

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 450**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2013 PCT/DK2013/050326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14056507**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2013 E 13782948 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2906819**

54 Título: **Rotor de turbina eólica de pala acoplada**

30 Prioridad:

12.10.2012 DK 201200630

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

25.07.2017

73 Titular/es:

**JOINT BLADE ROTOR A/S (100.0%)
Stenaldervej 44
6950 Ringkøbing, DK**

72 Inventor/es:

**TAHER, SIAVASH TALEBI y
THOMSEN, OLE THYBO**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 626 450 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

Rotor de turbina eólica de pala acoplada

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la construcción de un rotor de pala acoplada para eje horizontal con turbinas, y más particularmente con una construcción que tiene bajo peso, alta resistencia a la fatiga y alta eficiencia aerodinámica.

10

Antecedente de la invención

Recientemente se han diseñados turbinas eólicas para recolectar la energía cinética del viento y convertir esta energía cinética en energía eléctrica. El tipo preferido de turbinas eólicas para aplicaciones de generación de electricidad es una turbina eólica de eje horizontal (HAWT). El tamaño de las turbinas eólicas y los componentes que las constituyen como las palas crecen rápidamente. Como las palas crecen más, la cantidad de refuerzo aumenta a una escala logarítmica. En razón a que los costos de las palas se pueden reducir utilizando medios de soporte de rotor/pala.

15

20

El documento WO/1986/002701A1 divulga un sistema que comprende algunos elementos de seguridad que se conectan a la parte más externa de las raíces de la pala y soportan las palas de paso variable en el rotor en una forma estable sin utilizar medios de rodamientos costoso y pesado. El problema de aplicar la solución descrita en el documento WO/1986/002701A1 para una turbina eólica grande es que el mecanismo de seguridad no soporta la parte de las palas por lo que el peso y coste de las mismas es alto.

25

El documento WO/2007/135391 describe un ensamble de soporte de pala de turbina que comprende un concentrador central y una pluralidad de elementos portadores que se extiende hacia afuera del concentrador central. Se proporciona un concentrador subsidiario respectivo sobre cada uno de los elementos portadores para asegurar una pala de turbina respectiva a cada elemento de transporte. Se proporciona una pluralidad de elementos de soporte para apoyar los elementos portadores. El problema de esta invención es la formación de seguros soporta los concentradores subsidiarios únicamente y la pala de la turbina no está soportada y puede ser pesada y costosa en un rotor de turbina eólica grande. Este problema se puede manejar utilizando elementos portadores más grandes y palas más cortas. Pero esta configuración provoca un mayor arrastre aerodinámico y una menor eficiencia aerodinámica del sistema de rotor.

30

35

El documento WO2010/053450 divulga un sistema de pala de turbina eólica que comprende una primera pala acoplada a un concentrador de turbina eólica; una segunda parte de pala acoplada al concentrador de turbina eólica; y un conector que conecta una punta de la primera parte de pala a una punta de la segunda parte de pala. En algunas realizaciones, cada uno de la primera parte de pala y la segunda parte pala se puede conectar al conector de tal manera que un paso de cada parte de pala se puede ajustar independientemente.

40

El documento EP 2 112 372 A1 divulga un rotor de turbina eólica de eje horizontal en el que cada pala está soportada en el lado contra el viento y posiblemente en el lado a favor del viento mediante algunos medios de soporte tienen un primer extremo y un segundo extremo. El primer extremo se conecta a la pala en un primer punto de montaje, posicionado en una distancia radial desde el eje horizontal, y el segundo extremo se conecta a un segundo punto montaje en una parte giratoria de la turbina eólica, el segundo punto de montaje se posiciona en una distancia axial del plano del rotor en el lado contra el viento o a favor del viento del rotor. El problema de esta invención es que los medios de soporte generan ruido extra, así como arrastre extra que reduce la eficiencia aerodinámica. Más aún durante la variación del ángulo de paso de pala, la carga interna de los medios de soporte cambia y restringe el efecto seguro de los medios de soporte. Mientras tanto se debe considerar el efecto de torsión de las cargas del elemento de soporte sobre la pala.

45

50

El documento EP1365106A1 divulga un sistema de rotor que comprende un concentrador central soportado giratorio, y una pluralidad de palas formadas sobre el concentrador central en una pluralidad de ubicaciones circunferenciales y que sobresalen radialmente hacia afuera. Las palas incluyen cada una un primer elemento de pala que se extiende radialmente hacia afuera desde una primera posición de unión sobre el concentrador central un segundo elemento de pala se extiende radialmente hacia afuera de una segunda posición de unión sobre el concentrador central, y un tercer elemento de pala que conectan las puntas del primero y segundo elementos de pala. El problema de aplicar esta solución es que la punta de la pala no es un punto muy efectivo para conectar la primera y segunda partes de pala para mejorar la rigidez de las palas en una turbina eólica grande con palas grandes y delgadas. Tampoco la variación de paso pala es posible de esta manera la invención no se puede utilizar en turbinas eólicas grandes y largas de alto desempeño.

55

60

Es bien sabido de la industria aeronáutica que las aeronaves construidas con dos alas unidas muestran normalmente mayor eficiencia aerodinámica (bajo arrastre aerodinámico e inducido) y menor peso estructural debido

65

a efecto de soporte de las alas acopladas. Un objetivo de esta invención es proporcionar un sistema de rotor de palas acoplado similar para mejorar la eficiencia aerodinámica y reducir el peso estructural del sistema de rotor.

5 Por lo tanto, sería ventajoso un sistema de rotor de pala mejorado, y en particular un sistema de rotor de pala confiable y/o más eficiente.

Objetivo de la invención

10 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar una alternativa a la técnica anterior. En particular, se puede ver como un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de rotor de pala que solucione los problemas mencionados de la técnica anterior mencionados anteriormente. Un objeto adicional o alternativo de la invención es proporcionar un sistema de rotor de alta eficiencia, bajo costo y peso ligero para turbinas eólicas de eje horizontal (HAWT).

15 Resumen de la invención

20 De esta manera, el objeto descrito anteriormente y diversos otros objetos se pretende se obtengan en un primer aspecto de la invención al proporcionar un sistema de rotor de pala acoplado para instalar o ser instalado sobre una turbina eólica de eje horizontal. El sistema de rotor puede comprender preferiblemente una serie de ensamble de pala acoplados que se extienden radialmente desde un concentrador central y que tienen un eje sustancialmente horizontal. Cada ensamble de pala acoplado puede comprender preferiblemente por lo menos dos palas, una primera pala y una segunda pala (o puede comprender más palas) en diferentes planos de rotor. La primera y la segunda palas se pueden conectar preferiblemente mediante uno o más sistemas de abrazadera entre sí.

25 Los sistemas de abrazadera pueden comprender preferiblemente puntales de abrazadera que se articulan o conectan rígidamente a la segunda pala y se articulan o conectan rígidamente a la primera pala.

30 Las primera palas y las segundas palas se pueden conectar preferiblemente a un concentrador central directamente o utilizando un montaje de raíz y rodamientos de paso con un espacio y unas distancias de secuenciadores.

Los términos utilizados aquí se emplean preferiblemente en una forma que es común para el experto en la técnica. Sin embargo, por motivos de claridad adelante se elaboran algunos de estos:

35 Delantero y posterior se utilizan normalmente para orientar un elemento, por ejemplo, un tubo delantero, pala delantera, etcétera con relación a la orientación u orientación pretendida del elemento con relación al viento entrante durante uso. Esto significa normalmente que delantero se refiere típicamente a un elemento que está dispuesto corriente arriba de otro elemento, y posterior típicamente se refiere a un elemento que está corriente abajo de otro elemento. Del mismo modo, cuando se utiliza por ejemplo en "conector de abrazadera delantero", delantero se refiere normalmente a la dirección de rotación del elemento en el sentido en que "delantero" preferiblemente se refiere a un elemento principal/destacado.

40 Hacia adentro como se utiliza aquí en por ejemplo sesiones hacia adentro de la primera pala se refiere preferiblemente al lado de la pala que enfrenta por ejemplo la segunda pala (y viceversa para la segunda pala). Hacia afuera preferiblemente opuesto a hacia adentro.

45 Como se presentó anteriormente, un objeto de la invención puede ser proporcionar un nuevo sistema de rotor de alta eficiencia y bajo costo, de peso ligero para turbinas eólicas de eje horizontal (HAWT).

50 De acuerdo con una realización de la invención, este objeto se alcanza por medio de un rotor con por lo menos dos ensambles de pala acoplados, pero normalmente tres ensambles de pala acoplados, caracterizados por el hecho de que el ensamble de pala acoplado comprende dos o más palas en diferentes planos de rotor que se conectan mediante uno o más sistemas de abrazadera entre sí. Los sistemas de abrazadera conectan primeras palas y segundas palas entre sí. Las primeras y segundas palas se conectan a un concentrador central con un espacio y una distancia de secuenciador entre palas. Dicho espacio y secuenciador se controlan a lo largo del montaje de palas acopladas mediante mecanismos de abrazadera.

55 La resistencia al doblado en forma de cuña y en forma de aleta y la rigidez del ensamble de pala acoplado se mejora mediante las distancias de espacio y secuenciador, respectivamente. Más aún la rigidez torsional de las palas se puede intensificar en un montaje de pala acoplada.

60 De acuerdo con un objeto de la presente invención, unir las palas aumenta la resistencia torsional y de doblado del montaje de palas, por lo tanto, se reduce dramáticamente el peso y por consiguiente el coste de las estructuras de pala. Mientras tanto el peso y el coste de las partes estructurales y mecánicas de la turbina eólica se relación con el peso del rotor. Por lo tanto, se reduce el peso y el coste de muchas partes de una turbina eólica que utilizan el sistema de rotor de la presente invención.

65

5 El C_p coeficiente de potencia se define como la relación entre la potencia real obtenida y la potencia disponible máxima. Existe un C_p máximo teórico para rotores de turbina eólicos planos, designado por el límite Betz, $C_{p_{max}} = 0.593$. Las turbinas eólicas convencionales prácticamente optimizadas funcionan en C_p cercanos al 0.5. La caída en C_p viene del número límite de palas y el arrastre aerodinámico de la pala. El límite Betz teóricamente se puede exceder utilizando un rotor no plano y también un sistema de rotor de disco multiaccionador. De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el rotor de pala acoplado utiliza un rotor de disco no plano accionador doble que idealmente puede exceder el límite Betz. Por lo tanto, el sistema de rotor de pala acoplado aumenta la potencia generada debido a los efectos del disco accionador doble y no planar.

10 El coeficiente de potencia C_p es dependiente de la relación entre la velocidad tangencial de la punta de la pala de rotor con el flujo de aire de viento axial no perturbado y se denomina la relación de velocidad de punta, λ . La relación de velocidad de punta óptima para turbinas eólicas de tres palas grandes modernas para que consigan el máximo coeficiente de potencia es de aproximadamente 6 o 7. También las palas del rotor se hacen más delgadas cuando aumenta la relación de diseño de punta-velocidad. Es obvio que la construcción de una pala más delgada se asocia con problemas de resistencia o rigidez. De acuerdo con la presente invención, la relación de velocidad de punta óptima es de aproximadamente dos veces los rotores convencionales similares. Más aún, la alta resistencia y rigidez del ensamble de palas acoplado permite el uso de palas delgadas. El torque de rotación del rotor se relaciona con la inversa de la relación de velocidad de punta en una potencia específica. Por lo tanto, las cargas aerodinámicas de rotor y el torque de entrada en el tren de accionamiento se reducen directamente al aumentar la relación de velocidad de punta. Por consiguiente, se reduce el peso del rotor y otras partes mecánicas como el eje de baja velocidad y el eje de velocidades.

20 Un parámetro importante del perfil aerodinámico implementado con el fin de mejorar la eficiencia aerodinámica de la pala de turbina eólica se caracteriza por la relación elevación a arrastre, L/D .

25 Debido a la sección transversal circular de palas convencionales, el área de raíz no contribuye a la producción de la turbina eólica y, de hecho, reduce la producción un poco debido a la resistencia del viento. También debido a influencias aerodinámicas, se deben utilizar perfiles aerodinámicos debajo de baja curvatura en la región externa de las palas que tienen L/D limitado. En la presente invención, debido a la alta rigidez de doblado del montaje de palas acoplado, las palas utilizan bajas relaciones de espesor, perfiles aerodinámicos t/c incluso cercanos a la raíz de la pala que reducen el coeficiente de arrastre del perfil aerodinámico, C_d y mejoran el L/D . También la alta rigidez a la torsión de la pala permite utilizar perfiles aerodinámicos altamente curvados con alto coeficiente aerodinámico de torsión, C_m incluso cerca a la punta que tiene mayor elevación, L y L/D que perfiles aerodinámicos de baja curvatura con similares relaciones de espesor. Adicionalmente, las palas de rotor convencionales están sujetas a influencias aerodinámica y la punta de las palas vibra y genera vórtices alrededor de los perfiles aerodinámicos. Dichos vórtices provocan ruido y arrastre extra. También estas vibraciones producen fatiga en las palas y otras partes de la turbina eólica. La presente invención proporciona alta rigidez para ensambles de pala que controlan estas vibraciones y que reduce el ruido, fatiga y arrastre de la pala.

30 Las palas de turbina eólica convencionales utilizan perfiles aerodinámicos de baja curvatura especialmente en la región hacia afuera de la pala. La turbulencia del viento y el corte de viento sobre los perfiles de pala cambian el ángulo de ataque de los perfiles aerodinámicos, α durante la rotación del rotor de turbina eólica. α se ajusta mediante el sistema de control de paso de pala que en la mayoría de ocasiones es el ángulo de ataque para la condición L/D máxima $\alpha_{diseño}$. Mediante la oscilación del ángulo de ataque, la carga aerodinámica de la pala fluctúa por encima y por debajo de una carga promedio y provoca fatiga en la pala. En la presente invención los perfiles aerodinámicos con alta curvatura se utilizan preferiblemente porque tienen un ángulo L/D máximo muy cercano al ángulo de entrada en pérdida del perfil aerodinámico, $\alpha_{entrada en pérdida}$. Por lo tanto, al aumentar el ángulo de ataque debido a las variaciones de velocidad del viento, las entradas en pérdida del perfil aerodinámico y la caída de carga aerodinámica y la carga de fatiga superior se reducen inherentemente los que aumentan la vida útil y reduce el peso de los componentes de la turbina eólica.

Adelante se presentan aspectos y realizaciones adicionales y en los dibujos acompañantes.

55 Breve descripción de los dibujos

En adelante se describirá la presente invención con referencia a los dibujos acompañantes que ilustran las realizaciones preferidas de la invención. Sin embargo, los dibujos son solo de ilustración de cómo la invención se puede poner en funcionamiento, de tal manera que la forma específica y la disposición de las características que mostradas no se entiende como limitante en la invención.

60 La figura 1 es una vista en perspectiva de la realización principal del rotor de montaje de pala acoplada para una turbina eólica de eje horizontal;

65 La figura 2 es una vista de sección de las líneas 2-2 tomadas de la figura 1 y que ilustran el mecanismo del sistema de abrazaderas y secciones cruzadas de palas;

- La figura 3 describe una vista de sección de sistema de abrazaderas extra auxiliar que puede conectar la sección media de las palas en la figura 1;
- 5 La figura 4 muestra una vista lateral del concentrador de refuerzo de rotor de peso ligero que comprende elementos de refuerzo tubulares;
- La figura 5 muestra una sección transversal de la pala tomada en un plano perpendicular al eje longitudinal de la pala;
- 10 La figura 6 es una ilustración esquemática de la reducción de carga de fatiga aerodinámica utilizando un perfil aerodinámico altamente curvo;
- La figura 7 es una gráfica que muestra los coeficientes de potencia del rotor de turbina eólica convencional y el sistema de rotor de pala acoplado;
- 15 La figura 8 es una vista en perspectiva de una segunda realización del sistema de rotor de pala acoplado que utiliza el sistema de abrazadera simple y el concentrador de cubierta central;
- La figura 9 y la figura 9a describen vistas laterales y delanteras del ensamble de concentrador y cubierta;
- 20 La figura 10 ilustra un mecanismo de variación de tramo de palas en una segunda realización de la presente invención;
- La figura 11 describe una tercera realización de la presente invención que utiliza dos sistemas de abrazadera y concentración de cubierta que muestran mecanismo de segmentación en el ensamble de pala acoplado;
- 25 La figura 12 y la figura 12a son vistas de sección tomadas en las líneas 12-12 y 12a-12a de la figura 11 y que ilustran el mecanismo principal de abrazadera y los sistemas de abrazadera auxiliares, respectivamente. La figura 12b muestra una condición especial en que el sistema de abrazaderas principal comprende una punta conectada a una extensión de las palas;
- 30 La figura 13 es la cuarta realización de la invención con el ensamble de pala acoplado con forma de V en el que la punta de las palas dobladas una hacia la otra y conectadas con un acoplamiento de eje vertical proporcionan flexibilidad para la variación de paso de las palas;
- 35 La figura 14 es la quinta realización de la presente invención con un montaje de pala acoplada con forma de Y que comprende una primera pala más corta y una segunda pala más larga;
- La figura 15 es la sexta realización de la presente invención con palas de paso fijas y puntas móviles como un freno aerodinámico;
- 40 La figura 16 es una vista en perspectiva de la séptima realización del sistema de rotor de palas acoplado que utiliza un marco de montaje de raíz para llevar el montaje de pala acoplado;
- 45 La figura 17 es una vista lateral de la séptima realización que utiliza un montaje de raíz y dos sistemas de abrazaderas;
- La figura 18 es vista de sección de la séptima realización del montaje de palas acoplado que utiliza tres palas;
- 50 La figura 19 y la figura 20 describen otros marcos de montaje de raíz opcionales para la séptima realización de la figura 16;
- La figura 21 es una ilustración esquemática del sistema de perfil aerodinámico de elementos dobles y parámetros pertinentes;
- 55 Efecto de la relación de espacio en la eficiencia aerodinámica del sistema de perfil aerodinámico de elementos dobles ilustrado en la figura 22;
- La figura 23 es una configuración modificada de la primera realización de la figura 1 que utiliza el montaje de pala acoplada con forma de Y;
- 60 La figura 24 es una configuración modificada de la séptima realización de la figura 16 que utiliza palas cruzadas;
- La figura 25 es una vista lateral del ensamble de pala acoplado de la figura 24;
- 65 La figura 25a y 25b son configuraciones modificadas de la séptima y cuarta realizaciones, respectivamente;

La figura 26 es una vista en perspectiva de una forma modificada de la cuarta realización de la figura 13 que utiliza un concentrador de refuerzo largo y aletas pequeñas;

5 La figura 27 es una forma alterna de una conexión de punta de pala y aleta pequeña de la figura 13;

La figura 28 es una vista en perspectiva de una forma modificada de la séptima realización de la figura 16 que utiliza el montaje de pala acoplada con forma de Y;

10 La figura 29 es una vista en perspectiva de la octava realización de la invención que utiliza un ensamble de pala acoplado de múltiples palas;

La figura 30 es una vista en perspectiva del montaje de palas de múltiples acoplamientos de la figura 29;

15 La figura 31, figura 32 y figura 33 son vistas en perspectiva de la novena realización de la presente invención que utiliza un montaje de pala de múltiples acoplamientos y concentrador de refuerzo.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

20 Con referencia ahora a los dibujos en los que numerales similares representan elementos similares a través de las diversas vistas, se describirán las realizaciones de la presente invención. Los objetos de la presente invención se alcanzan por medio de un rotor con por lo menos dos montajes 2 de palas acopladas, pero normalmente tres montajes 2 de palas acopladas como se muestra en la figura 1, caracterizado por el hecho de que cada ensamble 2 de pala acoplada, comprende dos palas 10 y 30 o más palas en diferentes planos de rotor que se conectan mediante uno o más sistemas 40 de abrazadera entre sí.

De acuerdo con una realización principal de la invención, el sistema de abrazadera comprende un puntal 40 de abrazadera que se articula (o conecta rigidamente) a la primera pala 10 y se articula (o conectada rigidamente) a la segunda pala 30 que utiliza conexión rígida o la conexión 46 articulada que se muestra en la figura 2. El mecanismo de abrazadera controla las dimensiones de espacio 44 y secuenciador 45 cuando el ángulo de paso de las palas cambia mediante el sistema de control de paso de pala. La figura 3 muestra un sistema de abrazadera auxiliar que puede conectar secciones medias de las palas y dividir cada pala en dos partes que incluyen secciones 13 y 33 y hacia adentro y secciones 12 y 32 hacia afuera. El sistema de auxiliar comprende dos conexiones 51 y 52 de abrazadera que se conectan a la primera 10 y la segunda pala 30 utilizando ganchos 53 articulados.

35 Las primeras y segundas palas se conectan a un concentrador 20 de refuerzo central con distancias de espacio 28 y de secuenciador 29 como se muestra en la figura 4. El concentrador de refuerzo es una estructura de marco de refuerzo que comprende el eje 21 central conectado a los tubos 27 y 23 delantero y posterior radialmente extendidos. Los tubos radiales posteriores se refuerzan mediante elementos 24 tubulares y placas 23a. También los tubos radiales delantero y posterior se conectan entre sí utilizando elementos 25 y 26 tubulares. El reborde 22 se conecta al eje 21 central y las placas 23a de soporte con el fin de conectar el concentrador al tren de accionamiento de turbina eólica.

45 En la figura 5, la sección 81 de perfil de pala tomada en un plano orientado perpendicular al eje longitudinal de la pala y denominada sección de perfil aerodinámico de la pala en el plano de orientación. El perfil 81 de la pala tiene una cuerda (c) 82 que tiene una línea recta que conecta el borde de ataque con el borde de salida del perfil aerodinámico. El espesor 85 máximo se representa como la relación de espesor (t/c) al dividir la cuerda 82 y se expresa como porcentaje. La línea 83 de curvatura media es una línea que pasa a través del centro del espesor del perfil aerodinámico local y la curvatura 84 máxima se representa como la relación de curvatura al dividir la cuerda 82 y se expresa como porcentaje. La sección 81 de perfil es un perfil aerodinámico altamente curvado y de baja relación de espesor que es capaz de generar un diseño de alto coeficiente de elevación, $CL_{\text{diseño}}$ (CL en L/D máximo) y alto L/D . Un rango práctico para los perfiles aerodinámicos de alto desempeño aerodinámico son las relaciones de curvatura y la relación 2-6% de espesor y 10-20%, respectivamente. Un L/D significativamente mayor mejora el C_p de la turbina eólica, también un $CL_{\text{diseño}}$ mayor reduce directamente la distribución de longitud 82 de cuerda óptima que reduce el peso de la pala.

60 Los perfiles aerodinámicos altamente curvados tienen usualmente un $CL_{\text{diseño}}$ cercano al CL_{max} . Esta propiedad reducirá la carga de fatiga en el montaje 101 de pala acoplada como se muestra en la figura 6 esquemáticamente. Durante la rotación del rotor de turbina eólica, los cambios en la velocidad sobre cada pala se deben a un perfil de velocidad del viento no uniforme y turbulencia del viento. La variación 107 de la velocidad del viento cambia el componente axial de la velocidad relativa del aire sobre los perfiles aerodinámicos de las palas y por consiguiente provoca un ángulo de flujo de aire de variación 108 de ataque, $\Delta\alpha$ y un ángulo de ataque fluctúa alrededor del diseño del ángulo de perfil aerodinámico, $\alpha_{\text{diseño}}$ (ángulo de ataque que produce L/D máximo). Un ángulo de elevación cero, α_{ZLA} es un ángulo de ataque que un perfil aerodinámico produce cero elevaciones. Se muestra un ángulo 104 relativo ($\alpha_{\text{diseño}} - \alpha_{ZLA}$) sobre el eje horizontal y se alcance una carga 103 de elevación relevante por ambos perfiles de elevación 105 y 106 de alta y baja curvatura de curvas 105a y 106a de elevación relevantes. El ángulo de entrada en

- perdida, $\alpha_{\text{entrada en pérdida}}$ es un ángulo de ataque en que la curva de elevación del perfil aerodinámico pierde el ángulo inicial y se reduce la elevación aerodinámica. Los perfiles aerodinámicos altamente curvados tienen un $\alpha_{\text{diseño}}$ cercano a $\alpha_{\text{entrada en pérdida}}$ por lo tanto en el caso límite superior de α debido a la fluctuación de la velocidad del viento, el perfil aerodinámico 105 de baja curvatura produce alta carga 109 de elevación, pero el perfil aerodinámico 106 de alta curvatura produce menor carga 109a de elevación debido a la entrada en pérdida del perfil aerodinámico. Este fenómeno reduce la envoltura 98, 99 de carga de fatiga que reduce las cargas de fatiga en el montaje de pala y también en las otras partes mecánicas de la turbina eólica como el rotor y los componentes de tren de accionamiento.
- 5
- 10 La figura 7 indica el coeficiente de potencia, la curva C_p de rotor 91 de turbina eólica convencional y la curva 94 C_p final de la presente invención. Las siguientes etapas describen la mejora paso a paso del C_p debido a diferentes propiedades de sistema 101 de ensamble de pala acoplada:
- 15 La curva de coeficiente de potencia del rotor 91 de turbina eólica convencional se mejora a una mayor curva 92 utilizando perfiles aerodinámicos altamente curvados que tienen un mayor desempeño (mayor que L/D).
- 20 Con una serie pequeña de palas algunas partículas de flujo de aire interactuarán con las palas, pero la mayoría pasarán entre ellas y, claramente, la reducción del momentum mediante una partícula dependerá de su proximidad a la pala cuando la partícula pasa a través del disco de rotor. Un mayor número de palas, aumenta la uniformidad de la velocidad axial inducida y reduce las pérdidas de energía. En lugar de una única pala, el ensamble 2 de pala acoplada utiliza por lo menos dos grupos de palas que mejoran la distribución del momentum y el C_p del rotor. La curva 93 muestra la mejora de la curva 92 C_p debido a una mejor distribución del momentum.
- 25 El límite Betz se puede exceder teóricamente utilizando un sistema de rotor biplano. De acuerdo con una relación principal de la invención, el rotor de pala acoplada utiliza un rotor no plano de disco doble que idealmente puede exceder el límite Betz, es decir, los rotores no planos y biplanos reducen la potencia del sistema de vórtice de punta del rotor y aumenta el diámetro equivalente del rotor. Por lo tanto, propiedades no planas del disco doble del sistema 1 de rotor de pala acoplada de la presente invención mejoran el C_p de la curva 93 a la curva 94 C_p final como se indica en la gráfica.
- 30 La figura 8 describe la segunda realización de la presente invención que comprende por lo menos dos ensambles 101 de palas acopladas que utilizan palas 110 y 130 no paralelas y el concentrador 120 de cubierta. Las distancias de espacio y secuenciador entre la primera pala 110 y la segunda pala 130 cambia (normalmente reduce) al mover hacia las puntas de pala. Por lo menos un puntal 140 de abrazadera principal conecta la primera pala 110 a la segunda pala 130. La distancia mínima entre ambas palas puede pasar en la ubicación de abrazadera 140 principal u otro radio sobre palas 112 y 132 hacia afuera. La distancia máxima entre la primera pala 110 y la segunda pala 130 puede ocurrir en punto de unión al concentrador 120 de cubierta central mediante el espacio 128 y el secuenciador 129 como se muestra en la figura 9 y la figura 9a.
- 35
- 40 La primera raíz 114 circular de pala conecta la parte 123 delantera de concentrador y la segunda raíz 134 circular de pala que conecta la parte 121 posterior de concentrador. Las partes 123 y 121 posterior y delantera de concentrador se conectan mediante la parte 122 media de concentrador. La excentricidad de las extensiones 126 y 125 delanteras y posteriores proporcionan la distancia de secuenciador de raíz 129 entre palas.
- 45 La figura 10 indica el mecanismo de principio de la variación de paso en el montaje 101 de pala acoplada en realizaciones de paso variable y especialmente en la segunda realización de la presente invención. Los motores de control de paso o accionadores provocan una primera rotación 151 de pala y una segunda rotación 152 de pala. Debido a la rotación de la primera y segunda palas, una rotación 146 relativa entre la primera pala 110 y la conexión 140 de abrazadera se manejan por el rodamiento 145 alrededor de un eje 147.
- 50
- 55 La figura 11 describe una tercera realización de la presente invención que utiliza palas segmentadas. El lado superior del puntal 141 de abrazadera principal se conecta a la sección 114 de tarjeta media y la sección 112 hacia afuera de la primera pala 110 utilizando un acoplamiento 148 duro que incluye rodamiento 145. También el lado inferior del puntal 141 de abrazadera principal se conecta al acoplamiento de la sección 134 de tarjeta media ya la sección 132 hacia afuera de la segunda pala 130 utilizando un acoplamiento 149 T. La figura 12 muestra vistas laterales de conexiones y del sistema de abrazadera principal para cruzar las secciones de palas. El sistema 150 de abrazadera auxiliar se ubica entre la sección hacia adentro y sección media de palas. Por lo tanto, cada pala sencilla comprende segmentos principales "n+1" en los que "n" es el número de sistemas de abrazadera en el montaje 101 de pala acoplada. Cada conexión comprende un acoplamiento duro conectado a dos piezas de pala y un lado del sistema de abrazaderas. Esta capacidad le permite fabricar cada pala en por lo menos dos o más segmentos que reducen los problemas y costes durante fabricación, transporte e instalación de palas grandes. La figura 12a representa detalles de la vista de sección transversal de abrazadera auxiliar tomada en las líneas 12a-12a de la figura 11. La figura 12b muestra una condición especial en que el sistema 160 de abrazaderas principal comprende abrazaderas 162 internas y extensiones 163 conectadas a la punta de las palas. La conexión 161 de rodamiento maneja el movimiento relativo de la primera pala 110 y el sistema 160 de abrazadera mientras cambia el ángulo de paso de palas.
- 60
- 65

5 La figura 13 es la cuarta realización de la invención con un montaje 101 de pala acoplada con forma de V en la que la punta de las palas se dobla hacia la otra y se conectan con un acoplamiento 241 de eje vertical para manejar el movimiento relativo de las palas 210 y 230 mientras que cambian los ángulos de paso de pala. También un sistema 250 de abrazadera auxiliar conecta el intermedio de la primera pala 210 a una ubicación similar en la segunda pala 230.

10 La figura 14 es la quinta realización de la presente invención con un ensamble 101 de pala acoplado con forma de Y que comprende una primera 310 más corta y una segunda pala 330 larga. La primera pala se conecta a la punta de un puntal 340 fijo utilizando un acoplamiento 341 de pivote universal cuando la primera raíz de pala utiliza un acoplamiento 314a articulado en lugar de una conexión en voladizo o un acoplamiento simple articulado en donde el primer rotor de pala está en voladizo.

15 La figura 15 es la sexta realización de la presente invención con palas 410 y 430 de paso fijas que conectan a una placa 440 de extremo fijo. Una pala 441 de extremo móvil se conecta a la placa 440 de extremo. Una pala 441 de punta giratoria se utiliza como un freno aerodinámico para el sistema de rotor y usualmente se activa mediante fuerza centrífuga cuando la velocidad de rotación del rotor excede el límite de velocidad. Con el fin de reforzar el montaje 101 de pala acoplada, uno o más sistemas 450 de abrazadera auxiliar pueden conectar primeras y segundas palas entre sí.

20 La figura 16 es una vista en perspectiva de la séptima realización del sistema 500 de rotor de pala acoplado que utiliza la estructura 550 de montaje de raíz para llevar la primera y segunda palas 510 y 530 o más palas. En cada montaje 501 de pala acoplada, las palas se conectan utilizando por lo menos un sistema 540 de abrazadera fija. El marco 550 de montaje de raíz se conecta a un concentrador 520 central utilizando rodamiento de paso para proporcionar capacidad de paso variable el marco 550 de montaje comprende una placa de lecho 514 de pala que se conecta a unas vigas 553-558 tubulares y dichas vigas tubulares se conectan al reborde 551 de extremo que se conecta al concentrador 520 utilizando un rodamiento de paso. En esta realización, el ensamble 101 de pala acoplada gira totalmente la conexión 521 de concentrador y la primera pala 510 es relativamente y constante con la segunda pala 530. Por lo tanto, la conexión 540 de abrazadera es una conexión fija entre ambas palas.

25 La figura 17 es una vista lateral de la séptima realización que utiliza el montaje 550 de raíz y dos sistemas 540 y 541 de abrazadera fija. La figura 18 es una lista de sección de la séptima realización del montaje 101 de pala acoplada que comprende tres palas que se conecta utilizando tres conexiones 542 de abrazadera fija que se ubican en el mismo radio de pala.

30 La figura 19 describe otra opción de la estructura de montaje de raíz para la séptima realización de la figura 16. El tubo 561 cónico conectado a la placa de lecho para el reborde raíz mejora la rigidez y la resistencia del marco de montaje de raíz. También es posible reforzar el tubo 571 cónico utilizando las placas 572 triangulares en lugar de utilizar las vigas 553-558 tubulares de soporte como se muestra en la figura 20.

35 La figura 21 muestra la situación relativa de cada perfil aerodinámico en un sistema de perfil aerodinámico de doble elemento. Cinco parámetros determinan el desempeño aerodinámico del sistema que incluye ángulo de ataque del viento (α), secuenciador (45), espacio (44), ángulo (89) de calaje y la relación de cuerda (segunda cuerda 86 de perfil aerodinámico dividido en la primera cuerda 82 de perfil aerodinámico). En cada relación de espacio (espacio 44 dividido con cuerda 82), se pueden determinar otros valores óptimos de parámetros para alcanzar la máxima relación de elevación a arrastre (L/D). La figura 22 describe el L/D máximo descrito del sistema de perfil aerodinámico de doble elemento en un rango práctico de relación de espacio para el sistema rotor de pala acoplada. Al aumentar la relación de espacio el L/D máximo se reduce y se aproxima al desempeño de la lámina de aire sencilla cuando el espacio es muy alto y la interacción entre los perfiles aerodinámicos se puede ignorar. En el rango práctico de la relación de espacio se puede alcanzar una mejora significativa en L/D que depende de los tipos de perfil aerodinámico y número Reynolds. En forma similar se puede alcanzar una mejora en el L/D en un sistema de perfil aerodinámico multielemento.

40 La figura 23 es una vista en perspectiva de una configuración modificada de la primera realización del rotor 1 de pala acoplada cuyo montaje de pala acoplada con forma de H es reemplazado por un montaje de pala acoplada con forma de Y. En esta configuración la punta de la primera pala 10 más corta se conecta a la segunda pala 30 más larga utilizando la conexión 40. La sección 2-2 alterna de la figura 23 muestra una segunda pala 30 con salto entre una longitud de cuerda de la sección 33 hacia dentro y la sección 32 hacia afuera en el punto de acoplamiento de las palas.

45 La figura 24 es una vista en perspectiva de una configuración modificada de la séptima realización de la figura 16. Dos palas 580 de abrazaderas cruzadas conectan ambos lados del puntal 540 con las raíces de las palas 510 y 530 con el fin de estabilizar el ensamble 501 de pala acoplada.

50 La figura 25 es una vista lateral del montaje de pala acoplado modificado de la figura 24. Figura 25a es otra configuración modificada de la séptima realización de la presente invención en la que la primera pala 610 acodada

este adyacente a la segunda pala 630 recta sobre la región hacia afuera de la primera pala 610. La sección 25-25 transversal del montaje 601 de pala acoplada muestra un sistema de perfil aerodinámico de elemento doble optimizado bien cerrado para conseguir L/D máximo de acuerdo con la gráfica de la figura 22. La figura 25b muestra una configuración modificada de la cuarta realización de la presente invención cuya pala acoplada con forma de V obtiene un diseño con forma de X. El espacio grande en diferentes realizaciones de la presente invención aumenta la eficiencia no plana del rotor de palas acoplado. Esta configuración (Figura 25b) muestra la mayor velocidad (V) de viento que pasa a través de la punta de la primera pala de tal manera que la velocidad (V) del viento a través de otras secciones de las palas se puede describir utilizando la teoría de doble disco accionador. De acuerdo con esta teoría y utilizando un espacio suficientemente grande entre los planos de rotación, la eficiencia teórica optima del rotor puede exceder el límite Betz ($c_p = 0.593$) y alcanzar el $c_p = 0.64$ que es 8% mayor que el rotor plano convencional. La figura 25a y la figura 25b describen dos aspectos aerodinámicos finales del montaje de pala acoplado, es decir, maximiza el L/D utilizando el sistema de perfil aerodinámico de elemento doble bien cerrado (Figura. 25a) y maximiza el efecto del disco accionador doble maximizado (Figura 25b). La figura 26 es una forma modificada de la cuarta realización de la invención con un montaje 201 de pala acoplado con forma de V de tal manera que las palas se conectan con una aleta pequeña 240 de placa final que comprende una unión 241 de eje vertical para manejar el movimiento relativo de las palas 210 y 230 mientras que cambian los ángulos de paso de pala. El concentrador 220a reforzado está cubierto con un carenado 227 aerodinámico de peso ligero. El mecanismo articulado de punta ilustrado en la figura 27 es similar a aquella aleta pequeña 240 de placa de extremo modificada en una extensión 263 lateral.

La figura 28 es una vista en perspectiva de otra configuración modificada de la séptima realización de la figura 16 cuyo montaje 501 de pala acoplada con forma de H obtiene una configuración 701 con forma de V. La punta de la primera pala 710 más corta se conecta a la segunda pala 730 más larga utilizando la conexión a 740.

Cada montaje de pala acoplada puede comprender dos o más palas. La figura 29 es la octava realización del rotor 800 de pala acoplado con un montaje 801 de pala acoplado de cuatro palas. La primera pala 810 está soportada por las segundas palas 830 utilizando conexiones 840 de puntal. El extremo de la segunda pala 830 se conecta a unos extremos del puntal 851 y al aparejo 852 y 854 de sujeción. Otros extremos de puntales 851 y aparejos 852 de sujeción se conectan al lado de punta de la base 855 de raíz y el extremo del aparejo 854 de sujeción conectado al lado de extremo de la base 855 de raíz. El lado de extremo de la base 855 de raíz se conecta al concentrador 820 de cubierta utilizando un rodamiento de paso. La sección transversal del montaje de pala acoplada a lo largo de la línea 30-30 en la figura 30 muestra una sección de perfil aerodinámico de cuatro elementos cuyo perfil aerodinámico de centro curvado grande de la pala 810 está rodeado por tres secciones de perfil aerodinámico pequeñas de las palas 830. Los perfiles aerodinámicos circundantes pueden guiar el flujo de aire en el sistema de perfil aerodinámico e incrementar el L/D del sistema de perfil aerodinámico de múltiples elementos similar al sistema de perfil aerodinámico de doble de elementos que se muestra en la figura 22. También las palas 830 de soporte aumentan la flexión en forma de aletas, la flexión en forma de bordes y la rigidez torsional del montaje 801 de pala acoplada. La figura 30 también muestra un modelo simplificado de la sección 30-30 de pala acoplada y el efecto de rigidez longitudinal de las segundas palas 830 en mejora de la rigidez de torsión del sistema. Si K_i es la rigidez efectiva de la i ésima segunda pala en el plano de rotación θ y r_i es el brazo efectivo del K_i con relación al eje elástico y en donde la rigidez de torsión efectiva final es

$$\bar{k}_\theta = k_\theta + \sum_{i=1}^n k_i r_i^2$$

plada le permite utilizar el perfil aerodinámico altamente en el rotor de palas acopladas. Los perfiles aerodinámicos altamente curvados usualmente tienen un $CL_{diseño}$ cerca al CL_{max} y reducen la carga de fatiga en el montaje 801 de pala que se ilustra esquemáticamente en la figura 6.

Con el fin de reducir el peso del concentrador 820 de cubierta que incluye rodamientos de paso se presenta un concentrador 920 de refuerzo de peso ligero en la novena realización del montaje 900 de palas acopladas (Figura 31). Dos montajes 901 de palas acopladas multielementos conectadas al concentrador 920 de refuerzo de peso ligero tienen forma de pirámide con una base de diamante. En esta realización aplica el momento de viento máximo al rotor cuando el rotor está en posición vertical. Con el fin de reducir el momento de corte de viento, un mecanismo de oscilación se considera en el concentrador 920 de refuerzo. El rodamiento 929a de oscilación y el eje de oscilación se muestran en la figura 32. El soporte 928 hacia afuera que incluye el rodamiento 928a y el soporte 927 hacia dentro incluyen el rodamiento 927a que retiene el montaje 901 de pala acoplada y proporciona capacidad de rotación de paso. Con el fin de reducir la carga extra de oscilación en corte de alto viento, un mecanismo de paso de oscilación puede conectar el movimiento de oscilación al sistema de paso a través del brazo 957 de paso (Figura 33). En el montaje de pala de corte de viento se experimenta mayor velocidad del viento que el montaje de pala bajo. Entre mayor sea la velocidad del viento se genera mayor carga sobre el montaje de pala arriba que provoca cargas desbalanceadas sobre las palas. El torque resultante sobre el rotor inclina el rotor y reduce la velocidad de inclinación y aumenta ligeramente con relación a la velocidad del tiempo en montajes de palas arriba y abajo, respectivamente. Mientras tanto el sistema de oscilación de paso de interconexión reduce el ángulo de paso el

montaje de cuchilla arriba y aumenta el ángulo de paso del montaje de cuchilla abajo que reduce significativamente las cargas de inclinación desbalanceadas debido al cambio del ángulo de ataque de la sección de pala.

5 Los elementos de sujeción 952 y 954 pueden ajustar el montaje 901 de pala acoplada utilizando unos medios 956 de sujeción como el tensor que se muestra en la figura 33. Después de instalar el montaje 901 de pala acoplada en el concentrador 920, los elementos de sujeción 952 se pueden instalar y apretar.

10 Aunque la presente invención se ha descrito en relación con las realizaciones específicas, no se deben interpretar de ninguna forma que limitan los ejemplos presentados, por ejemplo, el método también se puede utilizar para aplicación en otras maquinarias de fluido diferente a aquellas mencionadas específicamente como hélices o turbina submarina.

15 El alcance de la presente invención se establece por el grupo de reivindicaciones acompañantes. En el contexto de las reivindicaciones, los términos “que comprende” o “comprende” no excluyen otros elementos o etapas posibles. También, la mención de referencias tal como “un” o “uno”, etcétera no deben constituir como una exclusión de una pluralidad. El uso de los signos de referencia en las reivindicaciones con respecto a los elementos indicados en las figuras no se debe interpretar que limitan el alcance de la invención. Adicionalmente, las características individuales mencionadas en las diferentes reivindicaciones, pueden posiblemente combinadas ventajosamente, y la mención de estas características en las diferentes reivindicaciones no excluye que una combinación de características no sea posible o ventajosa.

Detalles y aspectos adicionales de la invención

25 Se hace referencia a las Figuras 1, 8, 16, 23, 24, 26, 28, 29, 31 que describen realizaciones de acuerdo con la invención de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada para instalar una turbina eólica de eje horizontal. El sistema de rotor comprende una serie de montajes 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada que se extiende radialmente desde un concentrador 20, 120, 220, 520, 720, 820, 920 central que tiene un eje sustancialmente horizontal. Cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada comprende por lo menos dos palas (se muestra un ejemplo en la figura 1), una primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 y una segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930 o más palas (se muestra un ejemplo en la figura 30) en diferentes planos de rotor. La primera y segunda pala se conectan mediante uno o más sistemas 40, 140, 150, 160, 240, 250, 260, 340, 340a, 450, 540, 541, 640, 740, 840, 940 de abrazadera (se muestra un ejemplo en la figura 2) entre sí.

35 Los sistemas 40, 140, 150, 160, 240, 250, 260, 340, 340a, 450, 540, 541, 640, 740, 840, 940 de abrazadera comprende puntales 41, 141, 262, 542 de abrazadera (se muestra un ejemplo en la figura 12) que se conectan rígidamente o en forma articulada a la segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930 y se conectan en forma articulada o rígida a la primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810.

40 Las primeras palas 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 y las segundas palas 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930 se conectan a un concentrador central 20, 120, 220, 520, 720, 820, 920 directamente (se muestra un ejemplo en la figura 8) o utilizando un montaje 550, 750, 850, 950 de raíz (se muestra un ejemplo en la figura 16) y rodamientos de tramo con una distancia de espacio 28, 128 y secuenciador 29, 129 (se muestra un ejemplo en la figura 4).

45 Se hace referencia a las Figuras 1, 9, 26 que muestran realizaciones de acuerdo con la invención de un sistema 1, 200 de rotor de pala acoplada en el que el concentrador central es un concentrador 20, 220a de refuerzo que comprende un eje 21, 221 central conectado al frente que se extiende radialmente y a los tubos 27, 227, 223, 23 posteriores, dichos tubos 23, 223 posteriores se refuerzan mediante elementos 24, 224 tubulares y placas 23a, y dichos tubos 27, 227, 223, 23 delanteros y posteriores se conectan entre sí utilizando elementos 25, 26, 225, 226 tubulares y un reborde 22, 222 se conecta al eje 21, 221 central y que soporta las placas 23a con el fin de conectar el concentrador 20, 220a de refuerzo a un tren de accionamiento de turbina eólica.

55 Se hace referencia a las Figuras 8 y 13 que muestran realizaciones de acuerdo con la invención de un sistema 100 de rotor de pala acoplada en donde el concentrador central es un concentrador 120, 220 de cubierta que comprende un eje 122 central, una sección 121 de concentrador posterior, una sección 123 de concentrador delantero y un carenado 124 delantero; las secciones de concentrador extensiones 125, 126 excéntricas con relación al eje del concentrador 120, 220 que proporciona un secuenciador 129 y un espacio 128 para la conexión de raíz de pala 114, 414, 434.

60 Se hace referencia a las Figuras 3, 11, 12a, 15, 17 que muestra realizaciones de acuerdo con la invención de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada comprende por lo menos un sistema 50, 150, 250, 541 de abrazadera auxiliar, que conecta la sección media de las partes hacia adentro de la primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 y la segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930 como se muestra en Figuras 11 y 17 y que tiene una conexión 52, 152 de abrazadera delantera y una conexión 51, 151 de abrazadera posterior (Figuras 3 y

ES 2 626 450 T3

12a) cada una conectada a la primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 y la segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930, que utiliza conexiones rígidas o ganchos 53, 153 articulados.

5 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que cada primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 y cada segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930, comprenden una serie de sección 81 de perfil de pala, tomado en un plano perpendicular orientado al eje longitudinal de pala, que tiene una relación espesor y relación de curvatura del perfil 81 como se muestra en la figura 5 que es de aproximadamente 10-30% y 2-6%, respectivamente.

10 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada, en el que cada primer pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 y cada segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930, comprenden una serie de secciones 81 de perfil de pala como se muestra en la figura 5, tomada en un plano perpendicular orientado hacia al eje longitudinal de la pala, que tiene una relación de espesor y relación de curvatura del perfil 81 que es de hasta el 100% y 50%, respectivamente.

15 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 10, 110, 210, 310, 410, 510, 710 de rotor de pala acoplado en el que cada sección de perfil de la pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 710 delantera y la segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 730, que comprenden un perfil de sección doble de acuerdo con la figura 21, opcionalmente tienen diferente forma y tamaño que tiene un espacio 44, y secuenciador 45 y ángulo 89 de decalaje relativo.

20 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que el concentrador 20, 120, 220, 520, 720, 820, 920 central, comprenden medios de operación para efectuar una rotación de paso del montaje 550, 750, 850, 950 de raíz que se muestran en las figuras 17, 25a, 28, 30, 33 o directamente la primer rotación 151 de paso de pala y la segunda rotación 152 de paso de pala alrededor del eje de pala respectivo como se muestra en la figura 10.

25 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200 de rotor de pala acoplada en el que un rodamiento 45, 145, 161, 241, 341 proporciona una rotación 146 relativa entre la primera y segunda pala 10, 110, 210, 310, 30, 130, 230, 330 y el puntal 41, 141, 340 de abrazadera alrededor de una dirección longitudinal del puntal de abrazadera como se muestra en la figura 10 durante la variación de los ángulos de paso.

30 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada, en el que un sistema 40, 140, 340, 540, 740, 840, 940 de abrazadera principal conserva un espacio 44, secuenciador 45 y ángulo relativo entre la primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 710, 810, 910 y la segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 730, 830, 930 fijada como se muestra en la figura 12 durante variación de los ángulos de paso.

35 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada, en el que un sistema 50, 150, 250 de abrazadera auxiliar conserva el ángulo relativo entre la primera pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 710, 810, 910 y la segunda pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 730, 830, 930 fijada durante la variación de los ángulos de paso como se muestra en la figura 12a.

40 La invención se refiere a realizaciones de un sistema de rotor de pala acoplada 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada comprende por lo menos un segundo punto 138 de conexión abrazadera-pala como se muestra en la figura 11 y un primer punto 118 de conexión de abrazadera-pala que divide las palas en algunos segmentos 112, 113, 114, 132, 133, 134 y cada punto 138 de conexión de abrazadera comprende una unión 149, 148 articulada o fija que conecta dos segmentos 112, 113, 114, 132, 133, 134 de pala adyacente y por lo menos un puntal/conexión 41, 51, 52, 141, 151, 152, 542 de abrazadera.

45 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada comprende un sistema 40, 140, 150, 160, 540, 740, 840, 940 de abrazadera que tiene una conexión 163 de extensión en la mitad o al final de una pala (figura 12b) y una conexión 161 de rodamiento en la mitad o al final de otra pala.

50 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700 de rotor de pala acoplada, en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701 de pala acoplada comprenden una segunda pala 30, 130, 230, 530, 730 y una primer pala 10, 110, 210, 310, 510, 710, cuya punta de dichas palas dobladas entre sí (figura 13) y la primera y segunda palas se interconectan rígidamente o utilizan una unión 241 de rodamiento de eje vertical para proporcionar flexibilidad durante la variación del ángulo de paso de las palas.

55 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada, comprende una pala 30, 130, 230, 330, 530, 710, 810, 910 más grande y una pala 10, 110, 210, 310, 510, 730, 830, 930 más corta que tiene unos medios 341 fijos o giratorios como se muestra en la figura 14 para conectar las palas al sistema 40, 140, 240, 340, 540, 740, 840, 940 de abrazadera principal.

60 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada, comprende una pala 30, 130, 230, 330, 530, 710, 810, 910 más grande y una pala 10, 110, 210, 310, 510, 730, 830, 930 más corta que tiene unos medios 341 fijos o giratorios como se muestra en la figura 14 para conectar las palas al sistema 40, 140, 240, 340, 540, 740, 840, 940 de abrazadera principal.

65 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada, comprende una pala 30, 130, 230, 330, 530, 710, 810, 910 más grande y una pala 10, 110, 210, 310, 510, 730, 830, 930 más corta que tiene unos medios 341 fijos o giratorios como se muestra en la figura 14 para conectar las palas al sistema 40, 140, 240, 340, 540, 740, 840, 940 de abrazadera principal.

- 5 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200 de rotor de pala acoplada, en el que los medios 341 de rotación (figura 14) en cada extremo del sistema 40, 140, 240, 340, 540, 740, 840, 940 de abrazadera principal comprenden una unión de giro universal o articulada, fija y cada conexión de raíz de pala comprende una unión 314a, 334a fija, articulada o universal.
- 10 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 200, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada en el que cada montaje 2, 101, 201, 201a, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada, en la que la segunda pala es una pala 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930 de paso y la primera pala es una pala 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910 de paso fija que se conectan a una abrazadera fija o a una placa 440 de extremo fija como se muestra en la figura 15 y una pala 441 de punta giratoria que se conecta a la placa 440 de extremo que se puede mover entre la posición 441 alineada para una operación normal y una posición 442 de frenado.
- 15 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada, en el que cada montaje 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada, comprende un marco 550, 650, 750, 850, 950 de raíz, como se muestra en las figuras 17, 25a, 28, 30 y 33 para llevar la primera pala 510, 610, 710, 810, 910 y la segunda pala 530, 630, 730, 830, 930 que se conectan entre sí utilizando por lo menos un sistema 540, 541, 640, 740, 840, 840 de abrazadera fija y se conectan a el marco 550, 650, 750, 850, 950 de montaje de raíz que se conecta a un concentrador 520, 720, 820, 920 central utilizando un rodamiento de paso.
- 20 Se hace referencia a la figura 24, que muestra una realización de un sistema 500 de rotor de pala acoplada en el que cada ensamble 501 de pala acoplada comprende adicionalmente por lo menos dos palas 580 cruzadas en el que cada una de dichas palas cruzadas conecta la raíz de la primera o segunda pala 510, 530 a extremos opuestos del sistema 540 de abrazadera.
- 25 Se hace referencia a las figuras 16, 24, 28 que muestran realizaciones de acuerdo con la invención del sistema 500, 700 de rotor de pala acoplada, en el que cada marco de montaje de raíz 550, 750, comprende una placa 552 de lecho de pala que se conecta a vigas 553-558 tubulares y en el que dichas vigas tubulares se conectan a un reborde 551 de extremo que se conecta al concentrador 520, 720 utilizando un rodamiento de paso.
- 30 Se hace referencia a las figuras 24, 30, 33 que muestran realizaciones de acuerdo con la invención de un sistema 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada, en el que cada montaje 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada comprende tres o más palas que se interconectan mediante por lo menos un sistema 540, 541, 640, 740, 840, 940 de abrazadera fija utilizando puntales 542 fijos.
- 35 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 500, 700 de rotor de pala acoplada, en el que cada marco 550, 750 de montaje de raíz, comprende un tubo 561, 571 cónico (figuras 19 y 20) y vigas 553-558 tubulares (figuras 16 y 24) o placas 572 de soporte (figura 20) para conectar la placa 552 de lecho hacia un reborde 551 (figuras 16 y 24).
- 40 La invención se refiere a realizaciones de un sistema 1, 100, 500, 700, 800, 900 de rotor de pala acoplada, en el que cada montaje 2, 101, 501, 601, 701, 801, 901 de pala acoplada, comprende una primera pala 610 recta o acodada (figura 25a y 25b) que se conecta a una segunda 630 recta o acodada utilizando por lo menos un sistema 340a, 640 de abrazadera fija en donde dichas palas permanecen adyacentes una a la otra (figura 25a) o se separan (figura 25b) a lo largo de la región externa de dichas palas.
- 45 Se hace referencia a la figura 29 a la figura 33 que muestra realizaciones de acuerdo con la invención de un sistema 800, 900 de rotor de pala acoplada, que tiene por lo menos dos montajes 801, 901 de pala acoplada, que comprenden un marco 850, 950 de montaje de raíz para llevar una primera pala 810, 910 y una segunda pala 830, 930 que se conectan a la primera pala 810, 910 en un extremo hacia afuera de las segundas palas y se conectan para montaje del marco 850, 950 en un extremo hacia dentro de las segundas palas, y el marco de montaje de raíz 850, 950 se conecta a un concentrador 820, 920 central, utilizando un rodamiento de paso sencillo o pares 927a, 928a de rodamiento de paso (figura 32).
- 50 La invención se refiere a realizaciones de un sistema de rotor de pala acoplada, en el que una sección transversal del montaje 801, 901 de pala acoplada que pasa a través de la primera pala 810, 910 y las segundas palas 830, 930 describen un sistema de perfil aerodinámico de múltiples elementos (como se muestra por la sección 30-30, de la figura 30) en el que un perfil abombado de curva central más grande de la primera pala 810, 910 está rodeado mediante por lo menos dos o más perfiles aerodinámicos más pequeños de las segundas palas 830.
- 55 Se hace referencia a la figura 29 y 30 que muestran una realización de acuerdo con la invención de un sistema 800 de rotor de pala acoplada, en el que cada marco 850 de montaje de raíz comprende una base 855 de raíz que se conecta al primer extremo del puntal 851 tubular y el primer extremo de abrazaderas 852 de sujeción y segundos extremos de dichos puntales 851 tubulares se conectan hacia extremos hacia adentro de palas 830 auxiliares, mientras que los segundos extremos de dichos puntales 851 tubulares se conectan lateralmente entre sí utilizando abrazaderas 854 de sujeción.
- 60
- 65

5 Se hace referencia a la figura 31 a la figura 33 que muestra una realización de acuerdo con la invención de un sistema 900 de rotor de pala acoplada, en el que el concentrador central es un concentrador 920 de refuerzo que comprende una serie de elementos 922-926 de refuerzo tubulares que tienen dos carcadas 928 de rodamiento hacia fuera que incluyen rodamiento 928a de paso hacia afuera y carcadas 927 de rodamiento hacia adentro que incluyen un rodamiento 927a de paso hacia adentro que contiene un eje 955 base que lleva el montaje 901 de pala acoplada.

10 Se hace referencia a la figura 32 y figura 33 que muestran una realización de acuerdo con la invención de un sistema 900 de rotor de pala acoplada en el que el concentrador 920 de refuerzo comprende una base 921 de conector que tiene una parte con forma de pirámide del concentrador 920 de refuerzo que utiliza los soporte 929 que incluye rodamientos 929a de oscilación cuyo sistema de paso de oscilación interconecta los brazos 957 de paso a rotación de oscilación con el fin de fijar un ángulo de paso en cada montaje 901 de pala acoplada en forma separada.

Reivindicaciones

1. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada para instalar en o formar parte de una turbina eólica de eje horizontal que comprende:
- una serie de montajes (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada que se extiende radialmente desde un concentrador (20, 120, 220, 520, 720, 820, 920) central que tiene un eje sustancialmente horizontal;
- en el que
- cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprende por lo menos dos palas, una primer pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) y una segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) o más palas en diferentes planos de rotor, dichas primeras y segundas palas se conectan mediante uno o más sistemas (40 140, 150, 160, 240, 250, 260, 340, 340a, 450, 540, 541, 640, 740, 840, 940) de abrazadera entre sí;
 - los sistemas (40, 140, 150, 160, 240, 250, 260, 340, 340a, 450, 540, 541, 640, 740, 840, 940) de abrazadera comprenden puntales (41, 141, 262, 542) de abrazadera conectados en forma articulada o en forma rígida a una segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) y conectado en forma articulada o en forma rígida a una primera pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710 810, 910), los puntales (41, 141, 262, 542) de abrazadera se conectan en forma rígida a por lo menos la segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) o la primer pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910), y
 - la primera pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) y la segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) se conectan, de tal manera que se unen, a un concentrador (20, 120, 220, 520, 720, 820, 920) central directamente o utilizando un montaje (550, 750, 850, 950) de raíz y rodamientos de paso con una distancia de espacio (28, 128) y un secuenciador (29, 129).
2. Un sistema (1, 200) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el concentrador central es un concentrador (20, 220a) de refuerzo que comprende un eje (21, 221) central conectado a los tubos delantero y posterior (27, 227, 223, 23) que se extienden radialmente, dichos tubos (23, 223) se refuerzan mediante elementos (24, 224) tubulares y placas (23a) y dichos tubos (27 227, 223, 23) delanteros y posteriores se conectan entre sí utilizando elementos (25, 26, 225, 226) tubulares y se conecta un reborde (22, 222) al eje (21, 221) central y placas (23a) de soporte con el fin de conectar el concentrador (20, 220a) de refuerzo el tren de accionamiento de turbina eólica.
3. Un sistema (100) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el concentrador central es un concentrador (120, 220) de cubierta que comprende un eje (122) central, una sección (121) de concentrador posterior, una sección (123) de concentrador delantero y un carenaje (124) de nariz; las secciones de concentrador comprenden la extensión (125, 126) excéntrica con relación al eje de concentrador (120, 220) que proporciona un secuenciados (129) y un espacio (128) para conexión de raíz de pala (114, 414, 434).
4. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprende por lo menos un sistema (50, 150, 250, 541) de abrazadera auxiliar que conecta la sección media de partes hacia adentro de la primer pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) y la segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) y que tiene una conexión (52, 152) de abrazadera delantera y una conexión (51, 151) de abrazadera posterior cada una conectada a la primer pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) y la segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) que utiliza conexiones rígidas o ganchos (53, 153) articulados.
5. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada primer pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) y cada segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) comprenden una serie de secciones (81) de perfil de palas, tomados en un plano orientado perpendicular al eje longitudinal de la pala, que tiene una relación de espesor y relación de curvatura del perfil (81) que es de aproximadamente 10-30% y 2-6%, respectivamente.
6. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4 precedentes, en el que cada primer pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) y cada segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) comprende una serie de secciones (81) de perfil de pala, tomadas en un plano orientado perpendicular al eje longitudinal de la pala, que tiene una relación espesor y relación de curvatura del perfil (81) que de hasta el 100% y 50%, respectivamente.
7. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que cada sección del perfil de la primera pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 710) y la segunda pala (30, 130, 230,

- 330, 430, 530, 730) comprenden un perfil de sección doble, que tiene opcionalmente forma y tamaño diferente y que tiene un espacio (44), secuenciador (45) y ángulo (89) de decalaje.
- 5 8. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el concentrador (20, 120, 220, 520, 720, 820, 920) central comprende medios de operación para efectuar una rotación de paso del montaje de raíz (550, 750, 850, 950) o directamente de la primera la rotación (151) del paso de pala y la segunda rotación (152) de paso de pala alrededor de los respectivos ejes de pala.
- 10 9. Un sistema (1, 100, 200) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 7, en el que un rodamiento (45, 145, 161, 241, 341) proporciona una rotación (146) relativa entre la primera y segunda pala (10, 110, 210, 310, 30, 130, 230, 330) y el puntal (41, 141, 340) de abrazadera alrededor de una dirección longitudinal del eje (147) de puntal de abrazadera durante la variación de los ángulos de paso.
- 15 10. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 7, en el que un sistema (40, 140, 340, 540, 740, 840, 940) de abrazadera principal conserva el espacio (44), secuenciador (45) y ángulo relativo entre la primera pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 710, 810, 910) y la segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 730, 830, 930) fijada durante variación de los ángulos de paso.
- 20 11. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que un sistema (50, 150, 250) de abrazadera auxiliar conserva el ángulo relativo entre la primera pala (10, 110, 210, 310, 410, 510, 710, 810, 910) y la segunda pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 730, 830, 930) fijados durante variación de los ángulos de paso.
- 25 12. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprende por lo menos un segundo punto (138) de conexión de abrazadera de pala y un primero punto (118) de abrazadera de pala que divide las palas en algunos segmentos (112, 113, 114, 132, 133, 134) y cada punto de conexión (138) de abrazadera comprende una unión fija (149, 148) o articulada que conecta dos segmentos (112, 30 113, 114, 132, 133, 134) de pala adyacentes y por lo menos un puntal/conexión (41, 51, 52, 141, 151, 152, 542) de abrazadera.
- 35 13. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprende un sistema (40, 140, 150, 160, 540, 740, 840, 940) de abrazadera que tiene una conexión (163) de extensión en la mitad o el final de una conexión de rodamiento y pala (161) en la mitad o al final de otra pala.
- 40 14. El sistema (1, 100, 200, 500, 700) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701) de pala acopladas comprende una segunda pala (30, 130, 230, 530, 730) y una primera pala (10, 110, 210, 310, 510, 710) cuya punta de dichas palas se flexiona hacia la otra, la primera y segunda palas se interconectan rígidamente o utilizan una unión (241) de rodamiento de eje vertical para proporcionar flexibilidad durante variación de los ángulo de paso de las palas.
- 45 15. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprende una pala (30, 130, 230, 330, 530, 710, 810, 910) más larga y una pala (10, 110, 210, 310, 510, 730, 830, 930) más corta que tiene medios (341) de rotación para conectar las palas al sistema (40 140, 240, 340, 540, 740, 840, 940) de abrazadera principal.
- 50 16. Un sistema (1, 100, 200) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 15, en el que los medios (341) de rotación en cada extremo del sistema (40, 140, 240, 340, 540, 740, 840, 940) de abrazadera principal comprenden una unión de pivote articulada o universal y cada conexión de raíz de pala comprende una unión (314a, 334a) fija o articulada.
- 55 17. Un sistema (1, 100, 200, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reclamaciones, en el que, en cada montaje (2, 101, 201, 201a, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada, la segunda pala es una pala (30, 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930) de paso fija y la primera pala (10 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910) de paso fija que se conecta a una abrazador afija o a una placa (440) de extremo fija y una pala (441) de punta giratoria conectada a la placa (440) de extremo que se puede mover entre la posición alineada para operación normal y la posición (441) de frenado.
- 60 18. Un sistema (500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprende un marco (550, 650, 750, 850, 950) de montaje de raíz para llevar la primera pala (510, 610, 710, 810, 910) y la segunda pala (530, 630, 730, 830, 930) que se conectan entre sí utilizando por lo menos un sistema (540, 541, 640, 740, 840, 940) de
- 65

abrazadera y se conectan al marco (550, 650, 750, 850, 950) de montaje de raíz que se conecta a un concentrador (520, 720, 820, 920) central utilizando un rodamiento de paso.

5 19. Un sistema (500) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 18, en el que cada montaje (501) de pala acoplada comprende adicionalmente por lo menos dos palas (580) cruzadas en el que cada una de dichas palas cruzadas conecta la raíz de la primera o segunda pala (510, 530) a extremos opuestos del sistema (540) de abrazadera.

10 20. Un sistema (500, 700) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 18, en el que cada marco (550, 750) de montaje de raíz comprende una placa de lecho (552) de pala que se conecta a vigas (553-558) tubulares y en el que dichas vigas tubulares se conectan a un reborde (551) de extremo que se conecta al concentrador (520, 720) utilizando un rodamiento de paso.

15 21. Un sistema (500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 18, en el que cada montaje (501, 601, 701, 801, 901) de pala acopladas comprende tres o palas que se interconectan en por lo menos un sistema (540, 541, 640, 740, 840, 940) de abrazadera que utiliza puntales (542).

20 22. Un sistema (500, 700) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 18, en el que cada marco (550, 750) de montaje de raíz comprende un tubo (561, 571) cónico y vigas (553-558) tubulares o placas (572) de soporte para conectar la placa (552) de lecho a un reborde (551) de extremo.

25 23. Un sistema (1, 100, 500, 700, 800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada montaje (2, 101, 501, 601, 701, 801, 901) de pala acoplada comprenden una primera pala (610) recta o acodada que se conecta a una segunda pala (630) recta o acodada que utiliza por lo menos un sistema (340a, 640) de abrazadera fija en donde dichas palas permanecen adyacentes entre sí o se separan a lo largo de la región hacia afuera de dichas palas.

30 24. Un sistema (800, 900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que tienen por lo menos dos montajes (801, 901) de pala acoplada que comprenden un marco (850, 950) de montaje de raíz para llevar una primera pala (810, 910) y una segunda pala (830, 930) que se conectan a la primera pala (810, 910) en un extremo hacia afuera de las segundas palas y se conectan al marco (850, 950) de montaje en un extremo hacia adentro de las segundas palas y el marco (850, 950) de montaje de raíz se conecta a un concentrador (820, 920) central utilizando un único rodamiento de paso o pares (927a, 928a) de rodamientos de paso.

35 25. Un sistema de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 24, en el que una sección transversal del montaje (801, 901) de pala acoplada pasa a través de la primera pala (810, 910) y la segunda pala (830, 930) describe un sistema de perfil aerodinámico de múltiples elementos en el que el perfil aerodinámico curvado central más grande de la primera pala (810, 910) está rodeado mediante por lo menos dos o más perfiles aerodinámicos más pequeños de la segunda pala (830).

40 26. Un sistema (800) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 24, en el que cada marco (850) de montaje de raíz comprende una base (855) de raíz que se conecta al primer extremo del puntal (851) tubular y el primer extremo se las abrazaderas (852) de sujeción y los segundos extremos de dichos puntales (851) tubulares se conectan a los extremos hacia adentro de las palas (830) auxiliares, mientras que los segundos extremos de dichos puntales (851) tubulares se conectan lateralmente a cada una de las abrazaderas (854) de sujeción.

45 27. El sistema (900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 24, en el que el concentrador central es un concentrador (920) de refuerzo que comprende una serie de elementos (922-926) de refuerzo tubular que tienen dos carcasas (928) de rodamiento hacia afuera que incluyen un rodamiento (928a) de paso hacia afuera y arcosas (927) de rodamiento hacia adentro que incluyen un rodamiento (927a) de paso hacia adentro que tiene un eje (955) de base que lleva el montaje (901) de pala acoplada.

50 28. Un sistema (900) de rotor de pala acoplada de acuerdo con la reivindicación 27, en el que el concentrador (920) de refuerzo comprende una base (921) de concentrador que tiene una parte con forma de pirámide del concentrador (920) de refuerzo que utiliza los soportes (929) que incluye los rodamientos (929a) de oscilación y un sistema de paso-oscilación que interconecta la rotación de oscilación a la rotación de paso a través de brazos (957) de paso con el fin de modificar el ángulo de paso de cada montaje (901) de pala acoplada de acuerdo con un ángulo de oscilación.

60

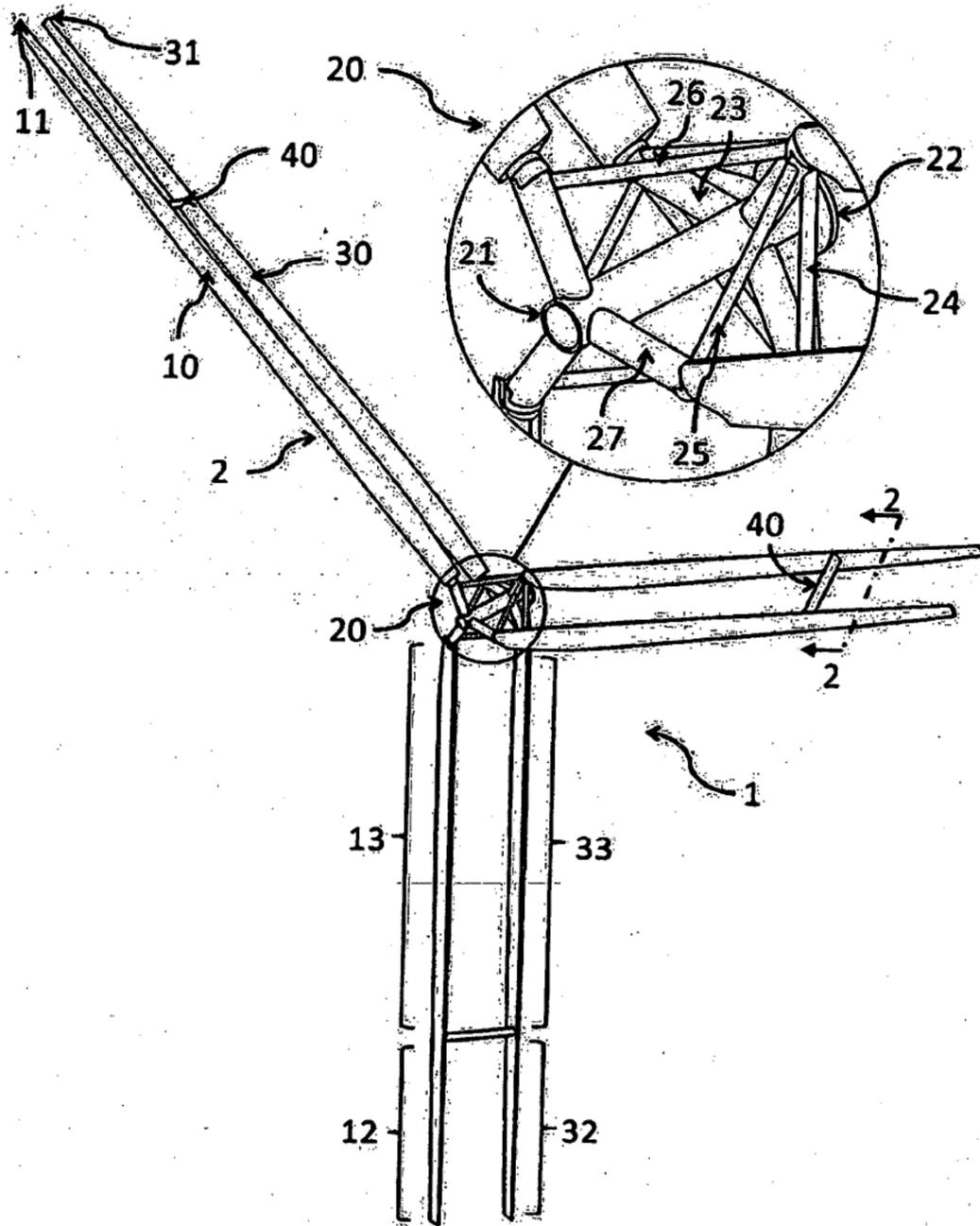


Fig. 1

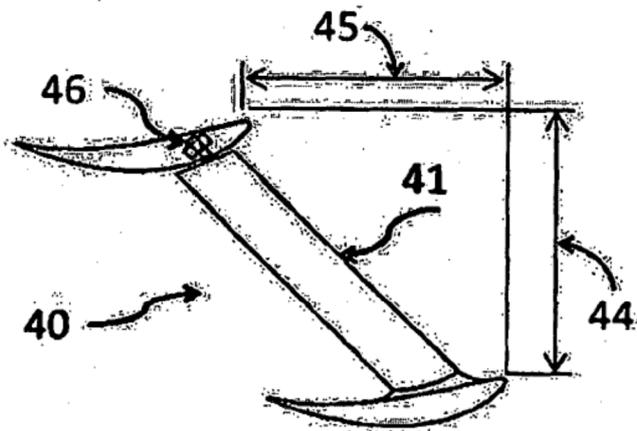


Fig. 2

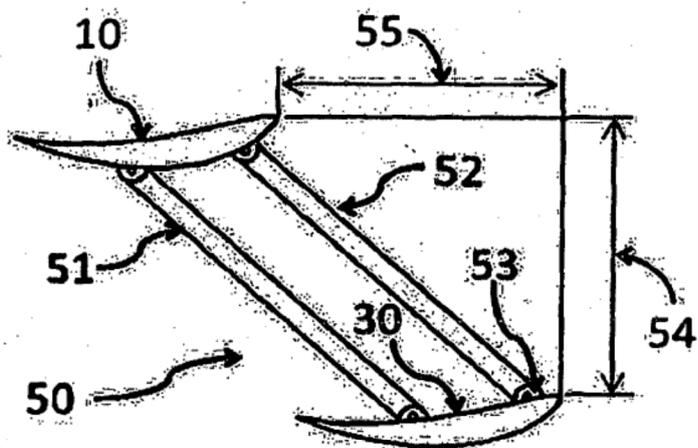


Fig. 3

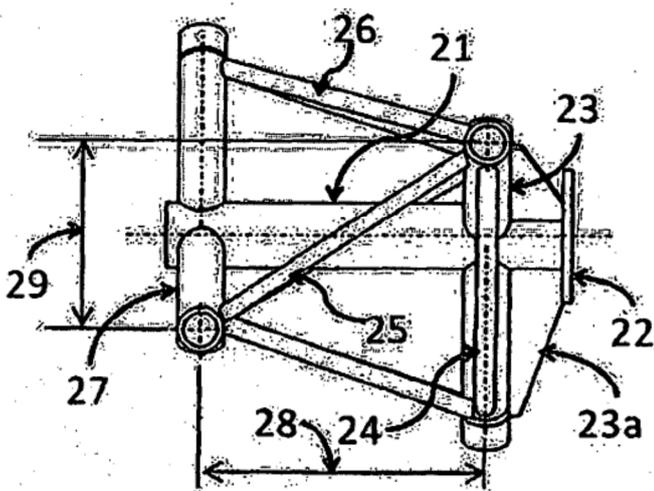


Fig. 4

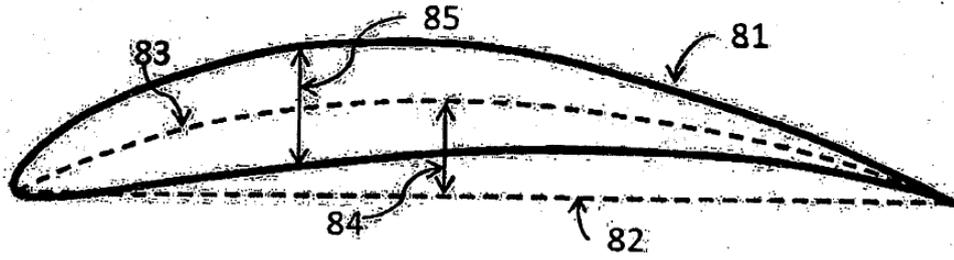


Fig. 5

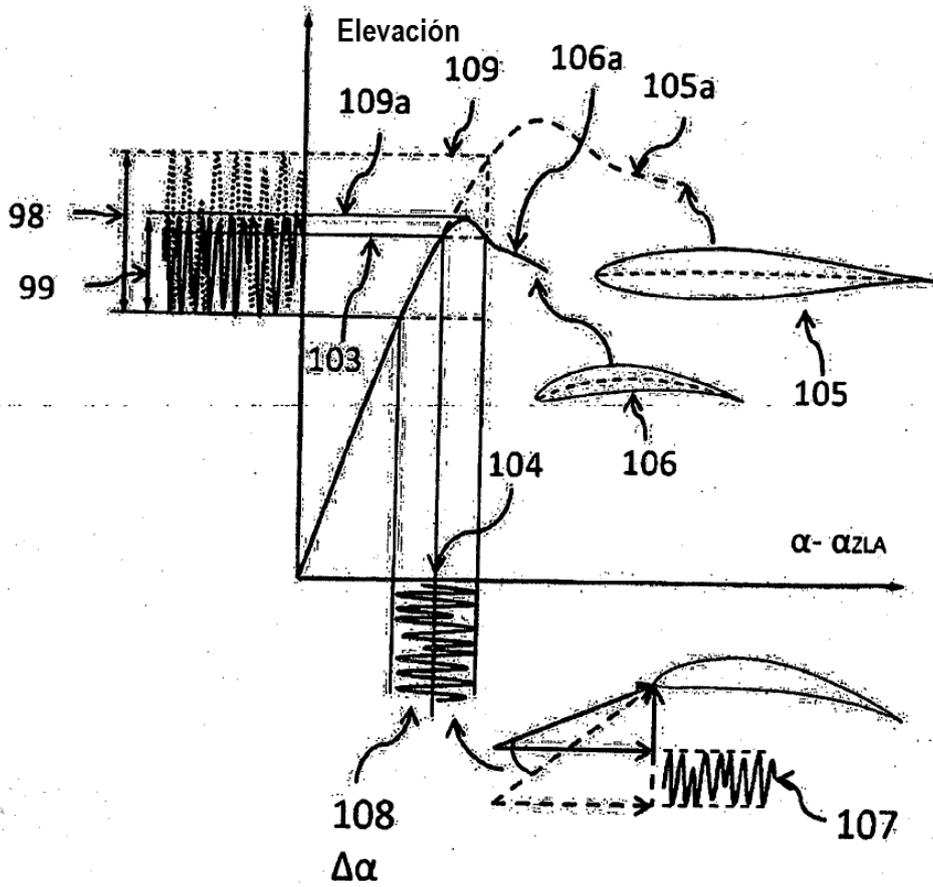


Fig. 6

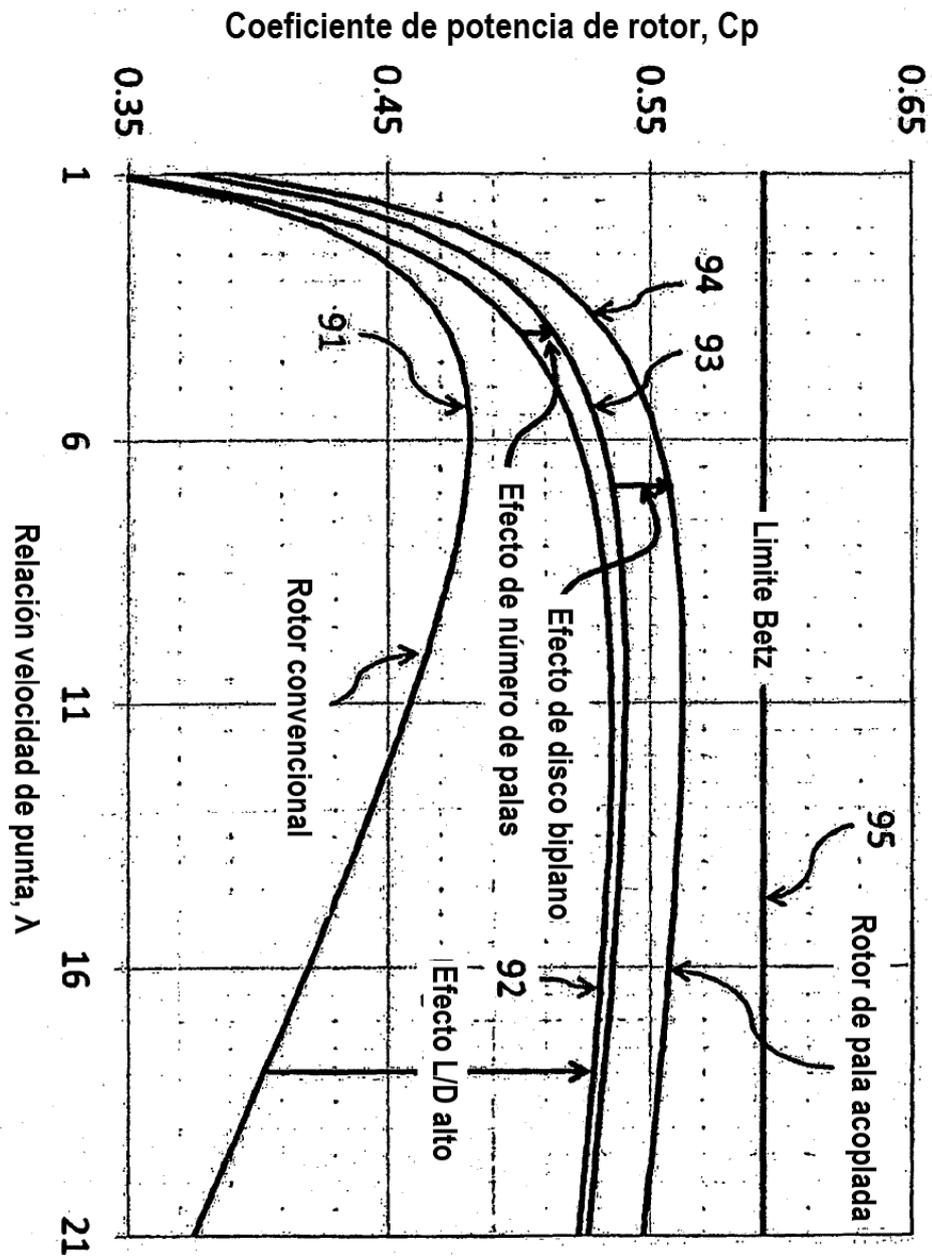


Fig. 7

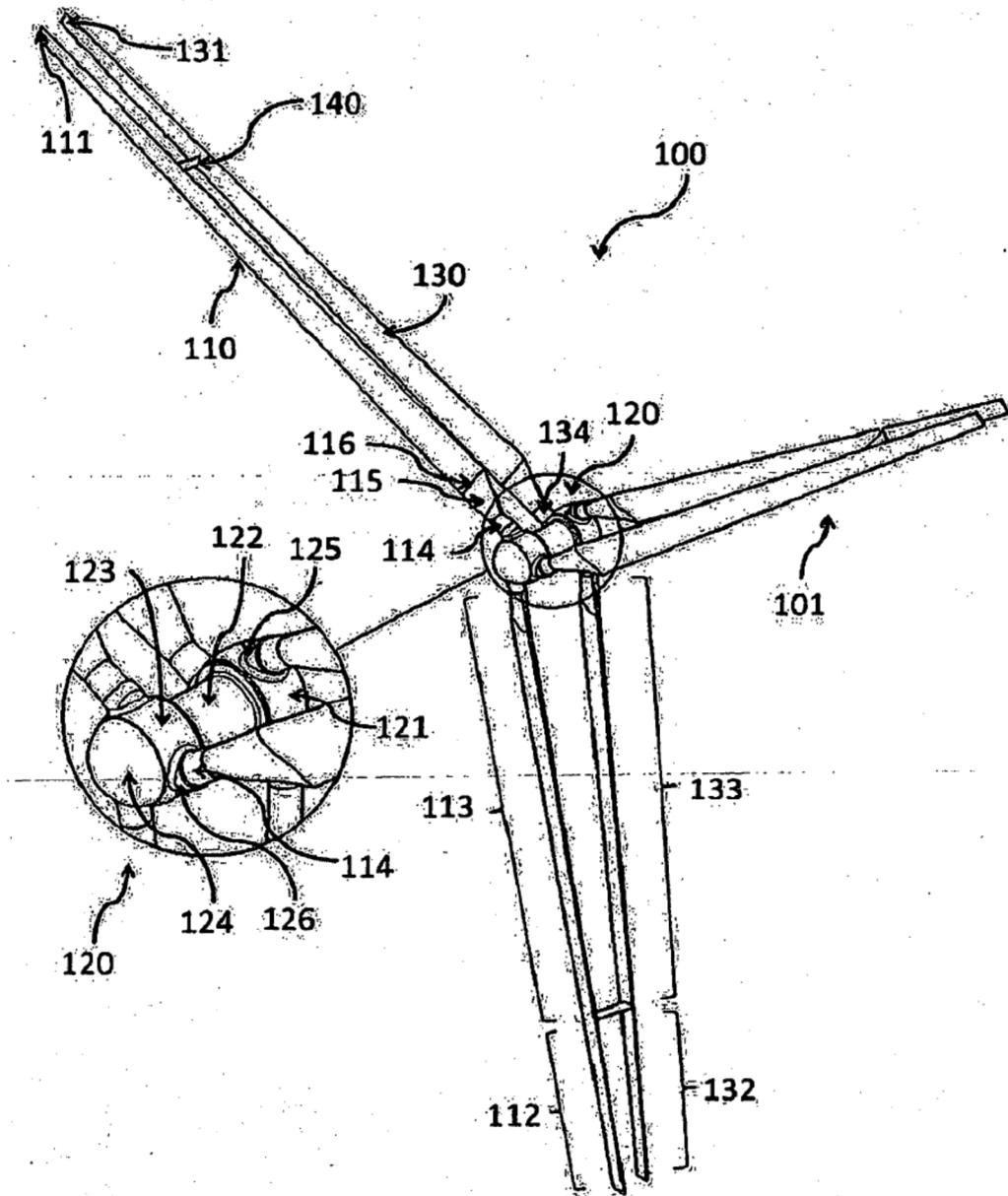


Fig. 8

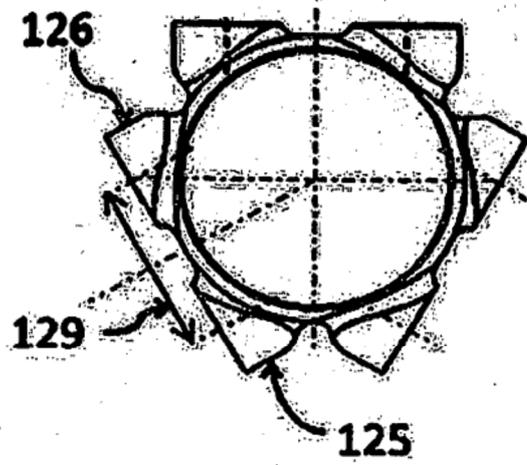


Fig. 9

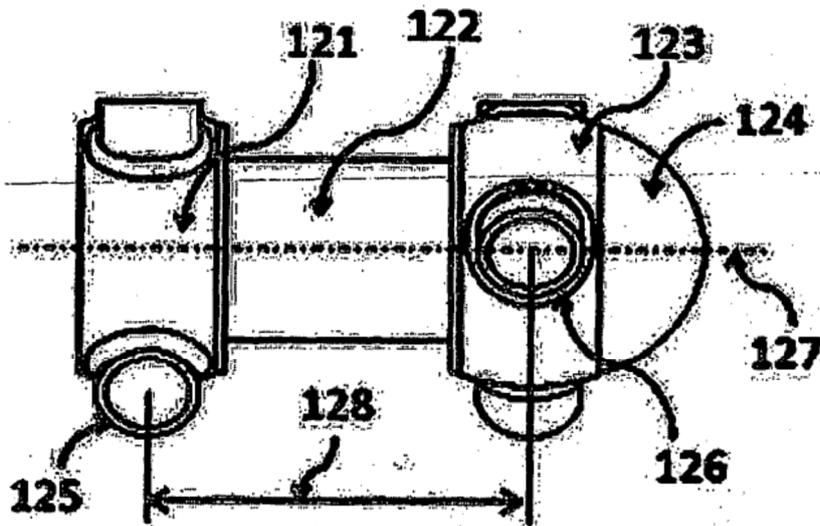


Fig. 9a

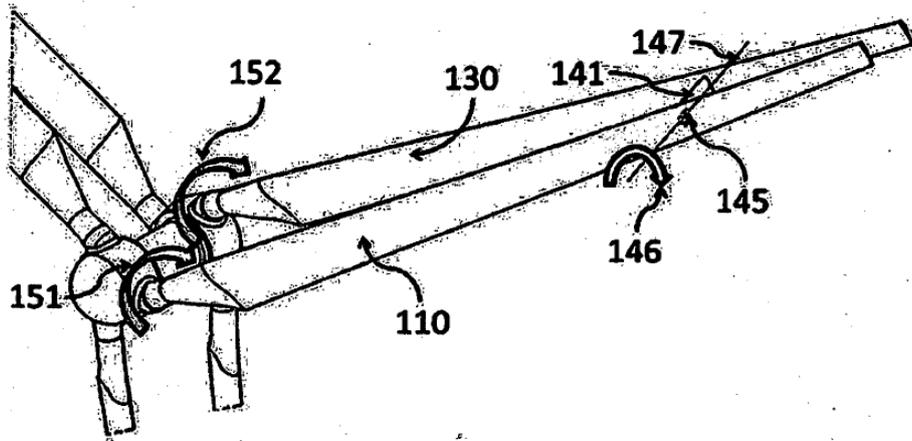


Fig. 10

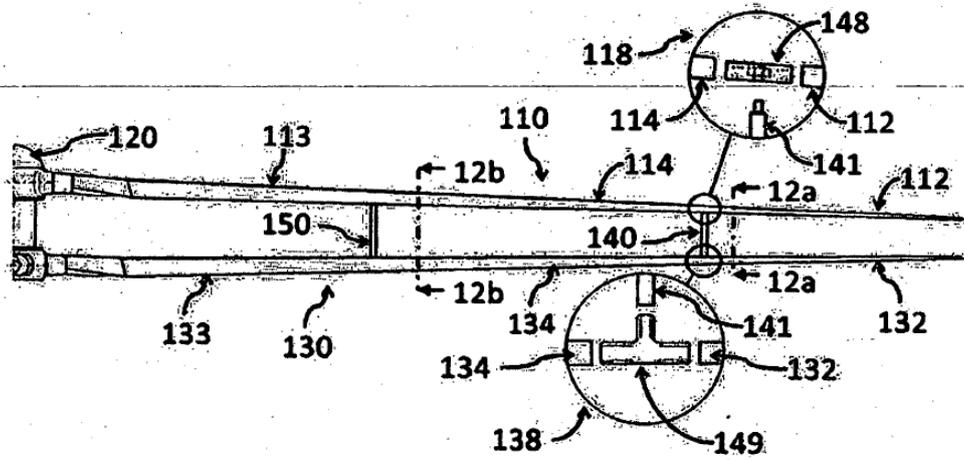


Fig. 11

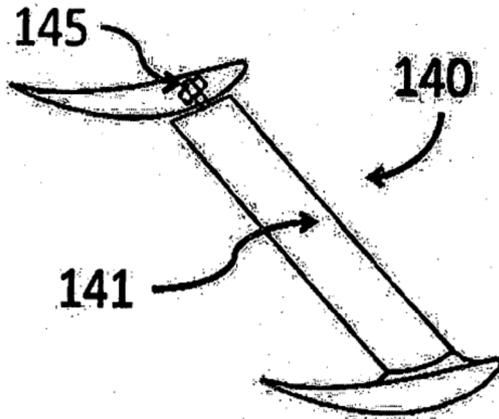


Fig. 12

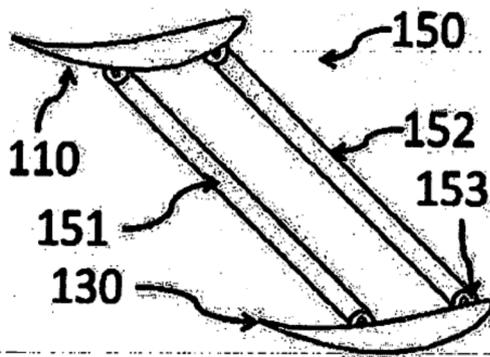


Fig. 12a

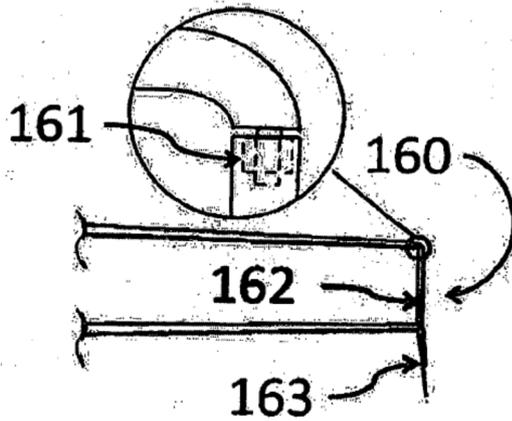


Fig. 12b

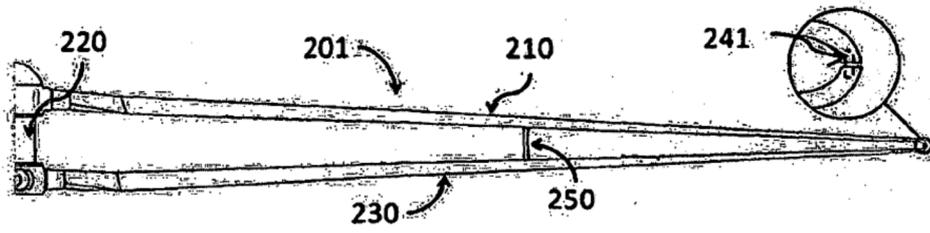


Fig. 13

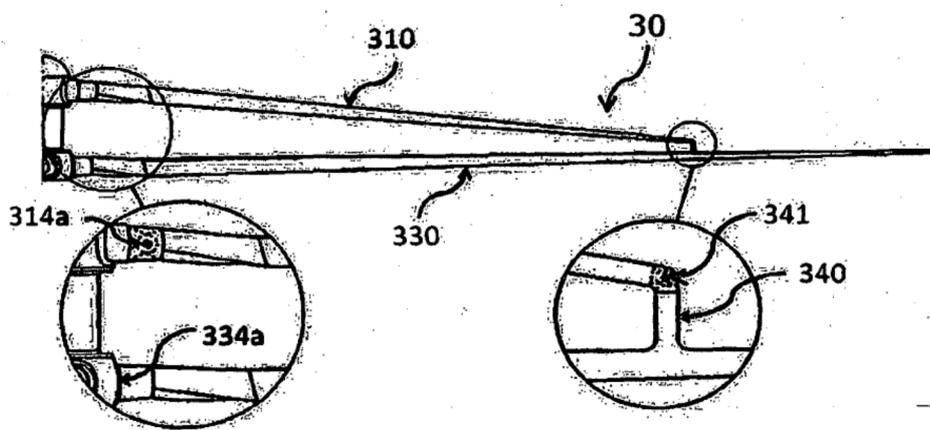


Fig. 14

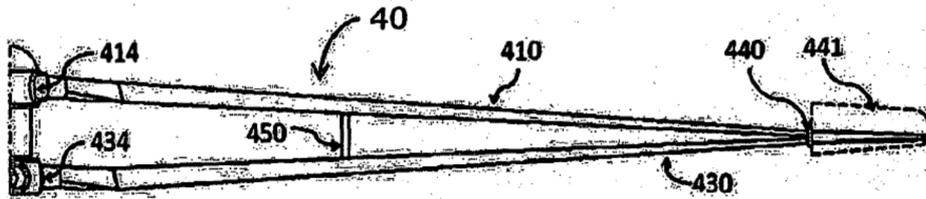


Fig. 15

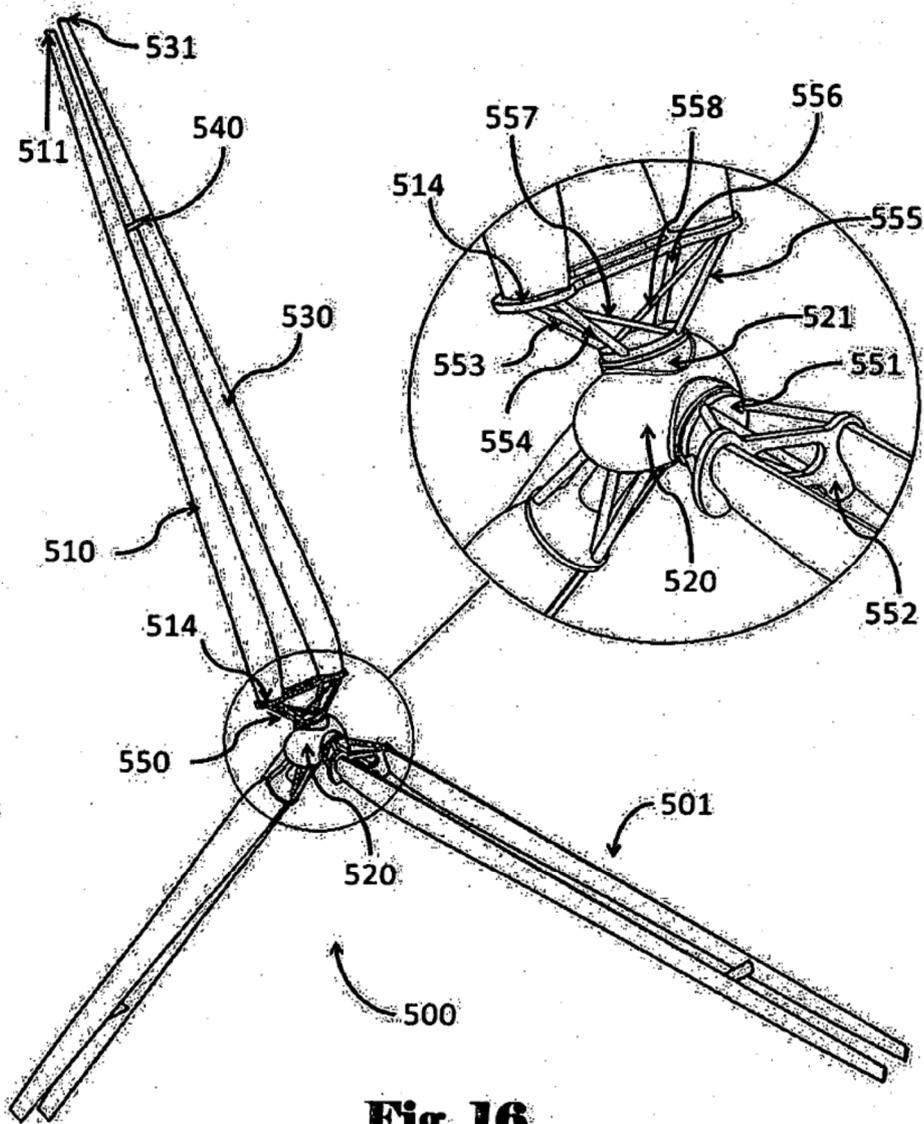


Fig. 16

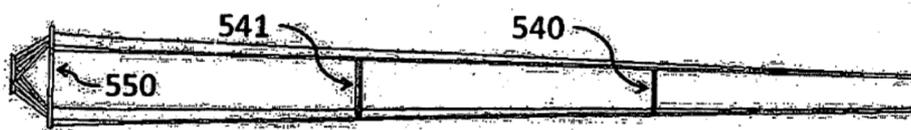


Fig. 17

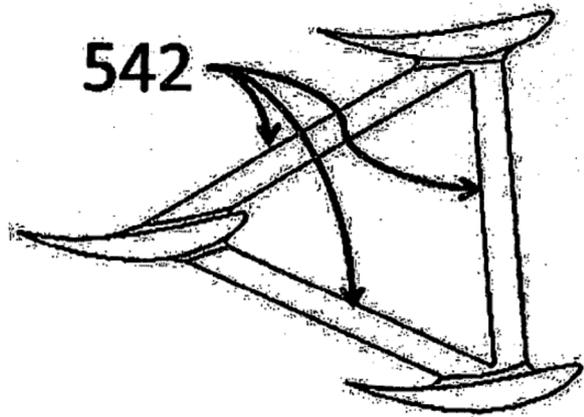


Fig. 18

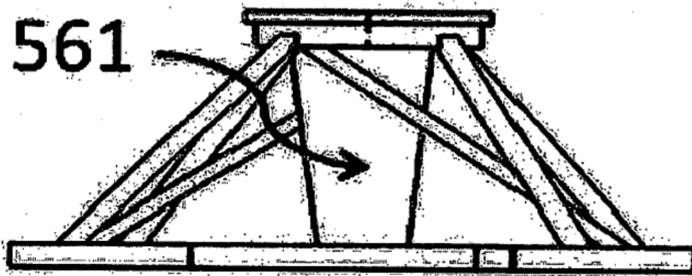


Fig. 19

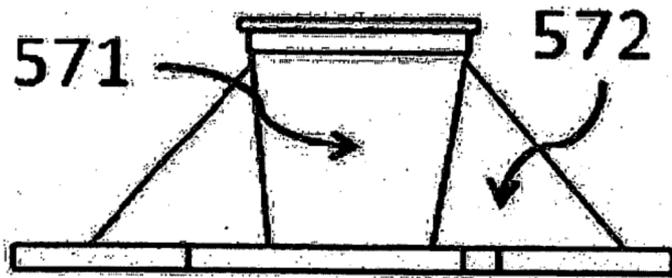


Fig. 20

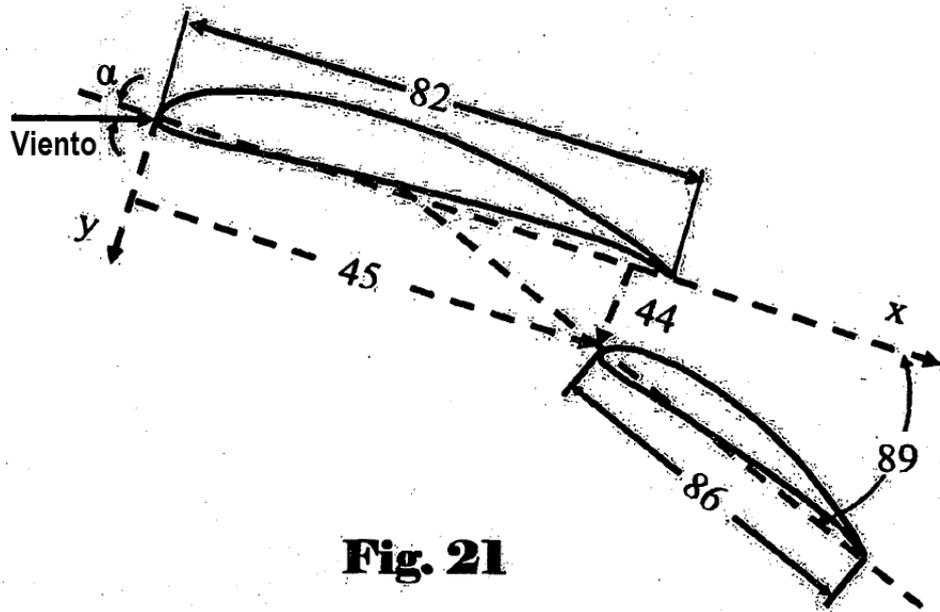


Fig. 21

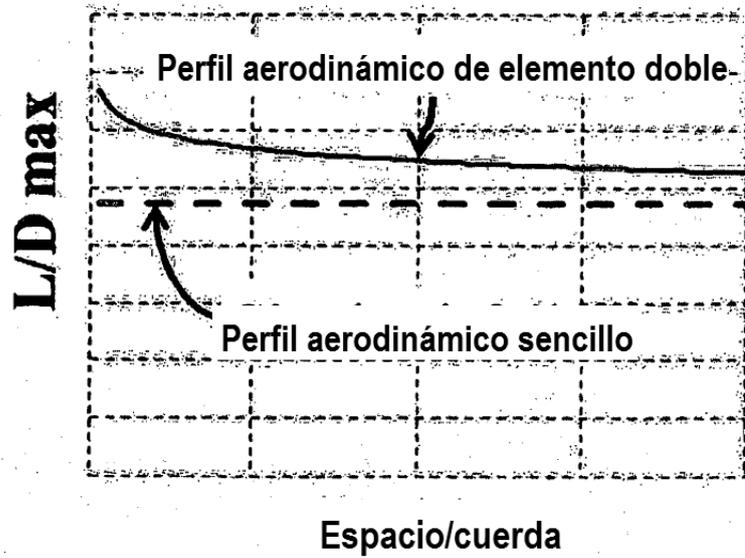


Fig. 22

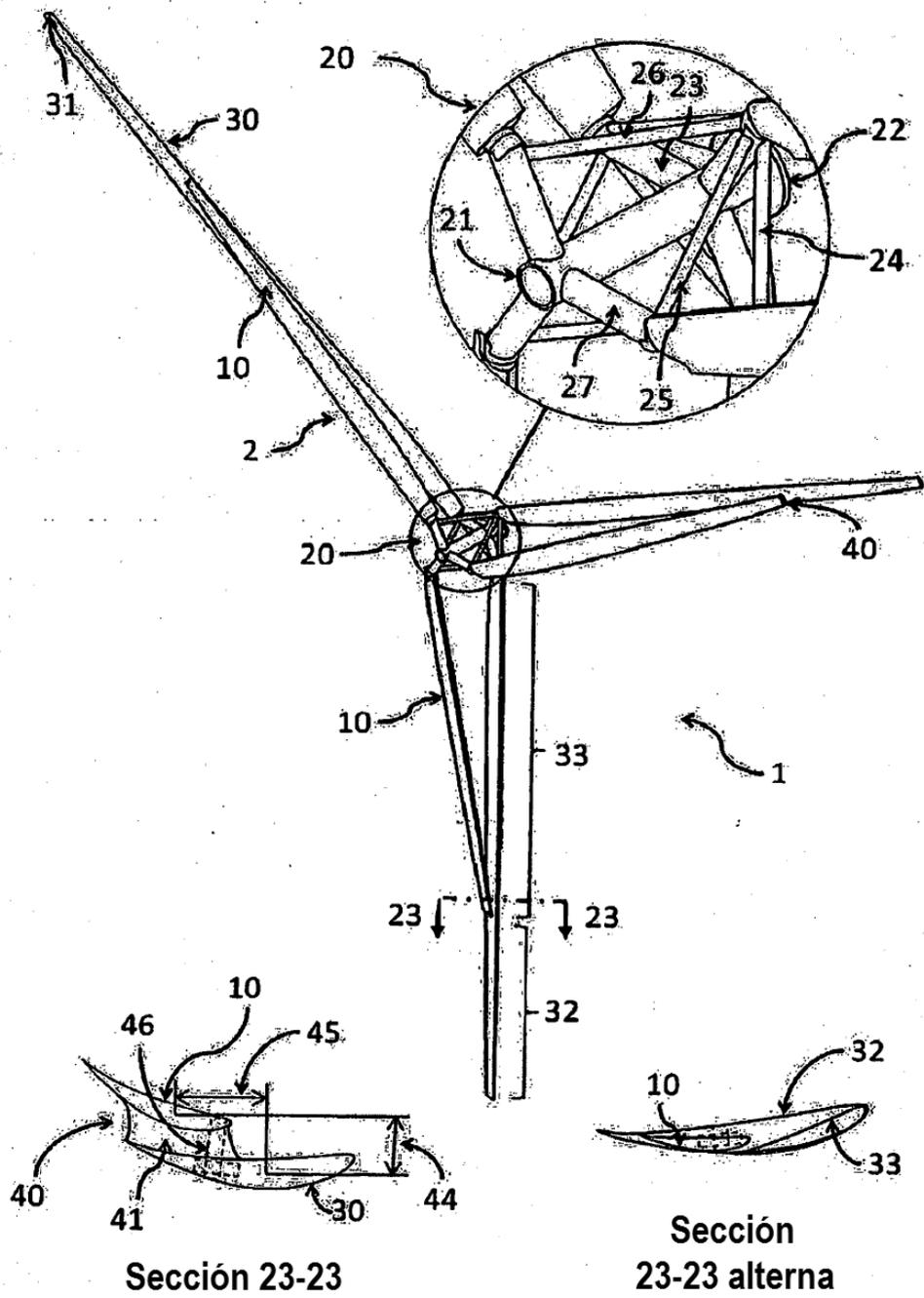
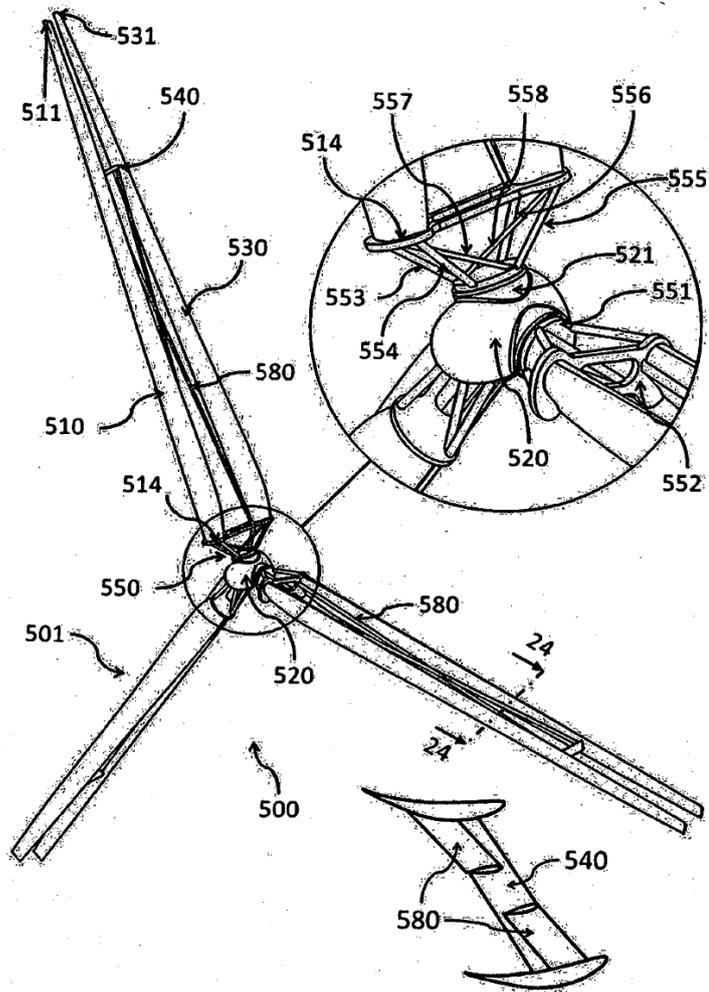


Fig. 23



Sección 24-24

Fig. 24

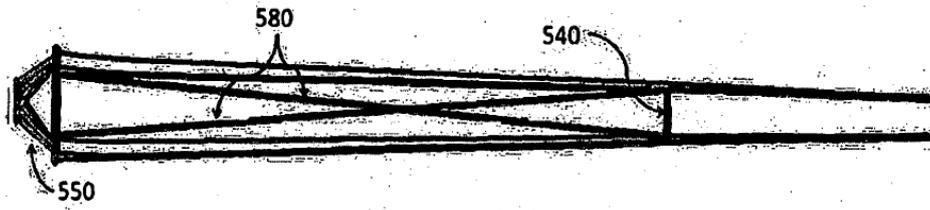
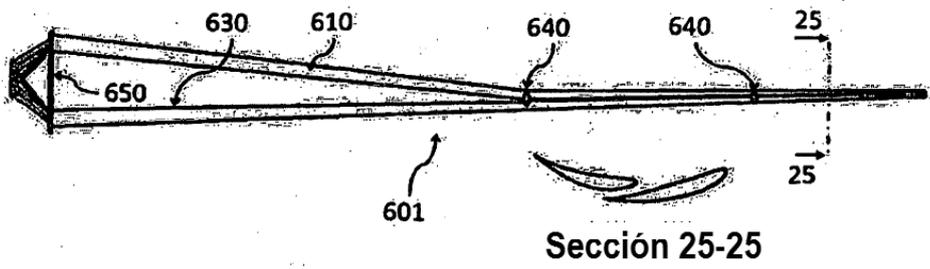


Fig. 25



Sección 25-25

Fig. 25a

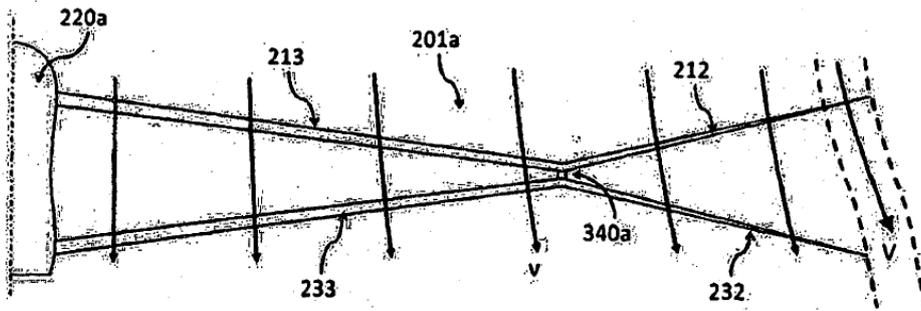
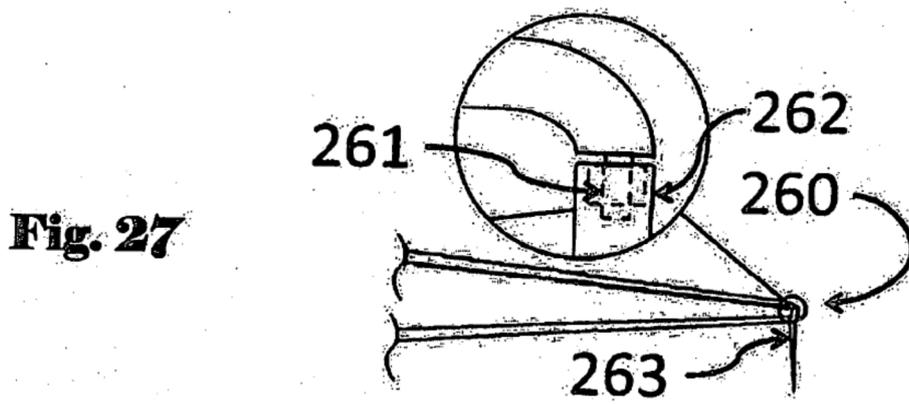
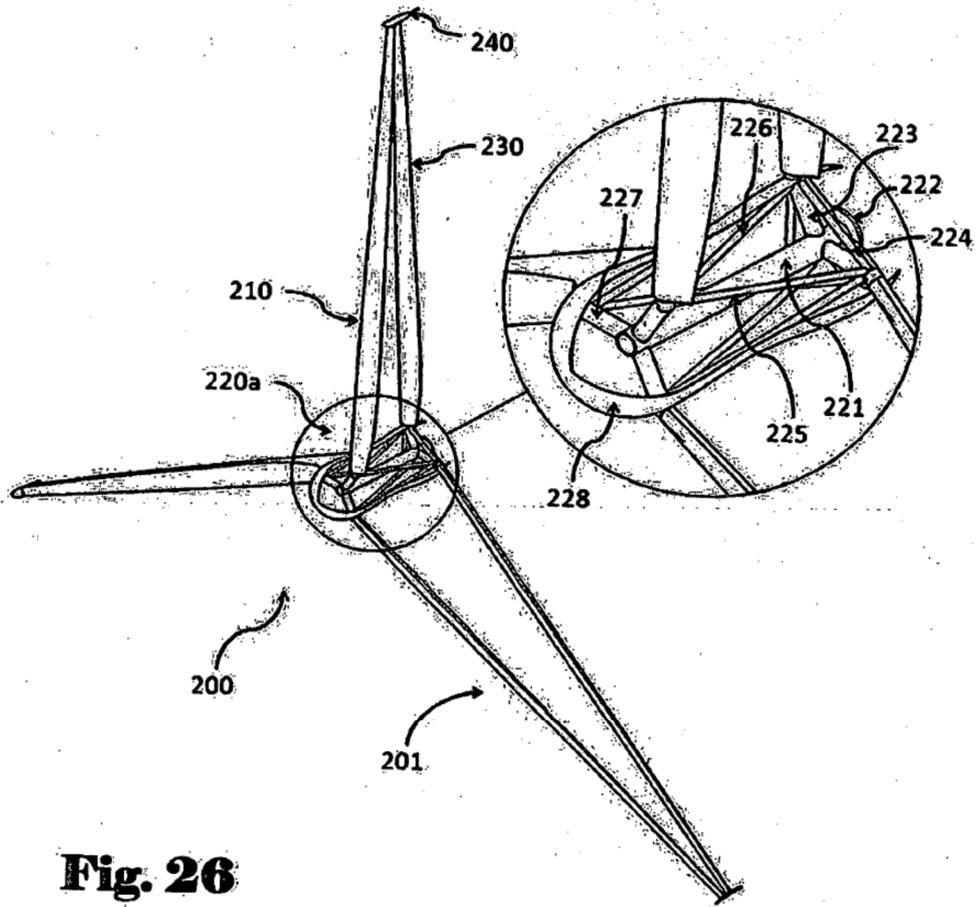


Fig. 25b



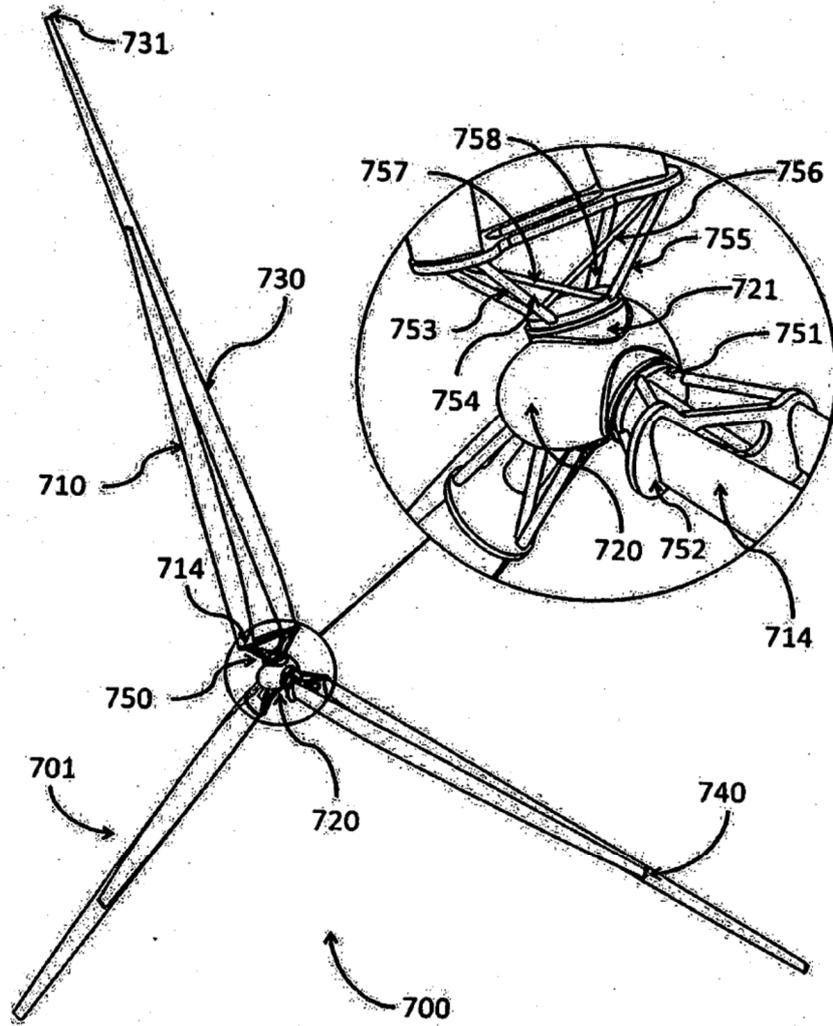


Fig. 28

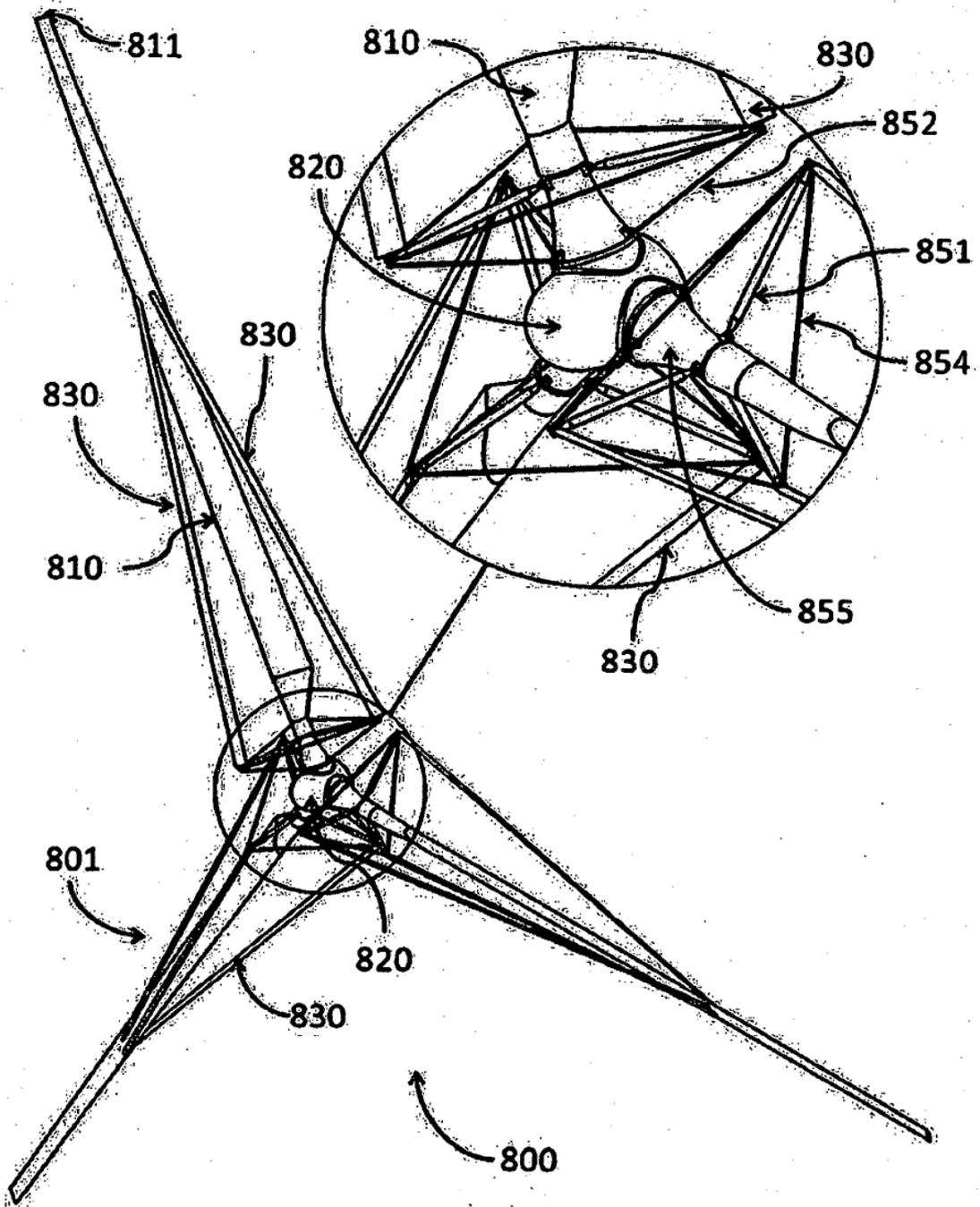
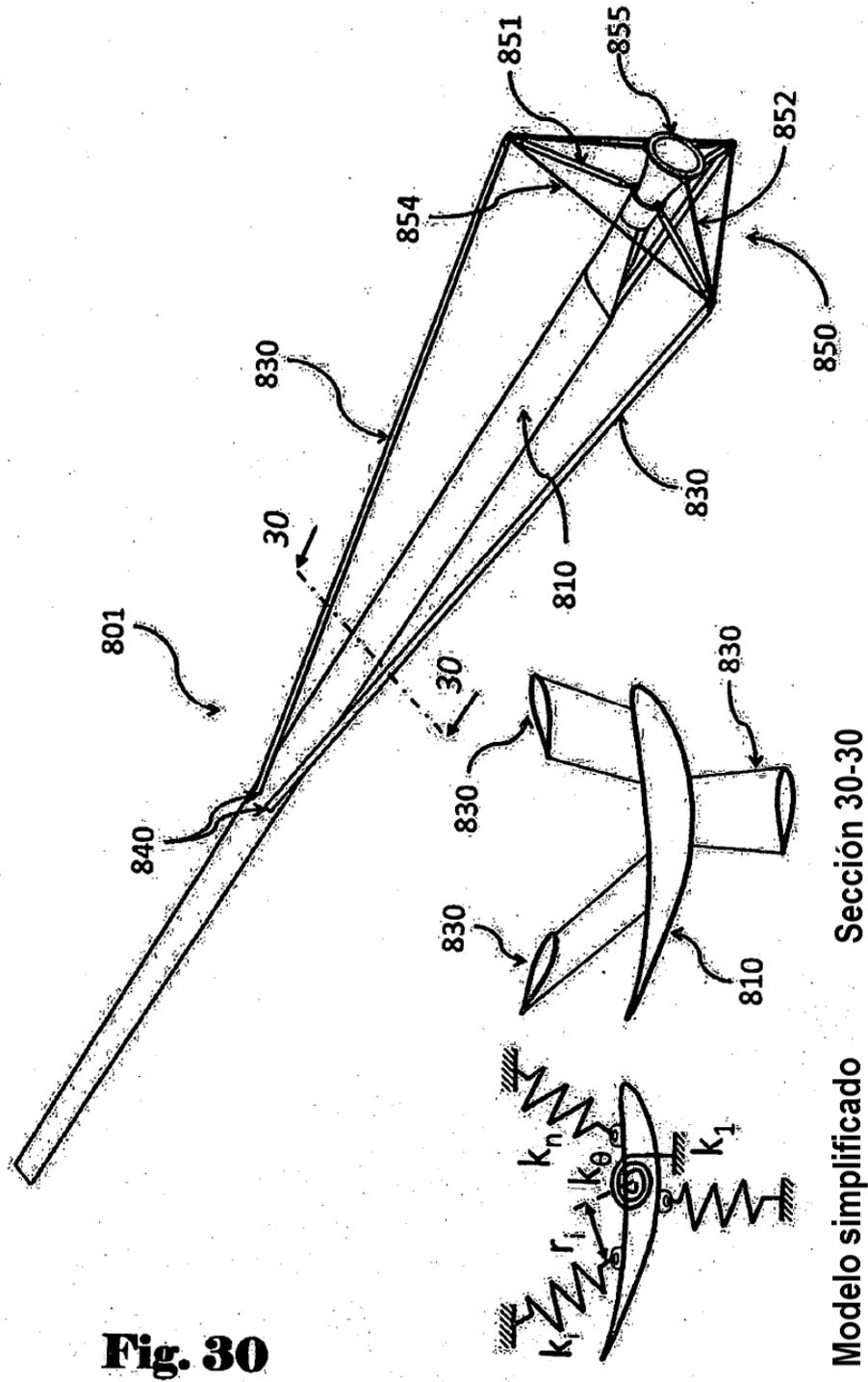


Fig. 29



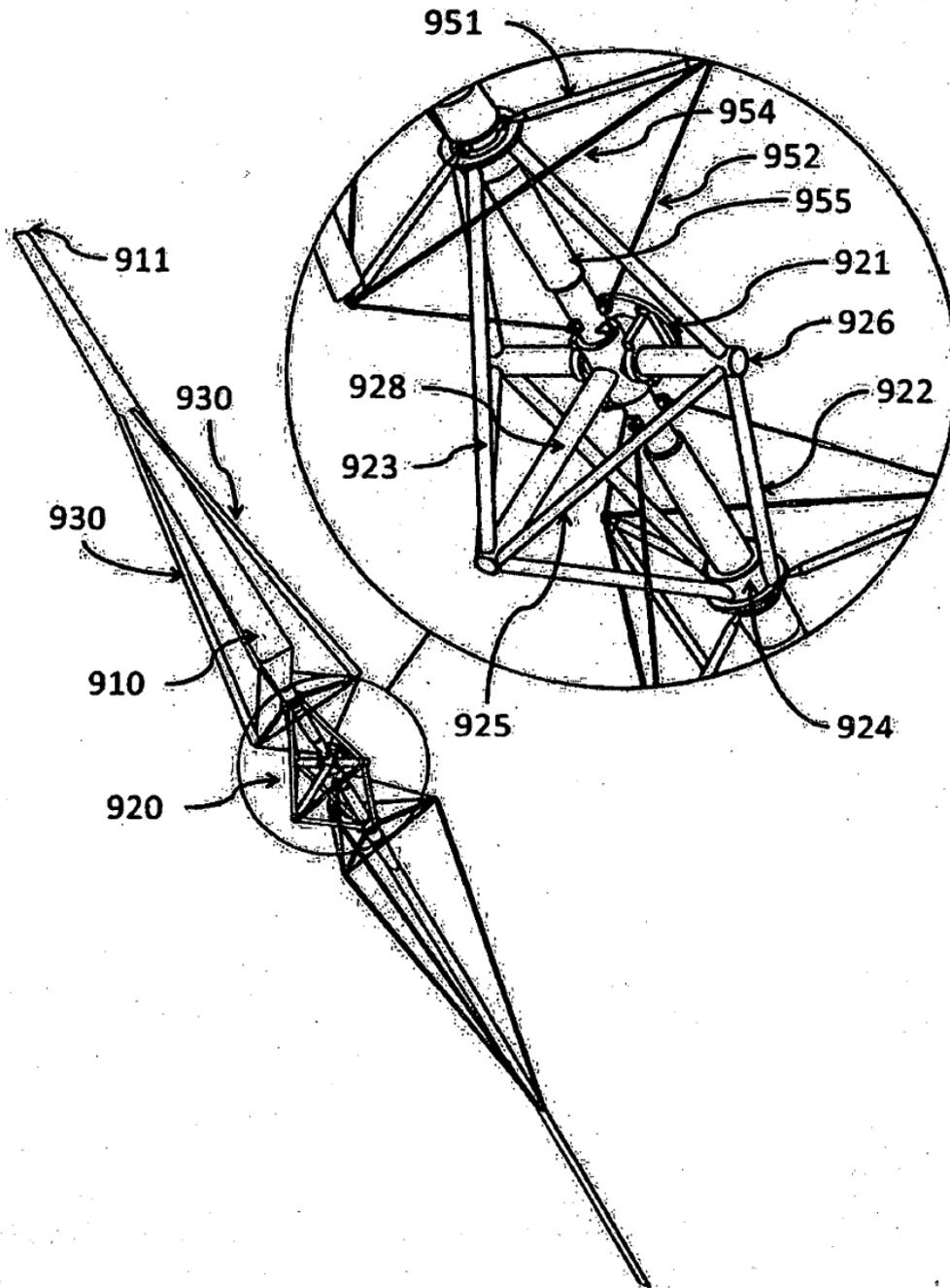


Fig. 31

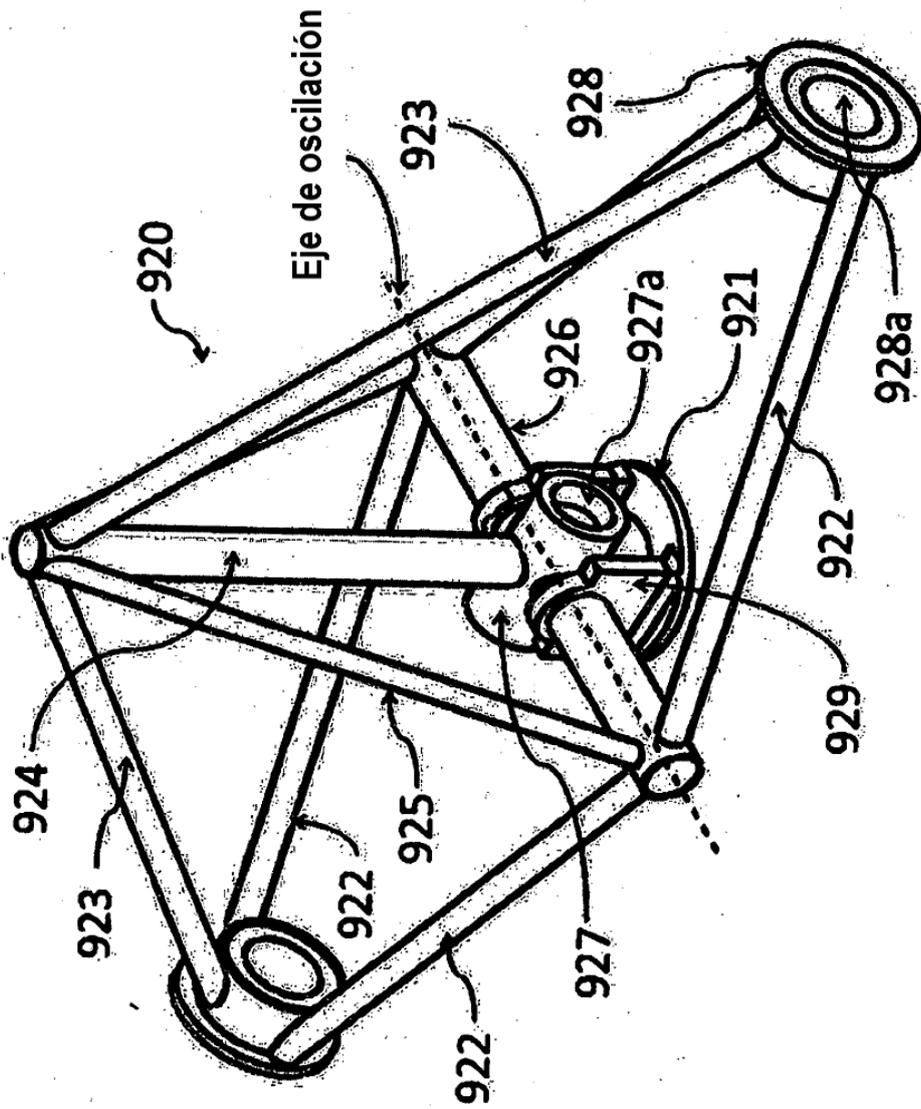


Fig. 32

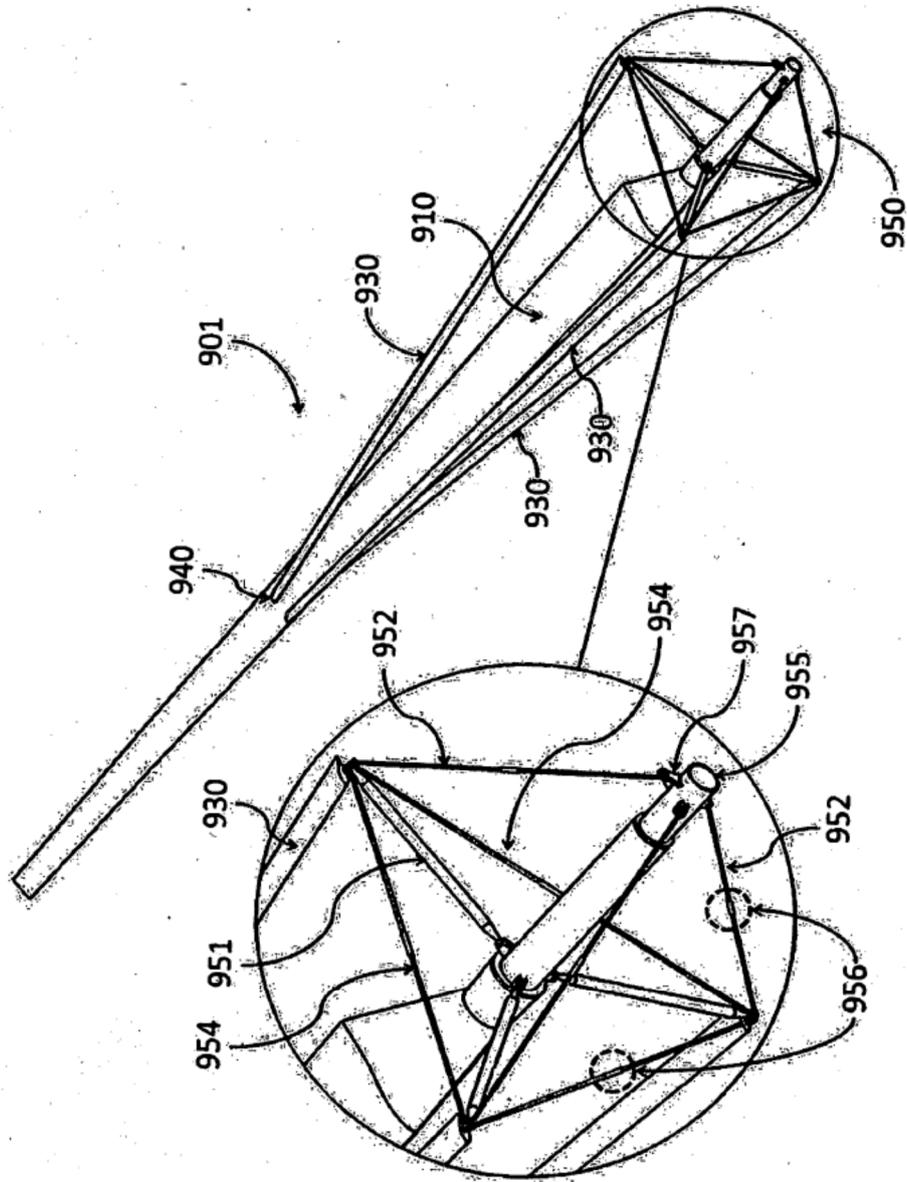


Fig. 33