

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 679 368**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2013 PCT/EP2013/052961**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13120946**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2013 E 13703841 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2815125**

54 Título: **Pala de turbina eólica que tiene una placa de sustentación o desviador de flujo conformado**

30 Prioridad:

**17.02.2012 EP 12155874**

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

**24.08.2018**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL  
TECHNOLOGY II APS (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**RAMACHANDRAN, DHINAGARAN;  
MADSEN, JESPER y  
RAJAMANI, RAJKUMAR**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 679 368 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**

Pala de turbina eólica que tiene una placa de sustentación o desviador de flujo conformado

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que tiene una placa de sustentación o un desviador de flujo conformado.

Antecedentes de la invención

10 En las palas de la turbina eólica, los flujos cruzados de flujo de aire a veces se propagan a lo largo de la longitud longitudinal de la pala de la turbina eólica, desde el extremo de la raíz de la pala. Tales flujos cruzados actúan para impactar negativamente sobre el rendimiento de la pala, en particular al contribuir a la separación del flujo de aire de la superficie de la pala, lo que afecta la elevación de la pala.

Es conocido proporcionar una barrera o placa de sustentación que se extiende a través de la superficie de una pala de turbina eólica, transversal al eje longitudinal, para evitar la formación de tales flujos cruzados. Un ejemplo de una pala de turbina eólica de este tipo se puede ver en la patente de EE. UU. No. 7,585,157.

15 Mientras que este sistema evita que los flujos cruzados se propaguen a lo largo de la pala proporcionando una barrera entre las secciones adyacentes de la pala, durante la rotación de las palas de la turbina eólica las fuerzas centrífugas generadas durante la rotación empujan el flujo de aire a lo largo de la pala hacia el extremo de la punta. Esto da como resultado la formación de áreas de baja presión en la estela de las placas de sustentación hacia el borde posterior de las palas, lo que resulta en la separación del flujo y la consiguiente reducción en el rendimiento de la pala.

20 Es un objeto de la invención proporcionar una pala de turbina eólica que tenga un miembro saliente que proporcione un rendimiento mejorado con respecto a los sistemas de placas de sustentación existentes.

Resumen de la invención

25 Por consiguiente, se proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un cubo, desde el cual la pala se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando se monta en el cubo, teniendo la pala una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, comprendiendo la pala, además:

30 un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde delantero y un borde posterior con una línea de cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, donde la línea de cuerda está dispuesta en un plano cordal, el contorno perfilado, cuando está siendo impactado por un flujo de aire incidente, generando un ascenso, comprendiendo además la turbina eólica al menos una placa de sustentación dispuesta en una superficie de dicha pala de turbina eólica, al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación que se extiende a lo largo de la dirección transversal de dicha pala en un ángulo con respecto a dicha línea de cuerda o dicho plano cordal de entre +/- 15-60 grados, preferiblemente entre +/- 20-45 grados, más preferiblemente entre +/- 30-40 grados, dicha al menos una placa de sustentación actúa para dirigir el flujo unido sobre el contorno perfilado de dicha pala. Donde dicha al menos una placa de sustentación se extiende desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero a un segundo extremo adyacente a dicho borde posterior, y en el que la altura de dicha al menos una placa de sustentación por encima de la superficie de la pala es al menos el 1.5% de la longitud de la cuerda de la pala en la ubicación de dicha al menos una placa de sustentación. El uso de un miembro plano angulado una placa de sustentación permite el flujo de aire sobre la superficie de la pala que se dirigirá hacia secciones particulares de la pala para mejorar el rendimiento de la pala, por ejemplo, aumento de sustentación, arrastre reducido, etc. Si la placa de sustentación se proporciona hacia el extremo de la raíz de la pala, la placa de sustentación actúa para evitar el flujo cruzado, así como para actuar como un compresor hacia el extremo de la raíz de la pala, aumentando la presión en el extremo de la raíz de la pala. En el lado externo de la placa de sustentación, la presión disminuirá y, por lo tanto, retrasará la separación del flujo a lo largo de las secciones externas de la pala. Si la placa de sustentación se proporciona hacia el extremo de punta de la pala, la placa de sustentación puede actuar como un desviador de flujo para mover más flujo de aire hacia la sección de la punta, donde los beneficios del rendimiento son mayores. Dicho al menos una placa de sustentación se extiende desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero a un segundo extremo adyacente de dicho borde posterior, preferiblemente en donde dicho primer extremo se ubica dentro de 0-5% de la longitud de dicha cuerda de dicho borde delantero, preferiblemente en donde dicho segundo extremo está ubicado dentro de 0-5% de la longitud de dicha cuerda desde dicho borde posterior.

50 Como la placa de sustentación se extiende sustancialmente entre los bordes delantero y posterior de la pala, esto permite que el flujo unido se enrute a través sustancialmente de la longitud cordal completa del perfil de la pala. La al menos una placa de sustentación puede estar dispuesta para extenderse sustancialmente en la dirección del extremo

- de la raíz de la pala, formando una placa de sustentación de extremo de raíz conformada. Adicional o alternativamente, la al menos una placa de sustentación puede estar dispuesta para extenderse sustancialmente en la dirección del extremo de punta de la pala, formando un desviador de flujo. La altura de dicha al menos una placa de sustentación sobre la superficie de la pala es al menos 1.5% de la longitud de cuerda de la pala en el lugar de dicha al menos una placa de sustentación, más preferiblemente al menos 2% de la longitud de cuerda.
- 5
- La placa de sustentación se selecciona para tener una altura que puede impedir el flujo cruzado a lo largo de la pala, y/o desviar o redirigir el flujo adjunto sobre el perfil de la pala. En un aspecto, la placa de sustentación tiene una altura constante a lo largo de la longitud de la placa de sustentación. En un aspecto alternativo, la placa de sustentación aumenta en altura a lo largo de la longitud de la placa de sustentación entre los bordes delantero y posterior.
- 10
- Preferiblemente, al menos una primera sección de dicha al menos una placa de sustentación se extiende en un ángulo  $\alpha$  a dicho plano cordal, donde dicho ángulo  $\alpha$  está entre aproximadamente +/- 15-60 grados con respecto a dicho plano cordal, en donde dicha al menos una primera sección se extiende a lo largo de al menos 30% de la extensión cordal del contorno perfilado, preferiblemente a lo largo de al menos 50%, más preferiblemente a lo largo de al menos 70%.
- 15
- En esta realización, una sección de la placa de sustentación se extiende a un ángulo particular con respecto al plano de cordal para al menos una parte de la longitud cordal de la pala.
- Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación se extiende desde dicho primer extremo hasta dicho segundo extremo en un ángulo  $\alpha$  a dicho plano cordal, en donde dicho ángulo  $\alpha$  está entre aproximadamente +/- 15-60 grados con respecto a dicho plano cordal.
- 20
- En esta realización, la placa de sustentación completa se proporciona formando un ángulo con respecto a la cuerda de la pala, de modo que se puede lograr una desviación continua del flujo de aire de la pala.
- Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación se extiende desde dicho primer extremo a dicho segundo extremo en un ángulo  $\alpha$  a dicho plano cordal, donde el ángulo  $\alpha$  varía desde aproximadamente 0 grados en dicho primer extremo hasta aproximadamente +/- 30-60 grados en dicho segundo extremo, preferiblemente +/- 45 grados.
- 25
- En esta realización, el ángulo que la placa de sustentación hace a la cuerda de la pala varía con la distancia a lo largo de la longitud de la placa de sustentación. La placa de sustentación tiene un ángulo  $\alpha$  de aproximadamente 0 grados hacia el borde delantero de la pala, para reducir cualquier impacto en el rendimiento aerodinámico hacia el borde delantero de la pala. El ángulo  $\alpha$  en el segundo extremo de la placa de sustentación se puede seleccionar para proporcionar una desviación máxima del flujo de aire, con un impacto mínimo en el rendimiento aerodinámico. El ángulo  $\alpha$  en el segundo extremo se puede seleccionar de cualquiera de los siguientes: aproximadamente 15, 30, 45
- 30
- grados.
- En una realización preferida, el ángulo  $\alpha$  varía linealmente entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo.
- Esto proporciona una variación constante del ángulo  $\alpha$  a lo largo de la longitud de la placa de sustentación. En una realización alternativa, la tasa de cambio del ángulo  $\alpha$  puede variar a lo largo de la longitud de la placa de sustentación, a partir de una baja tasa de cambio, por ejemplo, 0-5%, hacia el primer extremo de la placa de sustentación, a una mayor tasa de cambio, por ejemplo, 5-50%, hacia el segundo extremo de la placa de sustentación.
- 35
- Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación se proyecta desde una superficie de dicha pala de turbina eólica, en un ángulo  $\beta$  constante a dicha superficie, en donde dicho ángulo  $\beta$  se selecciona del intervalo entre 45-135 grados.
- 40
- El ángulo de proyección de la placa de sustentación puede ser cualquier ángulo adecuado, y no está limitado a un ángulo de 90 grados con respecto a la superficie de la pala.
- Alternativamente, dicha al menos una placa de sustentación se proyecta desde una superficie de dicha pala de turbina eólica, en un ángulo  $\beta$  a dicha superficie, en donde dicho ángulo  $\beta$  varía desde aproximadamente 0 grados en dicho primer extremo hasta entre aproximadamente 45-180 grados en dicho segundo extremo, preferiblemente entre 90-180 grados, preferiblemente entre 90-135 grados, alternativamente entre 45-90 grados.
- 45
- La placa de sustentación puede estar conformada o tener una torsión para proporcionar un rendimiento mejorado al redirigir el flujo sobre la superficie de la pala.
- Preferiblemente, dicho ángulo  $\beta$  varía linealmente entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo.

Adicional o alternativamente, al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación comprende una sección transversal que tiene una parte curva.

La sección curva de la placa de sustentación permite que el flujo de aire se redirija de manera más eficiente sobre la superficie de la pala de la turbina eólica.

5 Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación comprende un extremo de base adyacente a la superficie de dicha pala, y un extremo de punta distal de dicha superficie, en donde al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación comprende una porción curva entre dicho extremo de base y dicho extremo de punta, en donde el ángulo tangencial  $\theta$  de dicha porción curva varía entre un primer ángulo hacia dicho extremo base y un segundo ángulo hacia dicho extremo de punta, donde dicho primer ángulo es sustancialmente ortogonal a la superficie de la pala de turbina eólica y en donde dicho segundo ángulo es sustancialmente paralelo a la superficie de la pala de la turbina eólica. preferiblemente, dicho primer ángulo está entre 45 y 135 grados con respecto a la superficie de la pala de turbina eólica. Preferiblemente, dicho segundo ángulo está entre 135 y 215 grados con respecto a la superficie de la pala de turbina eólica.

15 Preferiblemente,  $\theta$  se mide en la dirección del extremo de la raíz de la pala. En una realización,  $\theta$  varía entre aproximadamente 90-180 grados con respecto a la superficie de la pala de turbina eólica. En esta realización, el extremo de punta de la sección curva apunta sustancialmente en la dirección del extremo de punta de la pala de turbina eólica.

20 En una realización alternativa,  $\theta$  varía entre aproximadamente 90-0 grados con respecto a la superficie de la pala de turbina eólica. En esta realización, el extremo de punta de la sección curva apunta sustancialmente en la dirección del extremo de raíz de la pala de turbina eólica.

En una realización preferida, dicha al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación se curva a lo largo de toda la altura de dicha placa de sustentación entre dicho extremo de base y dicho extremo de punta.

Un miembro constantemente curvado actúa para proporcionar un conducto para dirigir el flujo de aire a través de la pala.

25 Alternativamente, dicha al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación comprende una parte sustancialmente recta provista en el extremo de base de dicha placa de sustentación y una porción curva provista en el extremo de punta de dicha placa de sustentación, teniendo dicha parte sustancialmente recta un ángulo  $\beta$  constante a la superficie de dicha pala de turbina eólica, teniendo dicha parte curvada un ángulo tangencial variable  $\theta$ .

30 Como alternativa, solo una parte de la placa de sustentación puede estar curvada a lo largo de la altura de la placa de sustentación. Esto puede aumentar la dificultad para que el flujo de aire se desplace sobre la punta o el extremo de la punta de la placa de sustentación.

35 En una realización, la al menos una placa de sustentación se puede formar a partir de varias secciones individuales. Preferiblemente, dichas secciones pueden ensamblarse para formar una placa de sustentación continua única. Alternativamente, dichas secciones pueden proporcionarse en dicha pala de turbina eólica separadas entre sí, sirviendo dichas secciones espaciadas para formar una serie de placas de sustentación, formando dicha serie una placa de sustentación virtual o desviador de flujo.

40 En una realización adicional, la al menos una placa de sustentación comprende al menos un espacio provisto a lo largo de la longitud de la placa de sustentación entre un primer extremo de dicha placa de sustentación y un segundo extremo de dicha placa de sustentación, donde dicha distancia actúa para igualar la presión a través de al menos una placa de sustentación, para disminuir el efecto de arrastre causado por al menos una placa de sustentación.

En una realización, dicho espacio está formado por un canal pasante dispuesto en dicha al menos una placa de sustentación.

45 Alternativamente, dicha placa de sustentación se forma a partir de una pluralidad de componentes de placa de sustentación discretos provistos en la superficie de la pala de turbina eólica, dichos componentes de placa de sustentación discretos sustancialmente en línea con un perfil de placa de sustentación nominal, en donde al menos un hueco está formado por un espaciado entre los componentes discretos adyacentes de la placa de sustentación.

Los componentes adyacentes de placas de sustentación discretos pueden compensarse con relación a un perfil de placa de sustentación nominal para proporcionar un espacio que se extiende a lo largo de una sección del ancho de la placa de sustentación nominal, así como una sección de la longitud de la placa de sustentación nominal.

Preferiblemente, la pala de turbina eólica comprende una pluralidad de placas de sustentación provistas en la superficie de la pala de turbina eólica. Adicional o alternativamente, dicha al menos una placa de sustentación se puede proporcionar en al menos una sección del lado de presión de la pala de turbina eólica.

5 Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación se proporciona en dicho lado de succión hacia el extremo de raíz de dicha pala, donde dicha al menos una placa de sustentación se extiende desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero hasta un segundo extremo, donde al menos una sección del al menos una placa de sustentación se extiende desde dicho primer extremo hacia dicho segundo extremo en un ángulo sustancialmente agudo a dicha línea de cuerda, tomada en la dirección del extremo de raíz de la pala.

10 Como al menos una sección de la placa de sustentación está dispuesta en ángulo con la línea de la cuerda hacia el extremo de la raíz de la pala, el flujo adjunto sobre el contorno de la pala será dirigido hacia el extremo de la raíz de la pala, retrasando así la separación del flujo durante la rotación de la pala. Se considera que un ángulo agudo significa un ángulo de entre 0-90 grados con respecto a la línea de cuerda de la pala, tomada en la dirección del extremo de la raíz de la pala.

15 Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación se proyecta desde la superficie de dicha pala de turbina eólica en un ángulo  $\beta$  a dicha superficie, en donde dicha al menos una placa de sustentación sobresale sustancialmente en la dirección del extremo de raíz de la pala de turbina eólica.

Preferiblemente, dicha al menos una placa de sustentación se proporciona en dicho lado de succión dentro de 0-50% de la longitud de dicha pala de turbina eólica desde dicho extremo de raíz.

20 La placa de sustentación está ubicada en la mitad del extremo de la pala, primero para evitar el flujo de aire longitudinal a lo largo de la pala y en segundo lugar para evitar la separación del flujo en el extremo de raíz de la pala debido a la sección transversal relativamente gruesa de la pala en el extremo de la raíz de la pala.

Preferiblemente, dicho primer extremo de dicha por lo menos una placa de sustentación está ubicada en dicho lado de succión dentro de 0-5% de la longitud de dicha cuerda desde dicho borde delantero.

25 Alternativamente, en donde dicho primer extremo de dicha al menos una placa de sustentación se proyecta más allá de dicho borde delantero, formando dicho primer extremo un desviador de borde delantero para dirigir el flujo de aire en el borde delantero de dicha pala de turbina eólica hacia dicho extremo de raíz.

Como la placa de sustentación está dispuesta para proyectarse más allá del borde delantero de la pala, la presencia de al menos un desviador del borde delantero ayuda a reducir el flujo posterior a lo largo de la longitud de la pala.

30 Preferiblemente, dicho desviador de borde delantero se extiende desde dicho primer extremo hacia el extremo de raíz de dicha pala, extendiéndose dicho desviador de borde delantero en un ángulo agudo a una línea de cuerda nominal extendida más allá de dicho borde delantero.

Como el desviador del borde delantero está provisto en un ángulo, el desviador del borde delantero proporciona una nueva dirección adicional del flujo hacia el extremo de la raíz de la pala, reduciendo el efecto de la separación del flujo en el extremo de la raíz de la pala.

35 Preferiblemente, dicho segundo extremo de dicha al menos una placa de sustentación está ubicada en dicho lado de succión dentro de 0-5% de la longitud de dicha cuerda desde dicho borde posterior.

En esta realización, la placa de sustentación se extiende a través de sustancialmente toda la longitud de la cuerda de la pala.

40 Preferiblemente, la pala de turbina eólica comprende al menos un desviador de flujo provisto en dicho lado de succión hacia el extremo de punta de dicha pala, donde dicho al menos un desviador de flujo se extiende desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero hasta un segundo extremo, donde al menos una sección del al menos un desviador de flujo se extiende hacia dicho extremo de punta en un ángulo sustancialmente agudo a dicha cuerda, para dirigir el flujo laminar sobre el contorno perfilado hacia dicho extremo de punta.

45 El desviador de flujo actúa para aumentar el flujo de aire hacia el área exterior de la pala, para mejorar el rendimiento de la pala al modificar el vórtice de la punta de la pala.

Preferiblemente, dicho al menos un desviador de flujo se proyecta desde la superficie de dicha pala de turbina eólica en un ángulo  $\beta$  a dicha superficie, en donde dicho al menos un desviador de flujo sobresale sustancialmente en la dirección del extremo de punta de la pala de turbina eólica.

También se proporciona una pala de turbina eólica que tiene un miembro plano que se proyecta desde una superficie de la pala de turbina eólica, preferiblemente una placa de sustentación o un desviador de flujo, en donde al menos una parte de dicho miembro plano comprende un perfil de sección transversal sustancialmente curvado.

5 En dicho sistema, un miembro plano, que puede extenderse sustancialmente entre un borde posterior y un borde delantero de una pala, se mejora mediante la adición de una sección transversal curva, como se describió anteriormente para el sistema de miembro plano configurado o en ángulo.

10 Se proporciona un miembro plano saliente para una pala que puede proporcionarse con un ángulo  $\alpha$  con respecto al plano cordal de la pala, y un ángulo  $\beta$  con respecto a la superficie de la pala, el miembro plano dispuesto de modo que los valores  $\alpha$  y/o  $\beta$  varían entre los extremos primero y segundo del miembro plano, preferiblemente en una variación lineal a lo largo de al menos 30% de la longitud del miembro plano.

Adicional o alternativamente, se proporciona además una pala de turbina eólica que tiene un miembro plano dispuesto sobre una superficie de dicha pala, extendiéndose el miembro plano sustancialmente entre el borde delantero y el borde posterior de dicha pala de turbina eólica, en donde al menos una parte de dicho miembro plano comprende una sección transversal curva.

15 Se entenderá que la característica de un miembro plano, por ejemplo, un desviador de flujo o una placa de sustentación, que tiene una sección transversal curvada, puede implementarse por separado a la disposición de un miembro plano proporcionado en un ángulo agudo al plano cordal de una pala de turbina eólica.

Además, se proporciona una turbina eólica que tiene al menos una pala de turbina eólica como se describió anteriormente.

20 Descripción de la invención

Ahora se describirá una realización de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una turbina eólica;

La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención;

25 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de perfil de plano aerodinámico de la pala de la Fig. 2;

La figura 4 muestra una vista en planta de una pala de turbina eólica que tiene al menos una placa de sustentación de acuerdo con una primera realización de la invención;

La figura 5 muestra una vista en planta de la pala de turbina eólica de la Fig. 4 cuando se ve afectado por un flujo de aire incidente;

30 La figura 6 muestra una vista en planta de una pala de turbina eólica que tiene al menos una placa de sustentación de acuerdo con una segunda realización de la invención;

La figura 7 muestra una vista en planta de una pala de turbina eólica que tiene al menos una placa de sustentación de acuerdo con una tercera realización de la invención;

35 La figura 8 muestra una pala de turbina eólica que tiene al menos una placa de sustentación de acuerdo con una cuarta realización de la invención y

La figura 9 ilustra una serie de vistas en sección transversal de una placa de sustentación de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención.

Se entenderá que los elementos comunes a las diferentes realizaciones de la invención se han provisto con los mismos números de referencia en los dibujos.

40 La Fig. 1 ilustra una turbina 2 eólica moderna en contra del viento de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un cubo 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el cubo 8, teniendo cada una, una raíz 16 de pala más cercana al cubo y una punta 14 de pala más alejada del cubo 8. El rotor tiene un radio denotado R.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala 10 de aerogenerador. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cercana al cubo, una región 34 de plano aerodinámico más alejada del núcleo y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 de plano aerodinámico. La pala 10 comprende un borde 18 delantero orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el cubo, y un borde 20 posterior que mira en la dirección opuesta al borde 18 delantero.

La región 34 de plano aerodinámico (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región 30 de raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace que sea más fácil y más seguro para montar la pala 10 en el cubo. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz es típicamente constante a lo largo de toda el área 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil 42 de transición que cambia gradualmente desde la forma 40 circular o elíptica de la región 30 de raíz al perfil 50 de plano aerodinámico de la región 34 de plano aerodinámico. La longitud de la cuerda de la región 32 de transición típicamente aumenta de manera sustancialmente lineal con el aumento de la distancia  $r$  desde el cubo.

La región 34 de plano aerodinámico tiene un perfil 50 de plano aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 18 delantero y el borde 20 posterior de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye al aumentar la distancia  $r$  desde el cubo.

Se debe tener en cuenta que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar alabeada y/o curvada (es decir, predoblada), proporcionando así el plano de cuerda con un curso correspondientemente alabeado y/o curvado, siendo este el caso más frecuente para compensar la velocidad local de la pala que depende del radio del cubo.

La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 de plano aerodinámico de una pala típica de una turbina eólica representada con diversos parámetros, que se usan típicamente para definir la forma geométrica de un plano aerodinámico. El perfil 50 de plano aerodinámico tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, que, durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente se enfrenta hacia barlovento (o contra el viento) y el lado de sotavento (o a favor del viento), respectivamente. El plano aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud  $c$  de cuerda que se extiende entre un borde 56 delantero y un borde 58 posterior de la pala. El plano aerodinámico 50 tiene un espesor  $t$ , que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El espesor  $t$  del plano aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico está dada por una línea 62 de inclinación, que es una línea media a través del perfil 50 de plano aerodinámico. La línea media se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde 56 delantero hasta el borde 58 posterior. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia de la cuerda 60 se llama inclinación  $f$ . La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros denominados inclinación superior  $e$  e inclinación inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y el lado 52 de presión, respectivamente.

Los perfiles de plano aerodinámico a menudo se caracterizan por los siguientes parámetros: la longitud  $c$  de la cuerda, la inclinación  $f$  máxima, la posición  $df$  de la inclinación  $f$  máxima, el máximo espesor  $t$  de plano aerodinámico  $t$ , que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de inclinación media, la posición  $dt$  del espesor  $t$  máximo, y un radio de corte (no mostrado). Estos parámetros se definen típicamente como proporciones para la longitud  $c$  de la cuerda. Preferiblemente, las palas de la turbina eólica de acuerdo con la invención superan los 40 metros de longitud.

Con referencia a la fig. 4, se ilustra una realización de una pala 10 de turbina eólica de acuerdo con la invención. Una primera placa 70 de sustentación y una segunda placa 72 de sustentación sobresalen de la superficie del lado 54 de succión de la pala 10, la primera y segunda placas 70, 72 de sustentación que se extienden desde respectivos primeros extremos 70a, 72a adyacentes al borde 56 delantero de la pala, a respectivos segundos extremos 70b, 72b adyacentes al borde 58 de posterior de la pala.

La primera y segunda placas 70, 72 de sustentación se proporcionan como placas o barreras de sustentación, que se proyectan desde la superficie de la pala para prevenir o impedir el flujo de aire a lo largo de la dirección longitudinal de la pala 10, como lo indica la flecha A. La primera y segunda placas 70, 72 de sustentación, están situadas hacia la región de raíz de la pala 10, preferiblemente dentro del 50% de la longitud longitudinal de la pala desde el extremo 16 de raíz.

Además, la primera y segunda placas 70, 72 de sustentación están dispuestas para extenderse desde dichos primeros extremos 70a, 72a hacia dichos segundos extremos 70b, 72b formando un ángulo agudo con respecto al plano cordal del perfil de la pala tomado en la dirección del extremo 16 de la raíz de la pala, siendo el plano cordal el plano ortogonal al eje longitudinal de la pala 10 como se indica por la flecha A. La primera y segunda placas 70, 72 de sustentación se extienden desde dichos primeros extremos 70a, 72a en el borde 56 delantero hacia dichos segundos extremos 70b, 72b en el borde 58 posterior en un ángulo agudo en la dirección del extremo 16 de raíz de la pala 10.

Cuando la pala 10 gira sobre una turbina 2 eólica, el efecto centrífugo de la rotación empuja eficazmente el flujo de aire radial hacia el extremo 14 de la punta de la pala 10, lo que hace que la separación del flujo del lado de la raíz migre hacia el extremo 14 de la punta.

5 Con referencia a la fig. 5, la provisión de placas 70, 72 de sustentación en ángulo hacia el extremo 16 de raíz de la pala 10 actúa para desviar el flujo de aire (indicado por las flechas F) sobre la pala 10 en la región de raíz, para dirigir el flujo de aire hacia el extremo 16 de raíz de la pala 10, contra las fuerzas centrífugas. En consecuencia, las placas 70, 72 de sustentación en ángulo actúan para anular el gradiente de presión radial creado por la pala de rotor, y reducen la separación de flujo que se mueve hacia el extremo 14 de punta de la pala 10. Esta redirección del flujo de  
10 aire hacia el extremo 16 de la raíz actúa para regular la presión a través de la pala, retrasando así la separación del flujo de aire y aumentando la elevación de la pala y el rendimiento asociado. Las placas de sustentación conformadas se pueden usar para minimizar los vórtices turbulentos en el extremo de la raíz de la pala (indicado en G), mejorando así el rendimiento al disminuir el arrastre.

15 En un primer aspecto, el ángulo  $\alpha$  que la primera y/o segunda placas de sustentación o placas 70, 72 de sustentación forman en el plano cordal de la pala 10 de turbina eólica puede variar a lo largo de la primera y/o segunda placas 70, 72 de sustentación. Por ejemplo, en la realización de la fig. 4, el ángulo  $\alpha$  de la primera placa 70 de sustentación varía desde un primer valor  $\alpha_1$  en el primer extremo 70a de la placa de sustentación hasta un segundo valor  $\alpha_2$  en el segundo extremo 70b de la placa de sustentación. Preferiblemente,  $\alpha_1$  es aproximadamente 0 grados, mientras que  $\alpha_2$  está entre aproximadamente 30-60 grados. De acuerdo con esto, la placa 70 de sustentación se varía para que esté sustancialmente en línea con el plano cordal de la pala 10 en el borde 56 delantero de la pala, y relativamente desviado  
20 del plano cordal hacia el borde 58 posterior. Esto permite que la forma de la placa 70 de sustentación varíe a lo largo de la placa 70 de sustentación, para minimizar el efecto del rendimiento de la pala en el borde 56 delantero de la pala 10 (debido a la compensación minimizada de la línea de cuerda de la pala) al tiempo que proporciona una redirección sustancial del flujo de aire en el borde 58 posterior de la pala.

25 En la realización de la fig. 4, el ángulo  $\alpha$  formado por las placas 70, 72 de sustentación varía sustancialmente a lo largo de la longitud de las placas de sustentación, pero se entenderá que pueden implementarse configuraciones alternativas. En un primer aspecto, al menos una de las placas 70, 72 de sustentación puede extenderse en un ángulo  $\alpha$  constante al plano cordal. Adicional o alternativamente, al menos una de las placas de sustentación puede extenderse a un ángulo  $\alpha$  constante a lo largo de al menos 30%, preferiblemente al menos 50%, más preferiblemente al menos 70% de la longitud de la placa de sustentación.  $\alpha$  se puede seleccionar como cualquier ángulo adecuado,  
30 por ejemplo, entre 30-60 grados al plano cordal, en la dirección del extremo 16 de raíz de la pala 10.

Con referencia a la fig. 6, una realización adicional de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención se indica en 10a. En esta realización, se proporcionan un primer y segundo desviadores 80, 82 de flujo como placas de sustentación que sobresalen de la superficie del lado 54 de succión de la pala 10, el primer y segundo desviadores 80, 82 de flujo que se extienden desde respectivos primeros extremos 80a, 82a adyacentes al borde 56 delantero de  
35 la pala, a los segundos extremos 80b, 82b respectivos adyacentes al borde 58 posterior de la pala.

El primer y segundo desviadores 80, 82 de flujo están dispuestos para extenderse desde dichos primeros extremos 80a, 82a hacia dichos segundos extremos 80b, 82b en un ángulo agudo con respecto al plano cordal del perfil de la pala, en la dirección del extremo 14 de la punta de la pala. En consecuencia, el primer y segundo desviadores 80, 82 de flujo se proyectan desde la superficie de la pala para desviar el flujo de aire sobre la pala en una dirección exterior  
40 hacia el extremo 14 de punta de la pala 10a (en la dirección de las flechas T). Los desviadores 80, 82 de flujo primero y segundo están situados hacia la región de punta de la pala 10a, preferiblemente dentro del 50% de la longitud longitudinal de la pala desde el extremo 14 de punta.

Al empujar el flujo de aire en una dirección externa, la pala 10a puede aprovechar el rendimiento aumentado de elevación de la pala hacia el extremo 14 de la punta de la pala, mejorando así el rendimiento general de la turbina.

45 Como con la realización de la fig. 4, el primer y segundo desviadores 80, 82 de flujo se extienden generalmente en un ángulo  $\alpha$  al plano cordal de la pala 10a de turbina eólica. En la realización de la Fig. 6,  $\alpha$  es un ángulo agudo medido desde el plano cordal de la pala 10a en la dirección del extremo 14 de la punta de la pala.

En un primer aspecto, el ángulo  $\alpha$  que el primer y/o segundo desviadores 80, 82 de flujo forman en el plano cordal de la pala 10 de turbina eólica puede variar a lo largo de la longitud de los desviadores 80, 82 de flujo. Por ejemplo, en la realización de la Fig. 6, el ángulo  $\alpha$  del primer desviador 80 de flujo varía desde un primer valor  $\alpha_1$  en el primer extremo 80a del desviador de flujo hasta un segundo valor  $\alpha_2$  en el segundo extremo 80b del desviador de flujo. Preferiblemente,  $\alpha_1$  es aproximadamente 0 grados, mientras que  $\alpha_2$  está entre aproximadamente 30-60 grados, en la  
50 dirección del extremo 14 de la punta de la pala.

Por consiguiente, el desviador 80 de flujo se varía para que esté sustancialmente en línea con el plano cordal de la pala 10 en el borde 56 delantero de la pala, y relativamente desviado del plano cordal hacia el borde 58 posterior.  
55

Como con la realización de la Fig. 4, esto permite que la forma del desviador 80 de flujo varíe a lo largo de la desviación, para minimizar el efecto del rendimiento de la pala en el borde 56 delantero de la pala 10 (debido al desplazamiento minimizado de la línea de cuerda de la pala) al tiempo que proporciona una redirección sustancial del flujo de aire en el borde 58 posterior de la pala.

5 En una implementación alternativa, al menos uno de los desviadores 80, 82 de flujo puede extenderse en un ángulo  $\alpha$  constante al plano cordal, en la dirección del extremo 14 de la punta de la pala. Adicional o alternativamente, al menos uno de los desviadores de flujo puede extenderse a un ángulo  $\alpha$  constante a lo largo de al menos 30%, preferiblemente al menos 50%, más preferiblemente al menos 70% de la longitud del desviador de flujo.  $\alpha$  se puede seleccionar como cualquier ángulo adecuado, por ejemplo, entre 30-60 grados con respecto al plano cordal, en la dirección del extremo 14 de punta de la pala 10.

15 En las realizaciones de las Figs. 4 y 6, las placas de sustentación en forma de placas 70, 72 de sustentación o desviadores 80, 82 de flujo están dispuestas de manera que los primeros extremos 70a, 72a, 80a, 82a respectivos son adyacentes al borde 56 delantero de la pala, y los segundos extremos 70b, 72b, 80b, 82b respectivos son adyacentes al borde 58 posterior de la pala. Se entenderá que puede proporcionarse cualquier disposición adecuada de las placas de sustentación, por ejemplo, los primeros extremos 70a, 72a, 80a, 82a respectivos pueden proporcionarse dentro de 0-5% del borde 56 delantero, y/o los segundos extremos 70b, 72b, 80b, 82b respectivos se pueden proporcionar dentro del 0-5% del borde 58 posterior.

20 En una realización alternativa, la placa 70, 72, 80, 82 de sustentación puede extenderse a lo largo de solo una parte de la extensión de la cuerda del perfil de la pala de la turbina eólica, por ejemplo, entre aproximadamente 0-70% de la longitud cordal del perfil medido desde el borde delantero, entre 0-70% de la longitud cordal del perfil medido desde el borde posterior, o entre 15-85% de la longitud cordal del perfil medido desde el borde delantero.

25 En una mejora adicional de la invención, los primeros extremos 70a, 72a, 80a, 82a respectivos de las placas 70, 72, 80, 82 de sustentación pueden proyectarse más allá del borde 56 delantero de la pala 10 de turbina eólica. Con referencia a las Figs. 7(a) y (b), se ilustra una vista ampliada de una sección de cubo 8 y góndola 6 de una turbina 2 eólica que tiene una pala 10 de turbina eólica con placas 90, 92 de sustentación primera y segunda, dichas placas 90, 92 de sustentación primera y segunda dispuestas hacia el extremo 16 de raíz de la pala 10 de turbina eólica. Los primeros extremos 90a, 92a respectivos de las placas 90, 92 de sustentación saliente sobresalen del borde 56 delantero de la pala 10, de manera que el flujo de aire posterior desde el extremo 16 de raíz de la pala y/o el flujo desviado debido a la presencia del cubo 8 (indicado por la flecha F) se desvía y dirige hacia el extremo 16 de la raíz de la pala, evitando así un flujo transversal adicional a lo largo de la longitud de la pala, conduciendo a una separación posterior del flujo unido a lo largo de la longitud de la pala 10.

30 En la Fig. 7(a), las placas 90, 92 de sustentación saliente se ilustran extendiéndose a lo largo de una parte de la longitud cordal del perfil de pala, preferiblemente en un ángulo respecto del plano cordal de la pala en la dirección del extremo 16 de raíz de pala, como se describió en la realización anterior de la Fig. 4.

35 En la Fig. 7(b), las placas 90, 92 de sustentación saliente se ilustran extendiéndose sustancialmente a lo largo de toda la longitud cordal del perfil de la pala, preferiblemente en un ángulo con respecto al plano cordal de la pala en la dirección del extremo 16 de la raíz de la pala, como se describe en la realización anterior de la Fig. 4. Además, los respectivos segundos extremos 90b, 92b de las placas 90, 92 de sustentación saliente pueden proyectarse más allá del borde 58 posterior de la pala 10, a fin de proporcionar una redirección de flujo más extensa.

40 En una mejora adicional de la invención, las placas 70, 72, 80, 82, 90, 92 de sustentación pueden comprender canales, espaciamentos o espacios definidos en los miembros para proporcionar una ventilación de presión de aire entre cada lado de los miembros, para reducir o mejorar cualquier posible efecto de arrastre generado por las placas de sustentación o cualquier otra característica que pueda tener un impacto negativo en el rendimiento de la pala.

45 Con referencia a la Fig. 8, se ilustra una realización de la invención en la que se proporcionan placas 70, 72 de sustentación primera y segunda como dos secciones separadas: primera placa 70 de sustentación proporcionada como una primera sección 74 de placa de sustentación situada hacia el borde 56 delantero de la pala y una segunda sección 75 de placa de sustentación situado hacia el borde 58 posterior de la pala, y la segunda placa 72 de sustentación provista como una primera sección 76 de placa de sustentación situada hacia el borde 56 delantero de la pala y una segunda sección 77 de la placa de sustentación situada hacia el borde 58 posterior de la pala. Las secciones están dispuestas de manera que se define un espacio 78 entre las respectivas primeras secciones 74, 76 de placa de sustentación y las respectivas segundas secciones 75, 77 de placa de sustentación, tal espacio 78 que permite que una parte del flujo de aire se ventile o escape entre los lados de la primera y la segunda placas 70, 72 de sustentación para proporcionar una igualación de presión entre los lados, y de ese modo reducir cualquier característica de sustentación negativa asociada con las placas de sustentación moldeadas. Además, la provisión de las placas de sustentación como un conjunto de secciones separadas proporciona una mayor facilidad de fabricación y montaje, por ejemplo, en el caso de la reconversión de una placa de sustentación de esta forma en una pala de turbina eólica existente.

En un aspecto adicional de la invención, la sección transversal de las placas de sustentación puede conformarse para proporcionar un rendimiento mejorado de la pala de turbina eólica. La Fig. 9 ilustra varias posibles secciones transversales de placa de sustentación para uso con cualquiera de las realizaciones de la invención, las placas 100 de sustentación que tienen un extremo 100a de base provisto en la superficie 102 de una pala 10 de turbina eólica, y un extremo 100b distal.

La Fig. 9(a) ilustra una placa 100 de sustentación que se proyecta desde la superficie 102 de una pala de turbina eólica, en la que la placa 100 de sustentación sobresale en un ángulo  $\beta$  ortogonal con respecto a la superficie 102 de pala.

La Fig. 9(b) ilustra una placa 100 de sustentación que se proyecta desde la superficie 102 de una pala de turbina eólica, en la que la placa 100 de sustentación sobresale en un ángulo  $\beta$  obtuso con respecto a la superficie 102 de la pala. La Fig. 9(c) ilustra una placa 100 de sustentación que sobresale de la superficie 102 de una pala de turbina eólica, en la que la placa 100 de sustentación sobresale en un ángulo  $\beta$  agudo con respecto a la superficie 102 de la pala.

Preferiblemente, las placas de sustentación están dispuestas de manera que los extremos 100b de punta de los miembros se proyecten sustancialmente en la dirección de la redirección de flujo deseada, por ejemplo, de manera que las placas 70, 72 de sustentación se proyectan en un ángulo  $\beta$  agudo a la superficie 102 de la pala, medida en la dirección del extremo 16 de la raíz de la pala. De forma similar, preferiblemente los desviadores 80, 82 de flujo se proyectan en un ángulo  $\beta$  agudo a la superficie 102 de la pala, medido en la dirección del extremo 14 de la punta de la pala (o en un ángulo  $\beta$  obtuso medido en la dirección del extremo 16 de la raíz de la pala). Preferiblemente, la placa 100 de sustentación sobresale en un ángulo  $\beta$  constante a dicha superficie 102, en donde dicho ángulo  $\beta$  se selecciona del intervalo entre +/- 45-135 grados.

La Fig. 9(d) ilustra una placa 100 de sustentación que sobresale de la superficie 102 de una pala de turbina eólica, en la que la placa 100 de sustentación comprende una sección transversal curvada. En la Fig. 9(d), la placa 100 de sustentación está curvada de manera que el extremo 100a de la base es sustancialmente ortogonal a la superficie 102 de la pala, mientras que el extremo 100b de la punta es sustancialmente paralelo a la superficie 100 de la pala, es decir, el ángulo  $\theta$  tangencial de la placa 100 de sustentación varía entre aproximadamente 90 grados en dicho extremo 100a de base y aproximadamente 180 grados en dicho extremo 100b de punta. Sin embargo, se entenderá que pueden implementarse otras formas de curva en sección transversal.

La provisión de una sección transversal en forma de placa de sustentación permite una redirección más efectiva del flujo de aire por las placas de sustentación.

En una mejora adicional de la invención, la forma de sección transversal de las placas 70, 72, 80, 82, 90, 92 de sustentación puede variar entre los extremos respectivos primero y segundo de dichas placas de sustentación.

En un primer aspecto, la placa 100 de sustentación puede formarse a lo largo de la longitud de la placa de sustentación de modo que el ángulo  $\beta$  varíe desde aproximadamente 0 grados en el primer extremo de la placa de sustentación, es decir, donde la placa de sustentación no sobresalga de la superficie de la pala de turbina eólica, a entre aproximadamente 35-180 grados en el segundo extremo de la placa de sustentación, es decir, en donde la placa de sustentación puede formarse para redirigir el flujo de aire con eficacia creciente a lo largo de la longitud de la placa de sustentación. Preferiblemente, la placa de sustentación está conformada de manera que el extremo de la punta de la placa de sustentación apunta sustancialmente en la dirección de flujo deseada en el segundo extremo de la placa de sustentación, es decir, hacia el extremo de la raíz para la realización de la placa de sustentación, y hacia el extremo de la punta para la realización del desviador de flujo.

En un aspecto adicional, la placa 100 de sustentación puede estar conformada para tener una sección transversal curvada, en donde la extensión de la curva de la placa de sustentación puede variar entre el primer extremo y el segundo extremo de la placa de sustentación. La sección curvada puede variarse para tener una curva mínima hacia el borde delantero de la pala, y en consecuencia reducir el impacto aerodinámico de la placa de sustentación en el borde delantero, y una curva más pronunciada hacia el borde posterior, teniendo así un aumento efecto de redirección hacia el borde posterior de la pala.

En un aspecto adicional, la placa de sustentación puede comprender una primera parte relativamente recta, por ejemplo, provista en el extremo de base de la placa de sustentación, y una segunda parte relativamente curvada, por ejemplo, provisto en el extremo de la punta de la placa de sustentación.

Se comprenderá que puede proporcionarse una placa de sustentación saliente para una pala que tiene un ángulo  $\alpha$  con respecto al plano cordal de la pala, y un ángulo  $\beta$  con respecto a la superficie de la pala, la placa de sustentación dispuesta de manera que los valores  $\alpha$  y/o  $\beta$  varía entre el primer y el segundo extremo de la placa de sustentación, preferiblemente en una variación lineal a lo largo de al menos 30% de la longitud de la placa de sustentación. Adicional

o alternatively, the support plate can be provided with at least one curved section that has a tangential angle  $\theta$ , the support plate being arranged so that the value of  $\theta$  varies between the first and second ends of the support plate, preferably in a linear variation along its length by at least 30% of the length of the support plate.

- 5 Se entenderá que el número o cualquier combinación de los elementos de cualquiera de las realizaciones anteriores puede proporcionarse en una sola pala de turbina eólica, por ejemplo, las placas 70, 72 de sustentación de la realización de la Fig. 4 puede combinarse con los desviadores de flujo de la realización de la Fig. 6.

La invención no está limitada a la realización descrita aquí, y puede modificarse o adaptarse sin apartarse del alcance de la presente invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Una pala (10) de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un cubo (8), desde el cual la pala se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando está montado en el cubo, la pala que tiene una dirección longitudinal con un extremo (14) de punta y un extremo (16) de raíz y una dirección transversal, comprendiendo la pala, además:  
 5 un contorno perfilado que incluye un lado (52) de presión y un lado (54) de sección, así como un borde (18, 56) delantero y un borde (20, 58) posterior con una cuerda (60) que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre, la cuerda dispuesta en un plano cordal dispuesto a lo largo de dicha dirección transversal, el contorno perfilado, cuando es impactado por un flujo de aire incidente, que genera una sustentación,  
 10 comprendiendo, además, la pala de turbina eólica al menos una placa (70, 72, 80, 82) de sustentación dispuesta en una superficie de dicha pala de turbina eólica, al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación que se extiende a lo largo de la dirección transversal de dicha pala en ángulo con dicho plano cordal de entre +/- 15-60 grados, dicha al menos una placa de sustentación actúa para dirigir el flujo unido sobre el contorno perfilado de dicha pala, donde dicha al menos una placa de sustentación se extiende desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero a un segundo extremo adyacente a dicho borde posterior, en donde la altura de dicha al menos una placa de sustentación sobre la superficie de la pala es al menos 1.5% de la longitud de cuerda de la pala en la ubicación de dicha al menos una placa de sustentación.
2. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1, en la que al menos una primera sección de dicha al menos una placa de sustentación se extiende en un ángulo  $\alpha$  con dicha línea de cuerda, donde dicho ángulo  $\alpha$  está entre aproximadamente +/- 15-60 grados con respecto a dicha línea de cuerda.
3. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en la que dicha al menos una placa de sustentación se extiende desde dicho primer extremo a dicho segundo extremo en un ángulo  $\alpha$  a dicha cuerda, donde el ángulo  $\alpha$  varía desde aproximadamente 0 grados en dicho primer extremo a aproximadamente +/- 30-60 grados en dicho segundo extremo.
4. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que dicha al menos una placa de sustentación se proyecta desde una superficie de dicha pala de turbina eólica, en un ángulo  $\beta$  constante a dicha superficie, en donde dicho ángulo  $\beta$  se selecciona del intervalo entre 45-135 grados.
5. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que dicha al menos una placa de sustentación se proyecta desde una superficie de dicha pala de turbina eólica, en un ángulo  $\beta$  a dicha superficie, donde dicho ángulo  $\beta$  varía desde aproximadamente 0 grados en dicho primer extremo a entre aproximadamente 45-180 grados en dicho segundo extremo.
6. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación comprende una sección transversal que tiene una porción curva.
7. La pala de turbina eólica de la reivindicación 6, en donde dicha al menos una placa de sustentación comprende un extremo de base adyacente a una superficie de dicha pala, y un extremo de punta distal de dicha superficie, en donde al menos una sección de dicha al menos una placa de sustentación comprende una parte curva entre dicho extremo de base y dicho extremo de punta, en donde el ángulo  $\theta$  tangencial de dicha parte curva varía entre un primer ángulo hacia dicho extremo de base y un segundo ángulo hacia dicho extremo de punta, donde dicho primer ángulo es sustancialmente ortogonal a la superficie de la pala de turbina eólica y en donde dicho segundo ángulo es sustancialmente paralelo a la superficie de la pala de turbina eólica.
8. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la al menos una placa de sustentación se forma a partir de varias secciones individuales.
9. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la al menos una placa de sustentación comprende al menos un espacio provisto a lo largo de la placa de sustentación entre un primer extremo de dicha placa de sustentación y un segundo extremo de dicha placa de sustentación, donde dicho espacio actúa para igualar la presión a través de al menos una placa de sustentación, para disminuir el efecto de arrastre causado por al menos una placa de sustentación.
10. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, que comprende al menos una placa de sustentación provista hacia el extremo de raíz de la pala, extendiéndose dicha al menos una placa de sustentación desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero hasta un segundo extremo, y donde al menos una sección de al menos una placa de sustentación se extiende desde dicho primer extremo hacia dicho segundo extremo en un ángulo sustancialmente agudo a dicha línea de cuerda, tomada en la dirección del extremo de raíz de la pala.

11. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en donde dicho primer extremo de dicha al menos una placa de sustentación se proyecta más allá de dicho borde delantero, formando dicho primer extremo un desviador de borde delantero para dirigir el flujo de aire en el borde delantero de dicha pala de turbina eólica hacia dicho extremo de raíz
- 5 12. La pala de turbina eólica de la reivindicación 11, donde dicho desviador de borde delantero se extiende desde dicho primer extremo hacia el extremo de raíz de dicha pala, extendiéndose dicho desviador de borde delantero en un ángulo agudo a una línea de cuerda nominal extendida más allá de dicho borde delantero.
- 10 13. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la pala de turbina eólica comprende al menos una placa de sustentación que actúa como un desviador de flujo dispuesto en dicho lado de succión hacia el extremo de punta de dicha pala, donde dicho al menos un desviador de flujo se extiende desde un primer extremo adyacente a dicho borde delantero hasta un segundo extremo, y donde al menos una sección del al menos un desviador de flujo se extiende hacia dicho extremo de punta en un ángulo sustancialmente agudo a dicha cuerda, para dirigir el flujo laminar sobre el contorno perfilado hacia dicho extremo.
- 15 14. Una turbina eólica que tiene al menos una pala de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 1-13.



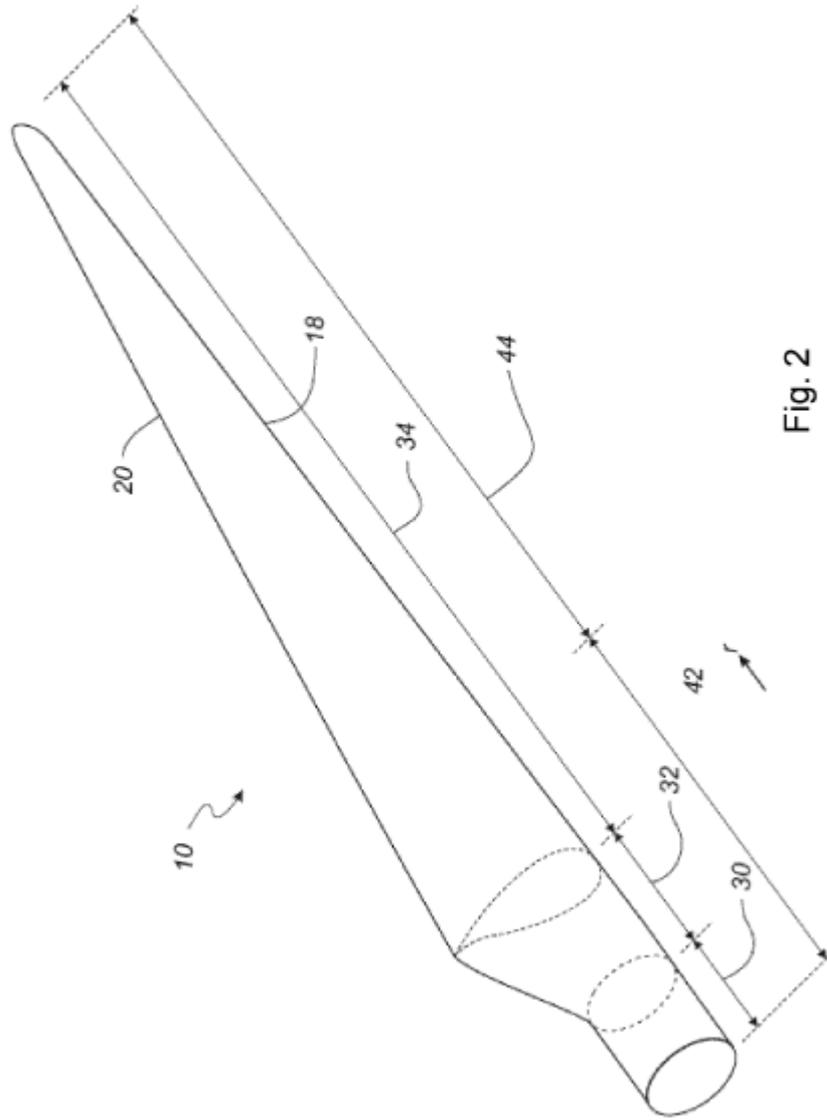


Fig. 2



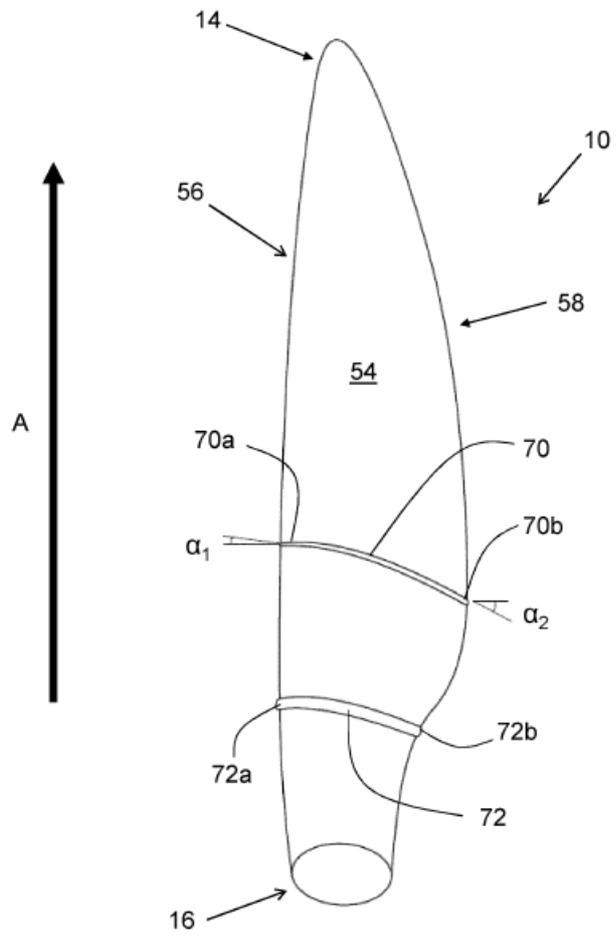


Fig. 4

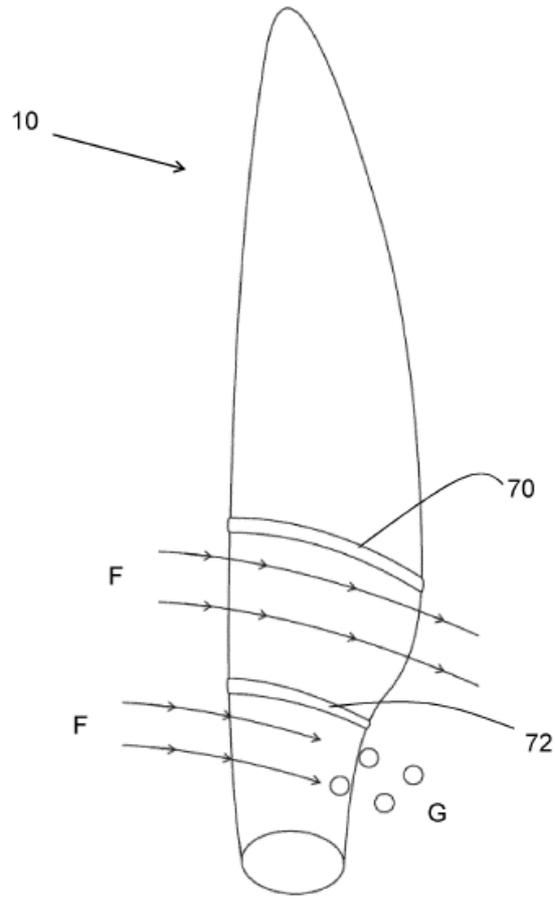


Fig. 5

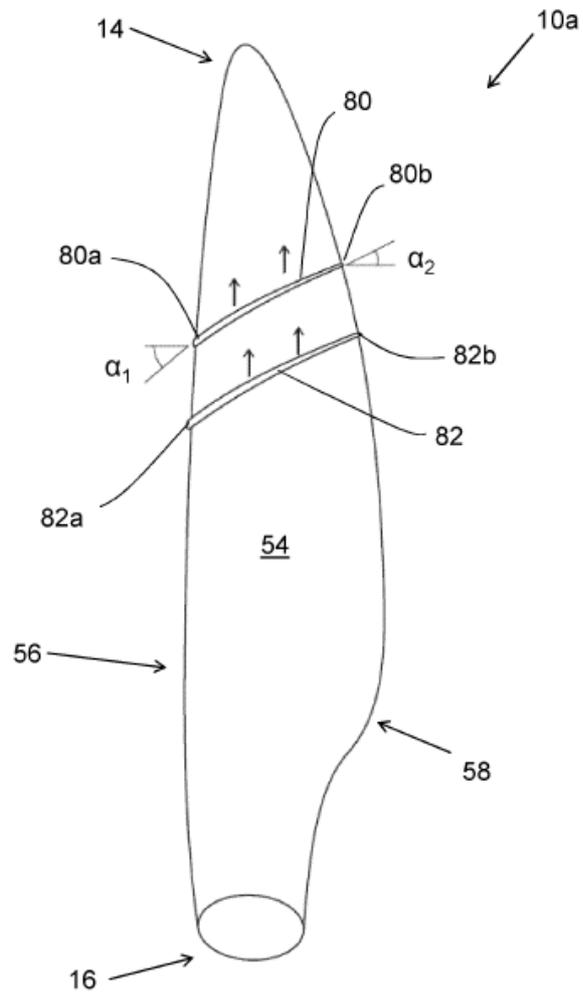


Fig. 6

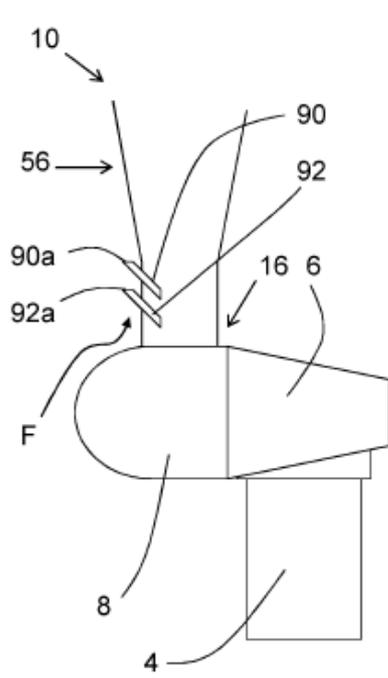


Fig. 7(a)

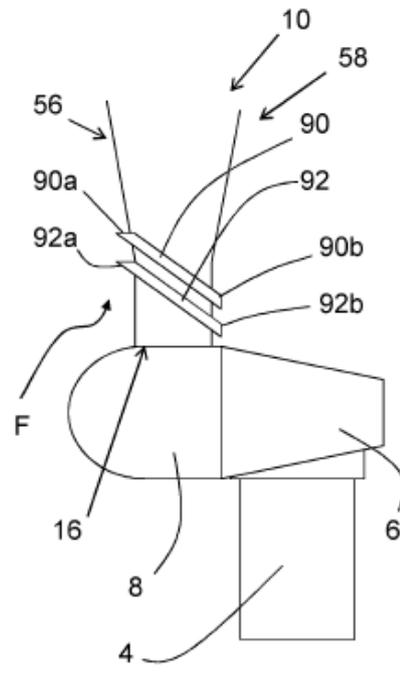


Fig. 7(b)

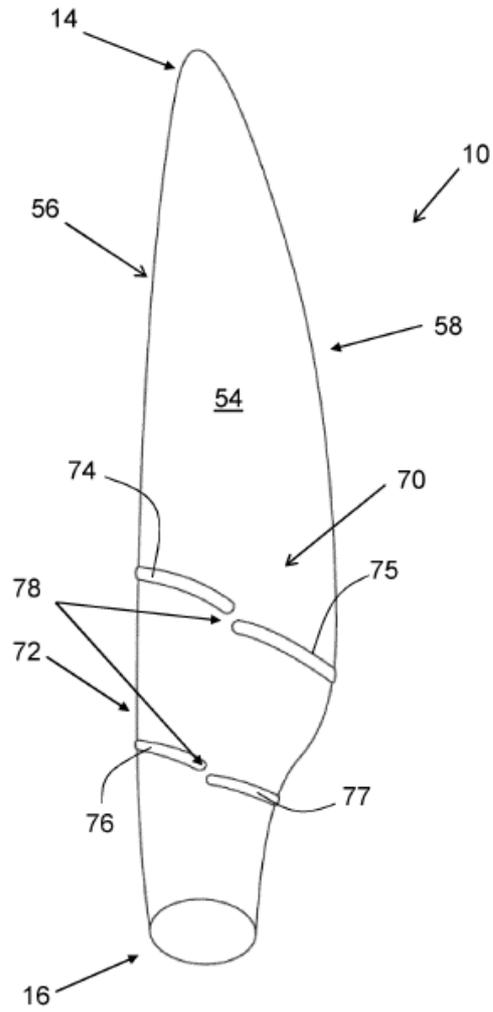


Fig. 8

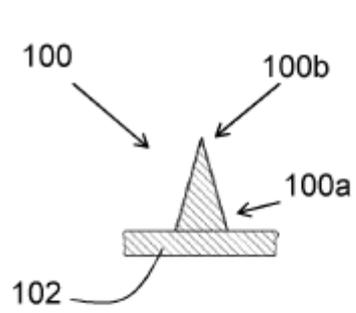


Fig. 9(a)

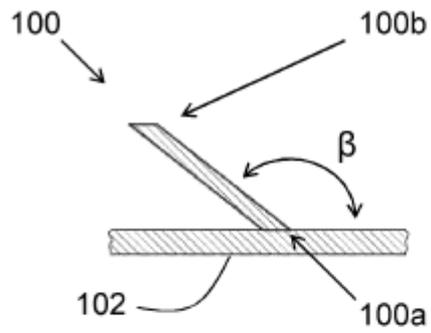


Fig. 9(b)

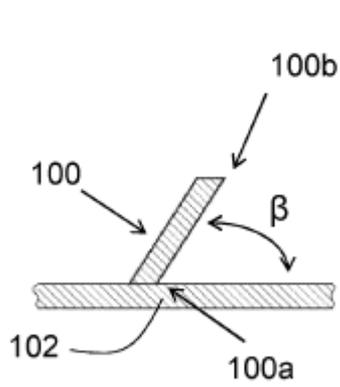


Fig. 9(c)

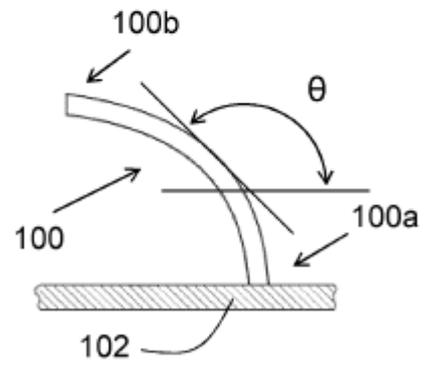


Fig. 9(d)