

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 193**

51 Int. Cl.:

**E04H 12/10** (2006.01)

**F03D 13/20** (2006.01)

**E04H 12/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2020 PCT/EP2020/082345**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2021 WO21104931**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2020 E 20810882 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2023 EP 4065798**

54 Título: **Estructura de celosía para torre de aerogenerador y torre de aerogenerador**

30 Prioridad:

**27.11.2019 DE 102019218358**

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

**04.04.2024**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)  
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100  
47166 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**KOTTKAMP, KLAUS;  
QAIMI, SIEAR y  
GALAL, GALAL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 964 193 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

Estructura de celosía para torre de aerogenerador y torre de aerogenerador

### 5 Campo técnico

La invención se refiere a una estructura de celosía para torre de aerogenerador, que comprende:

- 10 - al menos tres montantes de esquina, que están inclinados entre sí en un ángulo respecto a la vertical de la estructura de celosía, estando los montantes de esquina más distanciados entre sí en la parte inferior de la estructura de celosía que en la parte superior de la estructura de celosía, estando compuesto cada montante de esquina por varios puntales longitudinales,
- 15 - al menos un puntal transversal, que está dispuesto en un plano horizontal de la estructura de celosía entre dos montantes de esquina y está conectado con ellos, y/o
- al menos un puntal diagonal, que está dispuesto entre dos planos horizontales de la estructura de celosía entre dos montantes de esquina y está conectado con ellos,
- 20 - al menos tres elementos de nodo, que están dispuestos en al menos un plano horizontal de la estructura de celosía en cada caso entre los puntales longitudinales que forman los montantes de esquina y funcionan en cada caso como elemento de conexión entre dos puntales longitudinales, el al menos un puntal transversal y/o el al menos un puntal diagonal.
- 25 Asimismo, la invención se refiere a una torre de aerogenerador.

### Antecedentes técnicos

30 Las torres para aerogeneradores se conocen por el estado de la técnica. O bien se componen de una estructura de celosía pura, véase el documento DE 10 2012 007 425 A1, o bien de una estructura híbrida, por ejemplo en el sector en alta mar, véase el documento EP 2 067 914 A2, o en el sector en tierra firme, véase el documento DE 10 2012 106 772 A1, para poder implementar, por ejemplo, torres altas con grandes alturas de buje para a fin de obtener suficiente viento para generar energía, de modo que los aerogeneradores puedan funcionar de forma rentable, en particular en regiones de viento débil.

35 Una estructura de celosía de tipo genérico se conoce por el documento DE 10 2016 102 831 A1.

40 La estructura portante de una torre o de un aerogenerador está expuesta a enormes fuerzas dinámicas debido al viento inestable y las turbulencias del viento asociadas, que tienen una influencia significativa en la resistencia a la fatiga y, por tanto, en la vida útil de tales estructuras. En particular, las turbulencias del viento disminuyen a medida que aumenta la altura y, por tanto, influyen positivamente en el comportamiento a la fatiga y, por tanto, en la rentabilidad de todo el sistema compuesto por turbina, palas de rotor y estructura portante o torre. Por tanto, existe potencial de optimización en cuanto a estabilidad y durabilidad estructural.

### 45 Sumario de la invención

50 Por lo tanto, la invención se basa en el objetivo de proporcionar una estructura de celosía para torre de aerogenerador, que pueda diseñarse de forma estable y duradera estructuralmente y/o fabricarse de forma rentable, en particular para aerogeneradores con una gran altura de buje.

55 Conforme a una primera enseñanza, este objetivo se consigue mediante una estructura de celosía con las características de la reivindicación 1. Conforme a una segunda enseñanza, este objetivo se consigue mediante una torre con las características de la reivindicación 8.

60 De acuerdo con la invención, el elemento de nodo presenta en la extensión longitudinal en sus extremos en cada caso una brida con orificios pasantes y los dos puntales longitudinales que se han de conectar con el elemento de nodo presentan en sus extremos en cada caso una brida con orificios pasantes, en donde a través de o en las aberturas pasantes están alojados elementos de juntura, a través de los cuales el elemento de nodo está conectado mecánicamente con los puntales longitudinales.

65 Una conexión mecánica entre los elementos de nodo y los puntales longitudinales que forman los montantes de esquina de la estructura de celosía permite levantar rápidamente y, por tanto, de forma rentable una estructura de celosía en una obra de construcción. Esto significa que, en comparación con el estado de la técnica, cuando se levanta la estructura de celosía en la obra de construcción se pueden reducir las conexiones por unión de materiales y el correspondiente esfuerzo de soldadura. En comparación con el estado de la técnica, debido a las grandes y diferentes dimensiones de las piezas que se han de instalar, los diferentes grosores de las piezas y la multitud asociada de

diferentes elementos de conexión, no son necesarias preparaciones de cordones de soldadura demasiado complejas y, en la práctica, a menudo imprecisas, de modo que en la zona de las muescas de soldadura puedan producirse concentraciones de tensión demasiado elevadas, no deseadas. La optimización de las complejas preparaciones de cordones de soldadura, por ejemplo mediante máquinas CNC 3D, representa un desafío importante debido a las tolerancias de fabricación de las piezas utilizadas con diferentes tamaños. Para poder soldar piezas (componentes) tan grandes, se necesitan dispositivos de soldadura correspondientemente grandes. Además, las posibles imperfecciones en los cordones de soldadura no se pueden tener en cuenta de antemano con precisión en el cálculo debido a las grandes y complejas dimensiones. Esta circunstancia, a su vez, genera incertidumbre a la hora de estimar la vida útil. Además, debido al tamaño de las conexiones y a los largos tiempos de producción, no se puede garantizar de forma fiable una calidad de costura reproducible, en particular en la obra de construcción. Estos inconvenientes no se presentan con la estructura de celosía de acuerdo con la invención.

Mediante el diseño adecuado y la conexión mecánica entre el o los elementos de nodo y los puntales longitudinales, así como el o los puntales transversales y/o diagonales unidos, en particular mediante la interacción de todos los elementos de nodo, la estructura de celosía para torre de aerogenerador puede diseñarse de forma óptima para las altas cargas dinámicas en el lugar de instalación, en particular también para cargas operativas cíclicas. Esto significa que se pueden diseñar y/o producir aerogeneradores con grandes alturas de buje de forma rentable. Por altura del buje se entiende el buje del rotor eólico del aerogenerador por encima de la superficie del suelo (lugar de instalación).

El puntal longitudinal, el puntal transversal y el puntal diagonal pueden estar formados por perfiles, cada uno de ellos compuesto por un perfil hueco o por un material macizo o una combinación de ambos. La sección transversal de los perfiles se puede diseñar individualmente. En particular, el puntal longitudinal tiene un diámetro mayor que el puntal transversal y/o el puntal diagonal. Si se utiliza un perfil hueco, se trata, por ejemplo, de un tubo soldado con cordón longitudinal o en espiral. De manera especialmente preferente, el puntal longitudinal, el puntal transversal y el puntal diagonal presentan una sección transversal circular. Más preferentemente, los perfiles pueden ser perfiles estandarizados que se pueden producir de forma económica y, por lo tanto, se pueden cortar individualmente a la longitud deseada dependiendo del diseño de la estructura de celosía.

Cada uno de los al menos tres montantes de esquina está compuesto por al menos dos o más puntales longitudinales, estando conectado mecánicamente, de acuerdo con la invención, un elemento de nodo a través de bridas entre cada dos puntales longitudinales. La estructura de celosía puede presentar exactamente tres montantes de esquina, pero también más de tres montantes de esquina.

La parte inferior de la estructura de celosía es el área de la estructura de celosía cercana al suelo o a los cimientos y la parte superior de la estructura de celosía es el área de la estructura de celosía opuesta y, por lo tanto, alejada del suelo o los cimientos. Los montantes de esquina están inclinados entre sí en un ángulo respecto a la vertical de la estructura de celosía, lo que significa que la estructura de celosía se estrecha desde la parte inferior hacia la superior de la estructura de celosía.

La vertical de una torre de celosía y el al menos un plano horizontal de la estructura de celosía se refieren al estado de una estructura de celosía ensamblada o levantada.

Según la configuración de la estructura de celosía, puede estar presente al menos un puntal transversal, que está dispuesto en un plano horizontal de la estructura de celosía entre dos montantes de esquina y está conectado con ellos. Según la realización de la estructura de celosía, alternativa o adicionalmente puede estar presente al menos un puntal diagonal, que está dispuesto entre dos planos horizontales de la estructura de celosía, que están previstos distanciados entre sí en la vertical de la estructura de celosía, entre dos montantes de esquina y está conectado con ellos. Según el número de montantes de esquina, en caso necesario se puede utilizar el mismo número de puntal transversales, es decir, en el caso de tres montantes de esquina también pueden estar dispuestos tres puntales transversales en cada caso en un plano horizontal de la estructura de celosía entre los montantes de esquina y estar conectados con ellos.

Los al menos tres elementos de nodo están dispuestos en al menos un plano horizontal de la estructura de celosía en cada caso entre los puntales longitudinales que forman los montantes de esquina y funcionan en cada caso como elemento de conexión entre dos puntales longitudinales, el al menos un puntal transversal y/o el al menos un puntal diagonal. Según el número de montantes de esquina, en al menos un plano horizontal de la estructura de celosía está previsto también un número correspondiente de elementos de nodo. Según la configuración de la estructura de celosía, pueden estar previstos elementos de nodo en dos o más de dos planos horizontales de la estructura de celosía, determinándose el número de elementos de nodo a partir del producto del número de planos horizontales y el número de montantes de esquina. Esto significa que en el caso de tres montantes de esquina y tres planos horizontales se necesitan en total nueve elementos de nodo, que actúan como elementos de conexión para los puntales longitudinales, transversales y/o diagonales.

Se entiende por aberturas pasantes, por ejemplo, orificios que permiten el alojamiento y/o el paso de elementos de junta a través de los mismos.

Otras configuraciones ventajosas y perfeccionamientos se desprenden de la siguiente descripción. Una o varias características de las reivindicaciones, la descripción y los dibujos se pueden combinar con otra o varias otras de dichas características para dar lugar a configuraciones adicionales de la invención. Una o varias características de las reivindicaciones independientes también pueden combinarse con otra o varias otras características.

5 De acuerdo con una configuración de la estructura de celosía de acuerdo con la invención, el elemento de nodo comprende al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera y que sirve para unir el al menos un puntal transversal y/o el al menos un puntal diagonal. Según la configuración de la estructura de celosía, al menos un puntal transversal o un extremo de un puntal transversal y/o al menos un puntal diagonal o un extremo de un puntal diagonal se une a través de al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera con el elemento de nodo. El elemento de nodo puede presentar dos o más de dos elementos de unión que discurren radialmente hacia fuera, de modo que al menos un puntal transversal o un extremo de un puntal transversal y al menos un puntal diagonal o un extremo de un puntal diagonal o al menos dos puntales transversales o un extremo de cada uno de los dos puntales transversales y/o al menos dos puntales diagonales o un extremo de los dos puntales diagonales pueden unirse al elemento de nodo.

20 De acuerdo con una configuración de la estructura de celosía de acuerdo con la invención, el al menos un elemento de unión presenta una brida con aberturas pasantes y el puntal transversal y/o el puntal diagonal que se han de unir en su extremo con el elemento de nodo presentan en cada caso una brida con aberturas pasantes, en donde a través de o en las aberturas pasantes están alojados elementos de juntura, a través de los cuales el elemento de nodo está conectado mecánicamente con el puntal transversal y/o el puntal diagonal. Esto es especialmente ventajoso, porque la estructura de celosía se puede levantar en gran medida de forma rápida y rentable *in situ* a través de conexiones mecánicas entre los distintos componentes (puntales longitudinales, puntales transversales, puntales diagonales, elementos de nodo). De este modo, la estructura de celosía también se puede levantar de forma más sencilla mediante el ensamblaje de los distintos componentes en la vertical, lo que significa que no se necesita en particular una grúa de gran tonelaje para la instalación, en comparación con un ensamblaje horizontal, debido a que la mayoría de los componentes han de conectarse por unión de materiales y, por tanto, se requiere un mayor esfuerzo de soldadura en la obra de construcción.

30 El elemento de nodo consta de varias partes, una de las cuales está realizada de una sola pieza en forma de una carcasa parcial y comprende al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera. Esta carcasa parcial se compone preferentemente de una pieza de fundición o de una pieza de forja. Asimismo, las partes de una sola pieza pueden ajustarse individualmente a escala. Esto puede ser especialmente ventajoso para posibilitar la fabricación del elemento de nodo y con ello la fabricación de la estructura de red de la forma más eficiente y económica posible, preferentemente en serie, garantizando al mismo tiempo la máxima calidad constante posible.

40 De acuerdo con la invención, el elemento de nodo consta de varias partes, estando fabricada una parte de una sola pieza en forma de una carcasa parcial (primera carcasa parcial) y comprendiendo un elemento de unión que discurre al menos radialmente hacia fuera, comprendiendo la carcasa parcial dos bordes longitudinales, a través de los cuales al menos otra parte en forma de carcasa parcial (segunda carcasa parcial) con dos bordes longitudinales está conectada por unión de materiales, formando las dos carcasas parciales cuando están conectadas un perfil hueco. La (primera) carcasa parcial se compone preferentemente de una pieza de fundición o de una pieza de forja. De este modo se puede fabricar de forma especialmente eficiente y económica una (primera) carcasa parcial, preferentemente en serie, con una calidad elevada y constante. Asimismo, las partes de una sola pieza pueden ajustarse individualmente a escala. La (segunda) carcasa parcial se compone preferentemente de una chapa laminada y, en particular, conformada. Las chapas laminadas están disponibles en todos los grosores posibles y pueden conformarse de forma económica dando lugar a carcasas parciales. Más preferentemente, la chapa laminada se compone de un material de acero. De manera especialmente preferente, el elemento de nodo está realizado como elemento de soldadura de chapa de fundición o elemento de soldadura de chapa de forja. En su extensión longitudinal, según la disposición del o de los elementos de unión que discurren radialmente hacia fuera, la primera carcasa parcial puede tener una sección transversal, en particular en cada uno de sus extremos, que puede adoptar como máximo  $\frac{3}{4}$  radianes de una sección transversal circular, en particular como máximo  $\frac{1}{2}$  radianes de una sección transversal circular, preferentemente como máximo  $\frac{1}{3}$  radianes de una sección transversal circular. La sección transversal circular se completa en los respectivos extremos mediante la conexión por unión de materiales con la segunda carcasa parcial.

55 La segunda carcasa parcial tiene preferentemente una dimensión en radianes mayor en sus extremos que la primera carcasa parcial.

60 En particular, la fabricación de una sola pieza de una parte del elemento de nodo puede reproducirse adecuadamente y con una calidad elevada y constante, en particular en serie. Además de la fundición o la forja, también es posible usar un plástico reforzado con fibra (fibra de vidrio, fibra de carbono) para fabricar una pieza o el elemento de nodo esencialmente completo, que se puede producir en dispositivos adecuados, por ejemplo, mediante el procedimiento RTM.

65 El elemento de nodo, compuesto por ejemplo por al menos dos carcasas parciales, tiene en particular la ventaja de que el al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera está fabricado de una sola pieza con la primera carcasa parcial, preferentemente realizado como pieza de fundición, y proporciona así una unión

especialmente estable y rígida del o de los puntales transversales y/o diagonales, y la segunda carcasa parcial de chapa laminada y, en particular, conformada completa el elemento de nodo con un material relativamente barato y relativamente fácil de producir en cuanto a la conformación, estando las dos carcasas parciales conectadas por unión de materiales en cada caso a través de sus dos bordes longitudinales y formando así un perfil hueco. La conexión por unión de materiales, en particular en forma de en cada caso un cordón de soldadura longitudinal, permite radios de curvatura mayores en las zonas con puntos de máxima tensión. De este modo, las áreas y/o zonas, por ejemplo esquinas y/o bordes, en las que se concentran las tensiones, es decir, en las que pueden producirse estados y/o picos de tensión elevados, pueden tener tensiones reducidas gracias a las curvaturas (redondeos) que discurren lo más uniformemente posible, lo que puede repercutir positivamente en la vida útil. Además, en las zonas con puntos de máxima tensión se pueden conseguir categorías de entalla más altas, describiéndose la categoría de entalla como la tensión admisible que no debe superarse bajo cargas operativas, es decir, que se podrían alcanzar mayores resistencias a la fatiga, lo que a su vez puede repercutir positivamente en los costes. En particular, el cordón de soldadura longitudinal o los cordones de soldadura longitudinales a lo largo del flujo de fuerza pueden contribuir a una alta durabilidad y también a una categoría de entalla más alta.

De acuerdo con una configuración de la estructura de celosía de acuerdo con la invención, al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera está conectado por unión de materiales con el elemento de nodo como pieza separada. Debido a las tolerancias puede ocurrir que en particular no todos los elementos de unión que discurren radialmente hacia fuera se puedan fabricar preferiblemente de una sola pieza con una parte del elemento de nodo o el elemento de nodo esencialmente completo, de modo que el al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera se puede conectar al elemento de nodo por unión de materiales como pieza separada individualmente en función de la situación de montaje. Esto aumentaría ligeramente el esfuerzo de ensamblaje, pero aun así estaría dentro de los límites y la situación de montaje podría corregirse. Además, si por ejemplo en la estructura de celosía no está realizada ninguna estructura simétrica, se pueden considerar al menos dos elementos de nodo diferentes, en particular en al menos un plano horizontal de la estructura de celosía, que solo se diferencien en la disposición del al menos un elemento de unión que discurre radialmente hacia fuera, que está realizado como pieza separada, de tal manera que el elemento de nodo o partes del elemento de nodo se puedan fabricar como pieza(s) idéntica(s) en una producción en serie, en particular como producto en masa, de forma económica y al mismo tiempo con una calidad de un nivel constantemente alto. Según la configuración de la estructura de celosía, se pueden implementar diferentes clases de aerogeneradores y diferentes alturas de buje mediante la individualización o el ajuste a escala de los elementos de nodo.

De acuerdo con una configuración de la estructura de celosía de acuerdo con la invención, la al menos una brida está conectada por unión de materiales como pieza separada en un correspondiente borde frontal del elemento de nodo. Como alternativa a una realización que comprende una brida o varias bridas de una sola pieza con el uno o más elementos de unión que discurren radialmente hacia fuera, las (partes de) bridas separadas se pueden producir de manera fácil y económica. Por ejemplo, la brida separada está fundida.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención se refiere a una torre de aerogenerador con una parte superior en forma de torre tubular cilíndrica, una parte inferior en forma de estructura de celosía de acuerdo con la invención y una parte central que conecta la parte superior con la parte inferior. La parte central actúa como pieza de transición entre las partes inferior y superior de la torre de aerogenerador.

Para evitar repeticiones, se remite a las configuraciones ventajosas de la estructura de celosía de acuerdo con la invención.

### Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se explica con más detalle con la ayuda de los dibujos. Las mismas partes están provistas de las mismas referencias. En detalle, muestran:

- la Fig. 1 una representación esquemática en perspectiva de partes individuales para la creación de un elemento de nodo en un primer instante,
- la Fig. 2 una vista esquemática en perspectiva de un elemento de nodo que aún no se ha creado por completo en un segundo instante,
- la Fig. 3 una representación esquemática en perspectiva de un elemento de nodo, y
- la Fig. 4 una representación esquemática en perspectiva de una estructura de celosía de acuerdo con una realización de la invención.

### Descripción de las formas de realización preferidas

En la **Figura 1** se muestra una representación esquemática en perspectiva, o bien una representación en despiece ordenado, de partes individuales (1, 2, 3) para la creación de un elemento de nodo (10), en un primer instante. El

elemento de nodo (10) que se va a crear consta de varias partes (1, 2, 3), estando fabricada una parte (1) de una sola pieza en forma de una carcasa parcial y comprendiendo al menos un elemento de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3) que discurre radialmente hacia fuera, en donde el al menos un elemento de unión (1.1, 1.2, 1.3) que discurre radialmente hacia fuera está fabricado de una sola pieza con la carcasa parcial (1). La carcasa parcial (1) se compone de una pieza de forja o, preferentemente, de una pieza de fundición. Entre los elementos de unión (1.1, 1.2) que discurren radialmente hacia fuera, los cuales discurren oblicuamente hacia abajo y oblicuamente hacia arriba en su extensión, está previsto de una sola pieza otro elemento de unión (1.3) que discurre radialmente hacia fuera, el cual se extiende transversalmente a la carcasa parcial (1). Además, como pieza separada se proporciona al menos un elemento de unión (3) que discurre radialmente hacia fuera, el cual está conectado por unión de materiales con el elemento de nodo (10), cf. **Figura 2**. Los elementos de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3) presentan en cada caso un borde frontal (1.11, 1.21, 1.31, 3.1) para la conexión por unión de materiales con en cada caso una brida (6, 7, 8, 9) como pieza separada, cf. **Figura 3**. Como parte adicional sirve la carcasa parcial (2), que se compone de una chapa laminada y, en particular, conformada. El dimensionamiento de las carcasas parciales (1, 2) y de los elementos de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3), o bien de su diámetro y grosor, depende de la configuración de la estructura de celosía (100) que se vaya a crear, cf. **Figura 4**.

En la **Figura 2** se muestra una vista esquemática en perspectiva de un elemento de nodo (10) aún no creado por completo, en un segundo instante, estando realizada una conexión por unión de materiales a través de los dos bordes longitudinales (1.4) de la carcasa parcial (1) y los dos bordes longitudinales (2.1) de la carcasa parcial (2), que en particular están realizadas en cada caso como cordones de soldadura longitudinales (2.3), de modo que las dos carcasas parciales (1, 2) cuando están conectadas forman un perfil hueco. Además, al menos un elemento de unión (3) que discurre radialmente hacia fuera está conectado por unión de materiales con el elemento de nodo (10) como pieza separada.

En la **Figura 3** se muestra una representación esquemática en perspectiva de un elemento de nodo (10). El elemento de nodo (10) presenta en la extensión longitudinal en sus extremos en cada caso una brida (4, 5) con aberturas pasantes (4.1, 5.1), que están conectadas por unión de materiales como piezas separadas en los bordes frontales (1.5, 2.2) del elemento de nodo (10). Los elementos de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3) también presentan bridas (6, 7, 8, 9) con aberturas pasantes (6.1, 7.1, 8.1, 9.1), que están conectadas por unión de materiales como piezas separadas en los correspondientes bordes frontales (1.11, 1.21, 1.31, 3.1) del elemento de nodo (10), o bien en los elementos de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3). El elemento de nodo (10) está realizado como elemento de soldadura de chapa de forja o preferentemente como elemento de soldadura de chapa de fundición. También es concebible que el elemento de nodo (10), incluidas todas las bridas (4, 5, 6, 7, 8), a excepción de al menos un elemento de unión (3) que discurre radialmente hacia fuera y de la brida (9), estén fabricados por completo, como piezas independientes y conectables, o bien de fundición o bien de un plástico reforzado con fibra.

Los elementos de unión (1.1, 1.2) están diseñados para unir los puntales diagonales (30), o bien uno de sus extremos, y los elementos de unión (1.3, 3) están diseñados para unir los puntales transversales (40), o bien uno de sus extremos.

En la **Figura 4** se muestra una representación esquemática en perspectiva de una estructura de celosía (100) para una torre de aerogenerador, no representado, de acuerdo con una realización de la invención. La estructura de celosía para torre de aerogenerador, no representado, comprende al menos tres montantes de esquina (50), que están inclinados entre sí en un ángulo respecto a la vertical (V) de la estructura de celosía (100), estando los montantes de esquina (50) más distanciados entre sí en la parte inferior de la estructura de celosía (100) que en la parte superior de la estructura de celosía (100), estando compuesto cada montante de esquina (50) por varios puntales longitudinales (20). Asimismo, la estructura de celosía comprende al menos un puntal transversal (40), que está dispuesto en un plano horizontal (E1, E2) de la estructura de celosía (100) entre dos montantes de esquina (50) y está conectado con ellos. Los diferentes planos (E1, E2) están simbolizados en cada caso por líneas discontinuas. Asimismo, la estructura de celosía (100) comprende al menos un puntal diagonal (30), que está dispuesto entre dos planos horizontales (E1, E2) de la estructura de celosía (100) entre dos montantes de esquina (50) y está conectado con ellos. Además, la estructura de celosía (100) comprende al menos tres elementos de nodo (10), que están dispuestos en al menos un plano horizontal (E1, E2) de la estructura de celosía (100) en cada caso entre los puntales longitudinales (20) que forman los montantes de esquina (50) y funcionan en cada caso como elemento de conexión entre dos puntales longitudinales (20), el al menos un puntal transversal (40) y el al menos un puntal diagonal (30).

Los dos puntales longitudinales (20) que se han de conectar en sus extremos con el elemento de nodo (10) presentan también en cada caso una brida (20.1) con aberturas pasantes, estando alojados elementos de junta (no representados), por ejemplo conexiones de tornillo-tuerca, a través de o en las aberturas pasantes (4.1, 5.1), a través de los cuales el elemento de nodo (10) está conectado mecánicamente con los puntales longitudinales (20).

Asimismo, el puntal transversal (40) y el puntal diagonal (3) que se han de conectar en su extremo con el elemento de nodo (10) presentan también en cada caso una brida (30.1, 40.1) con aberturas pasantes, estando alojados elementos de junta (no representados), por ejemplo conexiones de tornillo-tuerca, a través de o en las aberturas pasantes (6.1, 7.1, 8.1, 9.1), a través de los cuales el elemento de nodo (10) está conectado mecánicamente con el puntal transversal (40) y el puntal diagonal (30). También es concebible que, según la configuración de la estructura de celosía, también estén previstos únicamente puntales transversales o únicamente puntales diagonales, de modo que los elementos de

## ES 2 964 193 T3

nodo consideren correspondientes elementos de unión que discurren radialmente hacia fuera adaptados a las necesidades, no representado.

5 La torre (no representada) de aerogenerador (no representado) puede comprender una parte superior en forma de torre tubular cilíndrica, una parte inferior en forma de estructura de celosía (100) según una realización de acuerdo con la invención y una parte central, conectando la parte central la parte superior con la parte inferior (100).

La torre (no representada) de aerogenerador (no representado) puede diseñarse para el sector en alta mar o en tierra firme.

10 Todas las características descritas pueden combinarse entre sí en la medida en que sea técnicamente posible.

REIVINDICACIONES

1. Estructura de celosía (100) para torre de aerogenerador, que comprende

- 5 - al menos tres montantes de esquina (50), que están inclinados entre sí en un ángulo respecto a la vertical (V) de la estructura de celosía (100), estando los montantes de esquina (50) más distanciados entre sí en la parte inferior de la estructura de celosía (100) que en la parte superior de la estructura de celosía (100), estando compuesto cada montante de esquina (50) por varios puntales longitudinales (20),
- 10 - al menos un puntal transversal (40), que está dispuesto en un plano horizontal (E1, E2) de la estructura de celosía (100) entre dos montantes de esquina (50) y está conectado con ellos, y/o
- al menos un puntal diagonal (30), que está dispuesto entre dos planos horizontales (E1, E2) de la estructura de celosía (100) entre dos montantes de esquina (50) y está conectado a ellos,
- 15 - al menos tres elementos de nodo (10), que están dispuestos en al menos un plano horizontal (E1, E2) de la estructura de celosía (100) en cada caso entre los puntales longitudinales (20) que forman los montantes de esquina (50) y funcionan en cada caso como elemento de conexión entre dos puntales longitudinales (20), el al menos un puntal transversal (40) y/o el al menos un puntal diagonal (30),

**caracterizada por que** el elemento de nodo (10) presenta en la extensión longitudinal en sus extremos en cada caso una brida (4, 5) con aberturas pasantes (4.1, 5.1) y los dos puntales longitudinales (20) que se han de unir con el elemento de nodo (10) presentan en sus extremos en cada caso una brida (20.1) con aberturas pasantes, en donde a través de o en las aberturas pasantes (4.1, 5.1) están alojados elementos de junta, a través de los cuales el elemento de nodo (10) está conectado mecánicamente con los puntales longitudinales (20), en donde el elemento de nodo (10) consta de varias partes (1, 2, 3), estando fabricada una parte (1) de una sola pieza en forma de una carcasa parcial y comprendiendo al menos un elemento de unión (1.1, 1.2, 1.3) que discurre radialmente hacia fuera, presentando la carcasa parcial (1) dos bordes longitudinales (1.4), a través de los cuales al menos otra parte (2) en forma de carcasa parcial con dos bordes longitudinales (2.1) está conectada por unión de materiales, formando las dos carcasas parciales (1, 2) cuando están conectadas un perfil hueco.

2. Estructura de celosía según la reivindicación 1, en donde el elemento de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3) que discurre radialmente hacia fuera sirve para unir el al menos un puntal transversal (40) y/o el al menos un puntal diagonal (30).

3. Estructura de celosía según la reivindicación 2, en donde el elemento de unión (1.1, 1.2, 1.3, 3) presenta una brida (6, 7, 8, 9) con aberturas pasantes (6.1, 7.1, 8.1, 9.1) y el puntal transversal (40) y/o el puntal diagonal (3) que se han de conectar en su extremo con el elemento de nodo (10) presentan en cada caso una brida (30.1, 40.1) con aberturas pasantes, estando alojados elementos de junta a través de o en las aberturas pasantes (6.1, 7.1, 8.1, 9.1), a través de los cuales el elemento de nodo (10) está conectado mecánicamente con el puntal transversal (40) y/o el puntal diagonal (30).

4. Estructura de celosía según la reivindicación 1, en donde la carcasa parcial (1) está compuesta por una pieza de fundición o una pieza de forja.

5. Estructura de celosía según la reivindicación 1, en donde la carcasa parcial (2) está compuesta por una chapa laminada y, en particular, conformada.

6. Estructura de celosía según una de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un elemento de unión (3) que discurre radialmente hacia fuera está conectado por unión de materiales con el elemento de nodo (10) como pieza separada.

7. Estructura de celosía según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la al menos una brida (4, 5, 6, 7, 8, 9) está conectada por unión de materiales como pieza separada en un correspondiente borde frontal (1.11, 1.21, 1.31, 1.5, 2.2, 3.1) del elemento de nodo (10).

8. Torre de aerogenerador con una parte superior en forma de torre tubular cilíndrica, una parte inferior en forma de estructura de celosía (100) según una de las reivindicaciones anteriores y una parte central que conecta la parte superior con la parte inferior (100).

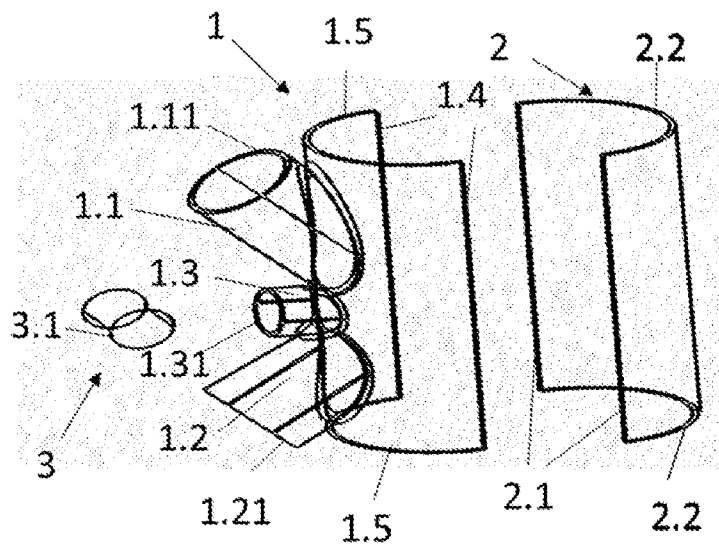


Figura 1

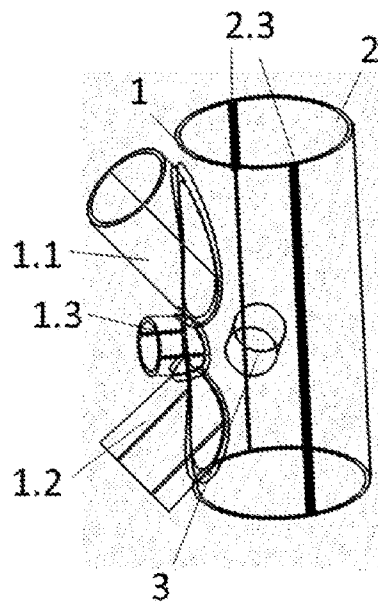


Figura 2

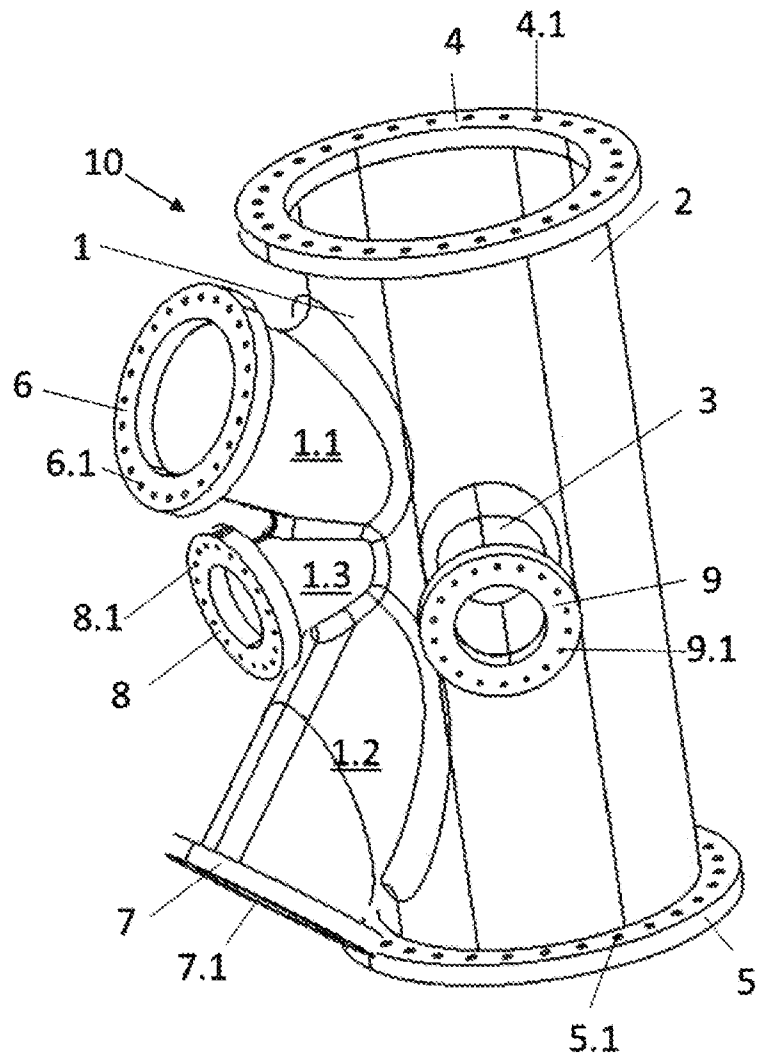


Figura 3

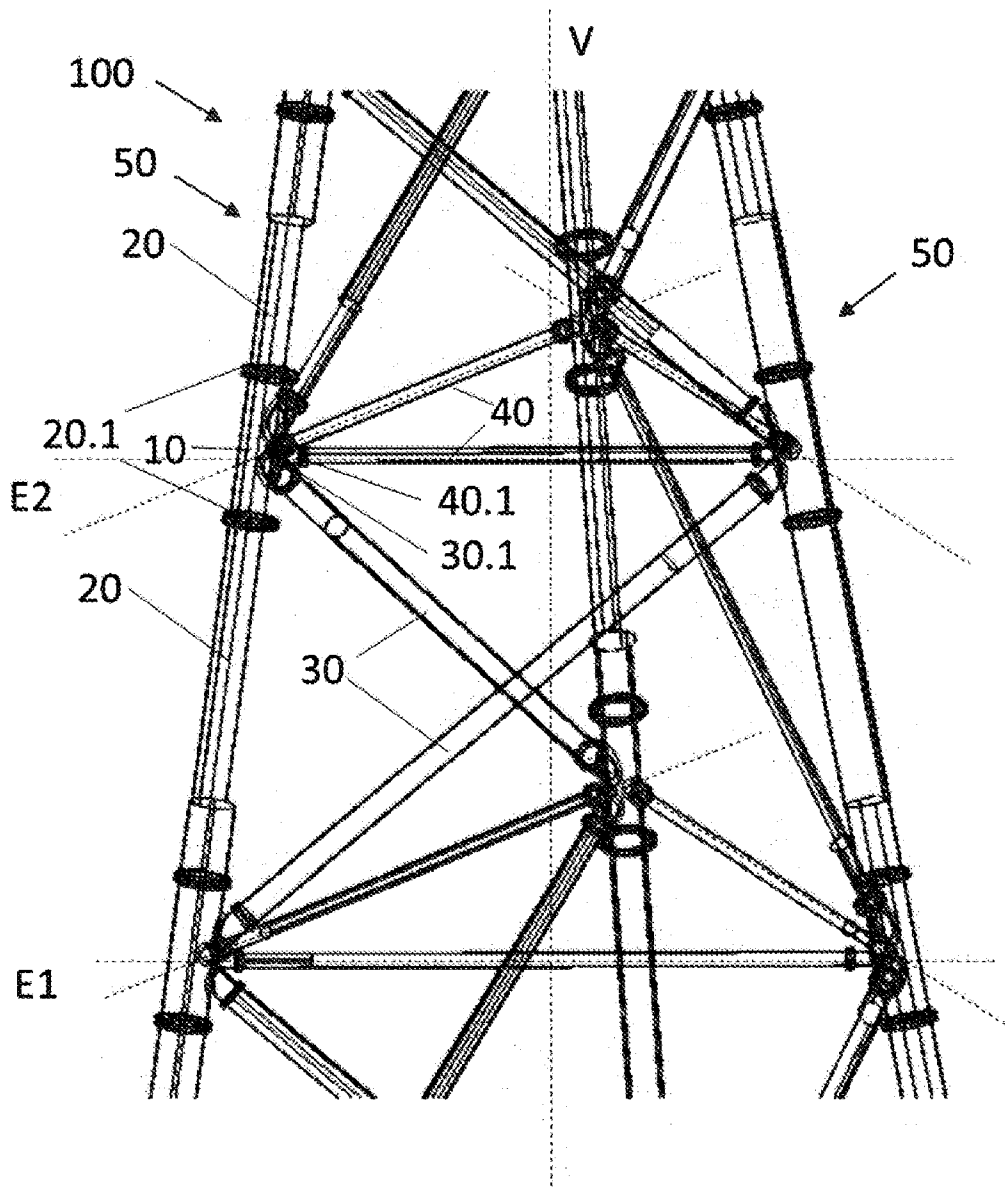


Figura 4