

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 400**

51 Int. Cl.:

**F03D 3/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2010 PCT/EP2010/052993**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.09.2010 WO10103013**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2010 E 10707902 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2404057**

54 Título: **Turbina de viento de eje vertical**

30 Prioridad:

**09.03.2009 GB 0904029**

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

**05.02.2020**

73 Titular/es:

**WINDJOULE LTD (100.0%)  
42 Boleyn Drive  
St. Albans, Hertfordshire AC1 2BS, GB**

72 Inventor/es:

**MORRIS, ROBERT FRASER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 740 400 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 de viento de eje vertical

Esta invención se refiere a una turbina de viento de eje vertical. La invención es aplicable para utilizar en la generación de electricidad.

5 Las turbinas de viento se han utilizado cada vez más para convertir energía del viento en energía eléctrica. Las turbinas pueden ser o bien turbinas de eje horizontal, que necesitan enfrentarse directamente al viento para conseguir la mejor rotación de la turbina, o turbinas de eje vertical, que tienen la ventaja de que girarán con independencia de la dirección del viento. La presente invención se refiere a una turbina de viento de eje vertical, que puede ser utilizada para generar electricidad.

10 Previas divulgaciones de turbina de viento de eje vertical incluyen el documento FR2494781. Este documento describe una turbina de viento de eje vertical que tiene tres brazos radiales horizontales. En el extremo de cada brazo está montada una pala vertical. Estas palas verticales pueden girar y tienen un límite en su movimiento de rotación. El punto de pivotamiento de la pala vertical está cerca de un extremo de la pala. El movimiento de giro de la pala se utiliza para permitir que la pala se oriente automáticamente en base a la dirección del flujo del viento. Esta  
15 orientación automática está limitada por el límite del movimiento de rotación. Debido a este límite en la rotación, la pala presenta una superficie para captar el viento durante parte de la precesión de la turbina. Durante otra parte de la precesión, la pala se orienta automáticamente, significando la situación del punto de pivotamiento, cerca de un extremo de la pala, que la máxima fuerza de giro es generada sobre la pala en ese punto. El inventor de la presente invención ha identificado que la generación de una tal fuerza de giro tan grande puede ser un inconveniente en turbinas de viento de este tipo. Una fuerza tan grande puede causar un choque considerable en el brazo radial  
20 cuando la pala alcanza el límite de rotación, lo que requiere que se refuercen el brazo y la pala, aumentando el peso y reduciendo la eficacia.

Otra divulgación de un motor de viento de eje vertical se presenta el documento US2003/0235498. Este documento explica la diferencia entre motores de viento de eje vertical basados en arrastre y motores de viento de eje vertical  
25 basados en elevación. Los motores que están basados en arrastre usan paneles planos, tales como los descritos en el documento FR2494781, para las palas que captan el viento. Los motores basados en elevación usan superficies aerodinámicas como las palas. El documento US2003/0235498 enseña que ha habido una progresión desde motores de viento de paneles planos, basados en arrastre, al uso de superficies aerodinámicas en un sistema basado en elevación. Este documento describe una configuración de superficies aerodinámicas en un tal sistema  
30 basado en elevación. Dicho documento explica que las superficies aerodinámicas necesitan estar equilibradas de tal manera que el punto de pivotamiento esté en el centro promedio de presión/elevación. Además, las turbinas basadas en elevación requieren palas relativamente complejas, lo que puede aumentar el coste y el peso.

El documento DE202008006980U describe una turbina de viento que tiene cuatro alas de pivote, cada una de las cuales está unida a la estructura de soporte de la turbina de viento por medio de un eje de pivotamiento horizontal.  
35 Cada ala de pivote puede girar desde una posición en la que las alas de pivote están en una posición vertical y a una posición en la que las alas de pivote están en una posición horizontal, en la que ofrecen baja resistencia al flujo del viento. Las alas de pivote adoptan la posición horizontal cuando el movimiento de rotación de la turbina de viento indica que se están moviendo contra el flujo del viento. Para permitir que las alas de pivote se muevan a la posición horizontal cuando se están moviendo contra el flujo del viento, este documento describe dos barras que conectan  
40 alas de pivote situadas opuestamente.

Sería deseable producir una turbina de viento de eje vertical sencilla pero eficaz, que se enfrente a uno o más de los problemas explicados en esta memoria.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un cabezal de turbina que comprende un miembro giratorio, una pluralidad de palas laminares, cada una de las cuales incluye una superficie, estando las  
45 palas montadas de manera rotativa en el miembro giratorio de tal manera que cada una de las palas puede girar con respecto al miembro giratorio desde una primera posición a una segunda posición, siendo el ángulo entre la posiciones primera y segunda menor que 180 grados; en el que cada pala está montada de manera rotativa en el miembro giratorio alrededor de un eje que está próximo al centro de la pala de tal manera que, si se aplica una fuerza a la pala en una dirección que sea perpendicular a la superficie, la diferencia de fuerzas entre la fuerza  
50 ejercida sobre una porción de la superficie en un lado del eje y la fuerza ejercida sobre una porción de la superficie que se extiende al otro lado del eje es suficiente para hacer que la pala gire desde la primera posición hacia la segunda posición.

El área superficial de la porción de la superficie de la pala en un lado del eje puede ser mayor que el área superficial de la superficie en el otro lado del eje.

55 Cada pala puede estar montada de manera rotativa en un punto entre el centro de la pala y un punto a un cuarto de la longitud de la pala, desde el extremo de la pala. Cada pala puede estar montada de manera rotativa en un punto a un sexto de la longitud de la pala desde el centro de la pala.

La superficie de cada pala puede tener un perfil cóncavo. Cada pala puede comprender un bastidor de pala y una cubierta de pala, pudiendo formar el bastidor de pala los bordes exteriores de la pala y pudiendo formar la cubierta la superficie de cada pala. La cubierta de la pala puede consistir en un material flexible.

El ángulo entre las primera y segunda posiciones puede ser de entre setenta y cinco y ciento cinco grados.

- 5 El cabezal de la turbina puede comprender además unos primeros medios de tope que limiten el grado de rotación de la pala y, opcionalmente, unos segundos medios de tope para limitar adicionalmente el grado de rotación de la pala. Los medios de tope pueden consistir en un saliente que se extienda desde el miembro giratorio; una atadura o sujetador entre un punto fijo y un punto de la pala; o una parte del miembro giratorio o cualesquiera otros medios apropiados para limitar la rotación de la pala.
- 10 Los medios de tope pueden limitar el grado de rotación de la pala alrededor del punto de montaje a un ángulo entre aproximadamente setenta y cinco y aproximadamente ciento cinco grados. Preferiblemente, el grado de rotación de la pala alrededor del punto de montaje está limitado a noventa grados cuando la primera posición está en el mismo plano que el cuerpo y la segunda posición es perpendicular al cuerpo.
- 15 El cabezal de la turbina puede estar provisto de un absorbedor de choques para minimizar el impacto comunicado por la pala sobre los medios de tope cuando se ponen en contacto.
- Cuando los primeros o segundos medios de tope consisten en el saliente que se extiende desde el miembro giratorio o parte del miembro giratorio, el absorbedor de choques puede ser una superficie hecha de un material elástico situado en el saliente, poniéndose en contacto la parte del miembro giratorio o parte de la pala con el saliente o la parte del miembro giratorio.
- 20 Alternativamente, cuando los medios de tope primeros y segundos comprenden un sujetador entre un punto fijo y un punto de la pala, el absorbedor de choques comprende el sujetador hecho de un material elástico.
- El material elástico puede ser caucho, un equivalente sintético del caucho o cualquier otro material que tenga propiedades elastómeras.
- 25 Alternativamente, el absorbedor de choques puede consistir en un mecanismo elástico de muelle situado en la pala o en el miembro giratorio.
- Opcionalmente, el cabezal incluye medios para fijar la pala en un punto de su rotación. El miembro giratorio puede incluir también una pluralidad de aspas de turbina y al menos una de la pluralidad de palas puede estar montada en una respectiva de las aspas de turbina. Los medios para fijar la pala pueden consistir en medios para fijar la pala en una dirección que sea perpendicular al aspa o los medios para fijar la pala consisten en medios para mantener la pala en una dirección que esté en el mismo plano que el aspa o medios para fijar la pala en cualquier dirección.
- 30 La pala puede estar montada en un punto asimétrico a lo largo de la anchura de la pala o en un punto tal que el área superficial de la parte del área superficial de la pala en un lado del punto de montaje sea mayor que el área superficial de la superficie que se extiende al otro lado del punto de montaje.
- 35 Ventajosamente, la pala está hecha de uno cualquiera de: material plástico rígido, tela de vela marinera, fibra de carbono y metal. El metal puede ser, por ejemplo, acero o aluminio.
- La pala puede tener también una forma plana o una forma que incluya un cucharón en un extremo de la pala.
- Las aspas de la turbina pueden incluir una porción alargada y una porción de bastidor en un extremo de la porción alargada, estando la pala montada dentro de la porción de bastidor. Alternativamente, las aspas de turbina pueden incluir un par de brazos, estando la pala montada en un punto en un brazo del par de brazos y en otro punto del otro brazo del par de brazos.
- 40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un cabezal de turbina para una turbina de viento de eje vertical como se ha descrito anteriormente.
- De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona una turbina de viento de eje vertical que incluye un cabezal de turbina montado rotativamente sobre un soporte, siendo el cabezal de la turbina como se ha descrito anteriormente.
- 45 La turbina de viento de eje vertical puede estar provista de medios de frenado para limitar la velocidad de rotación del cabezal de la turbina alrededor del soporte. Esto puede evitar que el cabezal gire tan rápido alrededor del soporte que ocurran daños en cualquier parte de la turbina de viento de eje vertical.
- 50 Otros aspectos y características de la presente invención resultarán evidentes para los expertos ordinarios en la técnica tras la lectura de la siguiente descripción de realizaciones concretas de la invención junto con las figuras que se acompañan.

## ES 2 740 400 T3

La figura 1 es una vista lateral de una turbina de viento de eje vertical.

La figura 2 es una vista en planta desde arriba de la turbina de viento de eje vertical.

La figura 3 es una vista en planta desde arriba de la turbina de viento de eje vertical que ha sido girada 30 grados desde la posición ilustrada en la figura 2.

5 La figura 4 es una vista en planta desde arriba de la turbina de viento de eje vertical que ha sido girada 45 grados desde la posición ilustrada en la figura 2.

La figura 5 es una vista en planta desde arriba de la turbina de viento de eje vertical que ha sido girada 60 grados desde la posición ilustrada en la figura 2.

10 La figura 6 es una vista en planta desde arriba de la turbina de viento de eje vertical que ha sido girada 90 grados desde a posición ilustrada en la figura 2.

Las figuras 7 a 9 muestran configuraciones alternativas de la pala, el brazo y la montura.

La figura 10 es una vista lateral de una turbina de viento de eje vertical que incluye la configuración alternativa de pala y brazo de la figura 7.

15 La figura 11 es una vista lateral del extremo de un brazo de una turbina de viento de eje vertical que incluye un bastidor y una cubierta de pala.

La figura 12 es una vista lateral del extremo de un brazo de otra turbina de viento de eje vertical que incluye un bastidor y una cubierta de pala.

20 Las figuras 1 y 2 ilustran una turbina de viento 10 que incluye un cabezal 11 de turbina y un soporte 16. El cabezal 11 de turbina comprende un miembro giratorio 12, que incluye cuatro brazos 14, montado rotativamente en el soporte 16. Cada uno de los brazos 14 está provisto de una pala 18, 20, 22, 24 en el extremo del brazo 14 más alejado del soporte 16. La pala 18, 20, 22, 24 está unida al brazo 14 en un punto de montaje 26 alrededor del cual pueden girar las palas 18, 20, 22, 24. El eje para el pivotamiento de cada pala 18, 20, 22, 24 puede estar en una orientación esencialmente vertical.

25 El punto de montaje está situado a lo largo de la longitud de la pala 18, 24 de tal manera que la distancia entre un extremo de la pala 18, 24 y el punto de montaje es mayor que la distancia entre el otro extremo de la pala 18, 24 y el punto de montaje. En el cabezal 11 de turbina de la presente realización, cuando el brazo 14 y la pala 18, 24 están en un mismo plano, la longitud de la pala que se extiende entre el punto de montaje y el soporte 16 es mayor que la longitud de la pala 18, 24 que se extiende más allá del extremo del brazo 14. La diferencia de longitudes entre la longitud de pala que se extiende entre el punto de montaje y el soporte y la longitud de pala que se extiende más allá del extremo del brazo es seleccionada de tal manera que el cabezal de turbina opere de una manera eficaz. Tal configuración de la diferencia de longitudes se explica con más detalle más adelante.

30 El montaje rotativo de la pala sobre el miembro giratorio de este modo significa que cuando la pala experimenta un flujo de fluido que actúa contra ella en una primera dirección, la pala puede ser hecha girar alrededor de esa montura por la desigualdad de las fuerzas sobre la pala en cualquier lado del lugar en el que está montada en el miembro giratorio, de manera que tiende a resultar paralela a la dirección de la fuerza, a menos que la rotación de la pala alrededor de ese montaje esté limitada por algunos medios. Esto significa que la pala puede ser movida por el flujo de fluido entre una primera posición y una segunda posición debido a la acción del flujo de fluido sobre la pala. Convenientemente, en la primera posición la pala es generalmente radial al eje de rotación del miembro giratorio. Convenientemente, en la segunda posición, la pala es generalmente tangencial al eje de rotación del miembro giratorio. Convenientemente, si el miembro giratorio gira en un primer sentido (en sentido horario o antihorario) la pala es impedida de moverse más que la segunda posición en ese sentido de rotación y de moverse más que la primera posición en el sentido opuesto de rotación. En esta configuración, la pala puede ser influenciada por el flujo de fluido que actúa sobre ella en una dirección que tiene una componente perpendicular al eje de rotación del miembro giratorio para actuar de la siguiente manera:

35 1. Cuando la pala está aguas arriba del eje de rotación del miembro giratorio puede ser hecha adoptar la primera posición y, puesto que está impedida de moverse más en el sentido de alejarse de la segunda posición, puede comunicar un par de torsión sobre el miembro giratorio hasta que se aproxima a una posición aguas abajo del eje de rotación.

40 2. Cuando la pala está aguas abajo del eje de rotación del miembro giratorio, puede ser hecha moverse hacia la segunda posición y, puesto que está impedida de moverse más en el sentido de alejarse de la primera posición, puede comunicar un par de torsión sobre el miembro giratorio hasta que se aproxima a una posición en la que es esencialmente paralela al flujo.

45 3. A medida que la pala es movida más hacia una posición aguas arriba del eje de rotación del miembro giratorio, puede ser hecha moverse hacia la primera posición, permaneciendo esencialmente paralela al flujo, y, puesto que

está esencialmente paralela al flujo, puede no comunicar esencialmente par de torsión sobre el miembro giratorio en esta parte del ciclo. Preferiblemente, las posiciones primera y segunda están separadas por entre 110 y 70 grados y, más preferiblemente, por 90 grados aproximadamente de rotación alrededor del montaje de pala. Preferiblemente, cada pala está montada de manera similar.

- 5 La acción del cabezal 11 de turbina en la presencia de viento se describirá ahora haciendo referencia a las figuras 2 a 6. Cuando el viento sopla en una dirección como la ilustrada en la figura 2, se ejerce una fuerza sobre la pala 20 que es perpendicular a la dirección del viento.

- 10 Como la parte de la pala 20 que se extiende desde el punto de montaje 26 hacia el soporte 16 es mayor que la parte de la pala 20 que se extiende más allá del extremo del brazo 14, la fuerza total experimentada por la pala 20 es una fuerza de rotación alrededor del punto de montaje 26 en una dirección antihoraria. De ese modo, el movimiento de rotación de la pala alrededor del punto de montaje es impedido por el brazo 14, que se solapa parcialmente con la pala 20.

La fuerza total alrededor del soporte 16, debida a la acción del viento sobre la pala 20 y el brazo 14, es una fuerza de rotación de sentido horario alrededor del soporte 16.

- 15 La pala 24, que está a 90° con respecto a la dirección del viento, debido a la fuerza del viento que actúa sobre ella es hecha girar en sentido horario alrededor del punto de montaje 26. Esto es debido a que la longitud de la pala 24 que se extiende entre el punto de montaje 26 y el soporte 16 es mayor que la longitud de la pala 24 que se extiende más allá del extremo del brazo 14. Por lo tanto, es ejercida una fuerza mayor por el viento sobre la parte de la pala 24 que se extiende entre el punto de montaje 26 y el soporte 16 que sobre la porción de la pala 24 que se extiende más allá del extremo del brazo y la pala 24 gira en un sentido horario.

- 20 Está previsto un miembro de tope 28 para evitar que la pala 24 gire más de noventa grados. La rotación de la pala 24 hasta una posición paralela a la dirección del viento significa que la pala 24 tiene una magnitud de fuerza mínima ejercida sobre ella por el viento. Por lo tanto, la magnitud de fuerza de rotación en sentido antihorario alrededor del soporte, procedente del viento que actúa sobre la pala 24 y su brazo asociado, es menor que la fuerza de rotación de sentido horario ejercida por el brazo de pala 20 y su brazo asociado.

Las palas 18 y 22 y sus brazos asociados son paralelos a la dirección del viento y por lo tanto no ejercen fuerza de rotación alrededor del soporte. De ese modo, es experimentada una fuerza de rotación total en sentido horario por el cabezal 11 de turbina, que da lugar a una rotación de sentido horario de los brazos y las palas.

- 30 La figura 3 ilustra las posiciones de las palas 18, 20, 22, 24 de la turbina de viento 10 cuando el cabezal 11 de la turbina ha girado aproximadamente 30 grados en un sentido horario. En esta posición, el viento está ejerciendo una fuerza sobre la pala 18. La rotación de la pala 18 alrededor del punto de montaje 26 es impedida por el brazo 14 que contacta con la parte de la pala 24 que se extiende entre el punto de montaje 26 y el soporte, por las mismas razones que las dadas con referencia a la pala 20 cuando se describió en relación con la figura 2. De ese modo, la pala 18 y su brazo asociado 14 experimentan una fuerza de rotación de sentido horario alrededor del soporte 16.

- 35 La pala 20 todavía experimenta una fuerza antihoraria alrededor del punto de montaje 26, pero la rotación de la pala 20 es impedida por el brazo 14 como se ha descrito con referencia a la figura 2. De ese modo, la combinación de la pala 20 y su brazo asociado 14 experimenta una fuerza de rotación total de sentido horario alrededor del soporte 16 por las mismas razones dadas con referencia a la pala 20 y la figura 2.

- 40 A medida que el cabezal 11 de turbina se mueve desde la posición de la figura 2 a la de la figura 3, la pala 22 gira en sentido horario alrededor del punto de montaje 26. Esto es debido a que el área superficial de la parte de la pala 22 que se extiende desde el punto de montaje 26 hacia el soporte 16 es mayor que el área superficial de la parte de la pala 22 que se extiende más allá del extremo del brazo 14. De ese modo, la pala 22 experimenta una fuerza mayor sobre la parte de la pala 22 que se extiende en la mayor distancia desde el punto de montaje 26 que sobre la parte de la pala que se extiende en la menor distancia desde el punto de montaje 26. Por lo tanto, la fuerza total experimentada por la pala 22 es de sentido horario y la pala 22 gira en un sentido horario alrededor del punto de montaje 26.

- 45 Como se ha detallado anteriormente, la pala 22 experimenta una fuerza mayor sobre la parte de la pala 22 que se extiende en la mayor distancia desde el punto de montaje 26 que la fuerza menor sobre parte de la pala que se extiende en la menor distancia desde el punto de montaje 26. Sin embargo, la diferencia entre la fuerza mayor y la fuerza menor sobre las partes de la pala 22 solo necesita ser suficiente para producir la fuerza de rotación alrededor del punto de montaje 26. Por lo tanto, el punto de montaje 26 puede estar situado tan próximo al punto central de la pala 22 como sea posible mientras proporcione todavía la diferencia de fuerzas requerida para hacer girar la pala 22. La posición exacta del punto de montaje 26 a lo largo de la longitud de la pala 22 será dependiente, por ejemplo, de las fuerzas de fricción que es necesario vencer en la montura de rotación. Idealmente, la montura está situada a no
- 55 meno de un cuarto de la longitud de la pala 22 desde el extremo de la pala.

En una configuración ejemplar, cada pala tiene 600 mm de largo por 600 mm de ancho. La montura rotacional está situada a 100 mm de la línea central de la pala o, alternativamente, a 200 mm de un borde. En una tal configuración,

la montura de rotación está a un sexto de la longitud de la pala alejada de la línea central de la pala. Una tal configuración proporciona suficiente fuerza para mover la pala desde una posición a la otra, mientras que se evita un gran choque cuando se funciona a velocidad operativa. El punto central de la pala está determinado por referencia a su área expuesta al flujo de fluido, no su masa.

5 La rotación en sentido horario de la pala 22, debida a la fuerza del viento, está limitada por un miembro de tope 28. El miembro de tope 28 es una cara formada por una extensión del brazo 14. Como se puede ver en la figura 3, el miembro de tope impide la rotación de la pala 22 cuando esta está todavía experimentando una fuerza total de sentido horario debida al viento. Preferiblemente, la forma de la pala 22 y su brazo asociado 14 es tal que la fuerza de sentido horario sobre la pala 22 es mayor que la fuerza de sentido antihorario sobre el brazo 14. De ese modo, la fuerza total experimentada por la pala 22 y su brazo asociado 14 es de sentido horario. Minimizando o haciendo esencialmente mínima la fuerza de rotación experimentada sobre la pala 22 durante la transición desde la posición de la figura 2 a la posición de la figura 3, se puede reducir también el choque experimentado cuando la pala alcanza el tope 28. Una tal reducción de este choque proporcionará una rotación más suave del cabezal 11 de turbina. La reducción reducirá también las posibilidades de daño debido a que la pala 22 oscile con demasiada velocidad. Ciertamente, se ha observado que cuando el cabezal de turbina 11 se aproxima a la velocidad de rotación operativa, la pala 22 ya no contacta, o lo hace muy ligeramente, con el tope 28 cuando se somete a la rotación descrita anteriormente. Con referencia a las figuras 2 y 3, esto se puede explicar por el hecho de desplazarse el tope 28 en el sentido de separarse de la pala 22 cuando gira la pala 22. Por lo tanto, aumenta la distancia que necesita la pala 22 para girar de manera que la pala 22 no contacte con el tope 28 antes de aproximarse a la posición de la pala 22 indicada en la figura 6.

De ese modo, en la turbina ilustrada en las figuras, las palas pueden girar alrededor de un eje primario común 16, y cada pala puede girar alrededor de un respectivo eje secundario 26. Los ejes secundarios giran a su vez alrededor del eje 16 al girar el cabezal de la turbina. Situando los ejes 26 de manera que cuando cada pala gira alrededor del respectivo eje 26 las fuerzas que ejercen un momento que actúa sobre ella alrededor de ese eje están casi equilibradas, el momento será pequeño y la pala girará más lentamente y menos vigorosamente alrededor de ese eje de lo que lo haría si las fuerzas estuvieran ligeramente desequilibradas. Puesto que la rotación es relativamente lenta, el cabezal habrá girado algo antes de que la pala choque contra su tope extremo u otros medios de limitación, con el resultado de que el tope extremo se está moviendo algo en la misma dirección que la parte próxima de la pala en el momento en que los dos se juntan; esto puede reducir el impacto entre los dos. Así mismo, puesto que la rotación es relativamente no vigorosa, la fuerza de ese impacto puede ser relativamente pequeña. La pala 24 experimenta una fuerza de rotación total de sentido horario alrededor de su punto de montaje 26. Esto se debe a las mismas razones que se han dado en la descripción en relación con la figura 2 con referencia a la pala 24. La fuerza de rotación de sentido horario hace que la pala 24 gire alrededor del punto de montaje 26 hasta que existe la magnitud mínima de fuerza ejercida sobre ella, es decir, hasta que sea paralela a la dirección del viento, como se ilustra en la figura 3.

Quando la fuerza total de rotación de sentido horario, ejercida sobre el cabezal de turbina 11 alrededor del soporte, es mayor que la fuerza de rotación de sentido antihorario, el cabezal de turbina 11 continúa girando alrededor del soporte 16 en sentido horario.

40 Cuando el cabezal de turbina 11 ha girado 45 grados, como se ilustra en la figura 4, el viento continúa ejerciendo una fuerza de rotación de sentido horario sobre las palas 18 y 20 y sus brazos asociados 14 por las mismas razones dadas con referencia a la figura 3.

La pala 22 continúa experimentando una fuerza total de sentido horario. Como se ha explicado con referencia a la figura 2, la rotación de sentido horario de la pala 22 es impedida por el miembro de tope 28 y se ejerce una fuerza total de rotación de sentido horario sobre la pala 22 y su brazo asociado 14 alrededor del soporte. La pala 24 continúa girando en sentido antihorario para permanecer paralela a la dirección del viento. Esto es debido a la acción de la fuerza del viento sobre la pala 24, como se ha explicado con referencia a la figura 2.

Por lo tanto, cuando la fuerza total de rotación de sentido horario, ejercida sobre el cabezal de turbina 11 alrededor del soporte, es mayor que la fuerza de rotación en sentido antihorario, el cabezal de turbina 11 continúa girando alrededor del soporte en un sentido horario.

50 Cuando el cabezal de turbina 11 ha girado 60 grados, como se ilustra en la figura 5, el viento continúa ejerciendo una fuerza de rotación de sentido horario sobre las palas 18 y 20 y sus brazos asociados, como se explicó con referencia a la figura 3.

La pala 22 continúa experimentando una fuerza de sentido horario. La rotación de sentido horario de la pala 22 es impedido por el miembro de tope 28 y es ejercida una fuerza total de rotación de sentido horario sobre la pala 22 y su brazo asociado 14 alrededor del soporte por las mismas razones dadas con referencia a la pala 22 en la explicación de la figura 3. La fuerza del viento que actúa sobre la pala 24 continúa haciendo que la pala 24 gire en un sentido antihorario para permanecer orientada paralelamente a dirección del viento, como se ha explicado con referencia a la pala 24 en la descripción de la figura 3.

Así, cuando la fuerza total de rotación de sentido horario, ejercida sobre el cabezal de turbina 11 alrededor del soporte, es mayor que la fuerza de rotación de sentido antihorario, el cabezal de turbina 11 continúa girando alrededor del soporte 16 en sentido horario.

5 Cuando el cabezal de turbina 11 ha girado 90 grados, hasta la posición ilustrada en la figura 6, la pala 18 está en la posición de la pala 20 de la figura 2, la pala 20 está en la posición de la pala 22 de la figura 2, la pala 22 está en la posición de la pala 24 de la figura 2 y la pala 24 está en la posición de la pala 18 de la figura 2. De ese modo, se puede ver que las fuerzas ejercidas sobre las palas 18, 20, 22 y 24 de la figura 6 son las mismas que las ejercidas sobre las palas 20, 22, 24 y 18, respectivamente, de la figura 2. De ese modo, el cabezal de turbina 11 continúa experimentando una fuerza total de rotación de sentido horario alrededor del soporte.

10 El cabezal de turbina 11 puede estar conectado de cualquier manera apropiada a un dispositivo para generar electricidad. Se puede usar cualquier dispositivo capaz de generar electricidad a partir del movimiento de rotación. Por ejemplo, el cabezal de la turbina puede estar conectado a un árbol de accionamiento que gire facilitando la generación de electricidad.

15 Como comprenderá el experto, la turbina de viento puede estar provista de cualquier número de palas. Ventajosamente, la turbina de viento está provista de un mínimo de 3 palas. Una tal configuración permite el arranque automático de la turbina de viento. Además, solo un subconjunto de los brazos puede estar provisto de palas pivotantes 20. Lo más preferible es que la turbina tenga tres palas que estén espaciadas por igual radialmente.

20 Para que sea eficaz al máximo, la masa de rotación de la turbina de viento, particularmente de los brazos y las palas, ha de ser lo más ligera posible. Esto hace más fácil que la turbina comience a girar con un viento ligero, reduzca el choque sobre la estructura cuando las palas impactan en sus topes, minimice los efectos centrífugos sobre la estructura, que podrían de otro modo requerir que fuera reforzada la estructura para gestionar las altas velocidades del viento, y permita que la turbina recupere energía de manera más eficaz en condiciones en que la velocidad del viento no sea constante y de ese modo se desee acelerar y desacelerar el cabezal en respuesta sensible a cambios del viento con el fin de convertir mejor la energía del viento en par de torsión sobre el cabezal.

25 En una tal configuración, la turbina de viento es apropiada para producir el par requerido para accionar un sistema de generación de electricidad a velocidades del viento mayores que  $5 \text{ ms}^{-1}$  o mayores que  $10 \text{ ms}^{-1}$ , y preferiblemente a velocidades del viento próximas a  $5 \text{ ms}^{-1}$ . En una configuración de esta clase, la turbina de viento puede ser capaz de generar, por ejemplo, un par de 3 a 4 Nm a una velocidad del viento de  $5 \text{ ms}^{-1}$ . Ensayos sobre turbinas del tipo descrito en esta memoria sugieren que pueden ser especialmente ventajosas para generar electricidad a tales velocidades modestas del viento.

30 El soporte puede ser cualquier tipo de soporte convencional. Por ejemplo, el soporte puede ser un poste sobre el cual esté montado el miembro giratorio.

35 El experto entenderá que las palas pueden ser de cualquier forma adecuada para que la rotación de las palas alrededor de su montura en el brazo pueda ser originada por la fuerza del viento que actúa sobre las palas. Además, pero con referencia a la anterior explicación sobre la posición de la montura, el punto de montaje de las palas en el brazo puede ser en cualquier posición apropiada de manera que cuando la pala esté perpendicular a la dirección del viento, la fuerza sobre la pala que se extiende en un lado del punto de montaje sea mayor que la fuerza sobre el otro lado del punto de montaje.

40 Ejemplos de posibles formas y configuraciones de montaje de las palas y brazos se ilustran en las figuras 7 a 9 y 11 a 12. En la figura 7, el brazo 14 comprende una porción alargada 30 desde el soporte (no mostrado) y una porción de bastidor 32. La pala 34 comprende una lámina plana que está montada dentro de la parte de bastidor 32 en dos puntos de montaje 36 alrededor de los cuales puede girar la pala 34. Los puntos de montaje 36 están situados más cerca de un extremo de la porción de bastidor 32 que del otro de manera que cuando el viento sopla hacia o desde la cara de la pala 34 experimenta una fuerza mayor sobre un lado del punto de montaje 36 que sobre el otro 32, haciendo que la pala 34 gire hasta que se pone en contacto con el miembro de tope 38, 40.

45 En la figura 7 la pala se solapa con el extremo de la porción de bastidor 32 más próxima a la porción alargada 30 para limitar el movimiento de la pala 34. Además, los puntos de montaje tienen extensiones 40 que impiden que la pala gire más de noventa grados desde el plano de la porción de bastidor 32. Opcionalmente, las extensiones 40 pueden estar conectadas para formar un miembro de tope único que se extienda entre los puntos de montaje 36.

50 Aunque la figura 7 ilustra los puntos de montaje 36 más allá de la mitad de la longitud de la porción de bastidor 32 desde la porción alargada 30, el experto entenderá que los puntos de montaje 36 pueden estar situados a cualquier distancia de la porción alargada para efectuar el movimiento de rotación de la pala 34 en respuesta al viento. Además, los miembros de tope 38 y 40 pueden estar situados en cualquier posición apropiada con la pala 34 solapando la porción de bastidor 32 en cualquier posición adecuada y siendo una extensión desde la porción de bastidor 34 desde cualquier posición adecuada.

55 En la figura 8 el brazo comprende dos brazos 42, teniendo la pala 44 puntos de montaje 46 separados en cada uno de los brazos 46. Los puntos de montaje 46 pueden estar situados más cerca de un extremo de la pala 44 que del otro de manera que cuando sopla el viento hacia o desde la cara la pala 44 experimenta una fuerza mayor en un

lado de los puntos de montaje 46 que en el otro, haciendo que la pala 44 gire hasta que se pone en contacto con el miembro de tope. En este caso los brazos forman o pueden formar un primer miembro de tope y extensiones, tales como las descritas con referencia a la figura 7, que pueden formar segundos miembros de tope.

5 La figura 9 ilustra una forma de pala alternativa montada entre la configuración 15 de dos brazos descrita con referencia a la figura 8.

La figura 10 ilustra la forma alternativa de pala y configuración de brazo de la figura 7 montada en una turbina de viento de eje vertical.

10 La figura 11 muestra una pala 56 montada en un brazo 70. El brazo termina en una estructura bifurcada que tiene ramas 52, 54 que se extienden hasta puntos por encima y por debajo de la pala. La pala está montada en las ramas mediante cojinetes 46. La pala comprende un bastidor 57 y una lámina de material impermeable y flexible 58 que está unida por su periferia al bastidor 57. Los bordes superiores del bastidor 57 son rectos y paralelos entre sí. Los bordes laterales del bastidor 57 son curvos.

15 En una configuración alternativa, cada brazo tiene una pala montada por encima y por debajo del brazo. Una tal configuración duplica el área superficial de la turbina sin aumentar el número requerido de brazos. Esta configuración también permite la duplicación del número de palas sin la consecuencia de que las palas se apantallen más entre sí, lo que sucedería en el caso de que se desplegaran más palas en un solo lado de los brazos. Una tal estructura con palas y brazos de un diseño ampliamente análogo a los de la figura 11 se muestra en la figura 12. La estructura 60 comprende un brazo 71 que tiene palas 62, 64 montadas por encima y por debajo del mismo.

20 Como se ha explicado anteriormente, pero con referencia a la explicación anterior sobre la posición de la montura, el punto de montaje de una pala puede estar en cualquier posición adecuada de tal manera que, cuando una pala está perpendicular a la dirección del viento, la fuerza sobre la pala que se extiende en un lado del punto de montaje es mayor que la fuerza en el otro lado del punto de montaje.

25 Opcionalmente, la pala puede estar montada de tal manera que gire alrededor de un eje esencialmente horizontal. Una pala montada de este modo gira entre una posición en la que una cara de la pala está situada de manera que el viento es dirigido hacia la cara de la pala y una posición en la que el viento está dirigido a lo largo de la cara de la pala.

Una pala puede estar provista también de medios de carga para facilitar que gire hasta una posición en la que su cara se sitúe de tal manera que la dirección del viento se dirija hacia la cara de la pala.

30 Cada pala es de forma lámina. Cada pala puede de este modo adoptar la forma de una chapa, opcionalmente con otras características tales como un bastidor o nervio de refuerzo. Lo más conveniente es que la pala comprenda un bastidor con una lámina de material unida a través del mismo. La pala puede ser plana o esencialmente plana. Preferiblemente la pala está configurada para que sea de una forma no aerodinámica. Las palas pueden ser prácticamente planas y aplanadas. En esta configuración los dos lados de la pala en el mismo plano que el eje de rotación son paralelos o esencialmente paralelos entre sí. Además, la pala puede ser de cualquier forma adecuada que permita realizar la funcionalidad descrita anteriormente. Otros ejemplos de formas apropiadas, no mostrados en las figuras, incluyen una pala con un cucharón en un lado del punto de montaje para aumentar la fuerza producida sobre ese lado del punto de montaje. Las palas pueden ser también de naturaleza rígida o flexible y pueden estar hechas de cualquier material adecuado. Ejemplos de material incluyen plástico, material tal como tela de vela marinera, fibra de carbono o metal. El metal puede ser, por ejemplo, aluminio o acero.

40 Ventajosamente, las palas pueden estar también construidas con un bastidor y una cubierta de pala. La cubierta incluye materiales tales como tela de vela marinera, materia de cometa tal como nylon no desgarrable u otro material flexible. La cara de la pala podrá entonces cambiar de forma cuando se aplique a ella una fuerza y, por lo tanto, tener una forma cóncava. Una tal forma cóncava para la pala puede proporcionar mejor capacidad de captar el viento. Demás, la cubierta puede estar hecha de material relativamente barato. Esto proporciona la ventaja de que la cubierta puede estar hecha para retirarse automáticamente si las condiciones del viento son adversas, por ejemplo durante vientos de fuerza de vendaval. La cubierta puede entonces volver a colocarse sin que sea dañada toda la turbina de viento por las condiciones adversas.

50 De ese modo, en una realización, una o más de las palas comprenden una estructura periférica que define un bastidor que tiene una abertura en el mismo y una banda de material flexible dispuesta sobre la abertura y unida al bastidor. El material flexible es preferiblemente impermeable de manera que el viento puede actuar sobre el mismo. De este modo, cuando el viento actúa sobre el material flexible puede hacer que adopte una forma no plana, por ejemplo curvándose en la abertura. Esta forma no plana puede mejorar la eficacia captando el viento y/o actuando como una vela. Un modo conveniente de conseguir tal estructura es que el bastidor sea formado de una o más riostras delgadas que circunscriban la abertura y que el material flexible esté unido a ese bastidor mediante adhesivo, grapas u otros medios de fijación.

55 El miembro de tope 28, 36, 46 puede ser una cara formada en una extensión del brazo 14, como se muestra en las figuras 2 a 6. Alternativamente, puede ser usado cualquiera de los miembros de tope ilustrado en, y descrito con



referencia a, las figuras 7 y 8. El experto comprenderá también que se pueden usar cualesquiera otros medios apropiados de limitación del movimiento de las palas. Por ejemplo, miembros de tope alternativos incluyen un sujetador que conecte la pala a un punto fijo.

5 Además, el miembro de tope puede no limitar la rotación de la pala hasta 90 grados, pero puede ser maximizada con las fuerzas de rotación de oposición minimizadas. Este ángulo será menor que 180 grados.

10 Opcionalmente, el punto de montaje de cada pala puede ser un mecanismo cargado por muelle para evitar el movimiento súbito de las palas que inciden sobre el movimiento de rotación de la pala y los brazos. Alternativamente, el miembro de tope 28 puede estar configurado para evitar el movimiento brusco de las palas que impacta en el movimiento de rotación de la pala y los brazos. Por ejemplo, el miembro de tope 28 puede estar hecho de material elástico tal como caucho.

15 Opcionalmente, la turbina de viento de eje vertical puede estar provista de un dispositivo de desembrague accionado centrífugamente. Este dispositivo puede comprender unos medios para fijar una pala en una posición de tal manera que actúe para disminuir la rotación del cabezal de turbina alrededor del soporte. Se pueden usar cualesquiera medios adecuados para fijar la posición de la pala. Alternativamente, el dispositivo puede comprender medios de frenado para aplicar una fuerza de frenado para desacelerar el cabezal de turbina. Se pueden usar cualesquiera medios apropiados para desacelerar la rotación del cabezal de turbina alrededor del soporte.

20 El dispositivo puede ser activado cuando la fuerza centrífuga experimentada sobre un punto de la pala sea mayor que una magnitud de umbral. Alternativamente, el dispositivo puede ser activado cuando la velocidad de rotación del cabezal de turbina sea mayor que una magnitud de umbral. Cuando el dispositivo se propone fijar una pala y la velocidad de rotación o la fuerza centrífuga sea mayor que la magnitud de umbral, el dispositivo puede hacer que una pala sea fijada; entonces, si la velocidad de la fuerza centrífuga resulta mayor que la magnitud de umbral para el dispositivo, una segunda vez el dispositivo puede hacer que sea fijada una segunda pala.

Preferiblemente, las palas son liberadas desde su posición fijada, o es reducida la fuerza de frenado, cuando la fuerza centrífuga o la velocidad de rotación caen por debajo de una segunda magnitud de umbral.

25 La turbina puede ser acoplada de manera que accione un consumidor de par tal como un generador de electricidad o una bomba de agua, o a un mecanismo que convierta el movimiento de rotación de la turbina en movimiento de otra forma, tal como un movimiento de vaivén.

30 La presencia de tal dispositivo es útil, ya que evita que la velocidad de rotación del cabezal de turbina aumente hasta un punto en que puedan ocurrir daños a una o más de las palas, al cabezal de turbina o a los medios usados para generar energía eléctrica a partir del movimiento de rotación del cabezal de la turbina.

**REIVINDICACIONES**

1. Un cabezal (11) de turbina que comprende:
  - un miembro giratorio (12);
  - una pluralidad de palas (18, 20, 22, 24), cada una de las cuales incluye una superficie, estando las palas (18, 20, 22, 24) montadas rotativamente en el miembro giratorio (12) de tal manera que cada una de las palas (18, 20, 22, 24) puede girar con respecto al miembro giratorio (12) desde una primera posición hasta una segunda posición, estando el ángulo entre las posiciones primera y segunda comprendido entre 75 y 105 grados, en el que cada pala es laminar y en la primera posición las palas son generalmente radiales con respecto al eje de rotación del miembro giratorio, y caracterizado por que:
    - el eje de pivotamiento para cada pala está en una orientación prácticamente vertical;
    - en la segunda posición las palas son generalmente tangenciales al eje de rotación del miembro giratorio; y
    - cada pala está montada rotativamente en el miembro giratorio (12) alrededor de un eje (26) que está próximo al centro de la pala de tal manera que, si se aplica una fuerza a la pala en una dirección que sea perpendicular a la superficie, la diferencia de fuerzas entre la fuerza ejercida sobre una porción de la superficie en un lado del eje (26) y la fuerza ejercida sobre una porción de la superficie que se extiende al otro lado del eje (26) es suficiente para hacer que la pala gire desde la primera posición hacia la segunda posición.
2. Un cabezal de turbina de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el área superficial de la porción de la superficie de la pala en un lado del eje (26) es mayor que el área superficial de la superficie en el otro lado del eje.
3. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que cada pala está montada rotativamente en un punto entre el centro de la pala y un punto a un cuarto de la longitud de la pala desde el extremo de la pala.
4. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que cada pala está montada rotativamente en un punto a un sexto de la longitud de la pala desde el centro de la pala.
5. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que cada pala comprende un bastidor (32) de pala y una cubierta de pala, formando el bastidor (32) de pala los bordes exteriores de la pala y formando la cubierta la superficie de cada pala.
6. Un cabezal de turbina según la reivindicación 5, en el que la cubierta de la pala consiste en un material flexible.
7. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el ángulo entre las posiciones primera y segunda está comprendido entre setenta y cinco y ciento cinco grados.
8. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además unos primeros medios de tope (28) para cada una de las palas, en el que los primeros medios de tope (28) limitan el grado de rotación de la pala, y preferiblemente unos segundos medios de tope para cada una de las palas, en el que los segundos medios de tope limitan más el grado de rotación de la pala.
9. Un cabezal de turbina de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los medios de tope son: un saliente que se extiende desde el miembro giratorio; un sujetador entre un punto fijo y un punto de la pala; o una parte del miembro giratorio.
10. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el miembro giratorio (12) incluye una pluralidad de aspas de turbina y al menos una de la pluralidad de palas está montada en una respectiva de las aspas de la turbina.
11. Un cabezal de turbina de acuerdo con la reivindicación 10, en el que las aspas de la turbina incluyen una porción alargada (30; 70; 71) y una porción de bastidor (32) en un extremo de la porción alargada, estando la pala montada dentro de la porción de bastidor.
12. Un cabezal de turbina de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que las aspas de la turbina incluyen un par de brazos (52, 54), estando la pala montada por un punto en un brazo del par de brazos (52, 54) y por otro punto al otro brazo del par de brazos (52, 54).
13. Un cabezal de turbina de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que cada pala está montada en un punto asimétrico a lo largo de la anchura de la pala.
14. Una turbina de viento de eje vertical que incluye un cabezal de turbina montado rotativamente en un soporte (16), siendo el cabezal de turbina como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
15. Una turbina de viento de eje vertical de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además medios de

## ES 2 740 400 T3

frenado para limitar la velocidad de rotación del cabezal de turbina alrededor del soporte.

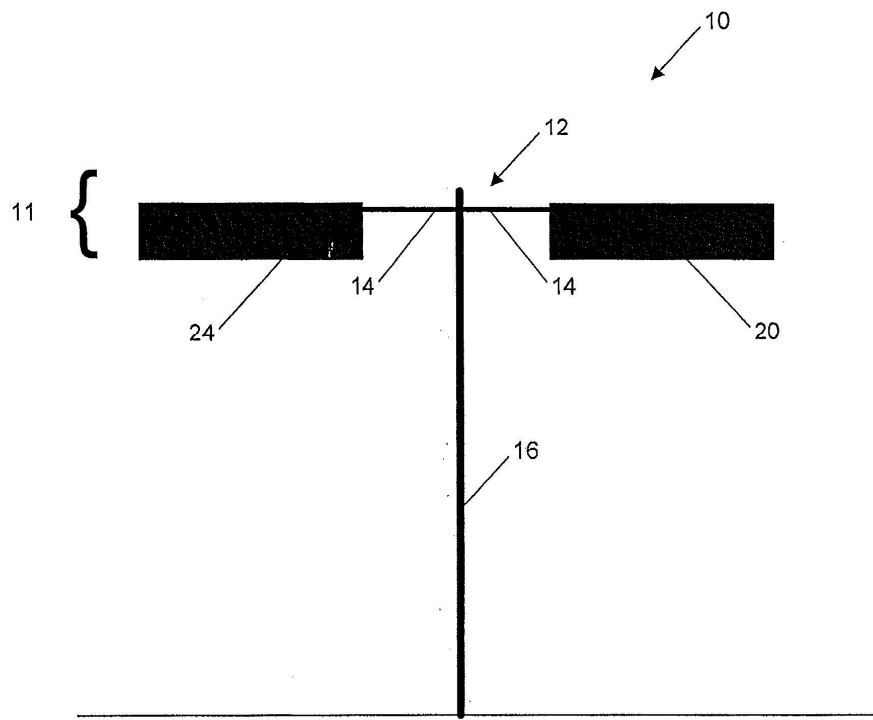


Figura 1

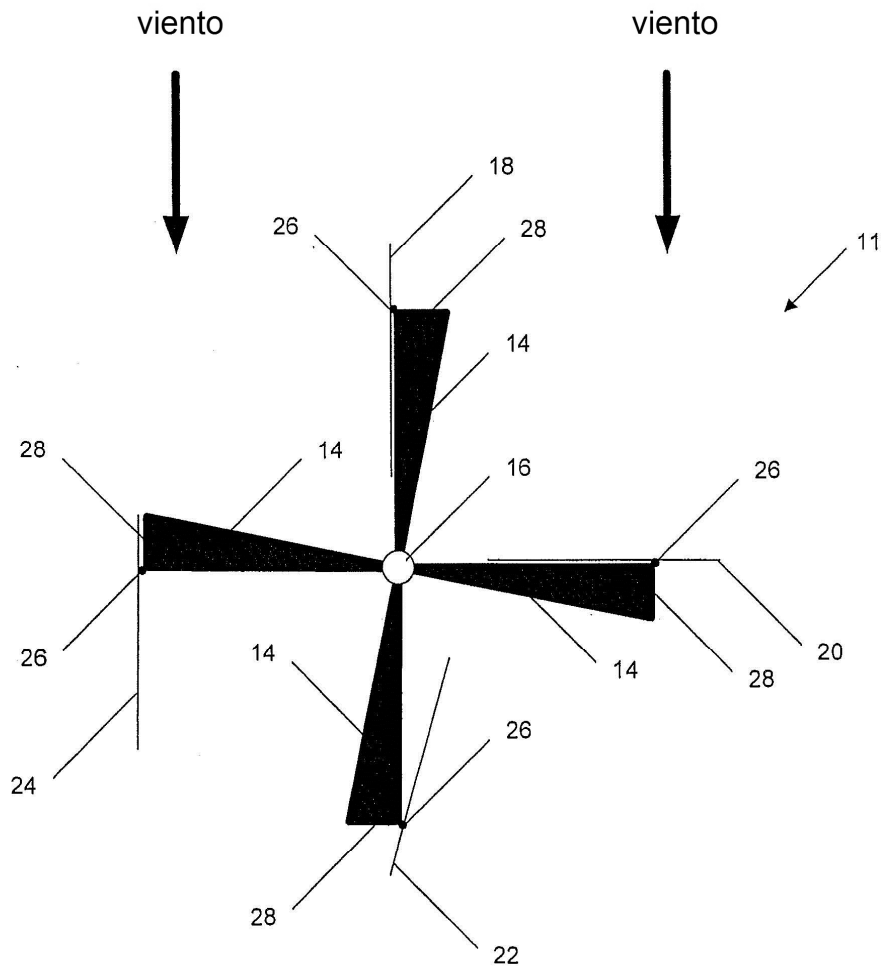


Figura 2

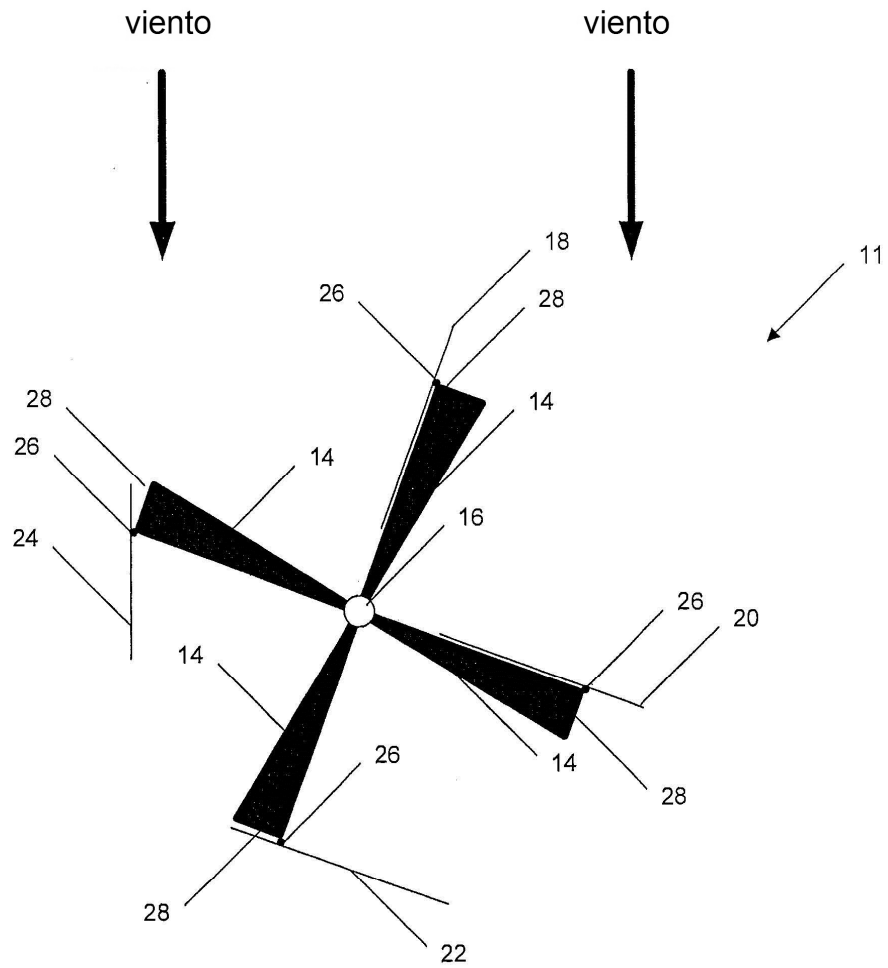


Figura 3

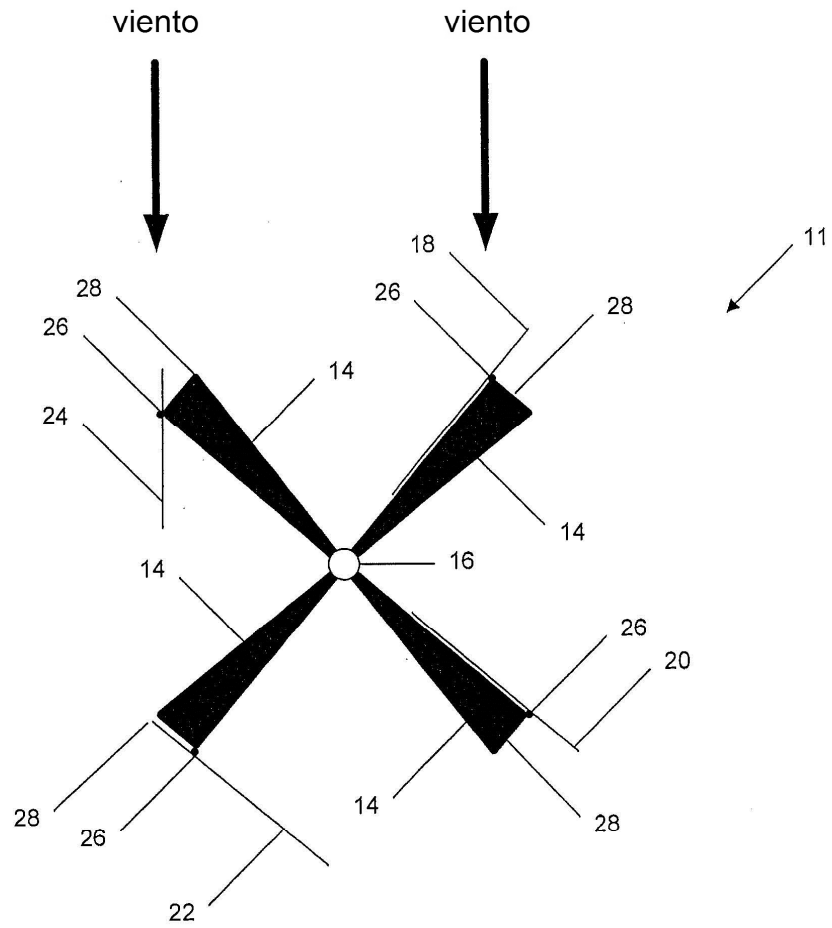


Figura 4

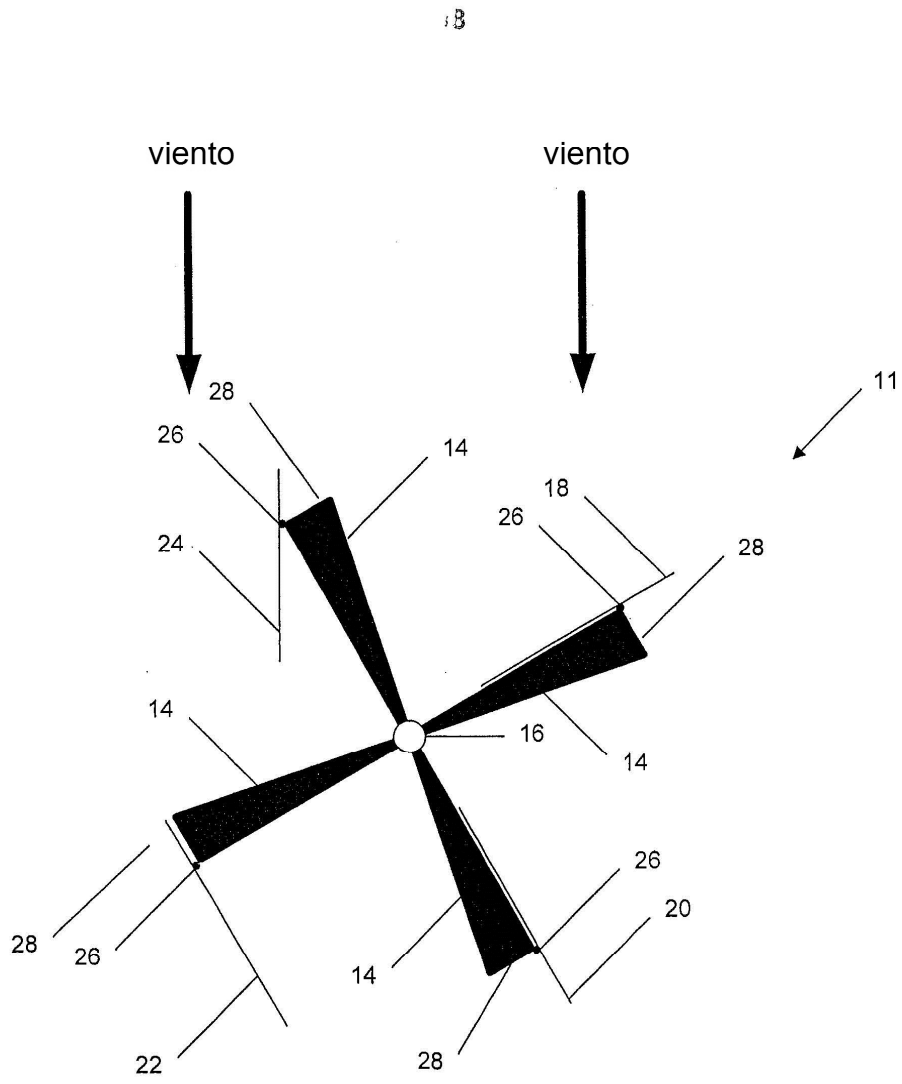


Figura 5



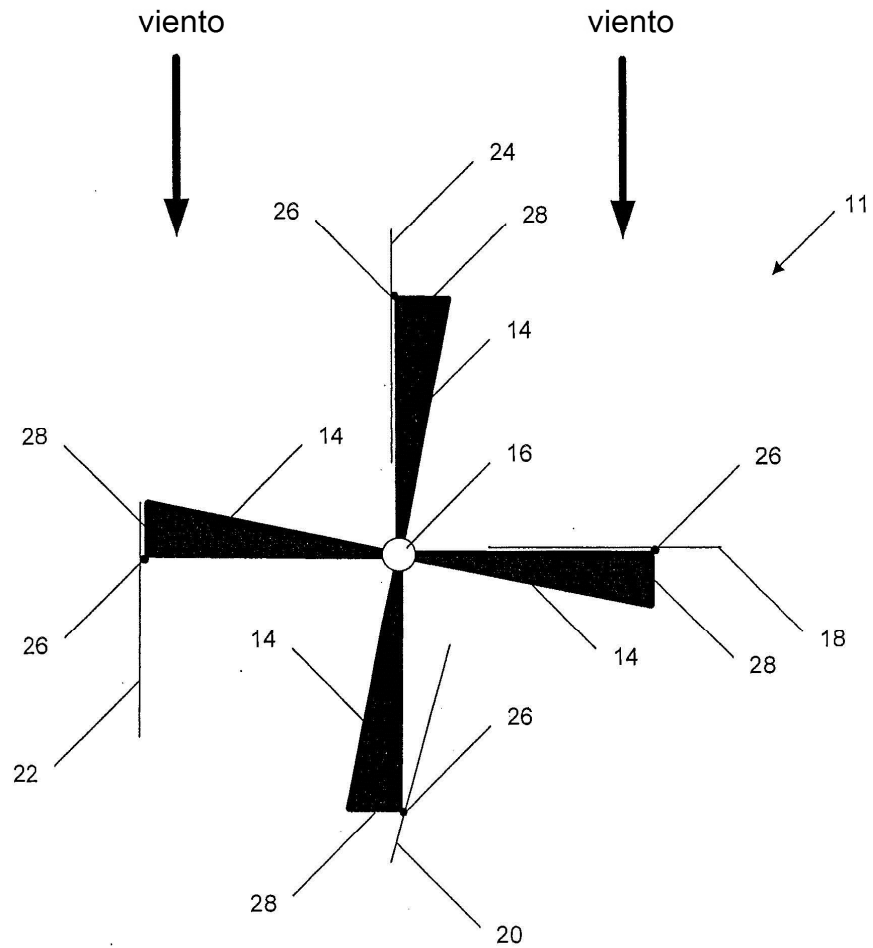


Figura 6

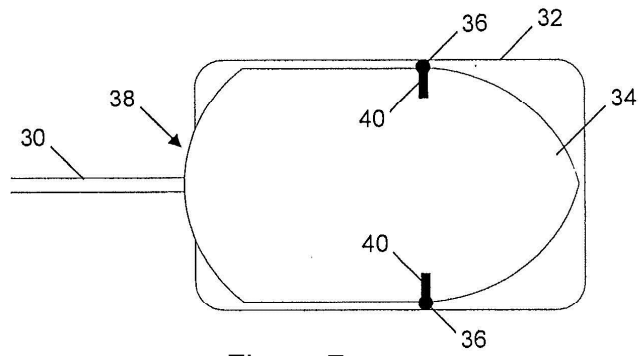


Figura 7

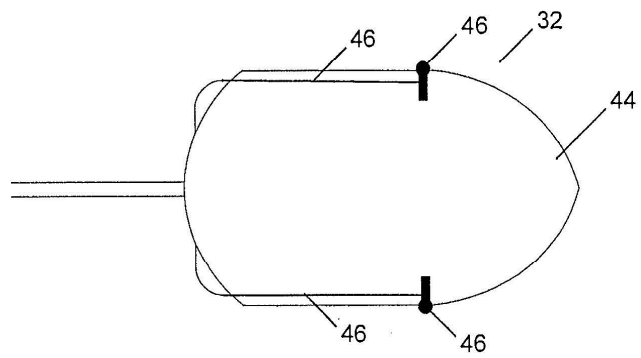


Figura 8

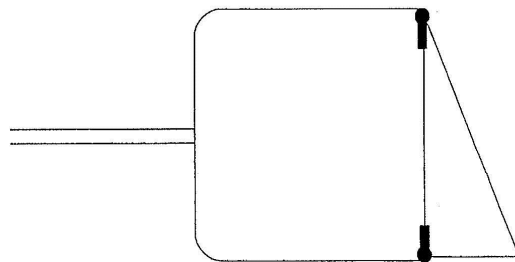


Figura 9

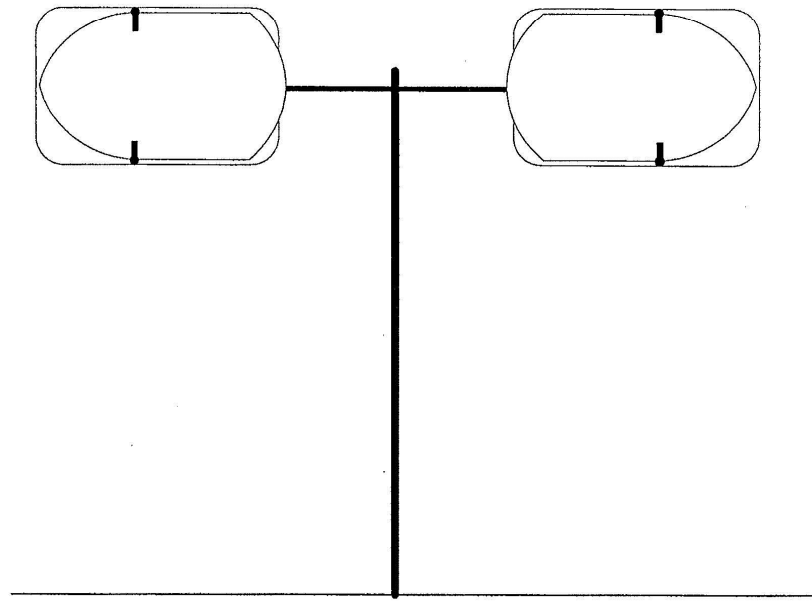


Figura 10

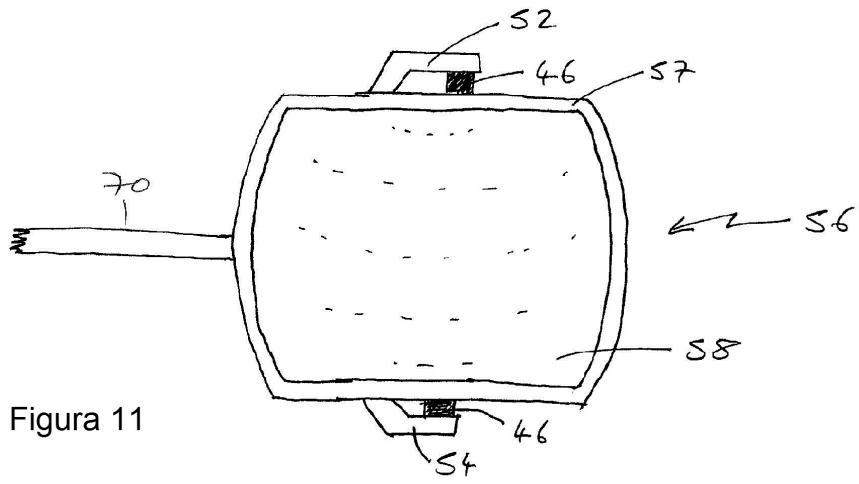


Figura 11

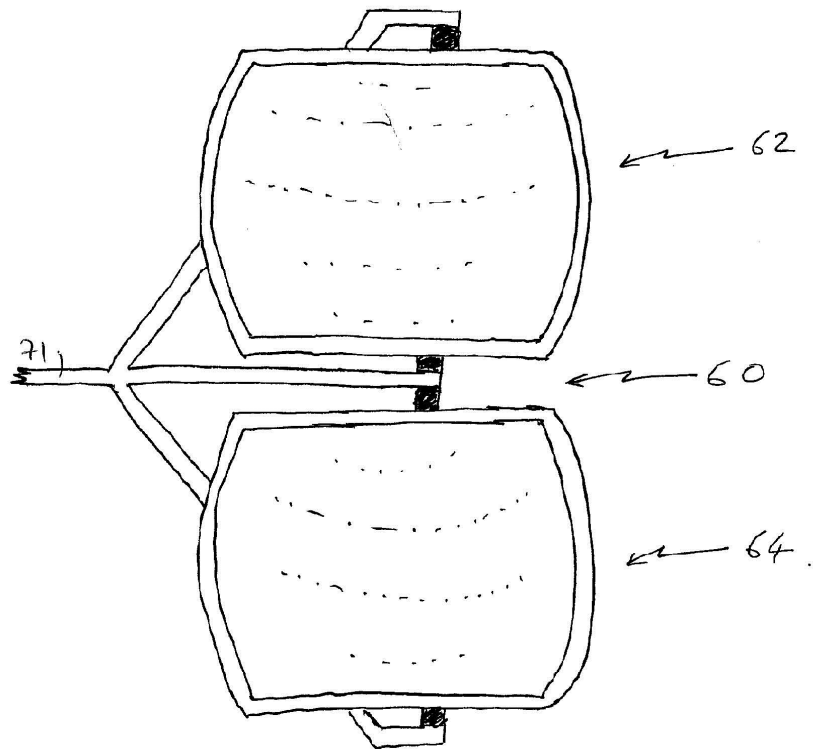


Figura 12