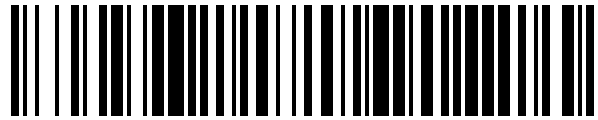


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 205 261**

21 Número de solicitud: 201790014

51 Int. Cl.:

F03D 1/04 (2006.01)

F03D 3/04 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

15.04.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.02.2018

71 Solicitantes:

**ALCOCER RAMÓN-LACA, Manuel Agustín
(100.0%)
C/ Marqués de Urquijo, 44, 6ª
28008 MADRID ES**

72 Inventor/es:

ALCOCER RAMÓN-LACA, Manuel Agustín

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **ESTRUCTURA EXTERNA PARA CONTROLAR EL FLUJO DE VIENTO RECIBIDO POR UNA TURBINA EÓLICA**

ES 1 205 261 U

**ESTRUCTURA EXTERNA PARA CONTROLAR EL FLUJO DE VIENTO RECIBIDO
POR UNA TURBINA EÓLICA**

DESCRIPCIÓN

5

Campo técnico de la invención

La invención se encuadra en el campo de las energías renovables, más concretamente en el sector de energía eólica.

10

Antecedentes de la invención o Estado de la Técnica

Hasta el día de hoy, la industria de diseño y fabricación de turbinas eólicas ha puesto gran parte de sus esfuerzos en la optimización de la eficiencia y el coste de la propia turbina eólica, con un éxito considerable. Entre muchos logros técnicos e industriales que han sido satisfactoriamente implementados en las últimas décadas, cabe destacarse:

15

- el aumento considerable de la potencia nominal y la longitud de los rotores de las turbinas eólicas, lo que permite extraer más cantidad de energía por turbina eólica y de emplazamientos con velocidades de viento más bajas,
- la considerable reducción del peso de las góndolas y palas, permitiendo el incremento de altura de las torres y el aprovechamiento de las velocidades mayores existentes a mayor altura, y
- la reducción de costes en toda la cadena de suministro a medida que la industria ha ido adquiriendo madurez.

20

25

Sin embargo, son más escasas las propuestas para optimizar las características del flujo del viento que llega a la turbina eólica y mejorar de esta forma su rendimiento. Entre dichas propuestas, se destacan las siguientes:

30

US6710468B1 que divulga un concentrador de viento que se ensambla al rotor de una turbina eólica para encauzar el viento.

US20140308120A1 que describe otro concentrador de viento para su uso en tejados de edificios y que se coloca en un rotor para aprovechar los vientos de escasa velocidad.

35

Ambas propuestas tienen sin embargo una importante desventaja técnica. La turbina eólica necesita adaptarse para soportar las cargas adicionales que supondría la colocación de un concentrador de viento como los descritos. El elemento sustentador

de la turbina, generalmente una torre, precisaría una robustez muy elevada, lo cual añadiría un coste considerable que dificulta su viabilidad económica.

A la vista de las limitaciones del estado de la técnica, sería deseable una estructura que optimizara el flujo de viento hacia el rotor de la turbina eólica afectando en menor medida su integridad estructural, pero logrando aumentar la velocidad del viento para poder extraer más energía eólica y al mismo tiempo manteniendo bajo control o incluso mejorando dos parámetros clave: En primer lugar, la turbulencia del flujo de viento, que es responsable de la disminución de vida útil de los componentes de la turbina, y en segundo lugar, el ángulo de incidencia del viento en el rotor de la turbina eólica, que en el caso de incrementar por encima de las especificaciones de diseño podría comprometer también la integridad de la turbina.

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a una estructura externa e independiente que se coloca junto a una turbina eólica para conducir y acelerar el flujo de aire de estratos inferiores y laterales hacia el rotor de la turbina eólica junto a la que se instala.

La estructura incluye una lámina de conducción para concentrar el flujo de viento y dirigirlo hacia el rotor de la turbina eólica. La lámina define frontalmente una primera región para principalmente concentrar y acelerar el flujo y una segunda región para, además de concentrar y acelerar el flujo, también rectificarlo en términos de ángulo de incidencia para que llegue al área barrida por el rotor de la turbina eólica en condiciones adecuadas a las especificaciones de diseño de cada turbina, o incluso mejoradas respecto a las condiciones iniciales del emplazamiento. Para conseguir esta combinación de efectos, en la primera región la pendiente de la lámina aumentará de forma progresiva para acelerar y redireccionar el flujo de viento hacia el rotor de la turbina, y en la segunda región disminuirá, también progresivamente, para, además de acelerar el flujo, adecuar su ángulo de incidencia a las especificaciones de la turbina. En ambas regiones, los cambios de pendientes deben ser progresivos para evitar la generación de turbulencia.

De esta manera, se cumple que la sección longitudinal en la primera región tiene una curvatura mayor que en la segunda región. La curvatura se define como la medida del cambio que sufre la dirección del vector tangente a una curva cuando nos movemos a lo largo de ésta. Opcionalmente, la proyección sobre el suelo de la primera región es menor que la segunda región.

La estructura puede contar con unas guías de sujeción que sustentan la lámina de conducción y con una plataforma para sustentar a su vez el conjunto de las guías de sujeción y lámina de conducción.

5 Al no tener ninguna interacción estructural directa con la turbina eólica, el diseño de la turbina y de la estructura propuesta puede hacerse de forma independiente. Esto permite poder adaptar e instalar la estructura delante de cualquier turbina eólica existente o futura, sin importar el fabricante ni las peculiaridades de diseño de cada modelo de turbina (altura de torre, longitud de las palas, etc).

10 Opcionalmente, la lámina de conducción se extiende en su parte distal superior definiendo unas elevaciones laterales a modo de crestas, cuya función es concentrar más eficientemente sobre el área barrida del rotor el viento que de no estar la lámina circularía por estratos inferiores y laterales al rotor de la turbina.

Opcionalmente, la lámina de conducción varía su pendiente de forma suave y progresiva para evitar la generación de flujo turbulento por cambios abruptos en la pendiente.

15 Opcionalmente, la lámina de conducción define un canal que se estrecha progresivamente hacia el rotor para concentrar el flujo.

Opcionalmente, una parte de la lámina de conducción tiene forma de semi-embudo tronco-cónico (en forma de tobogán).

20 Opcionalmente, la superficie de la lámina de conducción es lisa para impedir la generación de turbulencias por el contacto del flujo de viento con la lámina de conducción y facilitar que el flujo sea laminar.

Opcionalmente, la plataforma es orientable según la dirección del viento para seguir la rotación de la turbina eólica cuando ésta busca orientarse en la dirección predominante del viento.

25 Opcionalmente, la plataforma se compone de una base en contacto directo con el suelo y, acoplada con dicha base y elevada, una estructura de soporte superior donde se apoya la estructura de conducción. El conjunto de guías de sujeción y lámina de conducción podrán desplazarse por el soporte superior de la base a través de un mecanismo de carriles y rodamientos.

30 Opcionalmente, las guías de sujeción se pueden mover independientemente alrededor de la turbina con el objetivo de generar la geometría más conveniente de la lámina de conducción.

35 El conjunto tiene una gran capacidad de adaptación al emplazamiento eólico gracias a la posibilidad de realizar geometrías específicas de la lámina de conducción que adquiere apoyándose en las guías de sujeción. Puede adecuarse tanto a las condiciones

de viento, meteorológicas y orográficas específicas del emplazamiento, como al tipo de turbina eólica específica.

En suma, la invención puede ser doblemente beneficiosa para la economía del parque eólico, y en definitiva, para la sociedad: por un lado permite extraer más energía de las turbinas eólicas gracias al aumento de velocidad del fluido y, por otro lado, gracias al control y optimización de la turbulencia y el ángulo de incidencia, permite alargar la vida de los componentes de la turbina, lo cual aumenta el tiempo durante el que la turbina puede extraer energía del viento.

Estas y otras ventajas quedarán aún más claras en los siguientes apartados.

10

Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 muestra un ejemplo de estructura en perspectiva.

La FIG. 2 muestran varias vistas de la estructura de la FIG. 1 en el plano frontal (FIG. 2A), superior (FIG. 2B) y lateral (FIG. 2C).

La FIG. 3 muestra una gráfica de las dos regiones diferenciales de la estructura en sección longitudinal y, de forma ilustrativa y simplificada, la velocidad del viento.

La FIG. 4 muestra, en sección longitudinal, otra forma para la estructura que permite una mayor estabilización del flujo de viento en términos de ángulo de incidencia y turbulencia.

La FIG. 5 muestra un segundo ejemplo de estructura orientable con base fija en diferentes vistas.

La FIG. 6 muestra varias vistas de la estructura de la FIG. 5 en el plano frontal (FIG. 6A), superior (FIG. 6B) y lateral (FIG. 6C).

La FIG. 7 muestra un tercer ejemplo de estructura orientable de vigas y mástiles, en diferentes vistas.

La FIG. 8 muestra varias vistas de la estructura de la FIG. 7 en el plano frontal (FIG. 8A), superior (FIG. 8B) y lateral (FIG. 8C).

Descripción detallada de la invención

Sin carácter limitativo y con referencia a las figuras anteriores, se describen varios ejemplos de realización de la invención.

35

Primera realización

Las **FIGs. 1 y 2** muestran cómo la estructura se compone de una gran superficie: la lámina de conducción **1**, ligera, flexible y resistente para la concentración y rectificado
 5 del flujo de viento hacia el área barrida por el rotor de la turbina eólica. La estructura crea una elevación artificial delante de la turbina eólica **2**, inclinada hacia la dirección del viento respecto a la horizontal. Dicha elevación permite conducir, concentrar y acelerar el viento de estratos inferiores y laterales hacia el rotor **21**. La lámina de conducción **1** se sostiene mediante unas guías de sujeción **11** dispuestas en sus
 10 extremos laterales, que permiten a la lámina de conducción **1** extenderse generando una forma adecuada para la conducción del viento hacia el rotor **21** de la turbina **2**.

Ventajosamente, la estructura podrá variar de tamaño y forma para adaptarse a las condiciones orográficas, de viento y meteorológicas de cada emplazamiento y así optimizar la velocidad, turbulencia y ángulo de incidencia del flujo de viento que llega al
 15 rotor **21**.

Las guías de sujeción **11** que sustentan y dan forma a la lámina de conducción **1** están inclinadas respecto a la horizontal. Para sustentarlas, se utilizará unas plataformas **3** a las que cada guía se conecta. Dichas plataformas **3** anularán el momento de fuerza generado por las fuerzas presentes en la estructura: el peso de las guías de sujeción **11**
 20 inclinada hacia la dirección del viento, el peso de la lámina de conducción **1**, y la fuerza del viento que incide en la lámina de conducción al ser re-direccionado hacia el rotor **21** de la turbina **2**.

Preferentemente, las guías de sujeción **11** están dotadas de un mecanismo para arriar la lámina de conducción **1** cuando sea preciso, especialmente en momentos en los que
 25 la velocidad del viento sea demasiado alta, y volver a izar dicha lámina de conducción cuando la velocidad del viento en el emplazamiento sea adecuada para su uso.

La **FIG. 2A** muestra la vista frontal, según el plano xz, de la estructura donde se aprecia que la lámina **1** se extendería desde una altura cercana al suelo hasta una altura cercana al arco inferior de la circunferencia del rotor **21**.

30 En la **FIG. 2B** se representa la vista superior, según el plano xy, de la estructura.

En la **FIG. 2C** se representa la vista yz, se muestra un ejemplo del perfil de la lámina **1**. En la **FIG. 3** se representa una potencial sección longitudinal de la estructura. Como se puede apreciar en la **FIG. 3**, la lámina de conducción **1** permite que el flujo de viento de los estratos inferiores y laterales al área barrida por el rotor **21** de la turbina **2** sea re-
 35 direccionado hacia dicha área, incrementando así la velocidad del viento y permitiendo

a la turbina eólica **2** extraer más energía. La longitud de las flechas indica, de forma ilustrativa y simplificada, la magnitud del viento.

Se pueden distinguir dos regiones en la lámina de conducción **1**. La primera es la región de aceleración **1a** que busca incrementar la velocidad del viento. La segunda es la región de rectificado **1b**, donde, además de acelerar el flujo, se busca también corregir el ángulo de incidencia del flujo de viento respecto a la horizontal, para hacerlo compatible con las especificaciones de diseño de la turbina eólica o incluso mejorarla respecto a las iniciales del emplazamiento. La forma de la lámina **1** en ambas regiones debe cambiar de forma progresiva, no abrupta, para evitar la generación de turbulencia e incluso mejorar la turbulencia respecto a la existente inicialmente en el emplazamiento.

Un diseño de las secciones longitudinales de la lámina de conducción en forma de “S” como se muestran en las **FIGs. 3-4**. Se observa en estos ejemplos que la primera región **1a** tiene una forma cóncava, en tanto que la segunda región **1b** es ligeramente convexa. Este diseño cumple con el objetivo deseado aunque puede haber otros muchos. En general, se trata que cumplan con una serie de condiciones:

Por un lado, la curvatura de la lámina de conducción **1** debe ser suave. La transición entre la región de aceleración **1a** y la región de rectificado **1b** no debe ser abrupta ni pronunciada. El flujo es re-direccionado y minimiza la turbulencia del flujo que impacta el área barrida por el rotor **21** de la turbina **2**. Como se ha señalado antes, la turbulencia del flujo de viento supone un problema para las turbinas eólicas, pues causa mayores cargas en la turbina eólica y reduce la vida útil de los componentes. Es por tanto un parámetro que conviene que sea lo menor posible.

Por otro lado, el ángulo de incidencia del flujo de viento re-conducido por la lámina de conducción respecto a la horizontal no debe exceder las especificaciones de diseño de la turbina **2**. Las turbinas eólicas están diseñadas con un límite de ángulo de incidencia del flujo de viento, generalmente $\pm 8^\circ$ respecto a la horizontal siguiendo el estándar IEC 61400-1. Eventualmente, las turbinas eólicas se podrían diseñar con una especificación de ángulo de incidencia diferente a la actual, lo cual permitiría cambiar el diseño de la estructura propuesta teniendo en cuenta la nueva especificación.

Respecto de los materiales, la lámina de conducción debe ser lo más ligera posible para minimizar el peso y las cargas que debe soportar toda la estructura. También debe resistir las condiciones meteorológicas típicas de los emplazamientos destinados a la producción de energía eólica (viento, lluvia y otros fenómenos meteorológicos,...)

Opcionalmente, puede también ser flexible para permitir el recogido de la lámina **1**. Esto es útil en los momentos en los que las condiciones meteorológicas sean inviables para poder garantizar la integridad estructural del conjunto o no sea deseable por cualquier

motivo la optimización del flujo de viento. Preferentemente, se implementa mediante un mecanismo tipo “cortina” que lleva la lámina **1** desde su posición completamente extendida hasta una posición parcial o totalmente recogida.

La superficie de la lámina de conducción **1** debe ser poco rugosa, ya que de lo contrario podría generar turbulencias en el viento que podrían añadir cargas a la turbina y en consecuencia reducir su vida útil de funcionamiento.

Las guías de sujeción **11** han de sostener en suspensión, extender y dar la forma adecuada a la lámina de conducción **1** para que realice su cometido de re-dirección del flujo.

El conjunto es adaptable para las condiciones de viento de cada emplazamiento a través de un diseño específico de la forma en la que se dispondría la lámina de conducción para re-direccionar el flujo en cada caso.

La **FIG. 4** muestra un diseño de perfil longitudinal con una región de aceleración **1a** menor (con un ángulo menos suave) pero que cuya región de rectificado **1b** es mayor para así estabilizar el flujo durante más tiempo y dar lugar a un flujo más laminar, menos turbulento y con un ángulo de incidencia más estabilizado en torno a los valores permitidos por la especificación de la turbina.

La sustentación del conjunto guías de sujeción y lámina de conducción puede realizarse a través de plataformas **3** apoyadas en el suelo.

Preferentemente, toda la estructura será móvil para orientarse en la dirección del viento, siguiendo la propia rotación de la turbina eólica. El mecanismo de rotación de la plataforma puede realizarse mediante plataformas **3** con ruedas **31** que se apoyan directamente sobre el terreno como se ilustra en la **FIG. 1** y en la **FIG. 2C**. Esto plantea algunos inconvenientes que pueden hacer esta solución no recomendable para ciertas circunstancias. La circunferencia de giro que recorren las plataformas **3** de apoyo de la estructura puede ser muy grande, lo que implicaría tener que realizar una obra civil importante para permitir el giro alrededor de la turbina **2** de todo el conjunto estructural compuesto por plataformas, guías de sujeción **11** y lámina de conducción **1**.

Segunda Realización

Para resolver el potencial problema descrito en el párrafo anterior, en la **FIG. 5** se ilustra otra realización en perspectiva que incluye otra implementación de la plataforma **3** que cuenta con una base inferior **4a**, con forma circular, anclada y fija en el suelo, que soporta mediante columnas estructurales, un soporte superior **4b** que es circular y está elevado, donde se apoyan las guías de sujeción **11**. Diferentes vistas de esta realización

se pueden ver en las **FIGs. 6A, 6B y 6C**. Esta concepción de la plataforma **3** mejora la estabilidad y robustez del conjunto al repartirse mejor la fuerza realizada por el viento sobre el conjunto estructural y compensarse el momento de fuerza generado por la fuerzas que actúan sobre la estructura: el peso de la guía de sujeción **11** inclinada hacia la dirección del viento, el peso de la lámina de conducción **1**, y la fuerza del viento que incide en la lámina de conducción al ser re-direccionado hacia el rotor de la turbina. Preferiblemente el punto de apoyo de las guías de sujeción **11** sobre el soporte superior **4b** de la plataforma **3** es la parte media de dichas guías de sujeción **11** ya que permite que el momento de fuerza generado por el viento en la parte superior de la estructura se puede compensar, al menos parcialmente, por el que se genera en la parte inferior de la misma.

Esta variante de la plataforma **3** tiene además otras ventajas respecto de la anterior, ya que evita tener componentes móviles a ras de suelo. De esta forma, la adaptación al terreno es más sencilla y resulta más fácil supervisar el funcionamiento. También la seguridad mejora, ya que al no existir componentes móviles en contacto con el suelo, no existen a priori restricciones adicionales de acceso al parque eólico.

Opcionalmente, las guías de sujeción **11** pueden desplazarse sobre la estructura de soporte superior **4b** a través de un mecanismo de carriles y rodamientos para permitir el movimiento de giro de las guías de sujeción **11** alrededor de la turbina **2** consiguiéndose así la orientación adecuada de la lámina de conducción **1** según la dirección del viento.

Tercera realización

En las **FIGs. 7 y 8** se ilustra una tercera realización que puede resultar más económica por necesitar unas plataformas y estructuras de sustentación más simples que en la realización anterior.

La diferencia fundamental radica en la forma de sostener la lámina de conducción. En la nueva realización, se utiliza una sustentación compuesta de mástiles **5h, 5i** y vigas **5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g** que generan una sustentación estable para las guías de sujeción **11** que a su vez sustentan la lámina de conducción **1**.

Opcionalmente, las plataformas **3** de apoyo de dicha estructura de sustentación son móviles y se desplazan sobre unos carriles **41** alrededor de la turbina **2**, lo cual permite también la rotación de lámina de conducción **1** alrededor de la turbina **2**.

Diferentes vistas de esta realización se pueden ver en las **FIGs. 8A, 8B y 8C**. Esta concepción de la plataforma **3** mejora la utilización de material, cumpliendo los requisitos

mínimos de estabilidad y robustez del conjunto y permitiendo la compensación del momento de fuerza generado por la fuerzas que actúan sobre la estructura: el peso de la guía de sujeción **11** inclinada hacia la dirección del viento, el peso de la lámina de conducción **1**, y la fuerza del viento que incide en la lámina de conducción **1** al ser re-
5 direccionado hacia el rotor **21** de la turbina **2**. Como en la realización anterior, el punto de apoyo sobre la estructura será preferiblemente la parte media de dichas guías de sujeción **11** ya que permite que el momento de fuerza generado por el viento en la parte superior de la estructura se puede compensar, al menos parcialmente, por el que se genera en la parte inferior de la misma.

10

Se debe entender que el diseño de la estructura es adaptable al emplazamiento. Dependiendo de las características orográficas, de viento y meteorológicas del mismo, la estructura puede variar sus dimensiones para garantizar las velocidades, turbulencia y ángulo de incidencia deseados al paso del viento por el área barrida del rotor.

15

Referencias numéricas

1 Lámina de conducción.

1a Región inferior de la lámina de conducción.

1b Región superior de la lámina de conducción.

20 1c Elevaciones laterales definidas por la lámina de conducción en su parte distal superior.

2 Turbina eólica.

21 Rotor.

3 Plataforma.

25 31 Ruedas.

4a Base de la plataforma.

4b Soporte superior de la plataforma.

41 Carril.

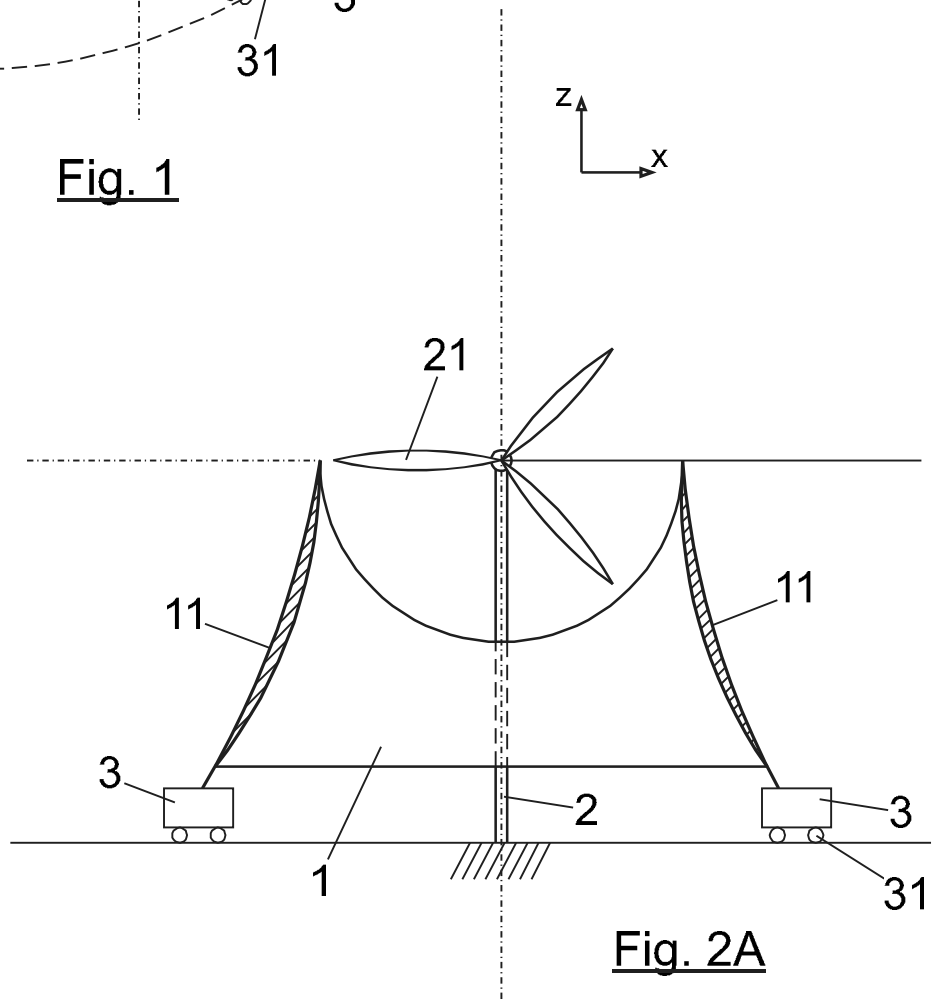
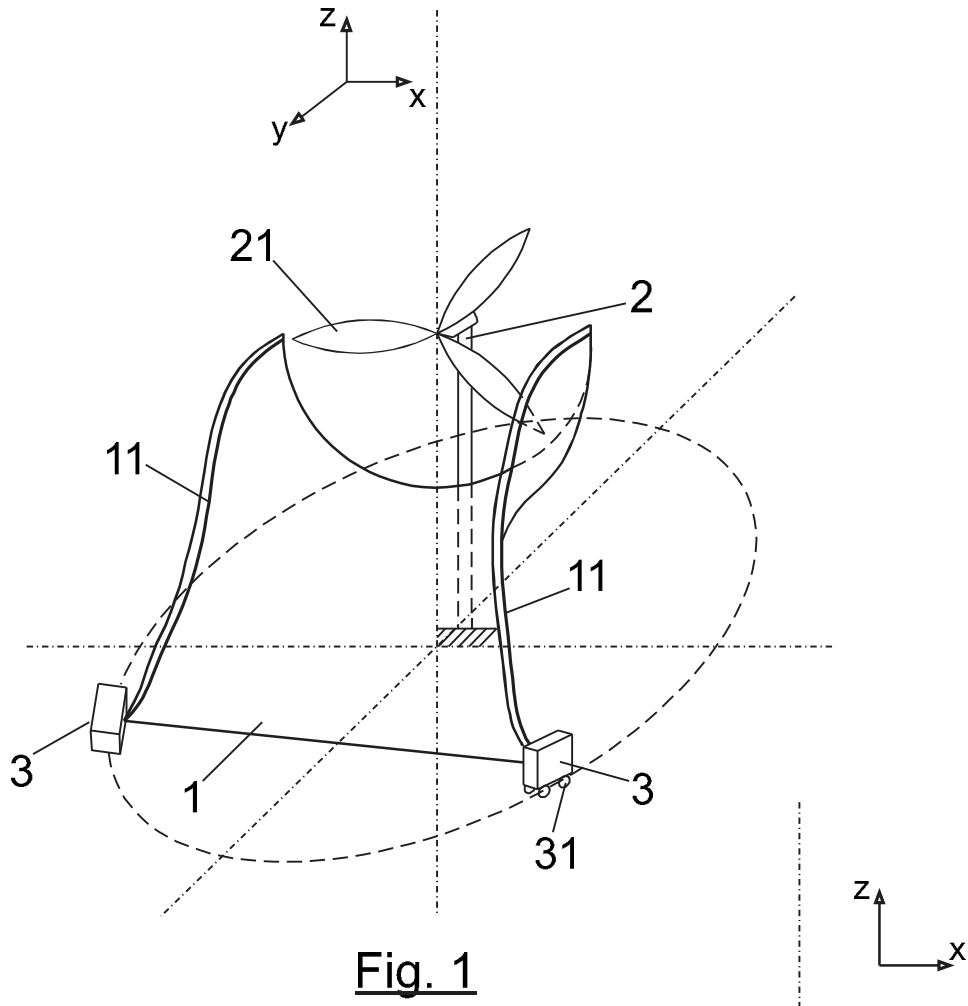
5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g Vigas.

30 5h, 5i Mástiles.

11 Guía de sujeción.

REIVINDICACIONES

1. Estructura externa para controlar el flujo de viento recibido por una turbina eólica (2) caracterizada por que comprende:
- 5 - una lámina de conducción (1) configurada para concentrar el flujo de viento y dirigirlo hacia el rotor (21) de la turbina eólica (2), definiendo frontalmente una primera región inferior (1a) y una segunda región superior (1b), siendo la curvatura media de la sección longitudinal en la primera región (1a) mayor que en la segunda región (1b); y,
- una plataforma (3) configurada para soportar la lámina de conducción (1).
- 10
2. Estructura externa según la reivindicación 1, donde la lámina de conducción (1) se extiende en su parte distal superior definiendo unas elevaciones laterales (1c).
3. Estructura externa según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la
- 15 segunda región (1b) de la lámina de conducción (1) disminuye su inclinación progresivamente.
4. Estructura externa según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera región (1a) de la lámina de conducción (1) aumenta su inclinación
- 20 progresivamente.
5. Estructura externa según una cualquiera de la reivindicación 3 y 4, donde la sección longitudinal de la primera región (1a) es convexa y la sección longitudinal de la segunda región (1b) es cóncava.
- 25
6. Estructura externa según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la lámina de conducción (1) define un canal que se estrecha progresivamente hacia el rotor (21).
- 30
7. Estructura externa según la reivindicación 6, donde una región de la lámina de conducción (1) tiene forma de semi-embudo tronco-cónico.
8. Estructura externa según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la proyección sobre el suelo del corte longitudinal para la primera región (1a) es menor que
- 35 para la segunda región (1b).



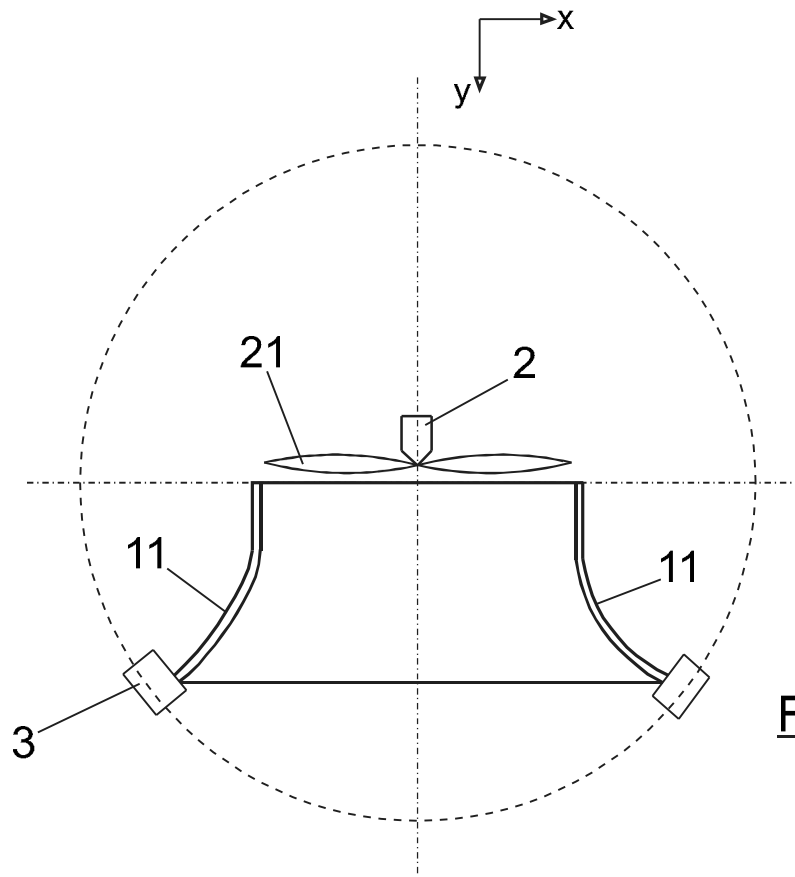


Fig. 2B

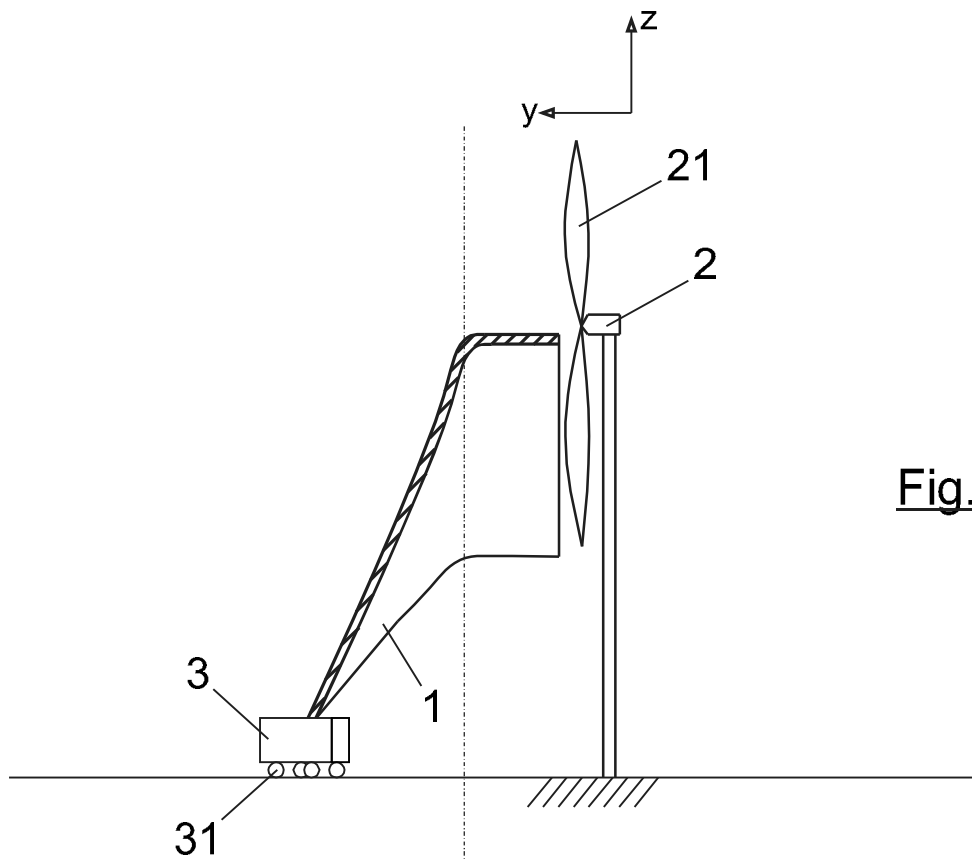


Fig. 2C

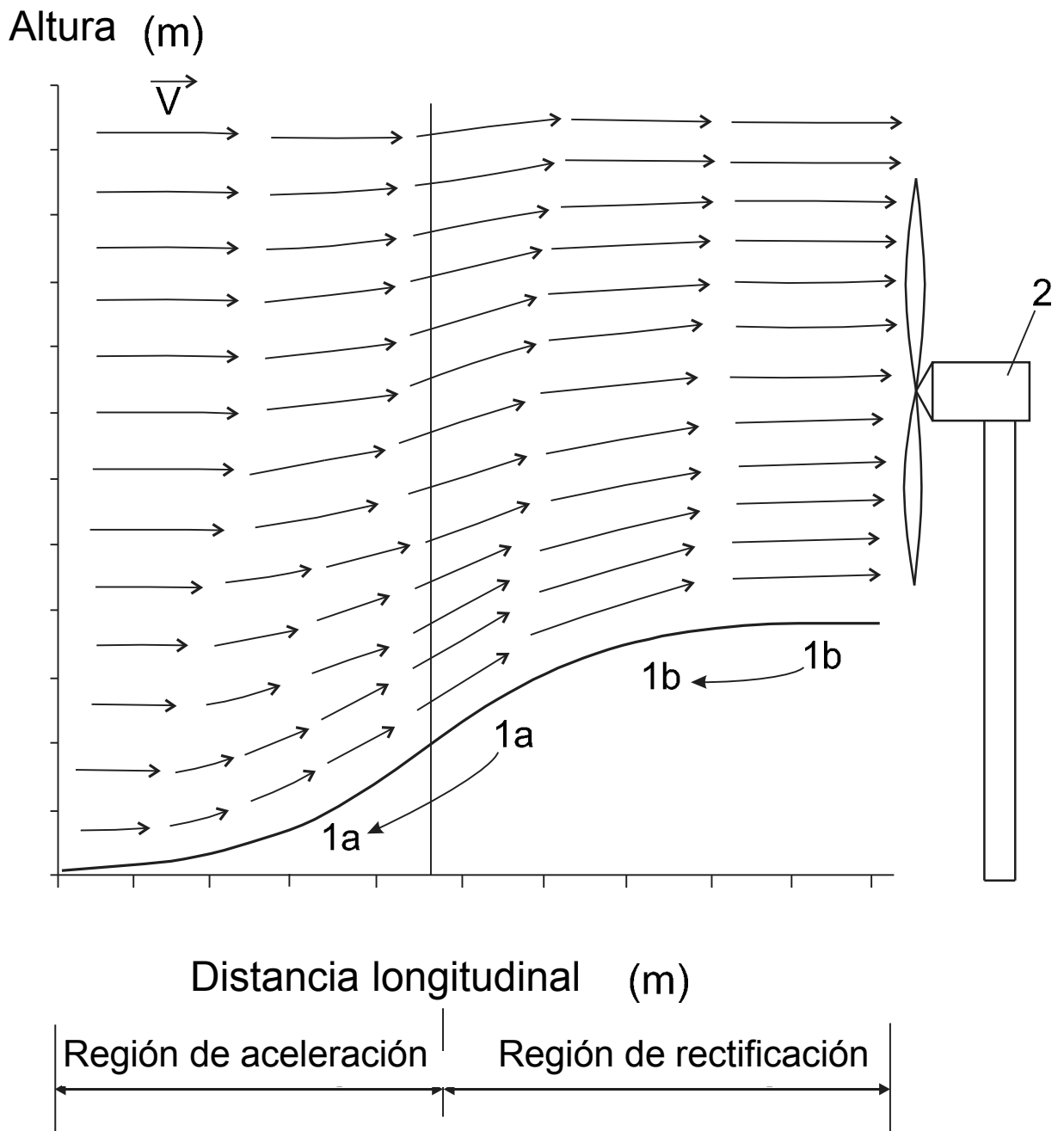


Fig. 3

Altura (m)

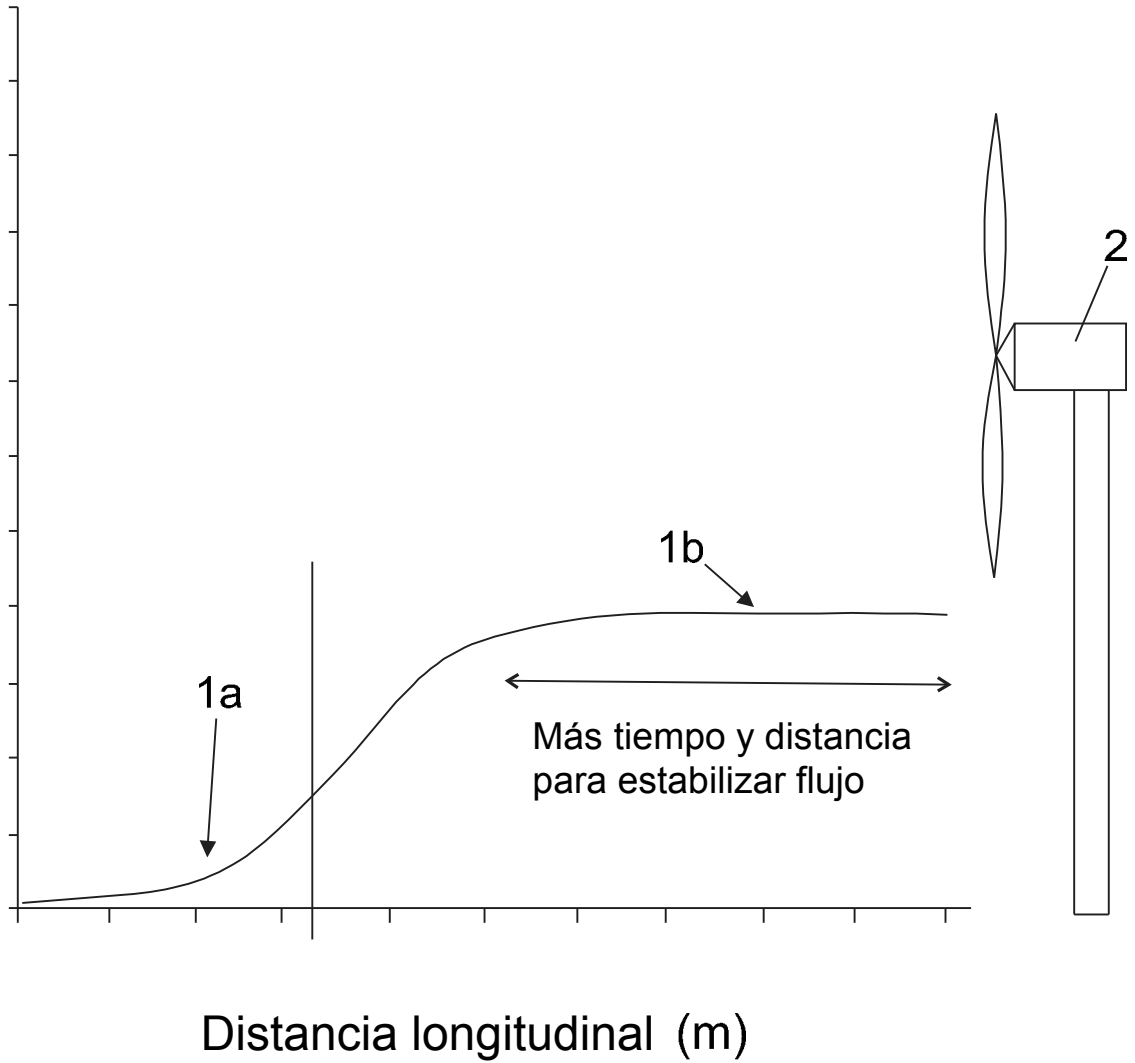


Fig. 4

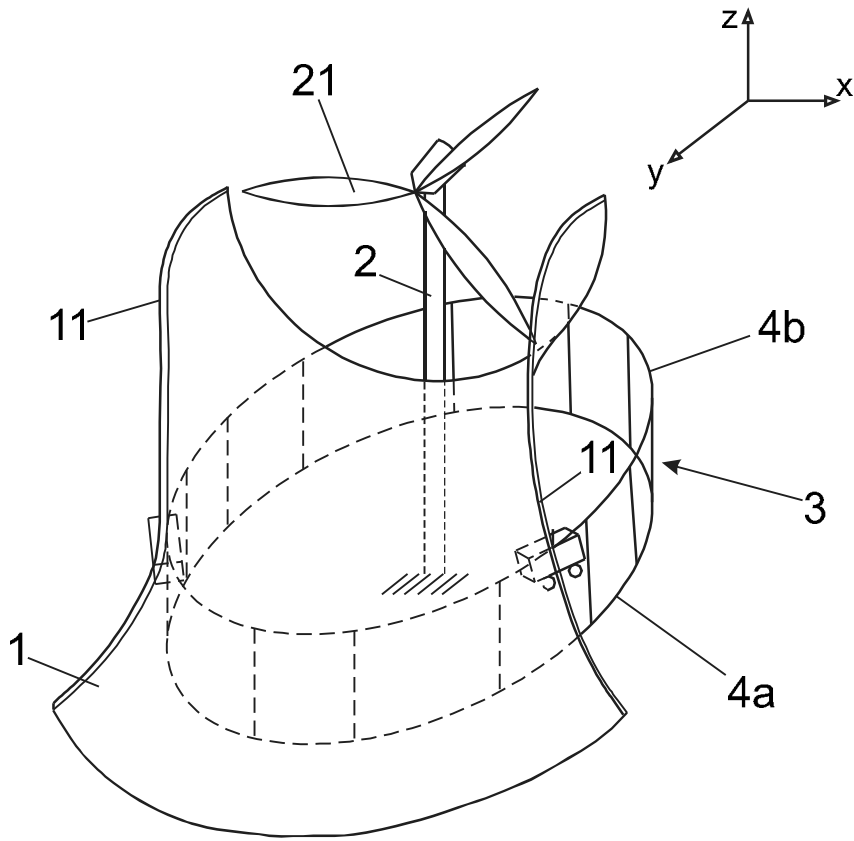


Fig. 5

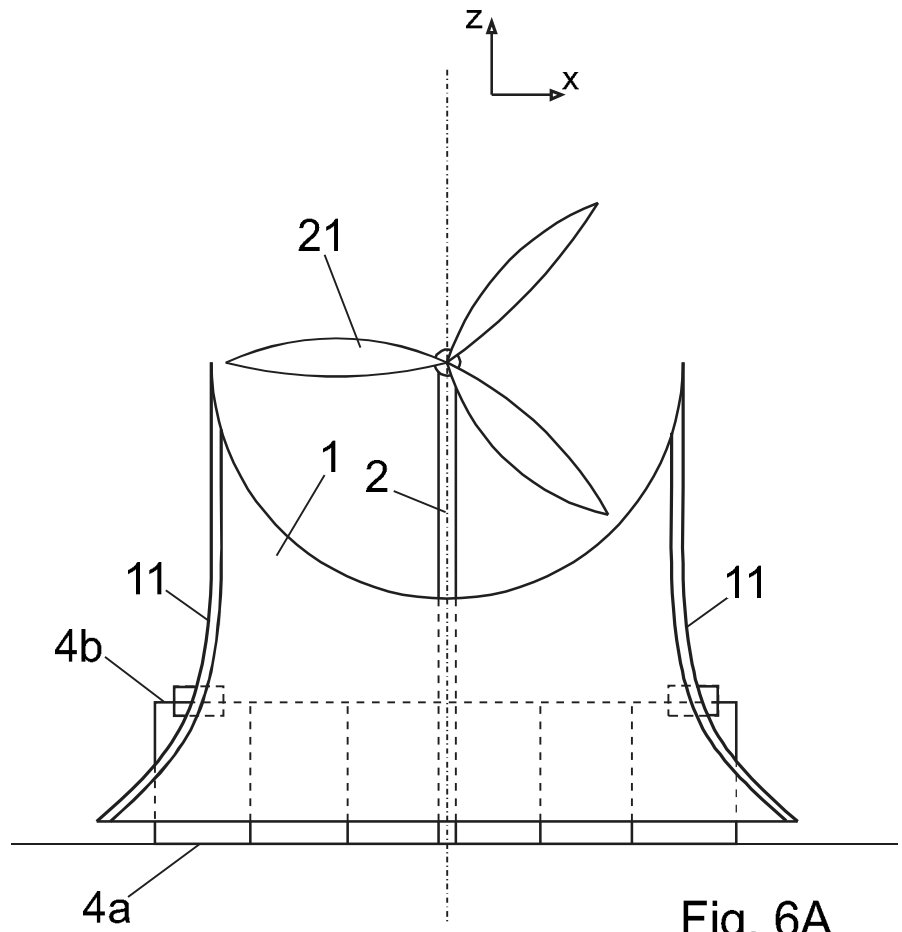


Fig. 6A

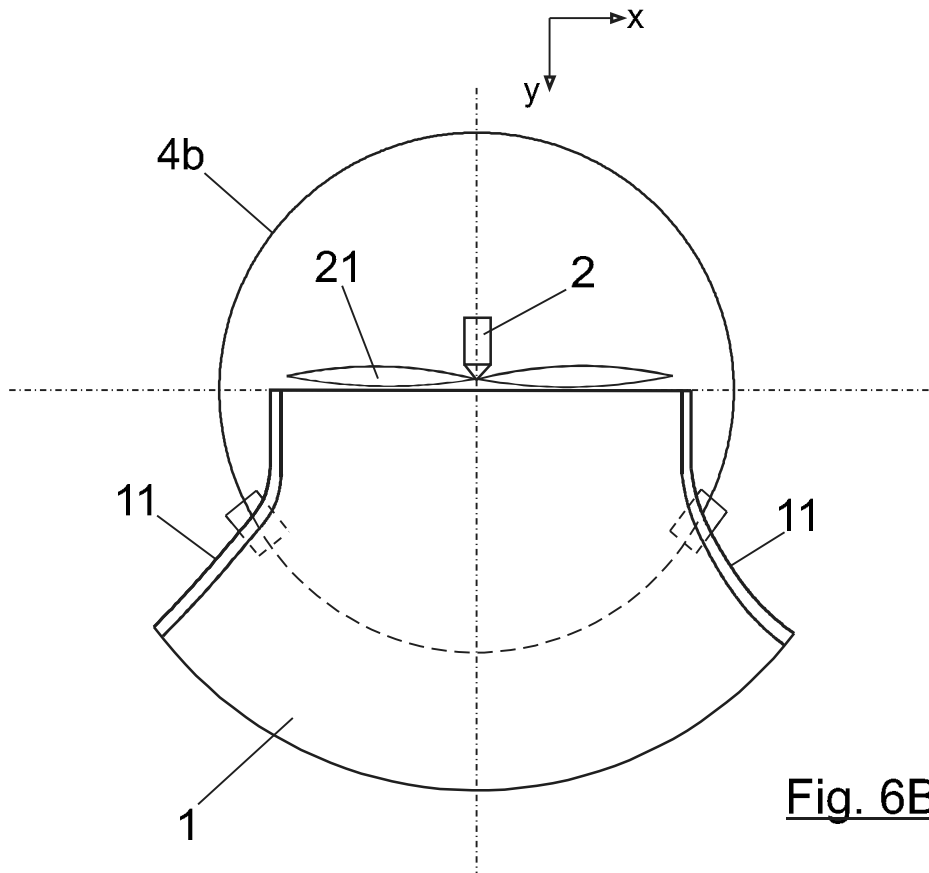


Fig. 6B

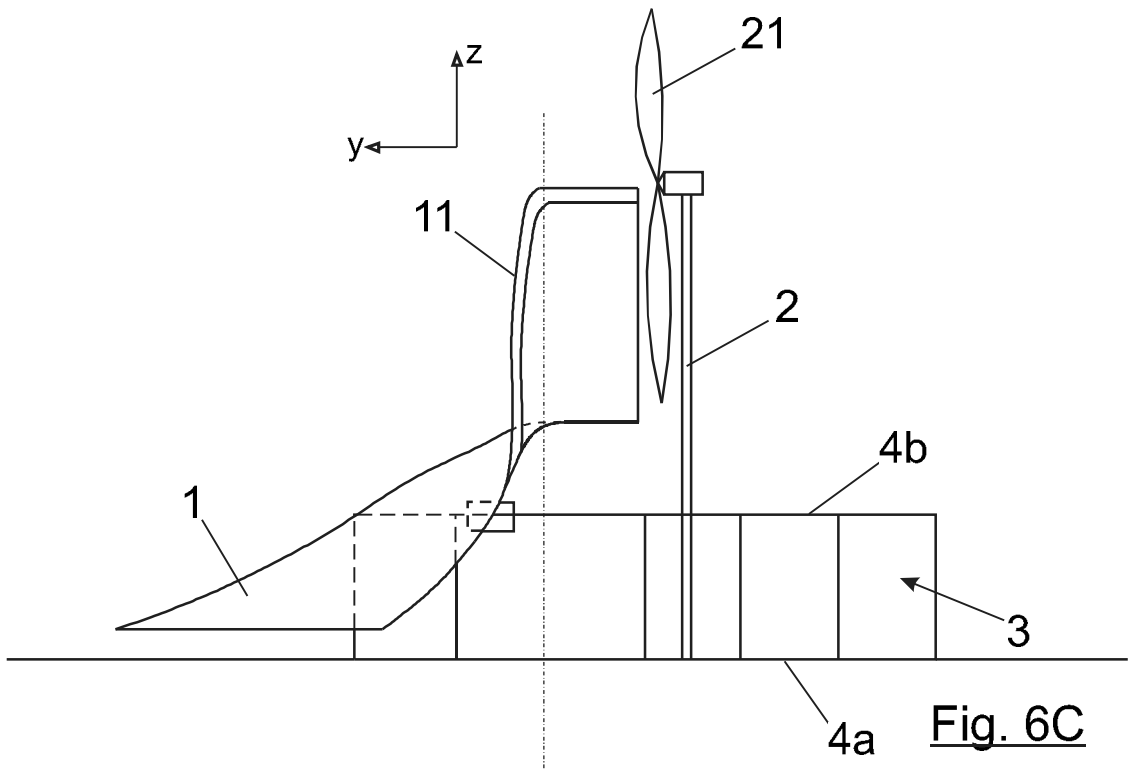


Fig. 6C

