

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 794**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/60** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2010 PCT/DK2010/050024**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.08.2010 WO10085962**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2010 E 10702406 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 2391823**

54 Título: **Turbina eólica con parte superior enfriadora**

30 Prioridad:

**30.01.2009 DK 200900148**  
**30.01.2009 US 148528 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.11.2017**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**  
**Hedeager 42**  
**8200 Aarhus N , DK**

72 Inventor/es:

**SIVALINGAM, KRISHNAMOORTHY;**  
**BAHUGUNI, ANAND;**  
**KANDASAMY, RAVI;**  
**NARASIMALU, SRIKANTH;**  
**GREVSEN, JOHN K.;**  
**NYVAD, JESPER y**  
**TIETZE, PAUL, T.**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 643 794 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

Turbina eólica con parte superior enfriadora

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una góndola de turbina eólica que tiene una primera cara con una extensión longitudinal en la dirección del viento, que comprende un dispositivo de enfriamiento que tiene un área de enfriamiento y que se extiende desde la primera cara de la góndola, y una cubierta que tiene al menos una cara interna y al menos un borde frontal orientado hacia la dirección del viento, estando el dispositivo de enfriamiento encerrado por la primera cara de la góndola y la cara interna de la cubierta.

La presente invención también se refiere a una turbina eólica.

### 10 Antecedentes de la técnica

Una turbina eólica convierte energía eólica en energía eléctrica usando un generador situado entre otros equipos en la góndola de turbina eólica. Cuando el generador convierte energía, se calientan las paredes y el aire que rodean los equipos y, por tanto, también se calienta el propio equipo.

15 Cuando se calientan los equipos, la eficiencia con la que se produce la conversión se reduce sustancialmente. Para enfriar los equipos, las paredes y el aire que rodean los equipos se enfrían por medio de un disipador de calor colocado en la parte superior de la góndola tal como se muestra en el documento WO 2008/131766 A2. Por tanto, el aire exterior frío pasa a través del disipador de calor y enfría un fluido dentro del disipador de calor, que se usa posteriormente para enfriar las paredes o el aire que rodean los equipos.

20 Sin embargo, tales construcciones de enfriamiento han demostrado no ser lo suficientemente eficientes como para proporcionar un enfriamiento óptimo de las paredes y del aire que rodean los equipos de la góndola de turbina eólica.

El documento JP 2004 285984 da a conocer una turbina eólica de eje horizontal con una cubierta encima de la parte trasera de la góndola y un enfriador alojado en la cubierta.

### Sumario de la invención

25 Es un objeto de la presente invención superar completa o parcialmente las desventajas y los inconvenientes anteriores de la técnica anterior. Más específicamente, es un objeto proporcionar una góndola de turbina eólica mejorada que pueda enfriar el generador y otros equipos en el interior de la góndola más eficientemente que las soluciones de la técnica anterior.

La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

30 Los objetos anteriores, junto con otros numerosos objetos, ventajas y características, que resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción, se consiguen mediante una solución según la presente invención en la que el dispositivo de enfriamiento está dispuesto a una distancia frontal de al menos 440 mm desde el borde frontal de la cubierta.

35 El disponer el dispositivo de enfriamiento con una distancia frontal de al menos 440 mm desde el borde frontal de la cubierta hace posible un enfriamiento más eficiente, y por tanto la capacidad del dispositivo de enfriamiento se usa más plenamente. Además, el encerrar el dispositivo de enfriamiento en la cubierta y disponer el dispositivo de enfriamiento al menos 440 mm en el interior de la cubierta, es decir desde el borde frontal de la cubierta, crea un flujo de aire hacia el dispositivo de enfriamiento, y la capacidad del área de enfriamiento del dispositivo de enfriamiento también se usa por tanto más plenamente.

40 Además, si el dispositivo de enfriamiento está situado cerca del borde frontal de la cubierta, el aire se encuentra con resistencia al flujo antes de entrar en la cubierta. Además, el flujo se dirige lejos del dispositivo de enfriamiento. Por consiguiente, el situar el dispositivo de enfriamiento cerca del borde frontal de la cubierta reduce el flujo másico a través del dispositivo de enfriamiento.

45 El flujo másico que pasa más allá del dispositivo de enfriamiento también se reduce si el dispositivo de enfriamiento está situado cerca del borde posterior de la cubierta. Esto se debe a la inversión del flujo y la presión negativa del lado trasero detrás de la cubierta.

Por tanto, una ventaja adicional de encerrar el dispositivo de enfriamiento dentro de la cubierta es que la cubierta puede dotar a la góndola de turbina eólica de un diseño reconocible, que puede usarse para identificar al fabricante de la turbina eólica.

50 En una realización, la distancia frontal puede ser de al menos 600 mm, preferiblemente al menos 800 mm, más preferiblemente al menos 1000 mm.

Algunas pruebas han demostrado que el enfriamiento es más uniforme y eficiente cuando la distancia frontal es de al menos 600 mm, y todavía más uniforme y eficiente cuando la distancia frontal es de al menos 800 mm, y todavía más uniforme y eficiente cuando la distancia es de al menos 1000 mm.

Además, la distancia frontal puede ser de entre 600 y 1400 mm, preferiblemente entre 1000 y 1100 mm.

5 Algunas pruebas han demostrado que, independientemente de la relación altura/anchura del dispositivo de enfriamiento, el enfriamiento más uniforme y eficiente se obtiene cuando el dispositivo de enfriamiento se dispone entre 600 mm y 1400 mm del borde frontal. Algunas pruebas han demostrado además que es preferible una distancia frontal de entre 1000 y 1100 mm independientemente de la relación altura/anchura del dispositivo de enfriamiento.

10 En una realización, el borde frontal de la cubierta puede inclinarse hacia a o alejándose del dispositivo de enfriamiento. Además, la distancia frontal desde el borde frontal inclinado de la cubierta puede ser una distancia más corta entre el borde frontal y el dispositivo de enfriamiento.

15 La cubierta también puede tener un borde posterior, estando dispuesto el borde posterior a una distancia posterior predeterminada desde el dispositivo de enfriamiento. El borde posterior de la cubierta puede también inclinarse hacia a o alejándose del dispositivo de enfriamiento.

En una realización, la cubierta puede tener dos caras internas laterales y una cara interna superior, y el dispositivo de enfriamiento puede estar encerrado por la primera cara de la góndola y las dos caras internas laterales y la cara interna superior de la cubierta.

20 Cuando la cubierta tiene una sección transversal sustancialmente cuadrada, puede usarse un dispositivo de enfriamiento convencional mientras se mantiene la distancia entre la cubierta y el área de enfriamiento.

Además, el dispositivo de enfriamiento puede extenderse sustancialmente en perpendicular a la primera cara de la góndola.

25 Cuando el dispositivo de enfriamiento se extiende sustancialmente en perpendicular a la primera cara de la góndola, el viento fluye hacia el dispositivo de enfriamiento formando un ángulo de aproximadamente 90° con respecto a la extensión longitudinal del área de enfriamiento, lo que da como resultado un enfriamiento óptimo y de este modo un aprovechamiento óptimo del área de enfriamiento.

Además, la cara interna de la cubierta puede extenderse en la extensión longitudinal de la góndola y sustancialmente en perpendicular al dispositivo de enfriamiento.

30 Por tanto, la cubierta puede guiar el viento a través del dispositivo de enfriamiento en un flujo estacionario sin cambiar el perfil del viento de forma innecesaria.

35 El dispositivo de enfriamiento puede ser un dispositivo de enfriamiento de flujo libre. En este contexto, el término "dispositivo de enfriamiento de flujo libre" ha de entenderse como un dispositivo en el que no se usa ningún equipo motorizado, tal como un ventilador o similar, para conducir el flujo de viento al dispositivo de enfriamiento. Además, al usar un dispositivo de enfriamiento de flujo libre el sistema de enfriamiento de la góndola es más fiable. Además, puesto que se evita el uso de ventiladores o similares, se obtiene un menor consumo de energía, puesto que se disponen menos equipos en la góndola, las cargas sobre la góndola se han minimizado, y al no usar ventiladores o similares, se ha observado una reducción del ruido.

40 En una realización, el dispositivo de enfriamiento puede disponerse a una distancia trasera desde un extremo trasero de la góndola de turbina eólica, y la distancia trasera puede ser al menos el 15% de la longitud total de la góndola de turbina eólica.

Además, al menos en su interior, la cubierta puede tener una parte frontal que es de sección decreciente desde el borde frontal hacia el dispositivo de enfriamiento para guiar el aire hacia dentro a través del área de enfriamiento.

45 Además, el dispositivo de enfriamiento puede adaptarse para enfriar uno o más componentes de turbina eólica, tales como un generador, un transformador, una caja de engranajes, un convertidor de frecuencia, etc., los cuales están situados en el interior de la góndola.

En una realización, el dispositivo de enfriamiento puede comprender un medio de enfriamiento adaptado para intercambiar calor con el viento. El medio de enfriamiento puede ser agua, aceite, aire u otros medios adecuados.

Además, una parte de la primera cara de la góndola a barlovento del dispositivo de enfriamiento puede ser sustancialmente sin salientes, de modo que no se interrumpa el flujo de aire anterior al dispositivo de enfriamiento.

50 En otra realización, las caras internas de la cubierta pueden ser sustancialmente sin salientes.

Además, la primera cara puede ser una cara superior de la góndola o una cara lateral de la góndola. En una

realización, la góndola puede comprender al menos una primera cara, una segunda cara y una tercera cara, siendo la primera cara una cara superior y siendo las caras segunda y tercera, caras laterales.

Además, la góndola puede también comprender una pluralidad de dispositivos de enfriamiento dispuestos a una distancia entre sí.

- 5 Además, la distancia entre dos dispositivos de enfriamiento puede ser de entre 20 y 200 mm, preferiblemente entre 50 y 150 mm, e incluso más preferiblemente entre 80 y 120 mm.

En una realización, un dispositivo de enfriamiento puede conectarse a un circuito de enfriamiento, y otro dispositivo de enfriamiento puede conectarse a otro circuito de enfriamiento.

En otra realización, puede disponerse una conexión por bisagras entre al menos dos dispositivos de enfriamiento.

- 10 Además, la conexión por bisagras puede comprender al menos dos tuberías de metal corrugado, estando las tuberías de metal corrugado conectadas a y extendiéndose entre los dispositivos de enfriamiento, y estando las tuberías de metal corrugado compuestas preferiblemente por acero inoxidable.

Además, los circuitos de enfriamiento pueden disponerse de modo que enfríen diferentes componentes en la góndola, por ejemplo, componentes de la cadena de transmisión, tales como la caja de engranajes.

- 15 En otra realización, el dispositivo de enfriamiento puede conectarse a la cubierta y a la primera cara de la góndola mediante al menos dos puntos de conexión, siendo el primer punto de conexión una conexión rígida y siendo el segundo punto de conexión una conexión flexible. De esta manera, se obtiene que el dispositivo de enfriamiento puede expandirse o contraerse debido a diferencias de temperatura sin dañarse a sí mismo ni a la cubierta ni a la góndola.

- 20 Además, los al menos dos puntos de conexión pueden estar compuestos por material conductor. De esta manera, el dispositivo de enfriamiento puede usarse mediante sus puntos de conexión como base para iluminación, etc.

Finalmente, la invención también se refiere a una turbina eólica que comprende una góndola de turbina eólica tal como se describió anteriormente.

#### **Breve descripción de los dibujos**

- 25 La invención y sus muchas ventajas se describirán en más detalle a continuación con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, que muestran, con fines de ilustración, algunas realizaciones no limitativas y en los que

la figura 1 muestra una vista lateral de parte de una góndola de turbina eólica según la presente invención,

la figura 2 muestra una vista lateral de parte de otra realización de una góndola de turbina eólica según la presente invención,

- 30 la figura 3 muestra la góndola de turbina eólica de la figura 2 con el dispositivo de enfriamiento,

la figura 4 muestra una vista lateral esquemática de una góndola de turbina eólica con una cubierta,

la figura 5 muestra parte de una vista en sección transversal de la góndola de turbina eólica y la cubierta,

la figura 6a muestra un gráfico de resultados de prueba de flujo másico en diferentes posiciones de una realización de un dispositivo de enfriamiento desde el borde frontal de la cubierta, y

- 35 la figura 6b muestra un gráfico de resultados de prueba de la reducción del flujo másico cuando el dispositivo de enfriamiento se desplaza con respecto a la ubicación preferida tal como se indica en la figura 6a.

Todas las figuras son sumamente esquemáticas y no necesariamente a escala, y muestran solo aquellas partes que son necesarias para elucidar la invención, omitiéndose o meramente sugiriéndose otras partes.

#### **Descripción detallada de la invención**

- 40 Una góndola de turbina eólica 1 está situada en una torre (no mostrada) y tiene una parte frontal orientada hacia un buje en el que se fija una pluralidad de palas de rotor (no mostradas), normalmente tres palas. La góndola de turbina eólica 1 aloja un generador y otros equipos usados para accionar el proceso de conversión de energía eólica en electricidad, también denominado cadena de transmisión. Cuando produce energía, la cadena de transmisión produce mucho calor, dando como resultado un proceso de conversión menos eficaz.

- 45 Para enfriar los equipos y otras partes de la góndola, un dispositivo de enfriamiento 3 se dispone en el exterior de la góndola 1. El flujo de viento a lo largo de la extensión longitudinal de la góndola fluye hacia dentro a través de al menos un área de enfriamiento 4 del dispositivo de enfriamiento 3 y enfría un fluido dentro del dispositivo de enfriamiento 3. El fluido enfriado intercambia calor con las partes de la góndola 1 o los equipos que van a enfriarse.

La presente invención se describirá principalmente en relación con una turbina eólica a barlovento, es decir la góndola está situada a sotavento de las palas de turbina eólica, sin embargo, asimismo la invención puede implementarse ventajosamente en una turbina eólica a sotavento, es decir, la góndola está situada a barlovento de las palas de turbina eólica.

5 La figura 1 muestra una vista parcial de la góndola de turbina eólica 1 que tiene una primera cara 2 en la que está dispuesto un dispositivo de enfriamiento 3. El dispositivo de enfriamiento 3 está rodeado y encerrado por una cubierta 5 que se extiende desde la primera cara 2 de la góndola 1. Tal como puede observarse, el dispositivo de enfriamiento 3 sobresale sustancialmente en perpendicular a la primera cara 2 de la góndola 1. Sin embargo, en otra  
10 realización, el dispositivo de enfriamiento 3 puede extenderse desde la primera cara 2 de la góndola formando un ángulo diferente de 90° para proporcionar un enfriamiento más óptimo.

Tal como puede observarse en la figura 1, la cubierta 5 tiene un borde frontal 9. El borde frontal 9 está orientado en la dirección del viento, indicado con la flecha w, y en esta realización es sustancialmente perpendicular a la primera cara 2. La cubierta 5 también tiene un borde posterior 15.

15 La cubierta 5 y por tanto la cara interna 6 de la cubierta se extienden en la extensión longitudinal de la góndola 1 y sustancialmente en perpendicular al dispositivo de enfriamiento 3. Sin embargo, la pared de la cubierta puede ser de sección decreciente para guiar el viento hacia dentro del dispositivo de enfriamiento 3, o ser de sección decreciente desde el borde posterior 15 hacia el borde frontal 9 de la cubierta.

Según la idea inventiva, el dispositivo de enfriamiento 3 está dispuesto a una distancia frontal  $d_f$  de al menos 440 mm desde el borde frontal 9 de la cubierta 5. La distancia frontal  $d_f$  se mide desde el borde frontal 9 de la  
20 cubierta 5 hasta una sección central del dispositivo de enfriamiento 3, que se describirá adicionalmente en relación con la figura 3 a continuación. Sin embargo, aunque la distancia  $d_f$  en la figura 1 se muestra desde el borde frontal 9 de la cubierta hasta el centro del dispositivo de enfriamiento, la distancia también puede ser la distancia  $d_f$  desde el borde frontal 9 de la cubierta hasta el borde frontal del dispositivo de enfriamiento.

25 El dispositivo de enfriamiento está rodeado por la cubierta y la cara superior de la góndola. Sin embargo, la cubierta está abierta delante del dispositivo de enfriamiento en relación con la dirección del viento. De esta manera, el viento que fluye libremente a lo largo de la cara superior de la góndola también puede fluir libremente bajo la cubierta. Además, la cubierta está abierta en la parte posterior del dispositivo de enfriamiento de modo que el viento pueda fluir a través del dispositivo de enfriamiento y salir a través de la abertura posterior de la cubierta. Por tanto, no hay  
30 cubierta delante ni detrás del dispositivo de enfriamiento que impida el flujo libre del viento. La cubierta cubre solo el dispositivo de enfriamiento en su parte superior y en los lados.

La figura 2 también muestra una vista parcial de la góndola de turbina eólica 1 que tiene una primera cara 2 en la que está dispuesta un dispositivo de enfriamiento 3. El borde frontal 9 está orientado en la dirección del viento, indicado por la flecha w, pero en esta realización no es perpendicular a la primera cara 2, sino formando un ángulo en cierta medida en relación a la misma. Tanto el borde frontal 9 como el borde posterior 15 están formando un  
35 ángulo de esta manera. Debe indicarse que el borde frontal 9 de la cubierta 5 está inclinado hacia el dispositivo de enfriamiento 3. En otra realización que no se muestra, el borde frontal 9 puede inclinarse alejándose del dispositivo de enfriamiento 3.

En esta realización, la distancia frontal  $d_f$  desde el borde frontal inclinado 9 de la cubierta 5 es una distancia más corta entre el borde frontal 9 y el dispositivo de enfriamiento 3.

40 Además, en esta realización, la cubierta 5 se extiende hacia arriba desde el lado 20 de la góndola 1 y cruza la primera cara 2 de la góndola y se fija de manera similar en el otro lado de la góndola 1. Por tanto, la cubierta 5 tiene una parte de techo que se extiende sustancialmente en paralelo a la extensión longitudinal de la primera cara 2 de la góndola 1. En otro ejemplo que no se muestra, la parte de techo de la cubierta 5 podría estar formando un ángulo de modo que sea de sección decreciente desde el borde posterior 15 de la cubierta hacia el borde frontal 9 de la  
45 cubierta.

La figura 3 muestra la góndola 1 de la figura 2 con el dispositivo de enfriamiento. En esta figura, la cubierta 5 está representada por una línea discontinua. El dispositivo de enfriamiento 3 tiene una sección central (representada por la línea discontinua 21) en la extensión longitudinal de la góndola 1. Es desde esta sección central desde donde se mide la distancia frontal  $d_f$  en esta realización.

50 La figura 4 muestra esquemáticamente una góndola de turbina eólica 1 completa. La góndola 1 tiene una longitud total l, y el dispositivo de enfriamiento 3 está dispuesto a una distancia trasera  $d_r$  desde la parte trasera de la góndola 1, por ejemplo, a una distancia trasera  $d_r$  de al menos el 15% de la longitud total l de la góndola 1 medida sin el buje, preferiblemente al menos el 30%.

55 En otra realización que no se muestra, el dispositivo de enfriamiento 3 y la cubierta 5 están dispuestos justo por encima de la parte de extremo de la góndola 1 de modo que el borde posterior 15 de la cubierta se extiende más allá de la parte más exterior del extremo de la góndola.

La cubierta 5 de las figuras 1 a 4 se fija al lado de la góndola de turbina eólica 1 y se extiende en perpendicular al lado de la góndola de turbina eólica antes de extenderse hacia arriba y en paralelo al lado de la góndola de turbina eólica, dando como resultado la creación de un espacio (no mostrado) entre el lado de la góndola y la cara interna 6 de la cubierta.

- 5 Al fijar la cubierta 5 al lado de la góndola de turbina eólica 1, el perfil del viento del viento que fluye a lo largo de la primera cara 2 de la góndola no cambia. Además, la cubierta 5 puede cubrir cualquier elemento que no tenga el aspecto estético adecuado.

10 En una realización, la cubierta 5 puede diseñarse de modo que la cara interna 6 y, por tanto, una parte frontal (no mostrada) de la cubierta sean de sección decreciente hacia el dispositivo de enfriamiento 3. En esta realización, una pared exterior de la cubierta 5 se mantiene recta, lo que significa que la forma de la pared externa se mantiene inalterada y que, por tanto, la cubierta 5 de la góndola de turbina eólica 1 todavía parece una superficie lisa ininterrumpida. De esta forma, el viento se guía bajo la cubierta y a través del área de enfriamiento.

15 En otra realización, la parte frontal (no mostrada) de la cubierta 5 también es de sección decreciente hacia el dispositivo de enfriamiento 3. Sin embargo, en esta realización, la pared de la parte frontal de la cubierta 5 es de sección decreciente hacia el dispositivo de enfriamiento 3 y, por tanto, la cubierta 5 puede guiar el viento hacia dentro bajo la cubierta y a través del área de enfriamiento.

El viento se guía hacia dentro bajo la cubierta 5 debido al hecho de que la cubierta, junto con la primera cara 2 de la góndola de turbina eólica 1, encierra el dispositivo de enfriamiento 3.

20 En las realizaciones descritas anteriormente, la cubierta 5 se fija a la primera parte de la góndola de turbina eólica 1. Sin embargo, en otra realización, la cubierta 5 puede fijarse más abajo a los lados de la góndola de turbina eólica 1. Puede fijarse incluso cerca de la base de la góndola 1, y también puede encerrar al menos parcialmente la parte inferior de la góndola de turbina eólica.

25 La parte trasera de la góndola de turbina eólica 1 puede tener cualquier conformación. Por tanto, puede ser redonda, inclinada hacia arriba o hacia abajo, o ser una cara verticalmente recta de modo que la cara final sea perpendicular a la extensión longitudinal de la góndola de turbina eólica 1.

Con fines de ilustración, la forma de la góndola 1 se ha bosquejado meramente. En realidad, habitualmente la góndola es de conformación altamente aerodinámica y puede tener esquinas redondeadas en vez de parecer una caja cuadrada. Además, los lados de la góndola pueden ser cóncavos o convexos.

30 Además, la primera cara 2 y una cara inferior de la góndola de turbina eólica 1 pueden ser de sección decreciente hacia el buje o hacia la parte trasera de la góndola.

35 La figura 5 muestra una vista parcialmente en sección transversal de la cubierta 5 y la primera parte de la góndola de turbina eólica 1. El dispositivo de enfriamiento 3 está dispuesto encima de la góndola de turbina eólica 1 y el fluido para enfriar partes de la góndola de turbina eólica o los equipos en su interior discurre en tuberías del área de enfriamiento 4. El dispositivo de enfriamiento 3 se conecta con la góndola 1 a través de dos conexiones de tubos 11 en las que discurren los tubos.

40 El dispositivo de enfriamiento 3 mencionado anteriormente puede ser cualquier tipo de enfriador, disipador de calor o intercambiador de calor en el que un primer fluido, tal como el viento, enfría un segundo fluido, tal como un medio de enfriamiento, un refrigerante o fluido similar. En una realización preferida, el dispositivo de enfriamiento 3 es un enfriador de flujo libre, es decir, un disipador de calor a través del que pasa libremente el viento que rodea el área de enfriamiento 4 y de esa manera enfría el fluido que fluye dentro de los tubos del dispositivo de enfriamiento sin ningún tipo de ayuda, es decir, ventiladores, etc.

45 La góndola también puede comprender una pluralidad de dispositivos de enfriamiento dispuestos uno al lado de otro para formar una superficie de enfriamiento. Los dispositivos de enfriamiento pueden conectarse al sistema de enfriamiento en un circuito en serie o en paralelo. Un dispositivo de enfriamiento puede conectarse a un circuito de enfriamiento que enfría algunos elementos de la cadena de transmisión, y otro dispositivo de enfriamiento puede conectarse a otro circuito de enfriamiento que enfría otra sección de elementos de la cadena de transmisión. Los dispositivos de enfriamiento pueden conectarse por medio de válvulas que pueden desconectar de manera fluida dos dispositivos de enfriamiento de modo que formen parte de dos circuitos de enfriamiento independientes mediante lo cual pueden enfriar elementos o secciones independientes de la góndola.

50 Los dispositivos de enfriamiento también pueden estar dispuestos con una distancia entre sí creando un espacio entre ellos de modo que el viento pueda fluir entre dos dispositivos de enfriamiento en este espacio. La distancia entre dos dispositivos de enfriamiento puede ser de entre 20 y 200 mm, preferiblemente entre 50 y 150 mm, e incluso más preferiblemente entre 80 y 120 mm.

55 Además, el dispositivo de enfriamiento puede conectarse a la cubierta y a la primera cara de la góndola mediante al menos dos puntos de conexión, siendo el primer punto de conexión una conexión rígida y siendo el segundo punto

- de conexión una conexión flexible. La conexión rígida puede ser algún tipo de soporte metálico sujeto a la cubierta y que se extienda hacia abajo hacia el dispositivo de enfriamiento. El dispositivo de enfriamiento puede montarse entonces en el soporte metálico, por ejemplo, mediante una conexión por pernos. La conexión flexible puede ser, por ejemplo, algún tipo de tira o chapa de metal corrugado que se conecta en un extremo a la góndola y se conecta en el otro extremo al dispositivo de enfriamiento, por ejemplo, mediante una conexión por pernos. La chapa de metal corrugado puede absorber entonces cualquier expansión o retracción del dispositivo de enfriamiento de modo que no se dañen ni el dispositivo de enfriamiento ni la cubierta ni la góndola.
- 5
- Ventajosamente, los puntos de conexión están compuestos por material conductor, tal como metal, lo que significa que también pueden usarse para conducir la corriente elevada de un rayo al suelo y de ese modo que formen parte del sistema de pararrayos de las turbinas eólicas.
- 10
- Además, la cubierta 5 puede tener cualquier tipo de conformación. Aunque se muestra que la cubierta 5 tiene principalmente una sección transversal parcialmente cuadrada con esquinas redondeadas, la cubierta puede tener más de tres lados, por ejemplo, siete lados.
- Algunas pruebas han demostrado que el enfriamiento es más uniforme y eficiente cuando la distancia frontal  $d_f$  es de al menos 600 mm, y todavía más uniforme y eficiente cuando la distancia frontal  $d_f$  es de al menos 800 mm, y todavía más uniforme y eficiente cuando la distancia  $d_f$  es de al menos 1000 mm.
- 15
- Otras pruebas han demostrado que, independientemente de la relación altura/anchura del dispositivo de enfriamiento 3, el enfriamiento más uniforme y eficiente se obtiene cuando el dispositivo de enfriamiento se dispone a entre 600 mm y 1400 mm desde el borde frontal. Las pruebas han demostrado además que es preferible una distancia frontal de entre 1000 y 1100 mm independientemente de la relación altura/anchura del dispositivo de 3 enfriamiento.
- 20
- Se realizaron las pruebas colocando un dispositivo de enfriamiento 3 en el interior de una cubierta 5 y usando un enfoque de tipo de túnel de viento para identificar la posición óptima del dispositivo de enfriamiento en el interior de la cubierta en vista del flujo másico a través del dispositivo de enfriamiento. Se realizaron las pruebas con una velocidad del viento de entrada de 14m/s y se midió el flujo másico a diferentes distancias frontales.
- 25
- La figura 6a muestra un gráfico de resultados de prueba de flujo másico en diferente posiciones de un dispositivo de enfriamiento 3 desde el borde frontal de la cubierta 5. En esta prueba, el dispositivo de enfriamiento tenía una altura de 2400 mm y una anchura de 2237 mm. A partir de la figura 6a, puede deducirse por tanto que la ubicación óptima del dispositivo de enfriamiento 3 desde el borde frontal de la cubierta 5 es a aproximadamente 1050 mm.
- 30
- La figura 6b muestra un gráfico de resultados de prueba de la reducción del flujo másico cuando el dispositivo de enfriamiento se desplaza con respecto a la ubicación preferida tal como se indica en la figura 6a. Por tanto, puede deducirse que se observará una reducción del flujo másico de no más de aproximadamente el 2% si el dispositivo de enfriamiento 3 se sitúa entre 440 mm y 1600 mm desde el borde frontal de la cubierta 5.
- 35
- Se llevaron a cabo varias pruebas adicionales con dispositivos de enfriamiento 3 que tenían alturas de 1400 mm, 1600 mm y 1800 mm, respectivamente, así como anchuras de 2237 mm y 2437 mm, respectivamente. Todas las pruebas mostraron que la ubicación óptima del dispositivo de enfriamiento 3 era aproximadamente a 1050 mm del borde frontal de la cubierta 5, y sustancialmente no se observó una reducción del flujo másico para las ubicaciones de los dispositivos de enfriamiento a entre 400 mm y 1600 mm. Por tanto, las pruebas han mostrado que, independientemente de la relación altura/anchura del dispositivo de enfriamiento, el enfriamiento más uniforme y eficiente se obtiene cuando el dispositivo de enfriamiento se ubica a entre 1000 y 1100 mm del borde frontal de la cubierta 5.
- 40
- Por turbina eólica se entiende cualquier tipo de aparato que puede convertir energía eólica en electricidad, tal como un aerogenerador, una unidad de energía eólica (WPU, *wind power unit*) o un convertidor de energía eólica (WEC, *wind energy converter*).
- 45
- Aunque la invención se ha descrito anteriormente en relación con realizaciones preferidas de la invención, resultará evidente para un experto en la técnica que pueden concebirse varias modificaciones sin apartarse de la invención tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Góndola de turbina eólica (1) que tiene una primera cara (2) con una extensión longitudinal en la dirección del viento, que comprende:
  - 5 - un dispositivo de enfriamiento (3) que tiene un área de enfriamiento (4) y se extiende sustancialmente en perpendicular desde la primera cara (2) de la góndola, y
  - 10 - una cubierta (5) que tiene al menos una cara interna (6) en forma de dos caras internas laterales y una cara interna superior y al menos un borde frontal (9) orientado hacia la dirección del viento, estando el dispositivo de enfriamiento encerrado por la primera cara de la góndola y las dos caras internas laterales y la cara interna superior de la cubierta, extendiéndose la cara interna (6) de la cubierta (5) en la extensión longitudinal de la góndola (1) y sustancialmente en perpendicular al dispositivo de enfriamiento (3), caracterizada porque el dispositivo de enfriamiento (3) está dispuesto a una distancia frontal ( $d_f$ ) de al menos 440 mm desde el borde frontal de la cubierta.
- 15 2. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que la distancia frontal es de al menos 600 mm, preferiblemente al menos 800 mm, más preferiblemente al menos 1000 mm.
3. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, en la que la distancia frontal es de entre 600 y 1400 mm, preferiblemente entre 1000 y 1100 mm.
- 20 4. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cubierta (5) se extiende hacia arriba desde un lado de la góndola y cruza la primera cara (2) de la góndola y se fija al otro lado de la góndola de manera similar.
5. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cubierta (5) tiene una parte de techo que se extiende sustancialmente en paralelo a la extensión longitudinal de la primera cara (2) de la góndola.
- 25 6. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cubierta (5) se fija a la góndola de modo que la cubierta (5) se extiende en perpendicular a la extensión longitudinal de la góndola y parcialmente a lo largo de la góndola creando un espacio entre la góndola y la cubierta.
7. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el dispositivo de enfriamiento es un dispositivo de enfriamiento de flujo libre.
- 30 8. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el dispositivo de enfriamiento está dispuesto a una distancia trasera ( $d_t$ ) desde el extremo trasero de la góndola de turbina eólica, siendo la distancia trasera de al menos el 15% de la longitud total de la góndola de turbina eólica.
9. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cubierta tiene una brida que sobresale formando un ángulo desde la cara interna, reduciendo una abertura definida por la primera cara y la cara interna.
- 35 10. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una pluralidad de dispositivos de enfriamiento (3) dispuestos a una distancia entre sí, en la que la distancia entre dos dispositivos de enfriamiento es de entre 20 y 200 mm, preferiblemente entre 50 y 150 mm, e incluso más preferiblemente entre 80 y 120 mm.
- 40 11. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 10, en la que una conexión por bisagras está dispuesta entre al menos dos dispositivos de enfriamiento.
12. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 11, en la que la conexión por bisagras comprende al menos dos tuberías de metal corrugado, estando las tuberías de metal corrugado conectadas a y extendiéndose entre los dispositivos de enfriamiento, y estando las tuberías de metal corrugado preferiblemente compuestas por acero inoxidable.
- 45 13. Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el dispositivo de enfriamiento (3) se conecta a la cubierta y a la primera cara de la góndola mediante al menos dos puntos de conexión, siendo el primer punto de conexión una conexión rígida y siendo el segundo punto de conexión una conexión flexible.
- 50 14. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 13, en la que los al menos dos puntos de conexión están compuestos por material conductor.

15. Turbina eólica que comprende una góndola de turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

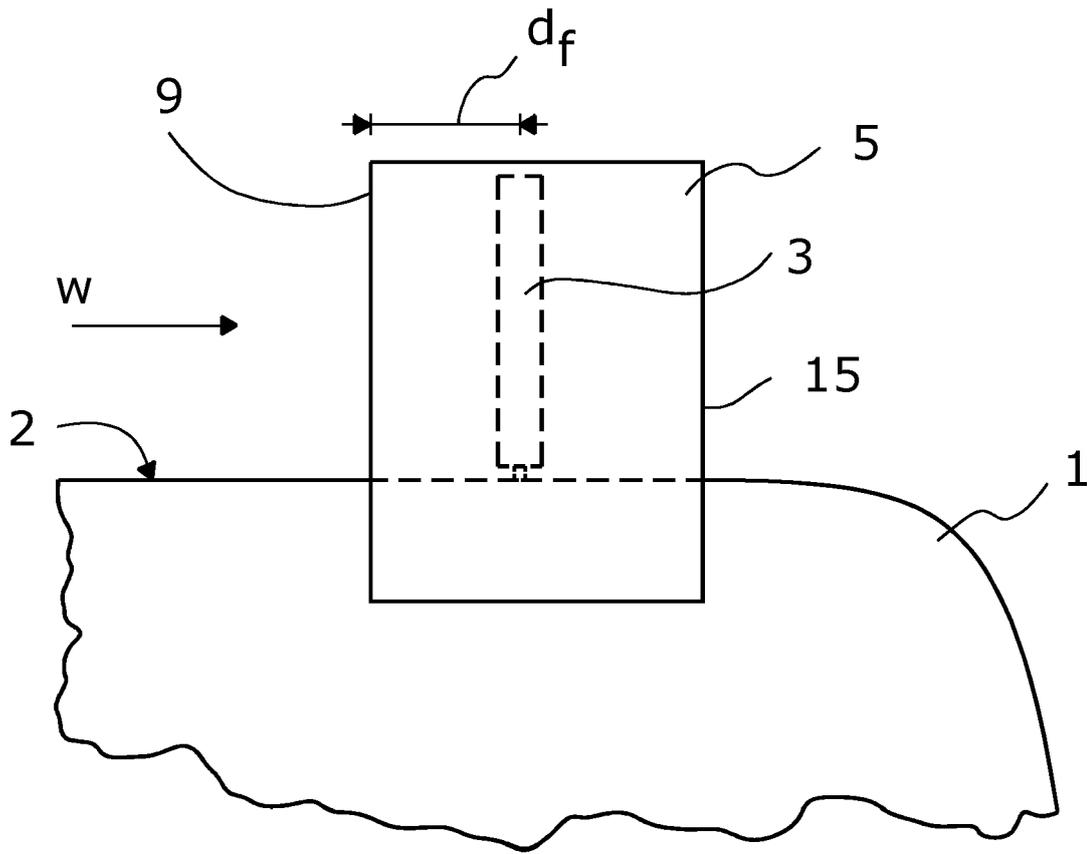


Fig. 1

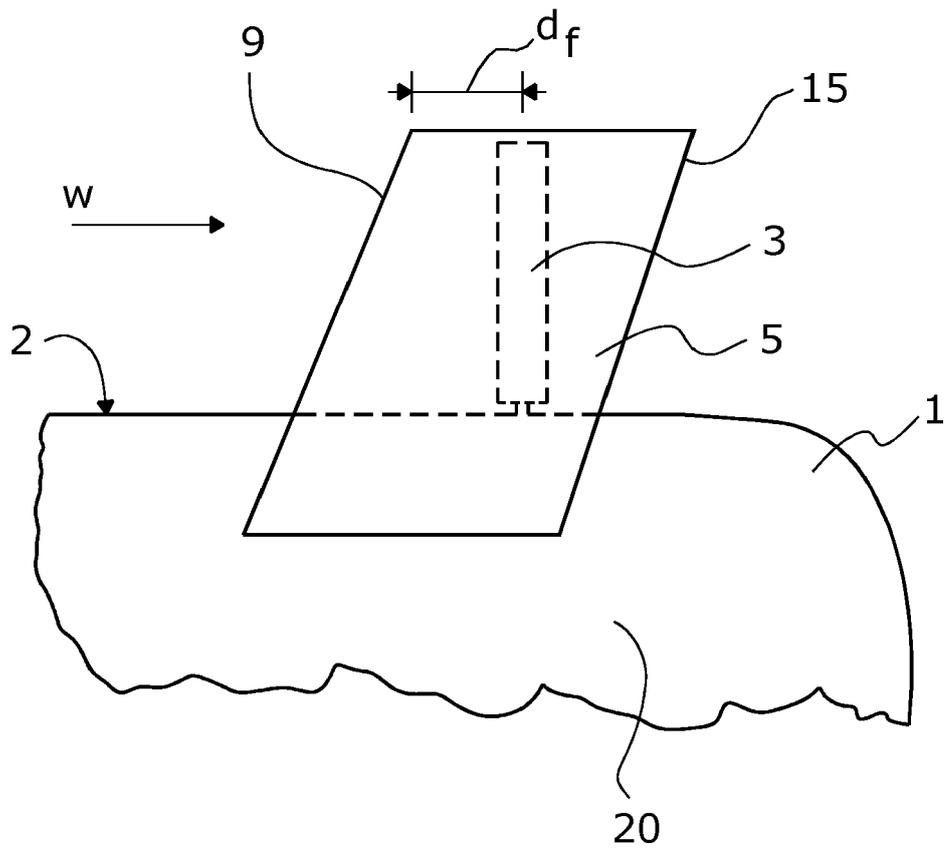


Fig. 2

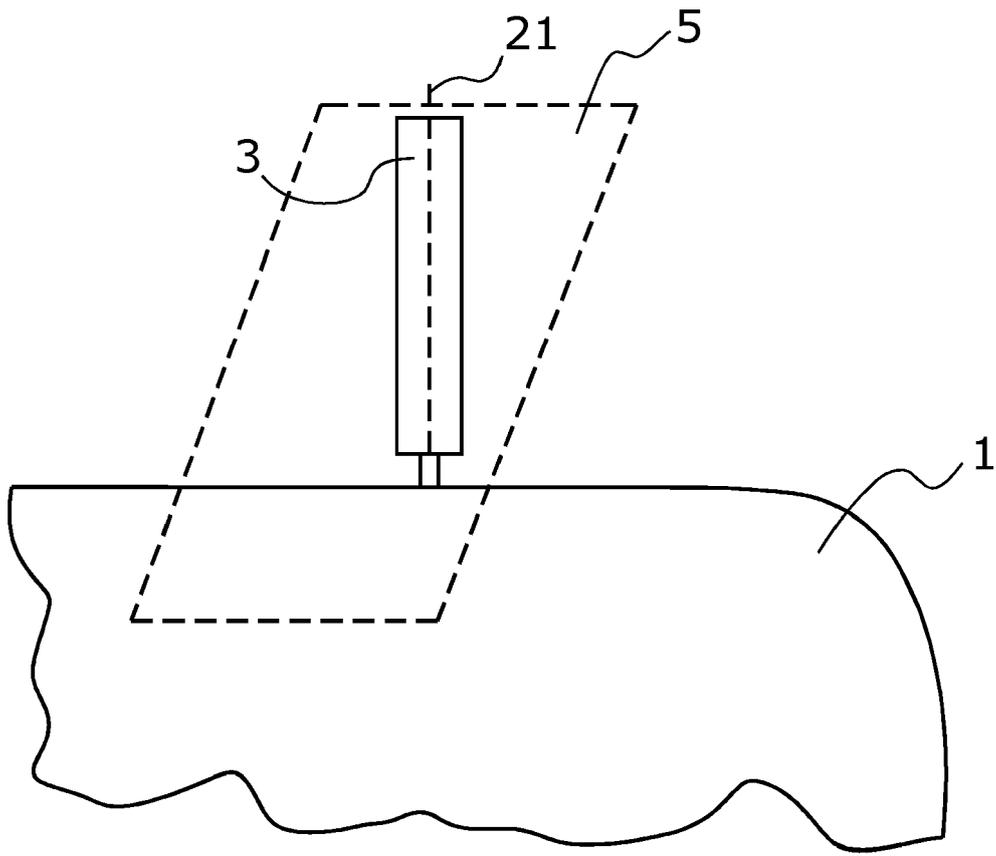


Fig. 3

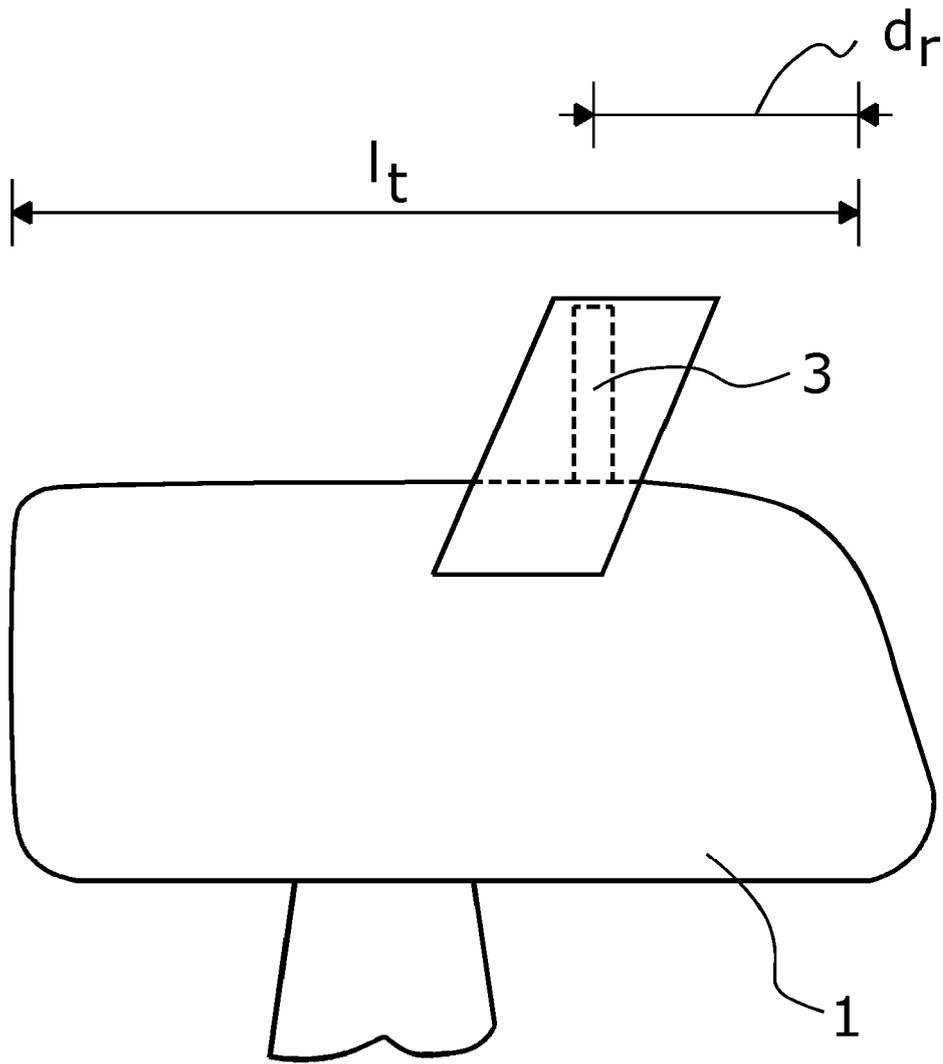


Fig. 4

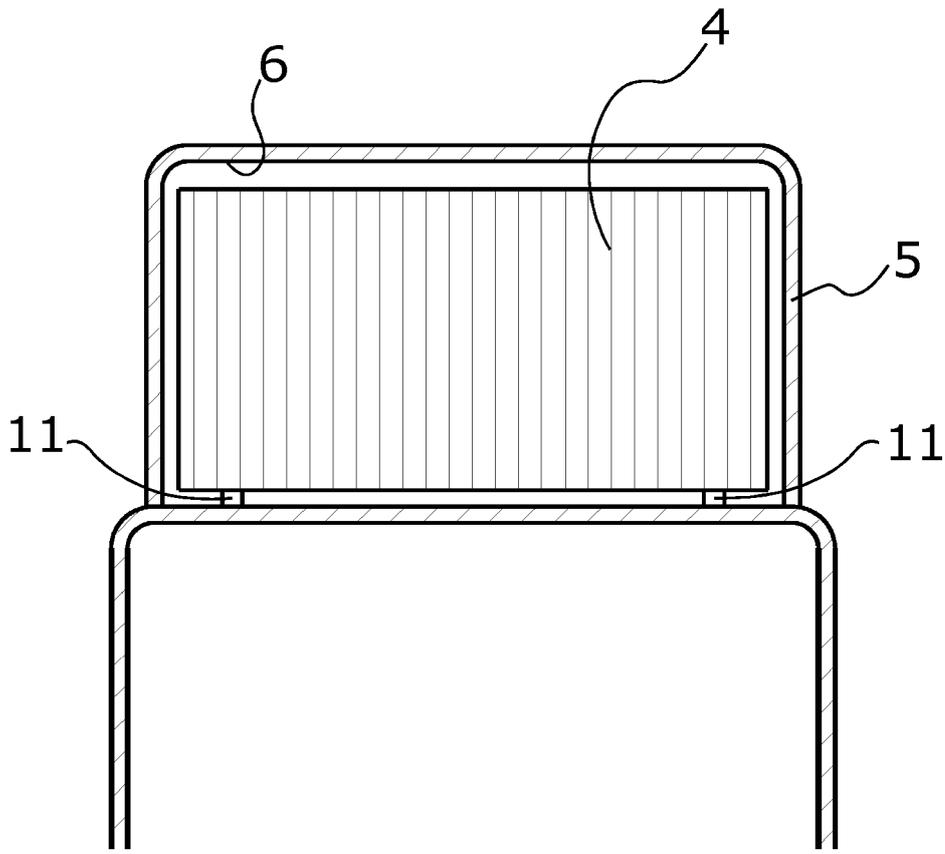


Fig. 5

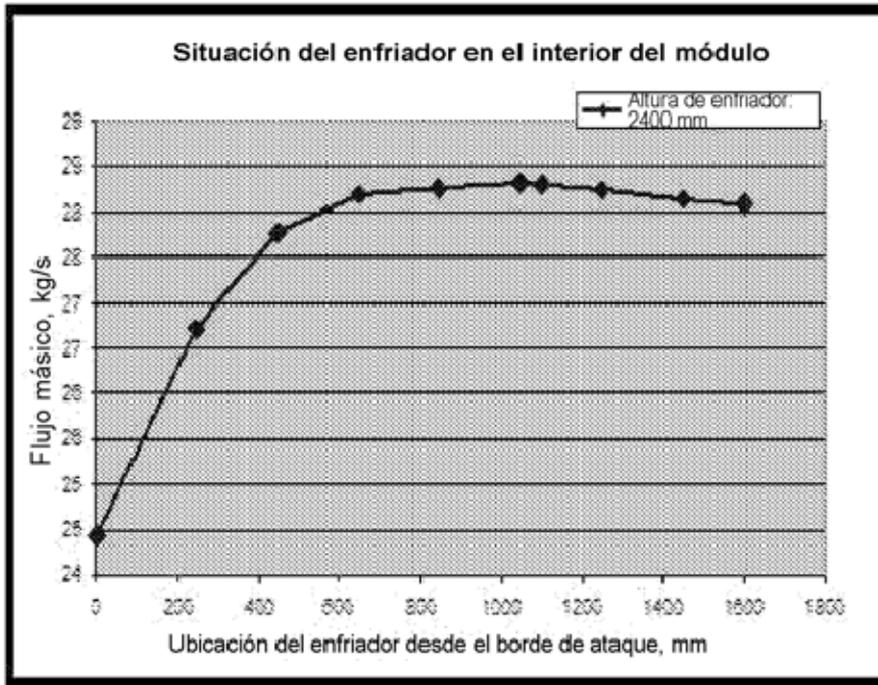


Fig. 6a

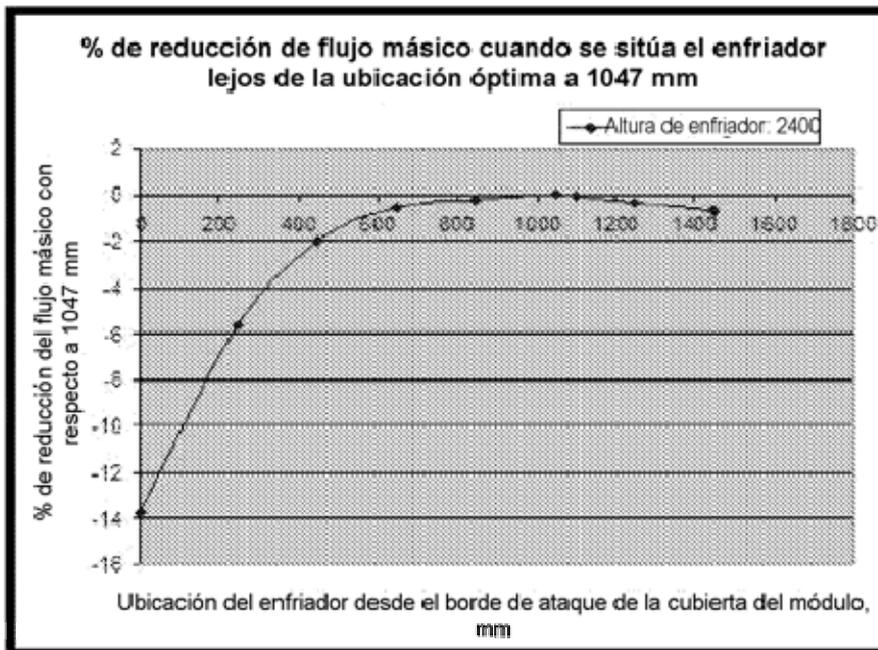


Fig. 6b