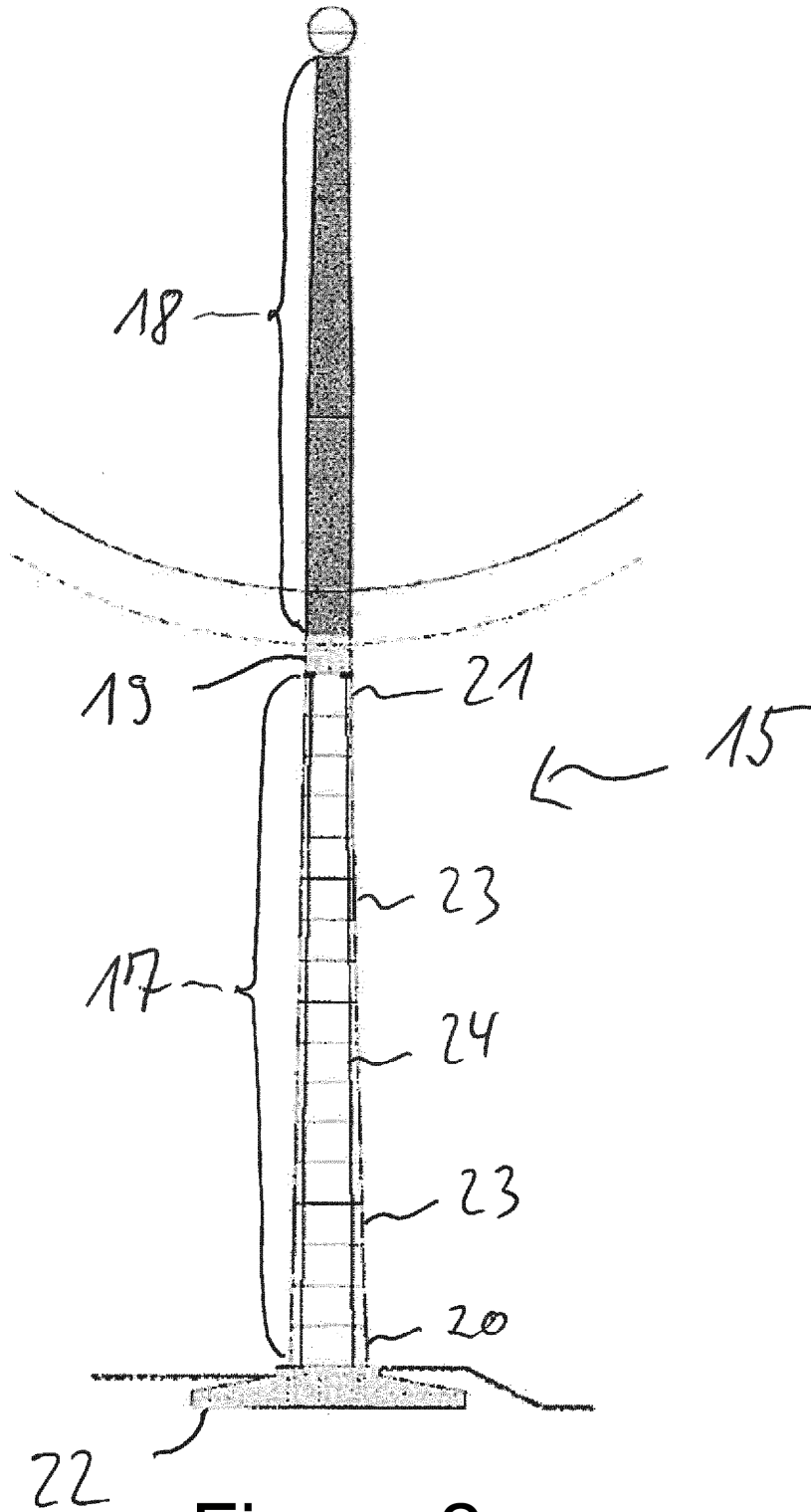


Figura 2

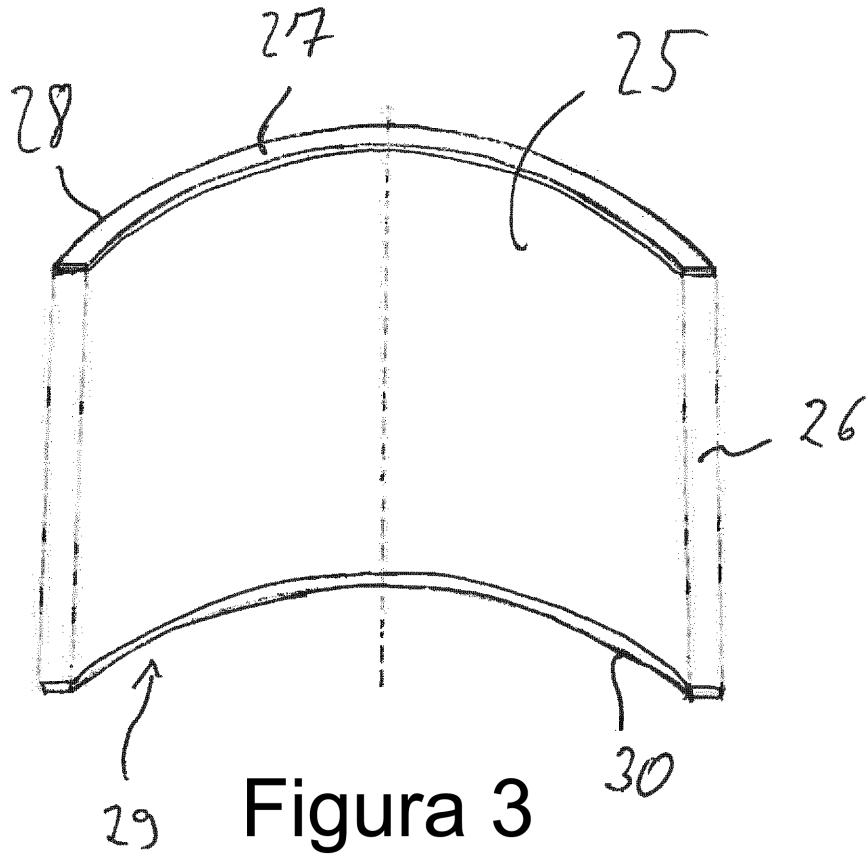


Figura 3

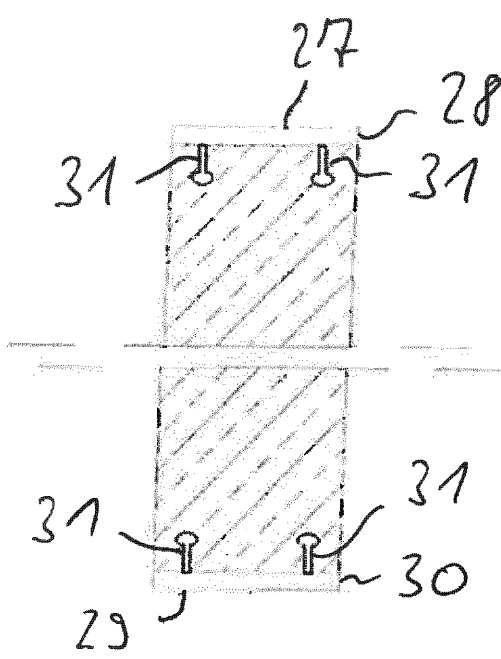


Figura 4

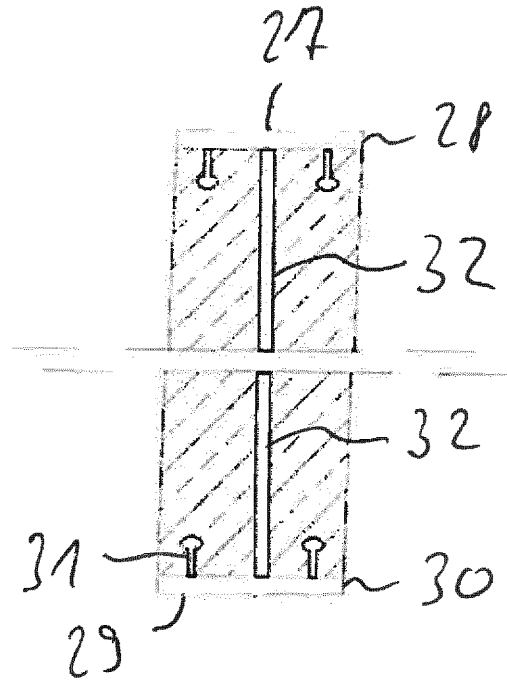


Figura 5

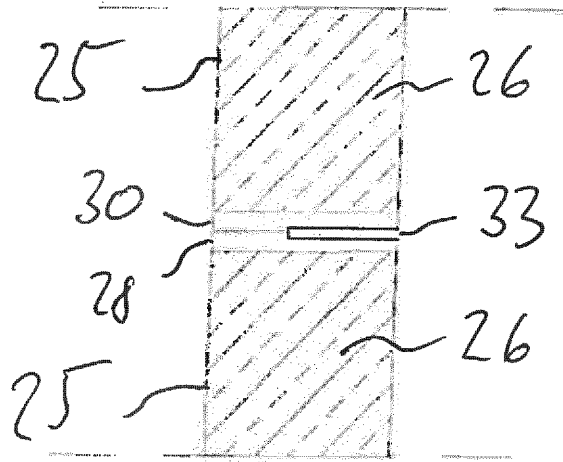


Figura 6

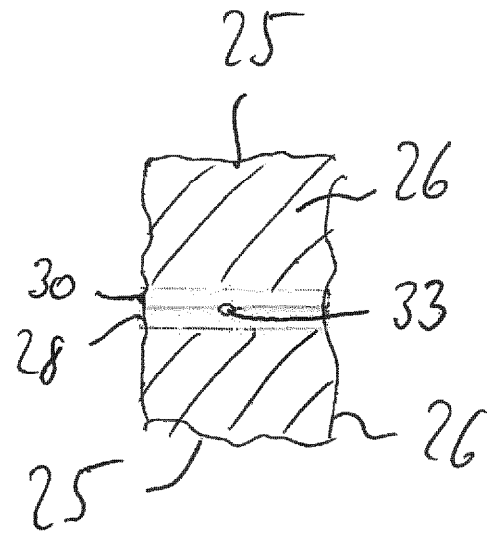


Figura 7

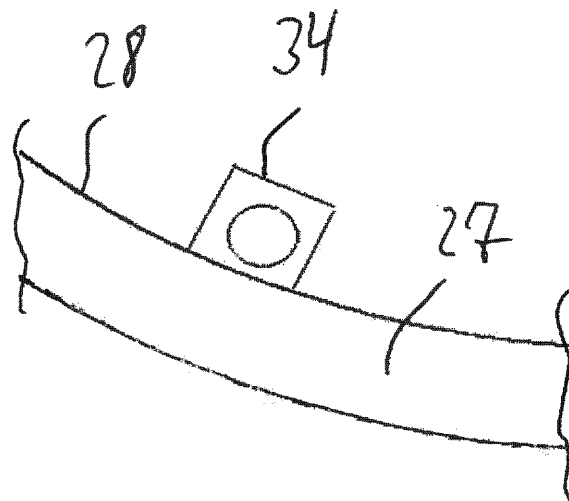


Figura 8