

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 332**

51 Int. Cl.:

**F16H 1/28** (2006.01)

**F16C 23/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2013** **E 13197574 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016** **EP 2884102**

54 Título: **Caja de engranajes para una instalación de energía eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.05.2017**

73 Titular/es:

**AREVA WIND GMBH (100.0%)**  
**Am Lunedeich 156**  
**27572 Bremerhaven, DE**

72 Inventor/es:

**MEIMANN, VALENTIN**

74 Agente/Representante:

**PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén**

**ES 2 612 332 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**

Caja de engranajes para una instalación de energía eólica

**5 Campo de la invención**

La invención se refiere a una caja de engranajes de una instalación de energía eólica. La invención también se refiere a un tren de accionamiento de una instalación de energía eólica con una caja de engranajes y a una instalación de energía eólica con una caja de engranajes.

10

**Antecedentes de la invención**

Los cojinetes esféricos (también conocidos como cojinetes de copa) proporcionan un montaje cardánico o articulado de una pieza rotatoria, por ejemplo, de un árbol de un engranaje. El movimiento del árbol se reduce a rotación. A fin de montar el árbol en dirección axial, el cojinete esférico hace las veces de cojinete de empuje biaxial. A tal efecto, una rótula del cojinete esférico puede ser lo suficientemente grande como para rodear la cabeza esférica del cojinete. Según un diseño alternativo, un cojinete esférico puede comprender dos rótulas opuestas, que limitan el movimiento de la cabeza esférica a un movimiento rotatorio. Un tercer concepto de diseño comúnmente conocido aplica dos cojinetes esféricos independientes que forman un juego de cojinetes que limita el movimiento de la cabeza esférica en dirección axial. Los hemisferios de las dos rótulas opuestas normalmente están dispuestos para que tengan un centro común, a fin de permitir una ligera inclinación del eje de rotación del árbol.

15

20

25

Los cojinetes esféricos tienen numerosas aplicaciones. Entre estas, una posible aplicación es el montaje de un árbol en un engranaje planetario. Además, los engranajes planetarios se pueden aplicar en el tren de accionamiento de un aerogenerador (también conocido como instalación de energía eólica o turbina eólica). No obstante, en particular en los engranajes planetarios, puede haber un espacio reducido para los cojinetes.

30

Cajas de engranajes de ejemplo se describen en el documento US 6.117.036, para un vehículo que tiene un modo de accionamiento en las cuatro ruedas, y en el documento EP 2275705 A1, para un aerogenerador. Dichas cajas de engranajes comprenden engranajes de corte helicoidal opuesto para compensar las fuerzas axiales.

35

**Sumario de la invención**

Un objetivo de la invención es proporcionar una caja de engranajes que permita simplificar los requisitos de los cojinetes de un árbol de una caja de engranajes.

40

El objetivo de la invención se logra con el objeto de la reivindicación 1. En un aspecto de la invención, se proporciona una caja de engranajes para una turbina eólica. De manera ventajosa, la caja de engranajes puede comprender al menos un engranaje planetario de una etapa. La caja de engranajes también puede comprender varias etapas. El engranaje planetario puede comprender un árbol central y un piñón central. El árbol central y el piñón central se pueden acoplar entre sí por medio de un engranaje de acoplamiento. El engranaje planetario puede comprender además una rueda dentada planetaria. La rueda dentada planetaria se puede acoplar al piñón central por medio de un engranaje de accionamiento. El engranaje de accionamiento tiene un primer corte helicoidal. El primer corte helicoidal puede, por lo tanto, generar una primera fuerza axial en la dirección del árbol central (es decir, paralela a la dirección axial longitudinal del árbol) durante el funcionamiento (es decir, cuando la caja de engranajes se acciona de manera que roten los componentes). El engranaje de acoplamiento puede tener un segundo corte helicoidal. El segundo corte helicoidal puede generar una segunda fuerza axial en la dirección opuesta del árbol central, durante el funcionamiento. Por lo tanto, de manera ventajosa, la segunda fuerza axial puede compensar, al menos parcialmente la primera fuerza axial. Tanto la primera fuerza axial como la segunda fuerza axial tienen efecto en el piñón central, lo que significa que la compensación de las fuerzas realmente se produce en el piñón central.

45

50

55

Una caja de engranajes configurada según se ha descrito anteriormente reduce la fuerza total inducida al árbol o árbol central y, por lo tanto, se puede equipar con cojinetes de empuje diseñados para fuerzas inferiores. La fuerza reducida resultante también prevé que no haya holgura de engranaje durante el frenado de la turbina. Asimismo, se pueden simplificar otros medios de fijación o sujeción (por ejemplo, los tornillos que fijan el árbol o árbol central). Si los medios de fijación o sujeción se mantienen inalterados, puede aumentar el margen de seguridad de dichos medios.

60

Es decir, se puede proporcionar una caja de engranajes para una turbina eólica que tenga al menos un engranaje planetario de una etapa. Un generador puede estar conectado a la caja de engranajes a través de

5 un árbol central. Por lo tanto, la caja de engranajes puede tener una fuerza axial resultante predeterminada en el árbol central a potencia nominal de la turbina eólica. La caja de engranajes también puede tener un cojinete de empuje axial correspondiente en el extremo correspondiente del árbol central. Se pueden usar dos engranajes helicoidales con inclinación opuesta. Los engranajes helicoidales coinciden de tal manera que las fuerzas resultantes tienden a compensarse en cierta medida y la fuerza resultante restante (reducida) tiene una dirección predeterminada.

10 En otro aspecto de la invención, se puede elegir una inclinación (o ángulo) del primer corte helicoidal y una inclinación del segundo corte helicoidal de manera que la primera fuerza axial sea mayor que la segunda fuerza axial. De manera ventajosa, la primera fuerza axial puede ser un diez por ciento, o menos, mayor que la segunda fuerza. Este aspecto de la invención prevé que la primera fuerza axial no se compense totalmente. La fuerza resultante restante empuja de manera continua el árbol o árbol central en una dirección determinada durante el funcionamiento. Si la fuerza resultante no es demasiado reducida, se puede garantizar que incluso en condiciones de funcionamiento anómalas, el árbol o árbol central siempre se empuje en la misma dirección.

15 En una forma de realización de la invención, la primera fuerza axial puede ser de 1 kN a 10 kN mayor que la segunda fuerza axial. Un valor ventajoso, en esta forma de realización, puede ser 5 kN.

20 En un aspecto ventajoso de la invención, la caja de engranajes puede comprender un segundo engranaje de acoplamiento. El segundo engranaje de acoplamiento puede estar provisto entre el árbol o el árbol central y un árbol de salida de la caja de engranajes. El primer engranaje de acoplamiento y el segundo engranaje de acoplamiento pueden, por lo tanto, estar dispuestos cerca del árbol o árbol central o en extremos opuestos. El segundo engranaje de acoplamiento puede, por lo tanto, proporcionar una tercera fuerza axial en la dirección axial del árbol o árbol central. La dirección puede, además, ser opuesta a la dirección de la segunda fuerza axial. Este aspecto prevé que las fuerzas del árbol central se compensen.

30 De manera ventajosa, el segundo engranaje de acoplamiento se puede dimensionar de manera idéntica al primer engranaje de acoplamiento. Esto prevé que la misma fuerza axial incida en el árbol desde ambos extremos, pero en direcciones opuestas. Es decir, la tercera fuerza axial puede, por lo tanto, tener la misma magnitud que la segunda fuerza axial.

35 Además, la caja de engranajes puede comprender un cojinete de empuje. El cojinete de empuje puede ser un cojinete biaxial y/o cojinete esférico. Esto proporciona un montaje cardánico o articulado biaxial del árbol y garantiza que el cojinete biaxial pueda levantar cargas, que se diferencien ligeramente de una simple carga axial.

40 La invención también proporciona un tren de accionamiento de una instalación de energía eólica que comprende una caja de engranajes según los aspectos y formas de realización de la invención.

40 La invención también proporciona una instalación de energía eólica que comprende una caja de engranajes según los aspectos y formas de realización de la invención.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Otros aspectos y características de la invención se derivarán de la siguiente descripción de formas de realización preferentes de la invención en relación con los dibujos adjuntos, en los que

50 la figura 1 muestra un dibujo simplificado de un aerogenerador según una forma de realización de la invención

la figura 2 muestra un tren de accionamiento simplificado de un aerogenerador según una forma de realización de la invención,

55 la figura 3 es una vista en perspectiva simplificada que muestra una caja de engranajes (engranaje planetario) según una forma de realización de la invención,

60 la figura 4 es una sección transversal detallada simplificada que muestra un árbol central de un engranaje planetario, que está montado usando un par antagónico de cojinetes de empuje según una forma de realización de la invención,

la figura 5 muestra, en más detalle, un cojinete de empuje esférico de la forma de realización de la figura 4,

la figura 6 es una vista transversal simplificada de una forma de realización de la invención y

la figura 7 es un diagrama simplificado que ilustra aspectos de la invención.

**Descripción detallada de una forma de realización de ejemplo**

5 La figura 1 muestra un aerogenerador simplificado 2 según una forma de realización de la invención. El aerogenerador 2 comprende una estructura de soporte 4, que está apoyada sobre una base adecuada en el mar 6. Sólo a modo de ejemplo, la instalación de energía eólica 2 es un aerogenerador instalado en el mar. Una góndola (no visible) está dispuesta en la parte superior de la estructura de soporte 4, que puede ser, por ejemplo, una torre. Un buje de rotor 8 que tiene una pluralidad de palas de rotor 10 está acoplado a un árbol principal 72 de un tren de accionamiento 70.

15 En la figura 2 se muestra un tren de accionamiento simplificado 70 según una forma de realización de la invención. El tren de accionamiento 70 puede estar dispuesto en la góndola del aerogenerador 2. El buje de rotor 8 está acoplado al árbol principal 72, que es el árbol conductor de un engranaje planetario 74. Un árbol conducido del engranaje planetario 74 acciona un árbol conducido 76 del generador 78. El tren de accionamiento 70 puede comprender el buje de rotor 8, el árbol principal 72, la caja de engranajes 74 y el árbol de salida del mismo, que es el árbol conducido 76 del generador 78.

20 La figura 3 es una vista en perspectiva simplificada de la caja de engranajes 74 (engranaje planetario) según una forma de realización de la invención. El árbol principal 72 puede estar acoplado a la caja de engranajes 74 por medio de la brida principal 80.

25 La figura 4 muestra una sección transversal detallada de una parte de la caja de engranajes 74 (engranaje planetario) según una forma de realización de la invención. El árbol central 12 (también denominado árbol de embrague) está montado usando un par de cojinetes esféricos opuestos 52, 54. El árbol central 12 puede ser un árbol hueco. Para reducir el movimiento del árbol central 12 a una simple rotación, un primer cojinete esférico 52, que comprende un primer casquillo de cojinete 14 y una primera rueda con brida 16, está dispuesto en un lateral izquierdo del árbol 12. Un segundo cojinete esférico 54, que comprende un segundo casquillo de cojinete 18 y una segunda rueda con brida 20, puede estar dispuesto en un lateral derecho del árbol 12. Los cojinetes del engranaje planetario están configurados para un funcionamiento normal o estándar del aerogenerador. Esto significa que, debido a la rotación del buje de rotor 8, el árbol principal 72 aplica un par al engranaje planetario 74, que se transfiere al generador 78 para producir energía. No obstante, en modos de funcionamiento no estándar, por ejemplo, cuando se produce un cortocircuito del generador 78, puede haber una alternancia de la carga o inversión de carga. Dicho funcionamiento inverso puede provocar estados de funcionamiento altamente dinámicos que incluyen distintas oscilaciones en el engranaje planetario. Este modo de funcionamiento puede provocar, a corto plazo sobrecargas de los engranajes y cojinetes del interior del engranaje planetario, que participan en la transmisión de potencia mecánica.

40 Hay una rueda dentada planetaria 102 (solo se muestra parcialmente), que engrana con el piñón central (o engranaje central) 15 a través de un engranaje de accionamiento 107. La rueda dentada planetaria 102 tiene un engranaje de accionamiento con un dentado que tiene un primer corte helicoidal. Un dentado helicoidal correspondiente 100 está provisto en el lateral exterior del piñón central 15. Hay además un primer engranaje de acoplamiento 106 entre el piñón central 15 y el árbol central 12. El primer engranaje de acoplamiento 106 tiene un segundo corte helicoidal. El número de referencia 101 se refiere al dentado helicoidal del piñón central 15 (lateral interior del piñón central 15). Un dentado correspondiente (sin número de referencia independiente) al dentado 101 está provisto en el lateral exterior del árbol central 12.

50 Un segundo engranaje de acoplamiento 108 está provisto en el extremo opuesto del árbol central 12. El segundo engranaje de acoplamiento 108 está situado entre el árbol central 12 y el árbol de salida 105. El número de referencia 104 se refiere al dentado helicoidal del árbol de salida 105 (lateral interior del árbol de salida 105). Un dentado correspondiente (sin número de referencia independiente) al dentado 104 está provisto en el lateral exterior del árbol central 12.

55 En condiciones de funcionamiento normales, la rueda dentada planetaria 102 acciona el árbol central 12 a través del engranaje de accionamiento 107, el piñón central 15 y el primer engranaje de acoplamiento 106. No hay movimiento relativo entre el piñón central 15 y el árbol central 12 (según se deduce del término engranaje de acoplamiento). El árbol central 12 acciona el árbol de salida 105 a través del segundo engranaje de acoplamiento 108. No hay movimiento relativo entre el árbol central 12 y el árbol de salida 105 (según se deduce del término engranaje de acoplamiento).

60 En esta forma de realización, el segundo engranaje de acoplamiento 108 y el primer engranaje de acoplamiento 106 pueden tener dimensiones idénticas.

- 5 El primer corte helicoidal del engranaje de accionamiento 107 se elige de manera que se proporcione una primera fuerza axial  $F_1$  en la dirección axial del árbol central. La primera fuerza axial  $F_1$  empuja el piñón central 15 hacia la derecha de la figura 4. El corte helicoidal del primer engranaje de acoplamiento 106 se elige de manera que se induzca una segunda fuerza axial  $F_2$  opuesta a la primera fuerza axial  $F_1$ . La segunda fuerza axial  $F_2$  también actúa en una dirección axial del árbol central 12. Esto significa que la primera fuerza axial  $F_1$  se compensa, al menos parcialmente, con la segunda fuerza axial  $F_2$ . La compensación se produce en el piñón central 15. Las fuerzas respectivas solo se inducen durante el funcionamiento de la caja de engranajes (rotación). Si la caja de engranajes se para, cesan las fuerzas.
- 10 El segundo engranaje de acoplamiento 108 induce una tercera fuerza axial  $F_3$  en el árbol central que es opuesta a la contrafuerza  $F_2'$  de la segunda fuerza que se induce en el árbol central 12 a través del primer engranaje de acoplamiento 12. Si los dos engranajes de acoplamiento 106 y 108 están dimensionados de manera idéntica, las fuerzas  $F_2'$  y  $F_3$  siempre se compensan en el árbol central 12, independientemente de las condiciones de funcionamiento.
- 15 Debido a las fuerzas compensadas, se reduce la fuerza resultante en los cojinetes de empuje 52, 54. Esto significa que dichos cojinetes 52, 54 se pueden simplificar, es decir, pueden ser más pequeños, más económicos, etc.
- 20 En la figura 5 se muestra una vista transversal más detallada del cojinete 52. Una inversión de carga en la caja de engranajes 74 puede hacer que la placa de soporte 17 se someta a una carga axial considerable. Esto requiere un margen de seguridad considerable para los tornillos 56 que se usan para montar la placa de soporte 17. Por lo tanto, normalmente, los tornillos 56 tienen mayor tamaño. Además, el impacto de la carga axial, que se debe a la carga inversa sobre las ruedas dentadas planetarias, puede variar para la pluralidad de ruedas dentadas planetarias del interior de la caja de engranajes 74. Por consiguiente, los tornillos de sujeción 56, que están dispuestos alrededor de la circunferencia del árbol 12 estarán sometidos a diferentes niveles de carga. Además, el árbol 12 puede estar ligeramente inclinado respecto al eje longitudinal inicial A tras la inversión de carga. Nuevamente, los tornillos de sujeción 56 pueden estar expuestos a diferentes niveles de carga que aumentan los requisitos de los tornillos 56. No obstante, debido a la compensación de la primera fuerza axial  $F_1$  con la segunda fuerza axial  $F_2$ , se pueden simplificar los tornillos 56 (reducir de tamaño, etc.) o, si no se cambian, aumentar el margen de seguridad.
- 25 La figura 6 es una vista transversal simplificada de una forma de realización de la invención y muestra una parte de la caja de engranajes 74 más grande que la figura 4. Se indica la primera fuerza axial  $F_1$ , la segunda fuerza axial  $F_2$ , la contrafuerza correspondiente  $F_2'$  y la tercera fuerza axial  $F_3$ , así como su contrafuerza  $F_3'$ . Se considera que la caja de engranajes funciona en condiciones de funcionamiento normales. La primera fuerza axial  $F_1$  empuja el piñón central 15 hacia la derecha. La segunda fuerza axial  $F_2$  empuja el piñón central hacia la izquierda. Ambas fuerzas tienen efecto en una dirección axial del árbol central 12 (paralela al árbol central). La fuerza axial  $F_2'$  (que en el presente documento se denomina contrafuerza respecto a  $F_2$ ) empuja el árbol central 12 hacia la derecha. La tercera fuerza axial  $F_3$  se deriva del segundo engranaje de acoplamiento 108 y es opuesta a  $F_2'$ . Esto significa que las dos fuerzas  $F_2'$  y  $F_3$  se compensan.
- 30 La figura 7 es un diagrama simplificado que ilustra aspectos de la invención. El piñón central 15 tiene un dentado interior 101 y un dentado exterior 100. El dentado exterior 100 del piñón central 15 engrana con un dentado correspondiente de la rueda dentada planetaria 102 (no se muestra). El dentado tiene una inclinación que se caracteriza por un ángulo  $\alpha$ . Por lo general, el ángulo  $\alpha$  puede ser de entre  $0^\circ$  y  $45^\circ$ ; de manera ventajosa, de entre  $0^\circ$  y  $30^\circ$ ; de manera más ventajosa, de entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$  y, de manera aún más ventajosa, de entre  $0^\circ$  y  $15^\circ$ . El ángulo real  $\alpha$ , que se muestra en los dibujos, está ampliado para ilustrar este aspecto de la invención.
- 35 En la parte derecha, se ilustran aspectos del primer y del segundo engranaje de acoplamiento 106, 108. Se muestra el dentado interior 101 del piñón central 15 que corresponde al dentado interior 104 del árbol de salida 105. El dentado tiene una inclinación que se caracteriza por un ángulo  $\beta$ . Por lo general, el ángulo  $\beta$  puede ser de entre  $0^\circ$  y  $45^\circ$ ; de manera ventajosa, de entre  $0^\circ$  y  $30^\circ$ ; de manera más ventajosa, de entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$  y, de manera aún más ventajosa, de entre  $0^\circ$  y  $15^\circ$ . El ángulo real  $\beta$ , que se muestra en los dibujos, está ampliado para ilustrar este aspecto de la invención. Esta configuración prevé que la tercera fuerza axial  $F_3$  compense  $F_2'$ .
- 40 La primera fuerza axial  $F_1$  es una función del ángulo  $\alpha$ :  $F_1 = f(\alpha, \dots)$  (y de otros parámetros que no se analizan en detalle en el presente documento). La segunda fuerza axial  $F_2$  es una función del ángulo  $\beta$ :  $F_2 = f(\beta, \dots)$  (y de otros parámetros que no se analizan en detalle en el presente documento). La tercera fuerza  $F_3$  también es una función del ángulo  $\beta$ :  $F_3 = f(\beta, \dots)$  (y de otros parámetros que no se analizan en detalle en el presente documento), si el primer y el segundo engranaje de acoplamiento están dimensionados de manera idéntica.
- 45
- 50
- 55
- 60

En esta forma de realización, la magnitud de la primera fuerza axial  $F_1$  es mayor o igual que la magnitud de la segunda fuerza axial  $F_2$  ( $F_1 \geq F_2$ ). La magnitud de la segunda fuerza axial  $F_2$  es igual a la magnitud de la tercera fuerza axial  $F_3$  ( $F_2 = F_3$ ).

5

La magnitud de la primera fuerza axial  $F_1$  se puede elegir para que sea un diez por ciento, o menos, mayor que la magnitud de la segunda fuerza axial  $F_2$ .

10

En una forma de realización de la invención,  $F_1$  puede ser de 50 kN,  $F_2$  puede ser de 45 kN y  $F_3$  también puede ser de 45 kN. La diferencia de la primera fuerza axial  $F_1$  y la segunda fuerza axial  $F_2$  es, por lo tanto, de 5 kN.

15

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una caja de engranajes (74) para una turbina eólica (2) que comprende al menos un engranaje planetario de una etapa (74) que comprende un árbol central (12) y un piñón central (15) acoplados entre sí por medio de un primer engranaje de acoplamiento (106), una rueda dentada planetaria (102) acoplada al piñón central (15) por medio de un engranaje de accionamiento (107), en la que el engranaje de accionamiento (107) tiene un primer corte helicoidal (100) en el lateral exterior del piñón central (15) que genera una primera fuerza axial (F1) en la dirección del árbol central (12), durante el funcionamiento, y el engranaje de acoplamiento (106) tiene un segundo corte helicoidal (101) en el lateral interior del piñón central (15) y que genera una segunda fuerza axial (F2) en la dirección opuesta del árbol central (12), durante el funcionamiento, de manera que la segunda fuerza axial (F2) compense la primera fuerza axial (F1), al menos parcialmente.
- 10 2. La caja de engranajes (74) según la reivindicación 1, en la que una inclinación ( $\alpha$ ) del primer corte helicoidal (100) y una inclinación ( $\beta$ ) del segundo corte helicoidal (101) se eligen de manera que la primera fuerza axial (F1) sea un diez por ciento, o menos, mayor que la segunda fuerza axial (F2).
- 15 3. La caja de engranajes (74) según la reivindicación 1 o 2, en la que la primera fuerza axial (F1) es de 1 kN a 10 kN mayor que la segunda fuerza axial (F2).
- 20 4. La caja de engranajes (74) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un segundo engranaje de acoplamiento (108) entre el árbol central (12) y un árbol de salida (105) de la caja de engranajes (74).
- 25 5. La caja de engranajes (74) según la reivindicación 4, en la que el segundo engranaje de acoplamiento (108) está dimensionado de manera idéntica al primer engranaje de acoplamiento (106).
- 30 6. La caja de engranajes (74) según la reivindicación 4 o 5, en la que el primer engranaje de acoplamiento (106) y el segundo engranaje de acoplamiento (108) están dispuestos en extremos opuestos del árbol central (12).
- 35 7. La caja de engranajes (74) según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en la que el primer engranaje de acoplamiento (106) y el segundo engranaje de acoplamiento (108) están configurados de manera que, durante el funcionamiento, sus fuerzas axiales (F2', F3) en la dirección del árbol se compensan.
8. Un tren de accionamiento (70) de una instalación de energía eólica (2) que comprende una caja de engranajes (74) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 40 9. Una instalación de energía eólica (2) que comprende una caja de engranajes (74) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

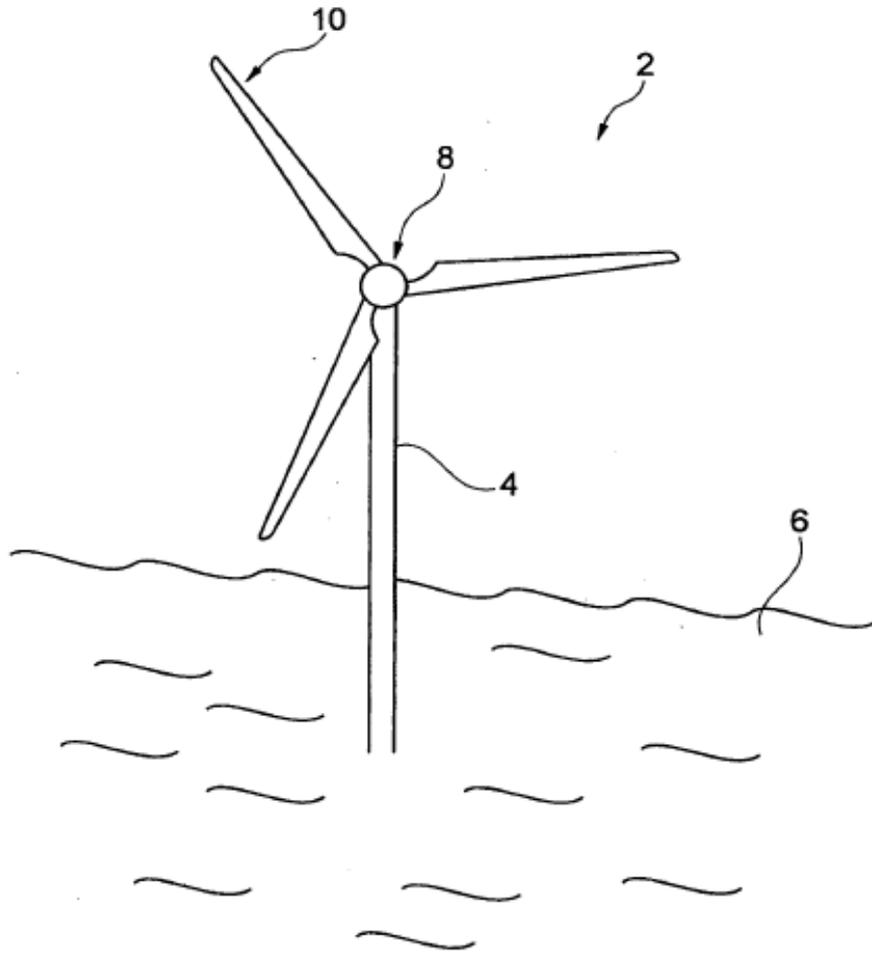
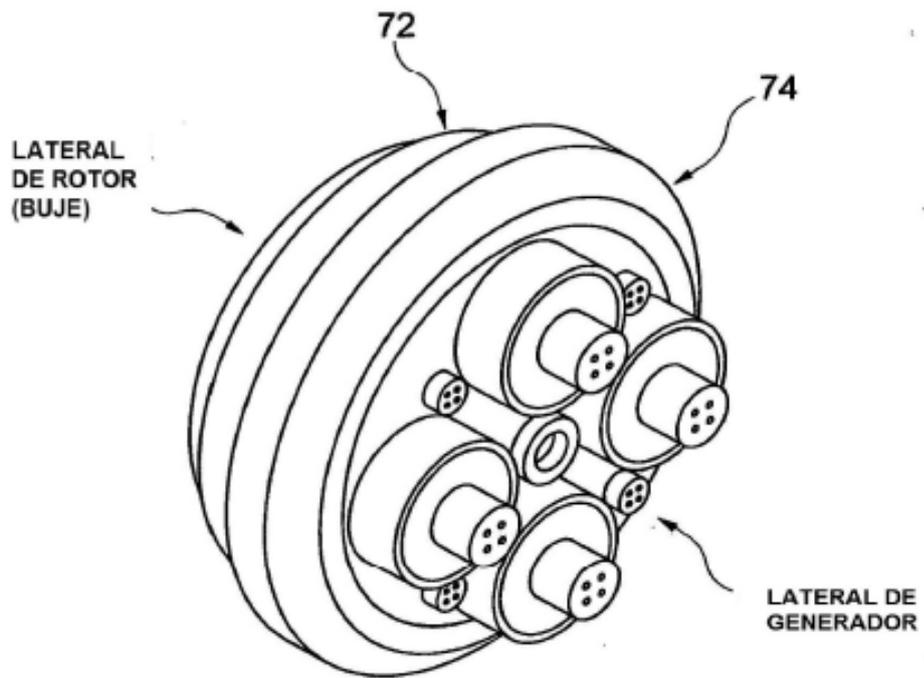
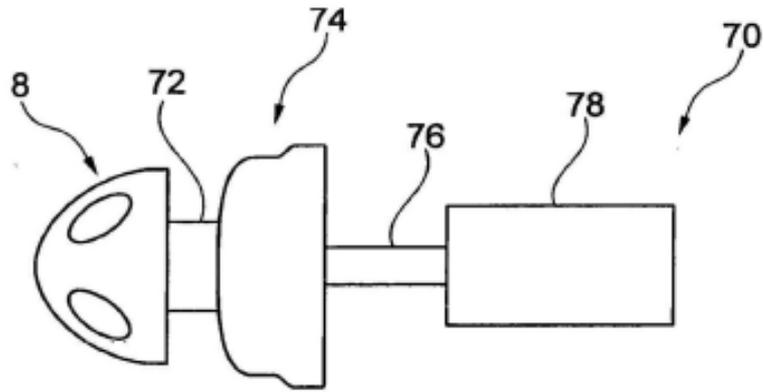


Fig. 1



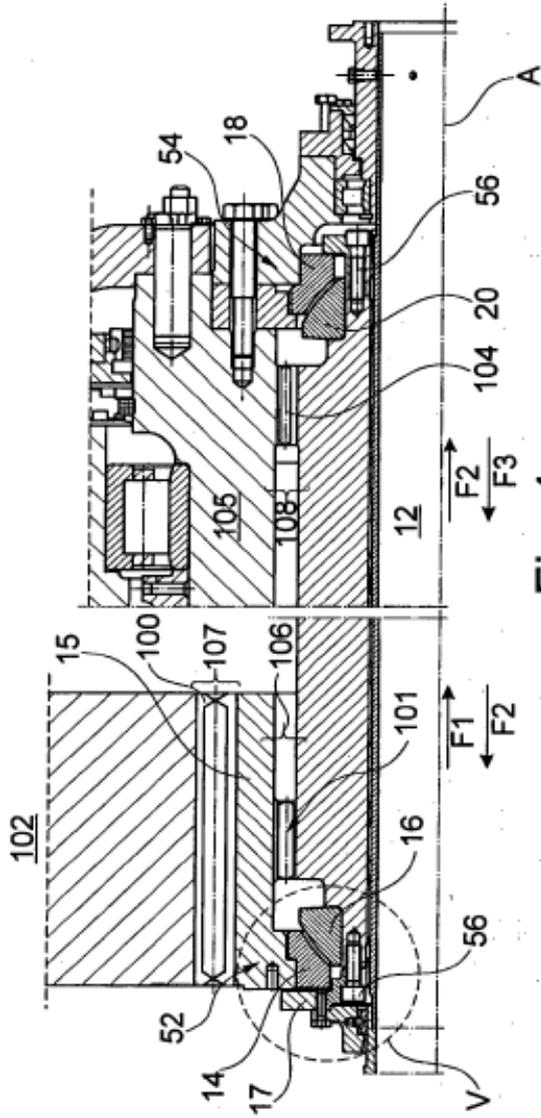


Fig. 4

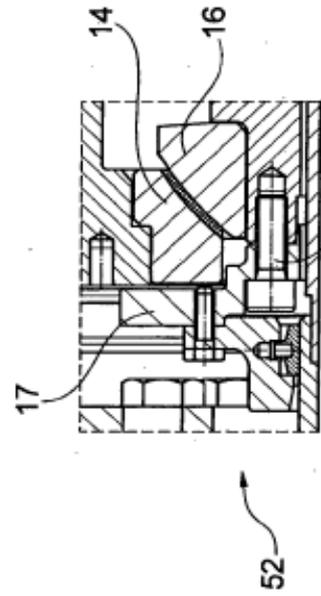


Fig. 5

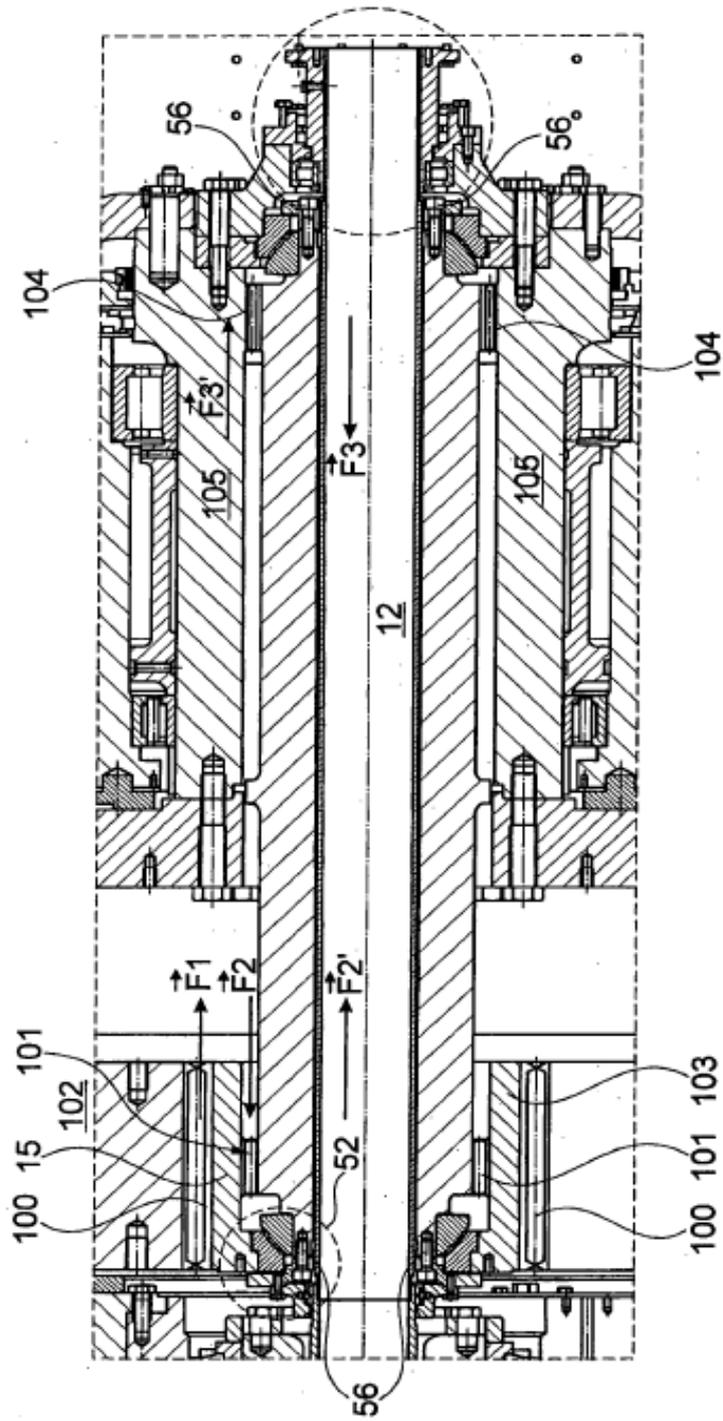


Fig. 6

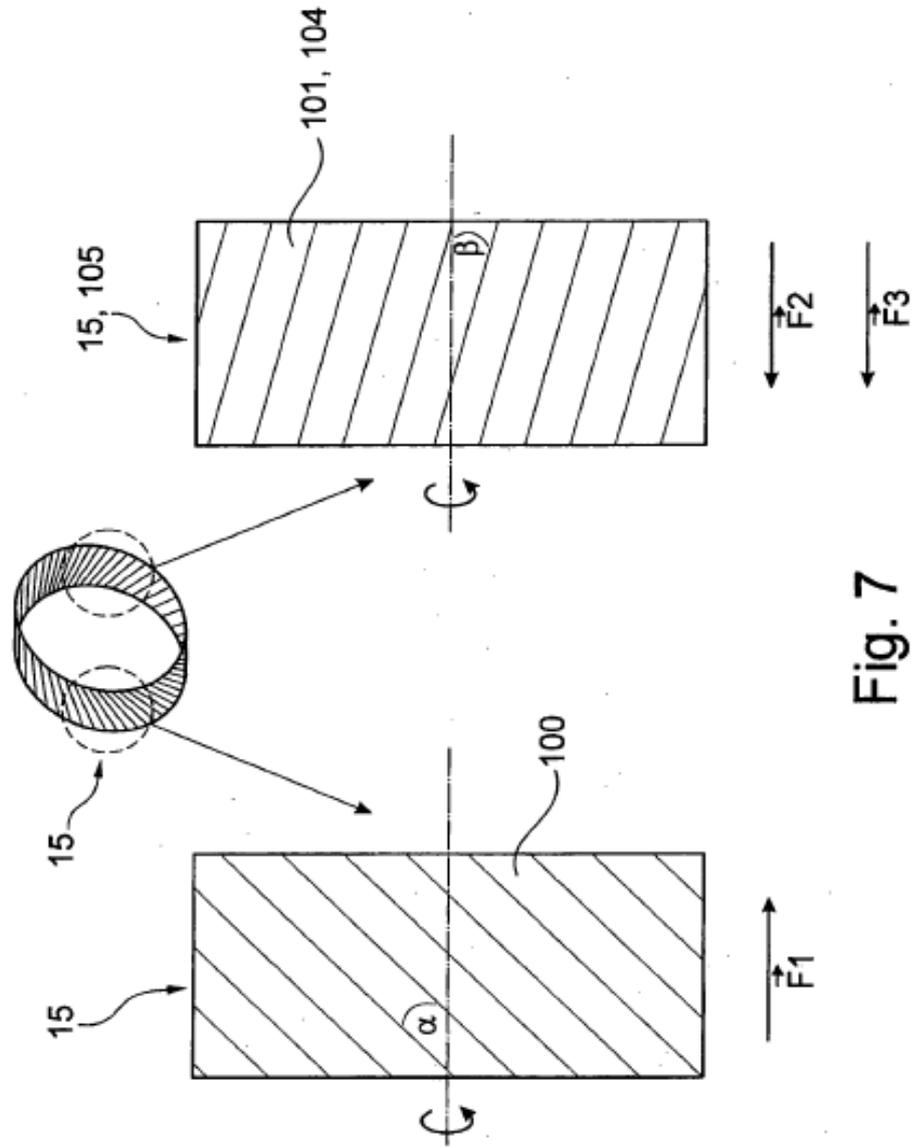


Fig. 7