

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 228 292**

51 Int. Cl.:

**F03D 11/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2001 E 01954251 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **21.05.2003 EP 1311759**

54 Título: **Conjunto de accionamiento para turbinas de viento o eólicas**

30 Prioridad:

**15.08.2000 GB 0020014**  
**23.01.2001 GB 0101715**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.02.2013**

73 Titular/es:

**ZF WIND POWER ANTWERPEN NV (100.0%)**  
**De Villermontstraat 9**  
**2550 Kontich , BE**

72 Inventor/es:

**FLAMANG, PETER;**  
**DE WILDE, MARCEL y**  
**BOGAERT, ROGER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 228 292 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

Conjunto de accionamiento para turbinas de viento o eólicas

El invento se refiere a un conjunto de accionamiento y a una unidad de transmisión por engranajes para una turbina de viento o eólica.

5 Existe una demanda continuada para turbinas de viento mayores especialmente para lugares alejados de la costa debido a la escasez de lugares apropiados y al coste de las obras civiles. Al mismo tiempo los requisitos para la reducción de tamaño y peso de las máquinas y sus componentes resultan cada vez más importantes. Típicamente un rotor de una turbina de viento acciona el árbol de velocidad baja de una unidad de transmisión por engranajes, que transforma el par y la velocidad del rotor al par y velocidad requeridos de un generador eléctrico.

10 La integración de los componentes en una turbina de viento es una forma de reducir el peso y hacer el conjunto de accionamiento más compacto, pero es importante que el diseño y la ejecución del conjunto de accionamiento evite la interferencia mutua de las cargas externas e internas de los diferentes componentes. También es importante que la construcción de un conjunto de accionamiento integrado permita que se consiga una lubricación efectiva económica y fiablemente.

15 Los documentos WO 96/11.338 y EP 0.811.764 describen un conjunto de accionamiento para una turbina de viento. Estos conjuntos de accionamiento pueden aún ser mejorados por las enseñanzas del presente invento con el fin de aumentar la compacidad y reducir el peso.

En el documento US 3.792.629 se ha descrito un reductor de velocidad, que sin embargo no es adecuado para usar en una turbina de viento.

20 El presente invento busca proporcionar un conjunto de accionamiento mejorado y una unidad de transmisión por engranajes mejorada para una turbina de viento y que permita una integración ventajosa de componentes.

De acuerdo con un aspecto del presente invento un conjunto de accionamiento para una turbina de viento comprende un cubo del rotor, una estructura de soporte tal como una barquilla de turbina, una unidad de transmisión por engranajes de tipo planetario que comprenden un planeta (o sol), ruedas satélite y un engranaje anular y un porta-satélites, estando asegurado dicho engranaje anular de forma no giratoria a dicha estructura de soporte, un cojinete principal que soporta giratoriamente el cubo del rotor y el porta-satélites con relación a dicho engranaje anular y dicha estructura de soporte, y comprendiendo dicho conjunto de accionamiento dos trayectos de transmisión de fuerza sustancialmente independientes para la transmisión de fuerzas que reaccionan con las fuerzas ejercidas por el cubo del rotor de la turbina de viento, actuando un primero de dichos trayectos de transmisión de fuerza desde el cubo del rotor a través del cojinete principal a la estructura de soporte principalmente para la transmisión de fuerzas de carga en voladizo y fuerzas de momento de flexión o momento flector y actuando un segundo de dichos trayectos de transmisión de fuerza desde el cubo del rotor a través de dicho porta-satélites principalmente para transmisión de fuerzas rotacionales y en el que el cojinete principal, el planeta, las ruedas satélite y el engranaje anular están sustancialmente alineados entre sí como considerados en una dirección axial paralela con el eje de rotación del porta-satélites y en el que el cojinete principal comprende una superficie de soporte anular interior cuyo diámetro es mayor que el de una superficie dentada del engranaje anular.

De acuerdo con otro aspecto del presente invento una unidad de transmisión por engranajes para usar en una turbina de viento para transmitir fuerzas desde un cubo del rotor a un generador comprende una unidad de transmisión por engranajes de tipo planetario que comprenden un planeta, ruedas satélite y un engranaje anular y un porta-satélites, estando adaptado dicho engranaje anular para asegurarse de forma no giratoria a una estructura de soporte tal como una barquilla de turbina, un cojinete principal que soporta giratoriamente el porta-satélites y está adaptado para soportar giratoriamente un cubo de rotor con relación a dicho engranaje anular y dicha estructura de soporte, y comprendiendo dicha unidad de transmisión por engranajes dos trayectos de transmisión de fuerza sustancialmente independientes para transmisión de fuerzas que reaccionan en uso con las fuerzas ejercidas por el cubo del rotor de la turbina de viento, actuando un primero de dichos trayectos de transmisión de fuerza a través de dicho cojinete principal a la estructura de soporte principalmente para la transmisión de fuerzas de carga en voladizo y fuerzas de momento de flexión y actuando un segundo de dichos trayectos de transmisión de fuerzas cuando mediante dicho porta-satélites principalmente para la transmisión de fuerzas rotacionales.

Por consiguiente, el invento enseña que las fuerzas de carga en voladizo y los momentos de flexión del rotor son tomados por un cojinete que está conectado directamente a las partes estacionarias en lugar de a la parte de baja velocidad de transmisión del par de la unidad de engranajes.

Preferiblemente, como se ha considerado en una dirección axial paralela con el eje de rotación del porta-satélites, dicho cojinete principal se encuentra en una posición sustancialmente alineada axialmente con la parte axial de al menos el engranaje anular de la unidad de transmisión por engranajes.

55 Preferiblemente el planeta, las ruedas satélite y el engranaje anular se encuentran en un plano transversal (perpendicular al eje de rotación de dichas fuerzas rotacionales) que también contiene dicho cojinete principal.

Otras características preferidas son que el cojinete principal comprende una superficie de soporte anular interior de un diámetro mayor que el de la superficie dentada del engranaje anular, y que en todas las posiciones radiales hacia dentro de la estructura dentada del engranaje anular el segundo trayecto de transmisión de fuerza es sustancialmente independiente del primer trayecto de transmisión de fuerza.

- 5 Se prefiere además que el segundo de dichos trayectos de transmisión de fuerza comprenda un miembro de transmisión de par que se extiende radialmente que es rígido a torsión pero relativamente flexible en una dirección axial paralela con el eje alrededor del cual actúan las fuerzas rotación por lo que el movimiento del cubo como consecuencia de las fuerzas de flexión es acomodado al menos en parte por deformación del miembro de transmisión de par. El miembro de transmisión de par aísla por ello la unidad de transmisión por engranajes de los efectos potencialmente dañinos de deformaciones por flexión experimentadas por el cubo del rotor con relación al eje de rotación principal de la unidad de transmisión por engranajes.

10 El presente invento proporciona por consiguiente, en otro de sus aspectos, un conjunto de accionamiento en el que el cojinete del rotor principal y la unidad de transmisión por engranajes para una turbina de viento son de una construcción integrada. El cubo del rotor de la turbina de viento está preferiblemente conectado al anillo exterior del cojinete principal. El anillo interior del cojinete está soportado preferiblemente por, y puede estar directamente montado sobre, el engranaje anular de la etapa de engranaje planetario, o en una pestaña o faldón que conecta el engranaje anular a la estructura de soporte. En una construcción alternativa el engranaje anular puede proporcionar una superficie de soporte para componentes de soporte giratorios del cojinete principal.

15 El engranaje anular puede proporcionar localizaciones axial y radial para el cojinete principal. El engranaje anular puede tener una superficie radialmente exterior de un perfil escalonado para definir un resalte o escalón para la localización axial de un anillo de cojinete interior del cojinete principal. El anillo de cojinete interior puede estar asegurado axialmente entre el dicho resalte y dicha estructura de soporte.

20 El engranaje anular puede estar provisto con un anillo de refuerzo, y dicho anillo de refuerzo pues de extenderse axial y/o radialmente más allá de la superficie dentada del engranaje anular. Dicho anillo de refuerzo puede proporcionar una localización axial del cojinete principal.

25 El cojinete principal puede comprender un cojinete cónico doble, y dicho cojinete cónico doble puede comprender un único anillo de cojinete exterior. El cubo del rotor puede estar asegurado rígidamente con relación a dicho único anillo de cojinete exterior. El cojinete cónico doble puede comprender rodillos dispuestos en una configuración en O en la que los rodillos de una serie aumentan de diámetro en una dirección que se aleja de los rodillos de las otras series del par.

Aún en otro de sus aspectos el presente invento proporciona una turbina de viento que comprende rotores, un generador y un conjunto de accionamiento de un tipo de acuerdo con el presente invento.

La unidad de transmisión por engranajes, por ejemplo un alojamiento de la misma, puede estar dispuesto para soportar un generador eléctrico.

- 35 A continuación serán descritas realizaciones del invento, a modo de ejemplo sólo, con referencia a los dibujos diagramáticos adjuntos en los que:

La fig. 1 es una vista en alzado de una turbina de viento que tiene un conjunto de accionamiento del presente invento;

40 La fig. 2 es una vista de sección de parte de una unidad de transmisión por engranajes de acuerdo con el presente invento;

La fig. 3 muestra parte de la fig. 2 con más detalle;

Las figs. 4, 5 y 6 muestran cada una variaciones de la construcción de las figs. 2 y 3;

La fig. 7 muestra parte de la figura 6 con más detalle; y

Las figs. 8 y 9 muestran cada una otras variaciones de la construcción de las figs. 2 y 3;

- 45 Una turbina de viento 10 (véase fig. 1) comprende una unidad 11 de transmisión por engranajes que actúa para transmitir un par desde los álabes 12 del rotor y el cubo 14 del rotor a un generador eléctrico 13, comprendiendo la unidad de transmisión por engranajes una unidad de engranaje epicíclico. La unidad de transmisión por engranajes y el generador están alojados y soportados en una barquilla 15.

50 La unidad 11 de transmisión por engranajes es descrita a continuación con más detalle con referencia a las figs. 2 y 3. La unidad 11 de transmisión por engranajes comprende una unidad de engranaje epicíclico que tienen cuatro ruedas satélites 25, un piñón planeta 27, un porta-satélites 28, y un engranaje anular 24 que está montado de forma no giratoria con relación a la estructura de barquilla 15.

El piñón planeta está conectado a un árbol de salida (no mostrado) que conecta bien a otra unidad de engranajes o directamente al rotor 13 del generador.

La superficie radialmente exterior 29 del engranaje anular 24 proporciona localización y soporte para el anillo interior 30 de un cojinete principal 23.

- 5 El anillo exterior 31 del cojinete principal tiene asegurado al mismo el cubo 14 del rotor y, interpuesto entre el cubo del rotor y el anillo 31, la región exterior 22 del porta-satélites 28.

10 El porta-satélites 28 comprende cuatro espárragos 26 de soporte de cojinete espaciados circunferencialmente de manera uniforme para situar los cojinetes 32 que soportan giratoriamente las cuatro ruedas satélite 25. El porta-satélites 28 tiene una región anular 33 que se extiende radialmente entre la posición radial de los espárragos 26 de cojinete y la región exterior 22 y está diseñado para ser relativamente rígido, en una dirección circunferencial alrededor del eje Y, para transmisión del par entre la región 22 y los espárragos 26 de cojinete, pero para ser relativamente flexibles alrededor de los ejes X y Z.

15 En la construcción antes descrita el par en que actúa sobre el cubo 14 del rotor bajo acción de los álabes 12 del rotor es transmitido a las ruedas satélite 25 a través del porta-satélites 28 montado giratoriamente en su región exterior 22 al anillo exterior 31 del cojinete 23. Los momentos de flexión y las fuerzas axiales en la dirección Y ejercidas por el cubo del rotor en esta construcción son transmitidos directamente al cojinete 23. La flexibilidad de la parte anular 33 del porta-satélites 28 ayuda sustancialmente a aislar aquellas fuerzas de las ruedas satélite.

20 La fig. 4 muestra una variación 40 en la que el porta-satélites 41 está provisto con tres espárragos 42 integrales y espaciados circunferencialmente de forma uniforme que soportan una placa 43 del bogie de satélite. La placa 43 del bogie de satélite proporciona soporte para tres árboles 44 espaciados circunferencialmente de forma uniforme dispuestos cada uno para ajustarse por sí mismos en posición angular sobre la placa 43. Cada árbol 44 proporciona soporte, en lados opuestos de la placa 43, para un par de cojinetes 45, 46 alrededor de los cuales cada uno de un par de ruedas satélite 47, 48 están montados giratoriamente para engranar con el engranaje anular 49.

25 En otra variación 50, mostrada en la fig. 5, El porta-satélites 56 es de diseño de tipo jaula. En esta construcción cada uno de los tres árboles 51 de soporte que soportan el satélite está soportado en un extremo axial 52 por la parte 53 del porta-satélites que se extiende radialmente hacia fuera para ser soportada por el anillo exterior del cojinete principal 54 mientras el otro extremo 55 está soportado por una placa 57 de accionamiento auxiliar llevada por tres soportes 58 espaciados circunferencialmente de manera uniforme previstos en posiciones interpuestas circunferencialmente entre los árboles 51. La placa 57 está provista con una abertura central 59 a la que se extiende un árbol de salida 60 desde el planeta 61.

30 La fig. 6 muestra otra variación de la construcción de las figs. 2 y 3. En esta construcción el porta-satélites está construido sustancialmente de manera similar al que se ha descrito con referencia a la fig. 5. Sin embargo el engranaje anular 63 difiere en tanto que parte de la periferia exterior del engranaje está rodeada por un anillo 64 de soporte de refuerzo. El anillo de refuerzo está o bien formado integralmente por ejemplo por laminación en forja, con el anillo exterior 63 o bien está permanentemente asegurado al mismo, por ejemplo estando fijado por contracción al mismo. La presencia del anillo de soporte, previsto axialmente en una posición espaciada de la estructura de barquilla 15 proporciona una superficie de tope 65 para la localización axial del anillo interior del cojinete principal 66. El cojinete principal 66 puede ser un cojinete cónico doble, mostrado con más detalle en la fig. 7. El cojinete principal comprende un anillo interior de una construcción hendida que comprende dos anillos cónicos 67. El cojinete comprende adicionalmente un único anillo exterior 68 de forma cónica doble.

35 Se ha mostrado en la fig. 8 otra variación de la construcción de las figs. 2 y 3. En esta construcción 80 el anillo interior del cojinete principal 81 del rotor contrasta con las construcciones antes descritas en tanto en cuanto no está directamente montado o soportado por el engranaje anular 82. En su lugar, el anillo interior del cojinete 81 está soportado por un conjunto de pestaña o faldón 83 asegurado a la estructura de barquilla 15. En la construcción 90 de la fig. 9, el anillo interior del cojinete que está conectado sustancialmente de forma directa a la estructura de barquilla 15 en la posición 91.

40 Mientras las construcciones de las figs. 8 y 9 muestran que el anillo interior del cojinete principal está asegurado de manera no giratoria con relación a la estructura de barquilla 15, debe comprenderse que el anillo exterior del cojinete principal puede estar asegurado a la estructura de barquilla y que el cubo del rotor y el porta-satélites pueden estar soportados giratoriamente por el anillo interior del cojinete.

45 En las construcciones antes mencionadas el piñón planeta, las ruedas satélite y el engranaje anular están todos sustancialmente alineados entre sí cuando se considera en una dirección axial paralela con el eje de rotación del porta-satélites. Otra característica común a las realizaciones descritas del invento es que el cojinete principal comprende una superficie de cojinete de anillo interior cuyo diámetro es mayor que el de la superficie dentada del engranaje anular. La unión sustancialmente directa del cubo del rotor al cojinete principal da como resultado la provisión de un trayecto de transmisión de par que en todas las posiciones radiales hacia dentro de la superficie de entrada del engranaje anular es sustancialmente independiente del trayecto de transmisión de fuerzas por lo que las

fuerzas de flexión y otras distintas de aquellas que causan la rotación sobre el eje rotacional Y, son transmitidas a la estructura de soporte de barquilla.

5 Un beneficio que se obtiene del conjunto de accionamiento, y de la unidad de transmisión por engranajes del presente invento cuando es utilizado en una turbina de viento es que las cargas en voladizo generadas por los álabes del rotor de la turbina de viento tienen sólo un efecto mínimo sobre los componentes de accionamiento planetario y sobre el contacto de engranaje de la etapa de engranaje planetario. Esto permite una potencia nominal aumentada de la unidad de transmisión por engranajes o una reducción de dimensión para una potencia nominal dada comparado con construcciones conocidas hasta ahora. Ha de apreciarse también que las fuerzas generadas en el engranaje de los satélites tiene sólo un efecto mínimo sobre la distribución de cargas sobre los rodillos de cojinete en el cojinete principal, aumentando así la capacidad de carga del cojinete principal o permitiendo la reducción de dimensiones de dicho cojinete para una capacidad de carga dada.

10

## REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de accionamiento para una turbina de viento o eólica que comprende un cubo (14) del rotor, una estructura de soporte de tal como una barquilla (15) de turbina, una unidad (11) de transmisión por engranajes de tipo planetario o epicicloidal que comprende un piñón planeta (o sol) (27), ruedas satélite (25) y un engranaje anular (24) y un porta-satélites (28), estando asegurado dicho engranaje anular (24) de forma no giratoria a dicha estructura de soporte (15), y un cojinete principal (23) que soporta de forma giratoria el cubo (14) del rotor y el porta-satélites (28) con relación a dicho engranaje de anillo y estructura de soporte, caracterizado porque dicho conjunto de accionamiento comprende dos trayectos de transmisión de fuerza sustancialmente independientes para la transmisión de fuerzas que reaccionan con fuerzas ejercidas por el cubo del rotor de la turbina de viento, actuando un primero de dichos trayectos de transmisión de fuerza desde el cubo (14) del rotor a través de dicho cojinete principal (23) a la estructura de soporte (15) principalmente para la transmisión de fuerzas de carga en voladizo y fuerzas de momento de flexión y actuando un segundo de dichos trayectos de transmisión de fuerzas desde el cubo (14) del rotor a través de dicho porta-satélites (28) principalmente para la transmisión de fuerzas rotacionales, en el que el cojinete principal (23), el piñón planeta (27), las ruedas satélite (25) y el engranaje anular (24) están sustancialmente alineados entre sí cuando se considera en una dirección axial paralela con el eje de rotación (Y) del porta-satélites (28) y en el que el cojinete principal (23) comprende una superficie de soporte de anillo interior cuyo diámetro es mayor que el de una superficie dentada del engranaje de anillo (23).
2. Un conjunto de accionamiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el anillo exterior (31) del cojinete principal (23) está conectado o adaptado para su conexión al cubo (14) del rotor.
3. Un conjunto de accionamiento según las reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque un anillo interior (30) del cojinete principal está soportado por el engranaje de anillo (24).
4. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el piñón planeta (27), las ruedas satélite (25) y el engranaje anular (24) se encuentran en un plano trasversal que contiene dicho cojinete principal (23).
5. Un conjunto de accionamiento según las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque el porta-satélites (28) está montado en su región exterior (22) al anillo exterior (31) del cojinete principal (23).
6. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el porta-satélites (28) comprende espárragos (26) de soporte de cojinete espaciados circunferencialmente de manera uniforme para posicionar cojinetes (32) que soportan las ruedas satélite (25), el porta-satélites (28) que tiene adicionalmente una región anular (33) que se extiende radialmente entre la posición radial de los espárragos (26) de cojinete y la región exterior (22) del porta-satélites (28), cuya región anular (33) es relativamente rígida en una dirección circunferencial alrededor del eje rotacional (Y), pero relativamente flexible alrededor de un eje (X, Z) perpendicular al eje rotacional (Y).
7. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el porta-satélites (28) es de un diseño de tipo jaula.
8. Un conjunto de accionamiento según la reivindicación 7, caracterizado porque los árboles (51) de soporte del cojinete del satélite están soportados en un extremo axial (52) por la parte (53) del porta-satélites (28) que se extiende radialmente hacia fuera para ser soportada por el anillo exterior (31) del cojinete principal (23) y porque el otro extremo (55) de los árboles (51) de soporte del cojinete de satélite está soportado por una placa (57) de accionamiento auxiliar llevada por soportes (58) espaciados circunferencialmente de manera uniforme previstos en posiciones interpuestas circunferencialmente entre los árboles (51).
9. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el porta-satélites (41) está provisto con espárragos espaciados circunferencialmente de manera uniforme que soportan una placa (43) de bogie de satélite, proporcionando la placa (43) de bogie de satélite soportes para árboles (44) espaciados circunferencialmente de manera uniforme dispuestos cada uno para ajustarse por sí mismos en posición angular sobre la placa (43) de bogie.
10. Un conjunto de accionamiento según la reivindicación 9, caracterizado porque cada uno de dichos árboles (44) proporciona soporte, en lados opuestos de la placa (43) de bogie, para un par de cojinetes (45, 46) alrededor de los cuales cada uno de un par de ruedas satélite (47, 48) están montados giratoriamente para engranar con el engranaje de anillo (49).
11. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el engranaje de anillo está provisto con un anillo de refuerzo (64).
12. Un conjunto de accionamiento según la reivindicación 11, caracterizado porque dicho anillo de refuerzo (64) se extiende axial y radialmente más allá de la superficie dentada del engranaje de anillo (24).
13. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el cojinete

principal (81) está montado sobre una pestaña (83) que conecta el engranaje de anillo (24) a la estructura de soporte (15).

5 14. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el engranaje de anillo (24) proporciona una superficie de soporte para componentes de cojinete giratorio del cojinete principal (23).

15. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 14, caracterizado porque el engranaje de anillo (63) tiene una superficie radialmente exterior de un perfil escalonado para definir un resalte o escalón (65) para la localización axial del anillo interior del cojinete principal (66) entre dicho resalte o escalón (65) y dicha estructura de soporte (15).

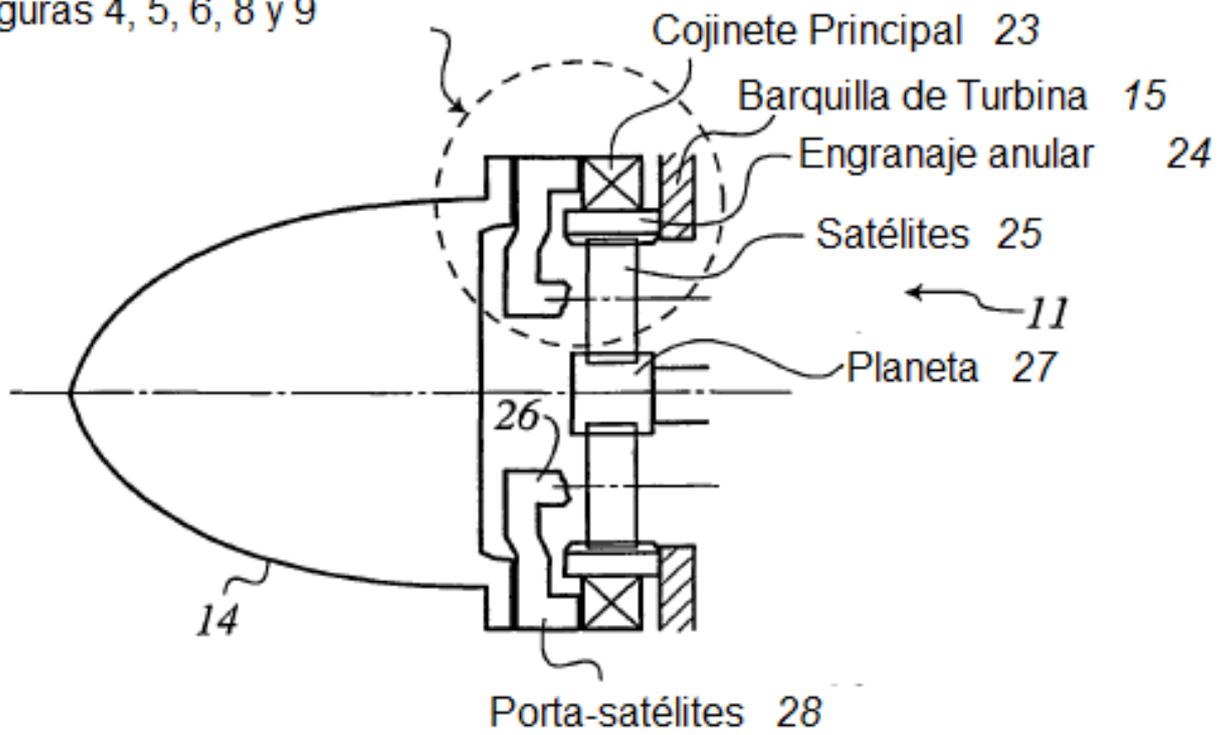
10 16. Un conjunto de accionamiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el cojinete principal (66) comprende un cojinete de rodillo de doble conicidad.

17. Un conjunto de accionamiento según la reivindicación 16, caracterizado porque el cojinete de rodillo de doble conicidad (66) comprende un único anillo de cojinete exterior (68).

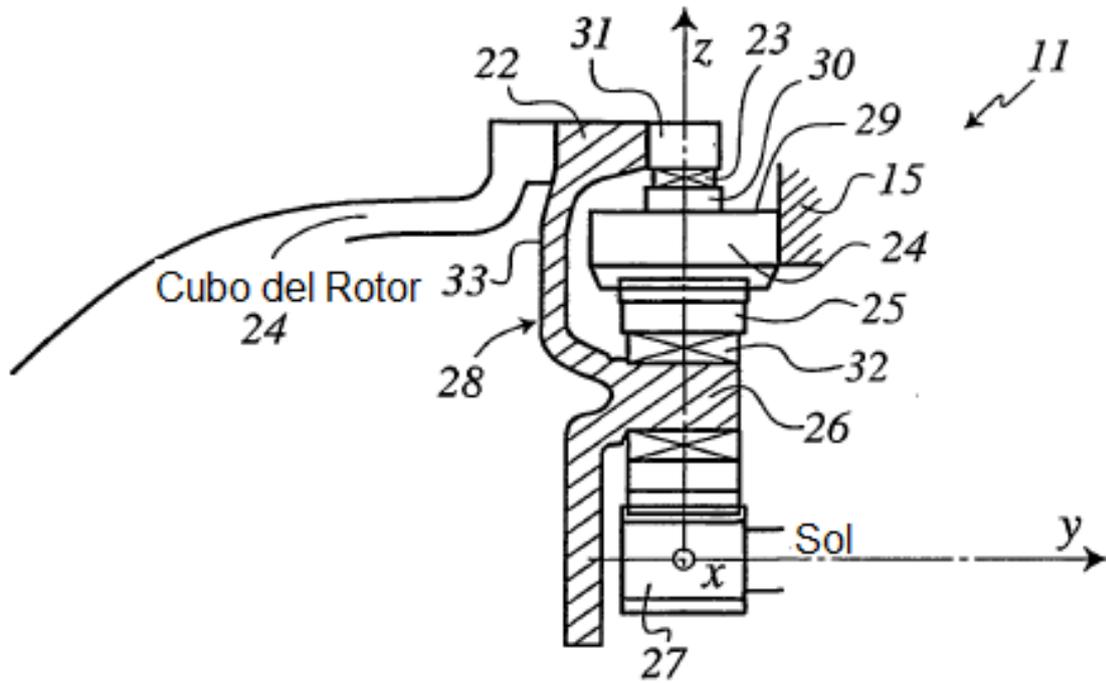
15 18. Un conjunto de accionamiento según la reivindicación 17, caracterizado porque el cubo (14) del rotor está asegurado rígidamente con relación a dicho único anillo de cojinete exterior (68).



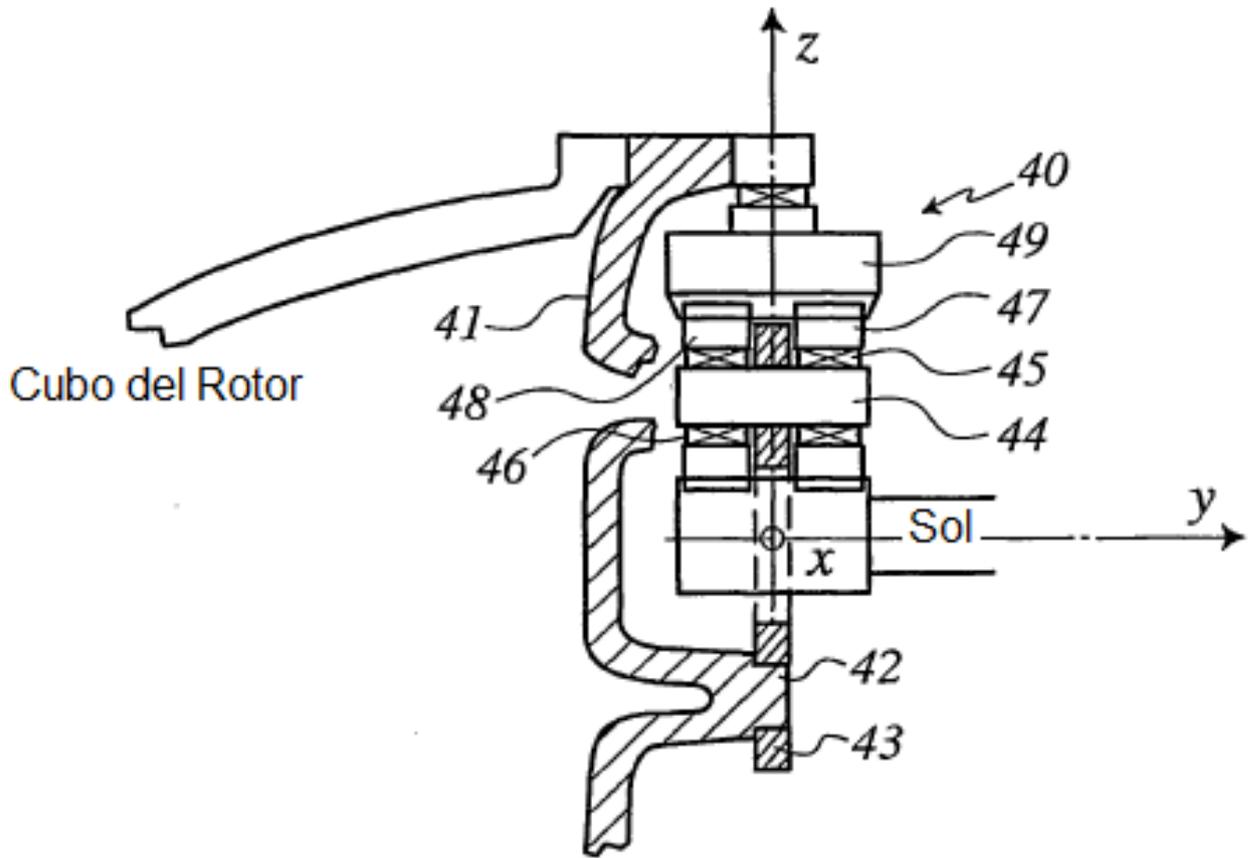
Detalles alternativos en las Figuras 4, 5, 6, 8 y 9



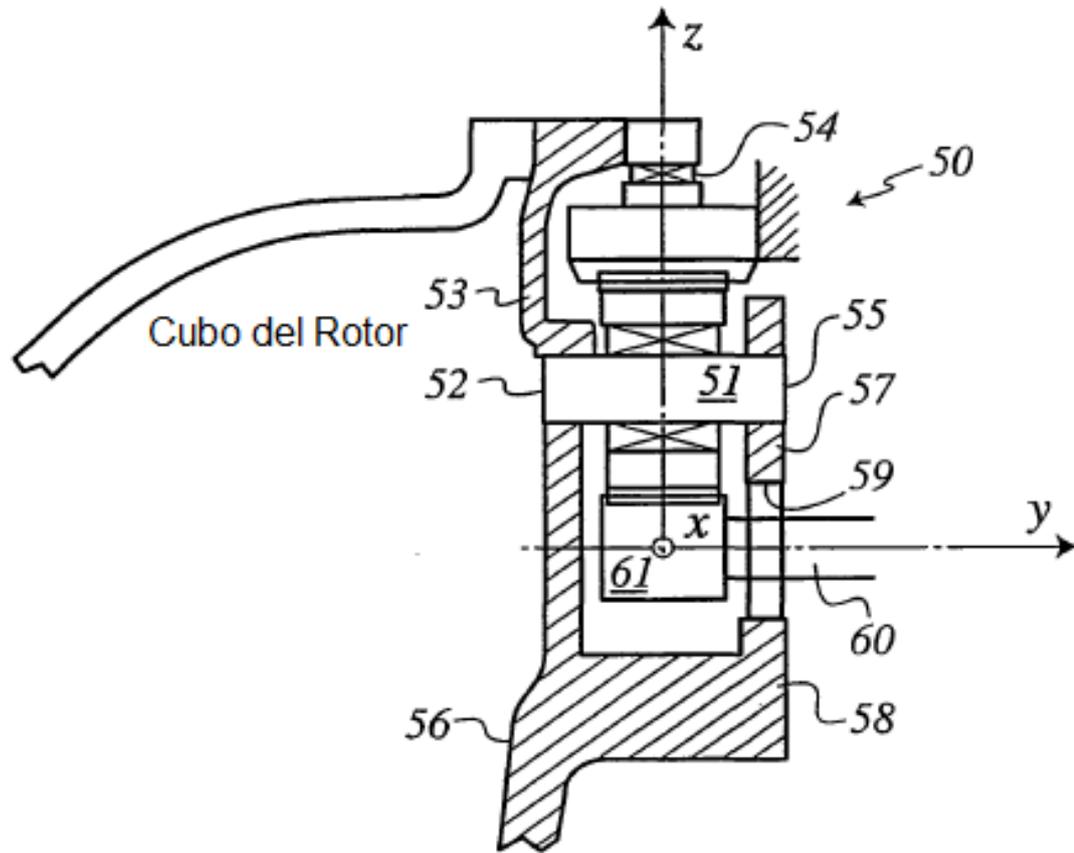
**FIG. 2**



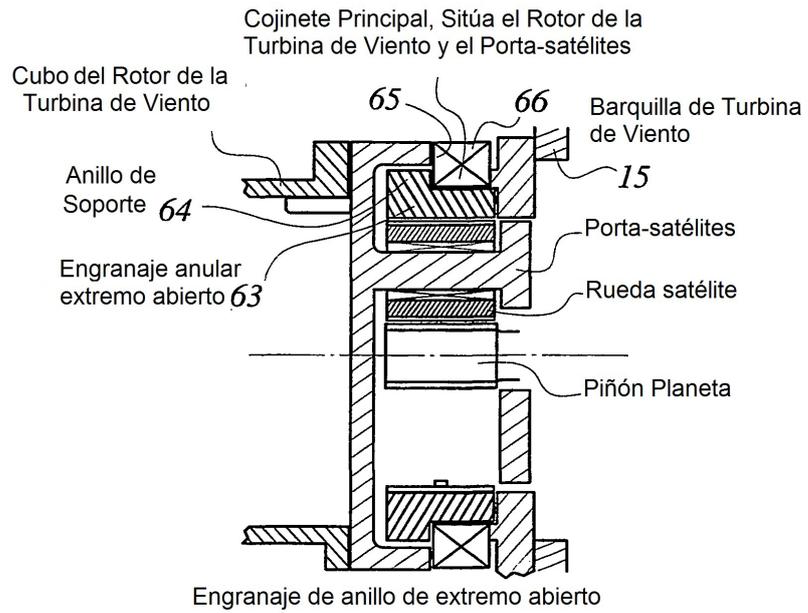
**FIG. 3**



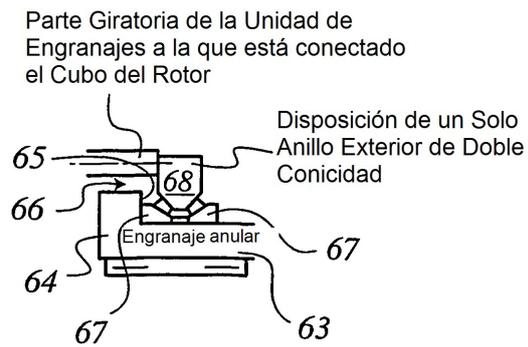
**FIG. 4**



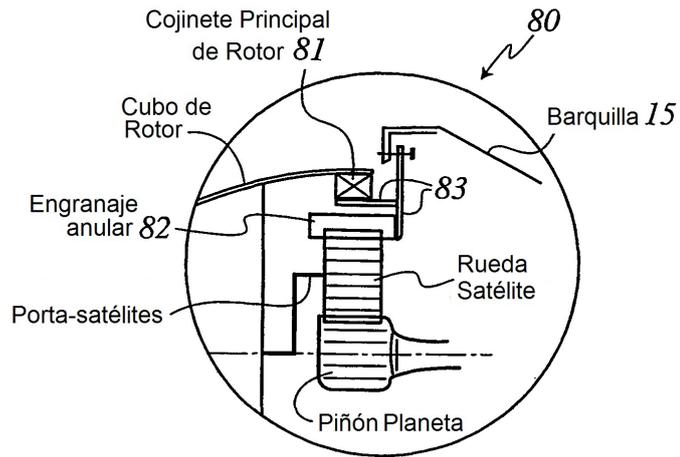
**FIG. 5**



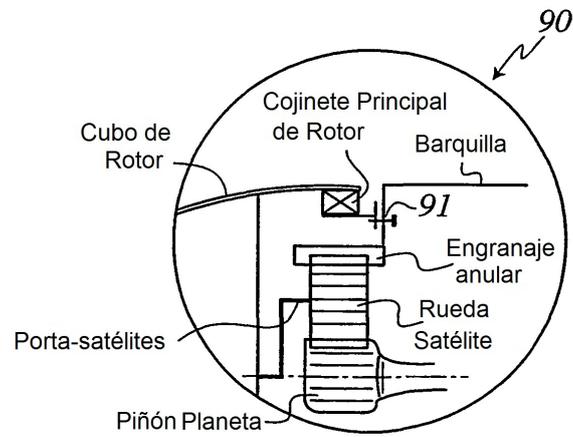
**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**