

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 563**

51 Int. Cl.:

**F03D 15/00** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2021** **E 21192581 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023** **EP 3961030**

54 Título: **Conjunto de eje principal de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**24.08.2020 US 202017000520**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**29.05.2024**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA S.L**  
**(100.0%)**  
**C/ Roc Boronat, 78**  
**08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**SLACK, ROBERT PETER;**  
**RODRIGUEZ, ROBERTO LEAL;**  
**GARRY, MICHAEL A. y**  
**BELLUCCI, MATTEO**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ, Mathieu Julien**

ES 2 970 563 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 eje principal de una turbina eólica

### 5 Campo

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a turbinas eólicas, y más en particular a un conjunto de eje principal de la turbina eólica que tiene un sensor integrado.

### 10 Antecedentes

[0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna típicamente incluye una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. La góndola incluye un conjunto de rotor acoplado a la multiplicadora y al generador. El conjunto de rotor y la multiplicadora están montados en un bastidor de soporte de bancada localizado dentro de la góndola. Las una o más palas de rotor capturan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para hacer girar un eje de rotor que acopla las palas de rotor a una multiplicadora o, si no se usa una multiplicadora, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica, la energía eléctrica se puede transmitir a un convertidor y/o a un transformador alojado dentro de la torre y posteriormente utilizar en una red de suministro. Los sistemas de generación de energía eólica modernos típicamente adoptan la forma de un parque eólico que tiene múltiples generadores de turbina eólica de este tipo que son operables para suministrar potencia a un sistema de transmisión que proporciona potencia a una red eléctrica.

[0003] Las cargas generadas por la turbina eólica en respuesta al viento típicamente se soportan por diversos cuerpos estructurales de la turbina eólica. Por ejemplo, al menos una parte de la carga generada por el rotor se puede transmitir a la multiplicadora por medio del eje de rotor (también denominado eje principal). Estas cargas pueden provocar una flexión del eje. Los sistemas de control conocidos utilizan mediciones del momento de flexión para gestionar la respuesta de la turbina eólica al viento.

[0004] Típicamente, la medición de la desviación del eje puede implicar asegurar un sensor a un componente adicional de la turbina eólica y dirigir el sensor hacia el eje que se va a medir. Por ejemplo, un enfoque conocido es asegurar una pluralidad de sensores a una carcasa de rodamiento principal para detectar una desviación de la brida de eje principal con respecto a la carcasa de rodamiento principal. Sin embargo, como el rodamiento principal típicamente soporta el eje, las cargas suficientes para generar el momento de flexión también pueden dar como resultado un movimiento de la carcasa de rodamiento principal. Este movimiento puede reducir la fidelidad de las mediciones de desviación. Adicionalmente, el eje de rotor típicamente está en movimiento. Por lo tanto, usando enfoques conocidos, los sensores, en general, se dirigen a una superficie en movimiento, lo que puede reducir además la exactitud del sistema. Además, el componente que soporta los sensores y el componente que se va a medir se pueden formar a partir de diferentes materiales y, por lo tanto, pueden presentar diferentes grados de movimiento en respuesta a la carga. En consecuencia, puede ser deseable utilizar un conjunto estructural que permita una detección más exacta del desplazamiento del eje principal que está disponible actualmente usando sistemas conocidos.

[0005] Por tanto, la técnica busca continuamente sistemas y procedimientos nuevos y mejorados que aborden los problemas mencionados anteriormente. Como tal, la presente divulgación se dirige a un conjunto de eje principal mejorado de una turbina eólica y a procedimientos de fabricación del mismo.

[0006] Un documento que representa la técnica anterior es, por ejemplo, el documento EP 2 466 133 A2.

### Breve descripción

[0007] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

[0008] En un aspecto, la presente divulgación se dirige a un conjunto de eje de una turbina eólica. El conjunto de eje puede incluir un cuerpo de eje que define una cavidad en el mismo y una trayectoria de carga para transmitir una carga generada por la turbina eólica en respuesta al viento. El conjunto de eje también puede incluir un cuerpo interior dispuesto dentro de la cavidad y acoplado al cuerpo de eje. El cuerpo interior puede no soportar cargas con respecto a la carga. El cuerpo de eje y el cuerpo interior pueden ser concéntricos y tener una velocidad de rotación sincronizada alrededor de un eje. Adicionalmente, el conjunto de eje puede incluir al menos un sensor acoplado al cuerpo interior y situado dentro de la cavidad para detectar una desviación del cuerpo de eje en respuesta a la carga.

**[0009]** En un modo de realización, el acoplamiento del/de los sensor(es) al cuerpo interior puede definir una separación física entre el/los sensor(es) y una pared contigua de la cavidad en dirección radial.

**[0010]** En un modo de realización adicional, el/los sensor(es) puede(n) incluir un sensor de proximidad. El sensor de proximidad se puede configurar para indicar una desviación radial del cuerpo de eje.

**[0011]** En un modo de realización adicional, el/los sensor(es) puede(n) incluir un conjunto de sensores dispuestos en una primera localización axial del eje. El conjunto de sensores puede circunscribir el cuerpo interior. Cada sensor del conjunto de sensores puede definir una separación circunferencial con al menos un sensor contiguo del conjunto de sensores.

**[0012]** En un modo de realización, el/los sensor(es) se puede(n) acoplar al cuerpo interior en una primera localización axial a lo largo del eje. El cuerpo interior se puede acoplar al cuerpo de eje en una segunda localización axial dentro de la cavidad. El cuerpo interior puede formar un voladizo que se extienda al menos axialmente entre la segunda posición axial y el/los sensor(es).

**[0013]** En un modo de realización adicional, el cuerpo de eje y el cuerpo interior pueden ser un cuerpo unitario que tenga una ausencia de una junta entre los mismos.

**[0014]** En otro modo de realización, el cuerpo interior se puede acoplar dentro de la cavidad después de su formación. El cuerpo de eje puede ser un primer material. El cuerpo interior puede ser un segundo material que sea diferente del primer material.

**[0015]** En otro aspecto, la presente divulgación se dirige a un conjunto de componente de una turbina eólica. El conjunto puede incluir un componente de turbina eólica. El componente de turbina eólica puede incluir un cuerpo exterior que defina una cavidad en el mismo. El cuerpo exterior puede definir una trayectoria de carga para transmitir una carga de la turbina eólica a su través. El componente de turbina eólica también puede incluir un cuerpo interior dispuesto dentro de la cavidad de la parte de cuerpo exterior. El cuerpo interior puede no soportar cargas con respecto a la carga. Adicionalmente, el conjunto de componente puede incluir el/los sensor(es) acoplado(s) al cuerpo interior y situado(s) dentro de la cavidad para detectar una desviación del cuerpo exterior en respuesta a la carga.

**[0016]** En un modo de realización, el cuerpo exterior y el cuerpo interior pueden ser rotatorios durante la operación de la turbina eólica. El cuerpo exterior y el cuerpo interior pueden ser concéntricos y pueden tener una velocidad de rotación sincronizada alrededor de un eje.

**[0017]** En un modo de realización adicional, el acoplamiento del/de los sensor(es) al cuerpo interior puede definir una separación física entre el/los sensor(es) y una pared contigua de la cavidad.

**[0018]** En otro modo de realización, el/los sensor(es) puede(n) ser un conjunto de sensores dispuestos en una primera localización axial a lo largo de un eje de la parte de cuerpo exterior. Cada sensor del conjunto de sensores puede definir una separación angular con al menos un sensor contiguo del conjunto de sensores con respecto al eje.

**[0019]** En un modo de realización, el/los sensor(es) se puede(n) acoplar al cuerpo interior en una primera localización axial a lo largo de un eje del cuerpo exterior y el cuerpo interior se puede acoplar al cuerpo exterior en una segunda localización axial dentro de la cavidad. El cuerpo interior puede formar un voladizo que se extienda al menos axialmente entre la segunda posición axial y el/los sensor(es).

**[0020]** En un modo de realización adicional, el conjunto de componente también puede incluir al menos un segundo sensor acoplado al cuerpo interior en una tercera localización axial. La segunda localización axial puede se puede disponer entre la primera localización axial y la tercera localización axial.

**[0021]** En otro modo de realización, el componente de turbina eólica puede ser una pala de rotor, un eje rápido, un eje lento, un buje rotatorio, vástago ("spindle") de soporte de rotor y/o una torre de la turbina eólica.

**[0022]** Aún en otro aspecto, la presente divulgación se dirige a un procedimiento para fabricar un conjunto de eje de una turbina eólica. El procedimiento puede incluir la formación de un cuerpo de eje que define una cavidad que se extiende en dirección radial. El cuerpo de eje también puede definir una trayectoria de carga para transmitir una carga generada por la turbina eólica en respuesta al viento. El procedimiento también puede incluir disponer un cuerpo interior dentro de la cavidad en alineación axial y rotacional con un eje del cuerpo de eje. El cuerpo interior puede no soportar cargas con respecto a la carga. Adicionalmente, el procedimiento puede incluir el acoplamiento del/de los sensor(es) al cuerpo interior dentro de la cavidad. El/los sensor(es) se puede(n) configurar para detectar una desviación radial del cuerpo de eje en respuesta a la carga. El procedimiento también puede incluir cualquiera de las operaciones y/o características descritas en el presente documento.

**[0023]** En un modo de realización, el/los sensor(es) se puede(n) acoplar al cuerpo interior en una primera localización axial a lo largo del eje. El procedimiento puede incluir además acoplar el cuerpo interior al cuerpo de eje

en una segunda localización axial dentro de la cavidad para formar un voladizo que se extienda al menos axialmente entre la segunda posición axial y el/los sensor(es). El/los sensor(es) puede(n) tener una primera sensibilidad en una primera longitud axial de voladizo y una segunda sensibilidad correspondiente a una segunda longitud axial de voladizo. La segunda longitud axial de voladizo puede ser mayor que la primera longitud axial de voladizo, y la segunda sensibilidad puede ser mayor que la primera sensibilidad.

**[0024]** Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

#### Breve descripción de los dibujos

**[0025]** Una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista interna en perspectiva de un modo de realización de una góndola de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra una vista en sección de un modo de realización de un conjunto de componente de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 5 ilustra una vista superpuesta lateral en sección de un modo de realización de modos de realización de un conjunto de componente de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 6 ilustra una vista lateral en sección de un modo de realización de un conjunto de componente de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 7 ilustra una vista en sección transversal de un modo de realización de un conjunto de componente de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 8 ilustra una vista en sección transversal de un modo de realización de un conjunto de componente de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 9 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un controlador para su uso con la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación; y

la FIG. 10 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para fabricar un conjunto de eje de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación.

**[0026]** Se pretende que el uso repetido de caracteres de referencia en la presente memoria descriptiva y dibujos represente idénticas o análogas características o elementos de la presente invención.

#### Descripción detallada

**[0027]** Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención.

**[0028]** Como se usa en el presente documento, los términos "primero", "segundo" y "tercero" se pueden usar de manera intercambiable para distinguir un componente de otro y no se pretende que signifiquen la localización o importancia de los componentes individuales.

**[0029]** Los términos "acoplado", "fijado", "sujeto a" y similares se refieren tanto al acoplamiento, fijación o sujeción directos como al acoplamiento, fijación o sujeción indirectos a través de uno o más componentes o características intermedias, a menos que se especifique de otro modo en el presente documento.

**[0030]** Se aplica un lenguaje aproximado, como se usa en el presente documento a lo largo de la memoria descriptiva y de las reivindicaciones, para modificar cualquier representación cuantitativa que podría variar de forma permisible sin dar como resultado un cambio en la función básica con la que se relaciona. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, tal como "aproximadamente" y "sustancialmente", no se debe limitar al valor preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje aproximado puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el valor, o la precisión de los procedimientos o máquinas para construir o fabricar los componentes y/o sistemas. Por ejemplo, el lenguaje aproximado se puede referir a estar dentro de un margen de un 10 %.

**[0031]** Aquí y a lo largo de la memoria descriptiva y de las reivindicaciones, las limitaciones de intervalo se combinan e intercambian, dichos intervalos se identifican e incluyen todos los subintervalos contenidos en los mismos a menos que el contexto o el lenguaje lo indique de otro modo. Por ejemplo, todos los intervalos divulgados en el presente documento incluyen los valores extremo, y los valores extremo son independientemente combinables entre sí.

**[0032]** En general, la presente divulgación se dirige a un conjunto de componente de una turbina eólica, tal como un conjunto de eje y procedimientos de fabricación del mismo. En particular, la presente divulgación incluye un componente de turbina eólica, tal como un eje de rotor, una pala de turbina eólica, un buje rotatorio, un vástago de soporte de rotor o una torre. El componente de turbina eólica puede ser hueco o de otro modo definir una cavidad. Como elemento estructural de la turbina eólica, el componente de turbina eólica también puede definir una trayectoria de carga para transmitir una carga de la turbina eólica que se genera en respuesta al viento. Por ejemplo, al configurarse como una pala de turbina eólica, el componente puede transmitir una carga generada por una parte de la pala al buje rotatorio. De forma similar, el componente puede transmitir la carga generada por las palas desde el rotor a la multiplicadora y/o al generador. De forma alternativa, el componente puede ser la torre de turbina eólica y, por lo tanto, puede transmitir las cargas a la cimentación.

**[0033]** Además del cuerpo exterior, el conjunto de componente también puede incluir un cuerpo interior situado dentro de la cavidad. El cuerpo interior puede no soportar cargas con respecto a la carga soportada por el cuerpo exterior. Por ejemplo, al configurarse como un eje de rotor, el cuerpo exterior puede transmitir la carga, pero puede que la carga no se experimente por el cuerpo interior. En consecuencia, puede que el cuerpo interior no reaccione a la carga. Esto puede significar que el cuerpo interior no se flexiona, o de otro modo desvía, en respuesta a una carga, aunque el cuerpo exterior se pueda flexionar/desviar en respuesta a la carga.

**[0034]** Al menos un sensor se puede asegurar al cuerpo interior y situar dentro de la cavidad del cuerpo exterior. El/los sensor(es) se puede(n) situar para detectar una desviación del cuerpo exterior en respuesta a la carga. Por ejemplo, debido a que el cuerpo interior no se desvía en respuesta a la carga, una distancia radial entre el cuerpo interior y el cuerpo exterior puede variar con la desviación del cuerpo exterior en respuesta a la carga. Esta distancia puede indicar el grado de desviación/flexión del cuerpo exterior y, por lo tanto, se puede utilizar por un controlador para controlar la turbina eólica en respuesta al viento.

**[0035]** En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 100 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, la turbina eólica 100, en general, incluye una torre 102 que se extiende desde una superficie de soporte 104, una góndola 106, montada en la torre 102, y un rotor 108 acoplado a la góndola 106. El rotor 108 incluye un buje 110 rotatorio y al menos una pala de rotor 112 acoplada a y que se extiende hacia fuera del buje 110. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 108 incluye tres palas de rotor 112. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 108 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 112. Cada pala de rotor 112 se puede espaciar alrededor del buje 110 para facilitar la rotación del rotor 108 para posibilitar que la energía cinética se transfiera, a partir del viento, en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 110 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico 118 (FIG. 2) de un sistema eléctrico 150 (FIG. 2) situado dentro de la góndola 106 para permitir que se produzca energía eléctrica.

**[0036]** La turbina eólica 100 también puede incluir un controlador 200 centralizado dentro de la góndola 106. Sin embargo, en otros modos de realización, el controlador 200 se puede localizar dentro de cualquier otro componente de turbina eólica 100 o en una localización fuera de la turbina eólica. Además, el controlador 200 puede estar acoplado en comunicación a cualquier número de componentes de la turbina eólica 100 para controlar los componentes. Como tal, el controlador 200 puede incluir un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Por tanto, en varios modos de realización, el controlador 200 puede incluir instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador 200 para realizar diversas funciones diferentes, tales como recibir, transmitir y/o ejecutar señales de control de turbina eólica.

**[0037]** En referencia ahora a las FIGS. 2 y 3, se ilustran una vista interna simplificada de un modo de realización de la góndola 106 y un diagrama esquemático de un modo de realización de un tren de potencia 146 de la turbina eólica 100 mostrada en la FIG. 1. Como se muestra, el generador 118 se puede acoplar al rotor 108 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 108. Por ejemplo, como se muestra en el modo de realización ilustrado, el rotor 108 puede incluir un eje de rotor 122 acoplado al buje 110 para su rotación

con el mismo. El eje de rotor 122 se puede soportar de forma rotatoria por un rodamiento 144 principal. El eje de rotor 122, a su vez, se puede acoplar de forma rotatoria a un eje rápido 124 del generador 118 a través de una multiplicadora 126 opcional conectada a un bastidor de soporte de bancada 136 por uno o más brazos de par de torsión 142. Como se entiende, en general, el eje de rotor 122 puede proporcionar una entrada de par de torsión alto y velocidad baja a la multiplicadora 126 en respuesta a la rotación de las palas de rotor 112 y del buje 110. La multiplicadora 126, entonces, se puede configurar con una pluralidad de engranajes para convertir la entrada de par de torsión alto y velocidad baja en una salida de par de torsión bajo y velocidad alta para accionar el eje rápido 124 y, por tanto, el generador 118. En un modo de realización, la multiplicadora 126 se puede configurar con múltiples proporciones de engranajes para producir velocidades de rotación variables del eje rápido para una entrada de velocidad baja dada o viceversa.

**[0038]** En un modo de realización, un sistema eléctrico 150 de la turbina eólica 100 puede incluir diversos componentes para convertir la energía cinética del rotor 108 en una salida eléctrica en una forma aceptable para una red de potencia conectada. Por ejemplo, en un modo de realización, el generador 118 puede ser un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG). El generador 118 puede proporcionar una potencia multifásica de salida (por ejemplo, potencia trifásica) a una red eléctrica.

**[0039]** Todavía en referencia a la FIG. 3, y a las FIGS. 4-8, se presentan vistas en sección de múltiples modos de realización de un conjunto de componente 300 de la turbina eólica 100. En un modo de realización, el conjunto de componente 300 puede incluir un componente de turbina eólica, tal como la pala de rotor 112, la torre 102, el eje lento 122, el eje rápido 124, un buje 108 rotatorio y/o un vástago de soporte de rotor. El componente de turbina eólica puede incluir un cuerpo exterior 304. El cuerpo exterior 304 puede definir una trayectoria de carga para transmitir una carga de la turbina eólica 100 en respuesta al viento. En otras palabras, se puede considerar que el cuerpo exterior 304 es un cuerpo que no soporta cargas. El cuerpo exterior 304 también puede definir una cavidad 306 en el mismo. En un modo de realización, se puede disponer un cuerpo interior 308 dentro de la cavidad 306. El cuerpo interior 308 puede no soportar cargas con respecto a la carga. En otras palabras, el cuerpo interior 308 se puede formar para desconectarse de la trayectoria de carga definida por el cuerpo exterior 304, estando aislado, de este modo, de la carga de la turbina eólica 100. Adicionalmente, al menos un sensor 310 se puede acoplar al cuerpo interior 308 y situar dentro de la cavidad 306. El/los sensor(es) 310 se puede(n) configurar para detectar una desviación del cuerpo exterior 304 en respuesta a la carga. Se debe apreciar que el cuerpo exterior 304 puede soportar el peso de la(s) pala(s) 112, el rotor 108 y/o la góndola 106. El cuerpo exterior 304 también puede proporcionar la trayectoria de carga para los componentes de carga de torsión, empuje, flexión y/o corte de una carga desarrollada por la turbina eólica 100 en respuesta al viento.

**[0040]** En un modo de realización, el/los sensor(es) 310 se puede(n) situar dentro de la cavidad 306, pero se puede(n) acoplar al cuerpo exterior 304 en lugar de al cuerpo interior 308. En un modo de realización de este tipo, el/los sensor(es) 310 se puede(n) configurar para detectar una desviación del cuerpo exterior 304 con respecto al cuerpo interior 308. En otras palabras, el cuerpo interior 308 puede servir como superficie de referencia que no se desvía en respuesta a la carga.

**[0041]** En un modo de realización, el cuerpo exterior 304 puede tener una pluralidad de secciones transversales 305, en general, circulares, de modo que el cuerpo exterior 304 puede ser, en general, cilíndrico. En un modo de realización adicional, la pluralidad de secciones transversales 305, en general, circulares, puede tener una pluralidad variable de diámetros de modo que el cuerpo exterior 304 pueda incluir al menos una parte ahusada o acampanada. En otro modo de realización, como se representa en la FIG. 8, el cuerpo exterior 304 puede tener una pluralidad de secciones transversales 305, en general, rectilíneas. En consecuencia, el cuerpo exterior 304 se puede formar como una viga cajón ("box beam") u otro miembro estructural similar.

**[0042]** En un modo de realización, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 pueden ser rotatorios durante una operación de turbina eólica. En un modo de realización, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 pueden ser concéntricos. Adicionalmente, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 pueden tener una velocidad de rotación sincronizada alrededor de un eje (A). El eje (A) puede ser el eje de rotación del cuerpo exterior 304. En consecuencia, como se representa, en particular, en las FIGS. 3 y 4, en un modo de realización, el conjunto de componente 300 puede ser un conjunto de eje 302 de la turbina eólica 100. En un modo de realización, el conjunto de eje 302 puede ser, por ejemplo, un eje de rotor 122 o un eje rápido 124. En un modo de realización de este tipo, el cuerpo exterior 304 puede ser un cuerpo de eje 312. Se debe apreciar que cualquier operación o característica divulgada en el presente documento con referencia al conjunto de componente 300 y/o al cuerpo exterior 304 puede ser igualmente aplicable a modos de realización que tengan el conjunto de eje 302 y/o el cuerpo de eje 312.

**[0043]** Como se representa en las FIGS. 4-6, en un modo de realización, la cavidad 306 puede estar en alineación axial con el cuerpo exterior 304. La cavidad 306 se puede extender en dirección axial al menos parcialmente a lo largo de una longitud axial ( $A_L$ ) del cuerpo exterior 304. En un modo de realización, la cavidad se puede definir por una pared 314 de cavidad, que también puede ser una superficie interior del cuerpo exterior 304. En un modo de realización adicional, la cavidad 306 puede definir una abertura 316 en el cuerpo exterior 304. Por ejemplo, la abertura 316 se puede formar en una cara axial 318 del cuerpo exterior 304 y/o en una superficie exterior 320 del cuerpo exterior 304. En al menos un modo de realización, la cara axial 318 se puede definir por una brida 322 del

cuerpo de eje 312. En consecuencia, en un modo de realización, la abertura 316 puede facilitar el acceso a un componente dispuesto dentro de la cavidad 306. Como tal, en al menos un modo de realización, un miembro de sellado 324 se puede acoplar a través de la abertura 316. Se debe apreciar que, con el miembro de sellado 324 acoplado al cuerpo exterior 304, los componentes del conjunto 300 dentro de la cavidad 306, en un modo de realización, puede que no se vean, detecten, observen, monitoricen, midan y/o de otro modo detecten por un sensor dispuesto externamente al cuerpo exterior 304. En otras palabras, el cuerpo interior 308 y el/los sensor(es) 310 puede(n), en un modo de realización, estar completamente encapsulados por la cavidad 306.

**[0044]** En un modo de realización, el acoplamiento del/de los sensor(es) 310 al cuerpo interior 308 en una primera localización axial ( $A_1$ ) puede definir una separación física ( $S_1$ ) entre el/los sensor(es) 310 y una pared 314 de cavidad contigua de la cavidad 306, tal como una pared 314 de cavidad contigua en dirección radial ( $R$ ). Como tal, el/los sensor(es) 310 puede(n) monitorizar la desviación del cuerpo exterior 304 sin ningún contacto físico con la superficie interior del cuerpo exterior 304 y comunicar la desviación detectada al controlador 200. Como tal, en un modo de realización, el/los sensor(es) 310 puede(n) ser un sensor de proximidad (por ejemplo, un detector sin contacto) que esté configurado para indicar una desviación radial del cuerpo de eje 312 sin requerir contacto físico con la superficie detectada. En un modo de realización, el sensor de proximidad puede ser un sensor inductivo, un sensor capacitivo, un sensor óptico, un sensor ultrasónico y/o un sensor magnético. Como se representa en la FIG. 4, en un modo de realización, el/los sensor(es) 310 se puede(n) acoplar en comunicación al controlador 200 por medio de un acoplamiento por cable o por medio de acoplamiento inalámbrico. Se debe apreciar que, en un modo de realización en el que el/los sensor(es) 310 se acopla(n) al cuerpo exterior 304, la separación física ( $S_1$ ) se puede definir entre el/los sensor(es) 310 y el cuerpo interior 308.

**[0045]** En un modo de realización, el/los sensor(es) 310 se puede(n) orientar hacia un objetivo de sensor 330. El objetivo de sensor 330 puede ser integral con la pared 314 de cavidad. En un modo de realización, el objetivo de sensor 330 puede ser una región de la pared 314 de cavidad que tenga un plano paralelo a un plano de visión del/de los sensor(es) 310. Por ejemplo, el objetivo de sensor 330 puede ser una región plana mecanizada de la pared 314 de cavidad paralela a una región de montaje 332 correspondiente del cuerpo interior 308. La región de montaje 332 está formada para acoplar de forma segura el/los sensor(es) 310 en la misma.

**[0046]** También se debe apreciar que, como se usa en el presente documento, el término "monitorizar" y variaciones del mismo indican que el/los sensor(es) 310 de la turbina eólica 100 se pueden configurar para proporcionar una medición directa de los parámetros que se monitorizan o una medición indirecta de dichos parámetros. Por tanto, los sensores descritos en el presente documento, por ejemplo, se pueden usar para generar señales en relación con el parámetro que se está monitorizando, pudiéndose utilizar, a continuación, por el controlador 200 para determinar una condición o respuesta de la turbina eólica 100.

**[0047]** En un modo de realización, el/los sensor(es) 310 también puede(n) incluir dichos sensores adicionales que puedan mejorar la detección de la desviación del cuerpo exterior 304 en respuesta a la carga de la trayectoria de carga. Por ejemplo, en un modo de realización, el/los sensor(es) 310 puede(n) incluir un sensor de temperatura, un acelerómetro y/o un sensor híbrido. Se debe apreciar que la inclusión de tipos de sensores adicionales puede mejorar la calibración y/o filtración de una señal de sensor proporcionando un conocimiento incrementado de las condiciones que afectan al sensor de proximidad.

**[0048]** En referencia ahora a las FIGS. 7 y 8, en un modo de realización, el sensor 310 puede ser uno de un conjunto de sensores 326. En un modo de realización, el conjunto de sensores 326 puede incluir tan solo dos sensores 310. En un modo de realización adicional, el conjunto de sensores 326 puede incluir tres sensores separados por 120 grados para alinearse con un rotor 108 de tres palas. Sin embargo, en un modo de realización adicional, el conjunto de sensores 326 puede incluir cuatro o más sensores 310 (por ejemplo, cinco sensores 310). Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 7, el conjunto de sensores 326 puede incluir seis sensores de proximidad 310.

**[0049]** Se debe apreciar que el incremento del número de sensores puede proporcionar múltiples ventajas al conjunto 300. Por ejemplo, el incremento del número de sensores 310 puede incrementar la exactitud del conjunto 300 incrementando el número de puntos de recogida de los datos de desviación. Al recibir indicaciones de desviación desde múltiples sensores 310 del conjunto de sensores 326, el controlador 200 puede correlacionar la magnitud de las desviaciones informadas, determinando, de este modo, un punto focal y la dirección de la desviación. Además, las múltiples indicaciones pueden facilitar la detección de un sensor averiado. En consecuencia, el número de sensores 310 del conjunto de sensores 326 puede proporcionar redundancia del sistema, reduciendo, de este modo, los intervalos de mantenimiento potenciales. Por tanto, se debe apreciar que puede ser deseable un conjunto de sensores 326 que tenga al menos cinco sensores 310.

**[0050]** En un modo de realización, cada sensor 310 del conjunto de sensores 326 puede definir una separación angular con al menos un sensor 310 contiguo. La separación angular ( $A_s$ ) puede ser con respecto al eje ( $A$ ). En consecuencia, el conjunto de sensores 326 se puede alinear axialmente en una primera localización axial ( $A_1$ ) a lo largo del eje ( $A$ ) del cuerpo exterior 304. Por ejemplo, en un modo de realización, el conjunto de sensores puede circunscribir el cuerpo interior 308 de modo que cada sensor 310 del conjunto de sensores 326 defina una

separación circunferencial con al menos un sensor 310 contiguo del conjunto de sensores 326 (por ejemplo, separación angular ( $A_s$ )). En un modo de realización, el conjunto de sensores 326 se puede distribuir de forma equidistante alrededor de la circunferencia del cuerpo interior 308.

**[0051]** Como se representa en la FIG. 4, en un modo de realización, cada sensor 310 del conjunto de sensores 326 se puede acoplar en comunicación a una caja de conexiones de sensor 328. En un modo de realización, la caja de conexiones de sensor 328 se puede situar fuera de la cavidad 306. Por ejemplo, en un modo de realización, la caja de conexiones de sensor 328 se puede acoplar al miembro de sellado 324 o a la superficie exterior 320 del cuerpo exterior 304. La caja de conexiones de sensor 328 puede consolidar las señales del conjunto de sensores 326 para su transmisión al controlador 200. Las señales consolidadas se pueden transmitir al controlador 200 por medio de un conducto 380 situado dentro del cuerpo exterior 304.

**[0052]** En referencia, de nuevo, a la FIG. 3-8, en un modo de realización, el cuerpo interior 308, que no soporta cargas con respecto a la carga, puede proporcionar un punto de referencia estable desde el que observar la deformación radial del cuerpo exterior 304. En un modo de realización, el cuerpo interior 308 puede tener una forma en sección transversal que se corresponda a la forma en sección transversal de la cavidad 306 como se define por las secciones transversales 305 del cuerpo exterior 304. En un modo de realización, la distancia entre el cuerpo interior 308 y la pared 314 de cavidad se puede minimizar maximizando el diámetro del cuerpo interior 308. La maximización del área en sección transversal del cuerpo interior 308 dentro del espacio disponible puede dar como resultado un incremento de la rigidez del cuerpo interior 308. El incremento de la rigidez del cuerpo interior 308 puede incrementar la exactitud del/de los sensor(es) 310 limitando los efectos de vibración u otros movimientos accidentales en las mediciones de desviación por el/los sensor(es) 310. En un modo de realización, el cuerpo interior 308 puede definir una segunda cavidad 309 en el mismo. La segunda cavidad 309 se puede situar dentro del cuerpo interior 308.

**[0053]** En un modo de realización, el cuerpo interior 308 se puede acoplar al cuerpo exterior 304 en una segunda localización axial ( $A_2$ ) dentro de la cavidad 306. El acoplamiento del cuerpo interior 308 en la segunda localización axial ( $A_2$ ) puede formar un voladizo que se extienda al menos axialmente entre la segunda localización axial ( $A_2$ ) y el/los sensor(es) 310. Se debe apreciar que la estructura de voladizo del cuerpo interior 308 puede impedir la transferencia de la carga desde la trayectoria de carga definida por el cuerpo exterior 304 al cuerpo interior 308. Como resultado, el cuerpo interior 308 puede mantener el/los sensor(es) 310 a una distancia radial ( $RD_1$ ) relativamente constante del eje mientras que el cuerpo exterior 304 se desvía en respuesta a la carga.

**[0054]** Como se representa en la FIG. 5, en un modo de realización, el/los sensor(es) 310 puede(n) tener una primera sensibilidad en una primera longitud axial de voladizo ( $CL_1$ ). El/los sensor(es) 310 puede(n) tener una segunda sensibilidad correspondiente a una segunda longitud axial de voladizo ( $CL_2$ ). En un modo de realización, la segunda longitud axial de voladizo ( $CL_1$ ) puede ser mayor que la primera longitud axial de voladizo ( $CL_2$ ). En un modo de realización de este tipo, la segunda sensibilidad puede ser mayor que la primera sensibilidad del/de los sensor(es) 310. En otras palabras, la longitud del voladizo se puede adaptar para ajustar la sensibilidad del/de los sensor(es) 310. Por ejemplo, la posición axial de la segunda localización axial ( $A_2$ ) se puede personalizar para gestionar el movimiento accidental del/de los sensor(es) 310 en la localización de montaje 332. Se debe apreciar que el movimiento accidental, por ejemplo, puede resultar de vibraciones, cambios en la velocidad de rotación, inercia y/u otras fuerzas no directamente atribuibles a la carga transmitida por el cuerpo exterior 304.

**[0055]** Todavía en referencia a la FIG. 5, en un modo de realización, el cuerpo interior 308 se puede acoplar al cuerpo exterior 304 por medio de un elemento de montaje 334. En un modo de realización, el elemento de montaje 334 puede ser, por ejemplo, un tapón expandible dispuesto dentro de la cavidad 306. En un modo de realización, el elemento de montaje 334 puede tener forma, en general, anular y puede ser coaxial con el cuerpo exterior 304. El posicionamiento axial del elemento de montaje 334 se puede determinar por la longitud axial de voladizo requerida para lograr la sensibilidad, fidelidad y/o exactitud deseada(s) del/de los sensor(es) 310.

**[0056]** En un modo de realización, el conjunto 300 también puede incluir al menos un segundo sensor 336. El/los segundo(s) sensor(es) 336 se puede(n) acoplar al cuerpo interior 308 en una tercera localización axial ( $A_3$ ). En un modo de realización de este tipo, la segunda localización axial ( $A_2$ ) se puede disponer entre la primera localización axial ( $A_1$ ) y la tercera localización axial ( $A_3$ ). En otras palabras, el cuerpo interior 308 puede formar un voladizo que se extienda en ambas direcciones axiales desde el elemento de soporte 334. En un modo de realización de este tipo, el empleo de (un) sensor(es) 310 desplazado(s) axialmente puede incrementar la fidelidad de la entrada de sensor al controlador 200 y puede proporcionar indicaciones de desplazamientos laterales y/o verticales del cuerpo exterior 304.

**[0057]** En referencia, de nuevo, a la FIG. 4, como se representa, en un modo de realización, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 pueden ser un cuerpo unitario que tenga una ausencia de una junta entre los mismos. En consecuencia, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 se pueden fabricar simultáneamente. Por ejemplo, el cuerpo unitario se puede formar por medio de fundición, fresado y/o fabricación aditiva. Se debe apreciar que la formación simultáneamente del cuerpo unitario puede impedir la posibilidad de desplazamientos y/o alineaciones erróneas en una junta entre el cuerpo interior 308 y el cuerpo exterior 304.

**[0058]** En un modo de realización adicional, tal como se representa, en particular, en la FIG. 6, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 se pueden formar por separado. En un modo de realización, el cuerpo interior 308 se puede formar dentro de la cavidad 306 para fusionarse con el cuerpo exterior 304. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo interior 308 se puede fabricar de forma aditiva directamente dentro del rebajo 306 tras la formación del cuerpo exterior 304. En un modo de realización adicional, el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 se pueden formar independientemente usando técnicas de fabricación conocidas. Después de su formación, el cuerpo interior 308 se puede insertar dentro de la cavidad 306 y asegurar en la misma por medio de medios químicos, materiales y/o mecánicos.

**[0059]** En un modo de realización en el que el cuerpo exterior 304 y el cuerpo interior 308 se pueden formar independientemente, el cuerpo exterior 304 se puede formar a partir de un primer material. En un modo de realización de este tipo, el cuerpo interior 308 se puede formar a partir de un segundo material, que es diferente del primer material. Se debe apreciar que la selección de los primer y segundo materiales se puede promover por el diseño operativo de los componentes. Por ejemplo, el primer material se puede seleccionar para que soporte la definición de la trayectoria de carga para la transferencia de la carga de la turbina eólica 100, mientras que el segundo material se puede seleccionar para que equilibre una rigidez deseada del cuerpo interior 308 con el deseo de una estructura relativamente ligera.

**[0060]** En referencia ahora a la FIG. 9, se ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un controlador acoplado en comunicación al/a los sensor(es) 310. Como se muestra, el controlador 200 incluye uno o más procesadores 206 y dispositivos de memoria 208 asociados configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizando los procedimientos, etapas, cálculos y similares y almacenando datos pertinentes como se divulga en el presente documento). Adicionalmente, el controlador 200 también puede incluir un módulo de comunicaciones 210 para facilitar las comunicaciones entre el controlador 200 y los diversos componentes de la turbina eólica 100. Además, el módulo de comunicaciones 210 puede incluir una interfaz de sensor 212 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas desde el/los sensor(es) 310 se conviertan en señales que se puedan entender y procesar por los procesadores 206. Se debe apreciar que el/los sensor(es) 310 se puede(n) acoplar en comunicación al módulo de comunicaciones 210 usando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, el/los sensor(es) 310 se puede(n) acoplar a la interfaz de sensor 212 por medio de una conexión por cable. Sin embargo, en otros modos de realización, el/los sensor(es) 310 se puede(n) acoplar a la interfaz de sensor 212 por medio de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Adicionalmente, el módulo de comunicaciones 210 también se puede acoplar operativamente a un módulo de control de estado operativo 214 configurado para cambiar al menos un estado operativo de la turbina eólica.

**[0061]** Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no solo se refiere a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como que se incluyen en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador de lógica programable (PLC), un circuito integrado específico de aplicación y otros circuitos programables. Adicionalmente, el/los dispositivo(s) de memoria 208 puede(n) comprender, en general, elemento(s) de memoria, que incluye(n), pero sin limitarse a, medio legible por ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM)), medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria *flash*), un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Dicho(s) dispositivo(s) de memoria 208, en general, se puede(n) configurar para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el/los procesador(es) 206, configuran el controlador 200 para que realice diversas funciones, incluyendo, pero sin limitarse a, detectar un acontecimiento operativo anómalo e iniciar un modo de frenado potenciado para la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento, así como diversas otras funciones implementadas por ordenador adecuadas.

**[0062]** En referencia a la FIG. 10, se presenta un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento 400 para fabricar un conjunto de eje de una turbina eólica. El procedimiento 400 se puede implementar para fabricar el conjunto de soporte de cargas 300 y/o el conjunto de eje 302 analizados anteriormente con referencia a las FIGS. 3-8. La FIG. 10 representa las etapas realizadas en un orden particular con propósitos de ilustración y análisis. Los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, entenderán que diversas etapas del procedimiento 400, o cualquiera de los demás procedimientos divulgados en el presente documento, se pueden adaptar, modificar, reordenar, realizar simultáneamente, o modificar de diversas formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

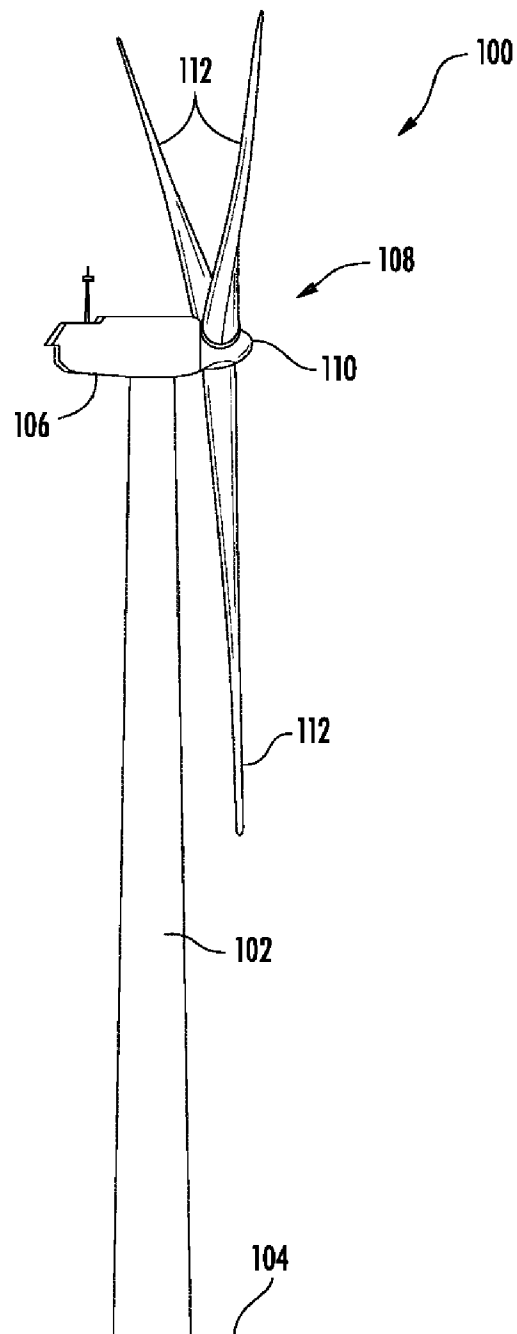
**[0063]** Como se muestra en (402), el procedimiento 400 incluye la formación de un cuerpo de eje que define una cavidad que se extiende en dirección radial y una trayectoria de carga para transmitir una carga generada por la turbina eólica en respuesta al viento. Como se muestra en (404), el procedimiento 400 incluye disponer un cuerpo interior dentro de la cavidad en alineación axial y rotacional con un eje del cuerpo de eje, no soportando cargas el cuerpo interior con respecto a la carga. Adicionalmente, como se muestra en (406), el procedimiento 400 incluye el acoplamiento de al menos un sensor al cuerpo interior dentro de la cavidad, estando configurado el al menos un sensor para detectar una desviación radial del cuerpo de eje en respuesta a la carga.

**[0064]** Esta descripción por escrito usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos se les ocurran a los expertos en la técnica. Además, el experto en la técnica reconocerá la intercambiabilidad de diversas características de diferentes modos de realización. De forma similar, las diversas etapas de procedimiento y características descritas, así como otras equivalentes conocidas para cada uno de dichos procedimientos y característica, se pueden mezclar y combinar por un experto en esta técnica para construir sistemas y técnicas adicionales de acuerdo con los principios de la presente divulgación. Por supuesto, se debe entender que no necesariamente todos de dichos objetivos o ventajas descritos anteriormente se pueden lograr de acuerdo con cualquier modo de realización particular. Por tanto, por ejemplo, los expertos en la técnica reconocerán que los sistemas y técnicas descritos en el presente documento se pueden realizar o llevar a cabo de manera que logre u optimice una ventaja o grupo de ventajas, como se enseña en el presente documento sin lograr necesariamente otros objetivos o ventajas como se pueda enseñar o sugerir en el presente documento.

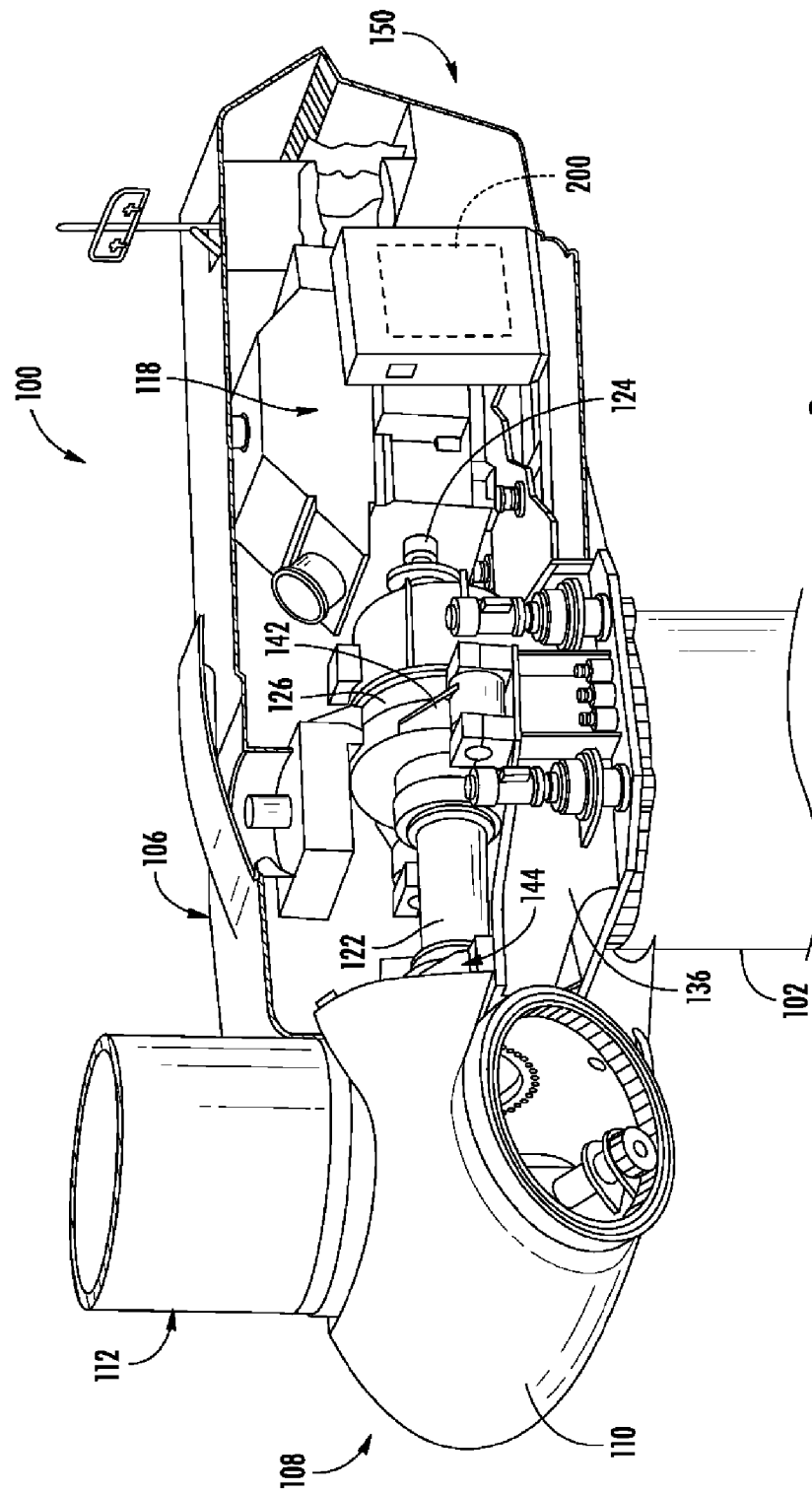
# REIVINDICACIONES

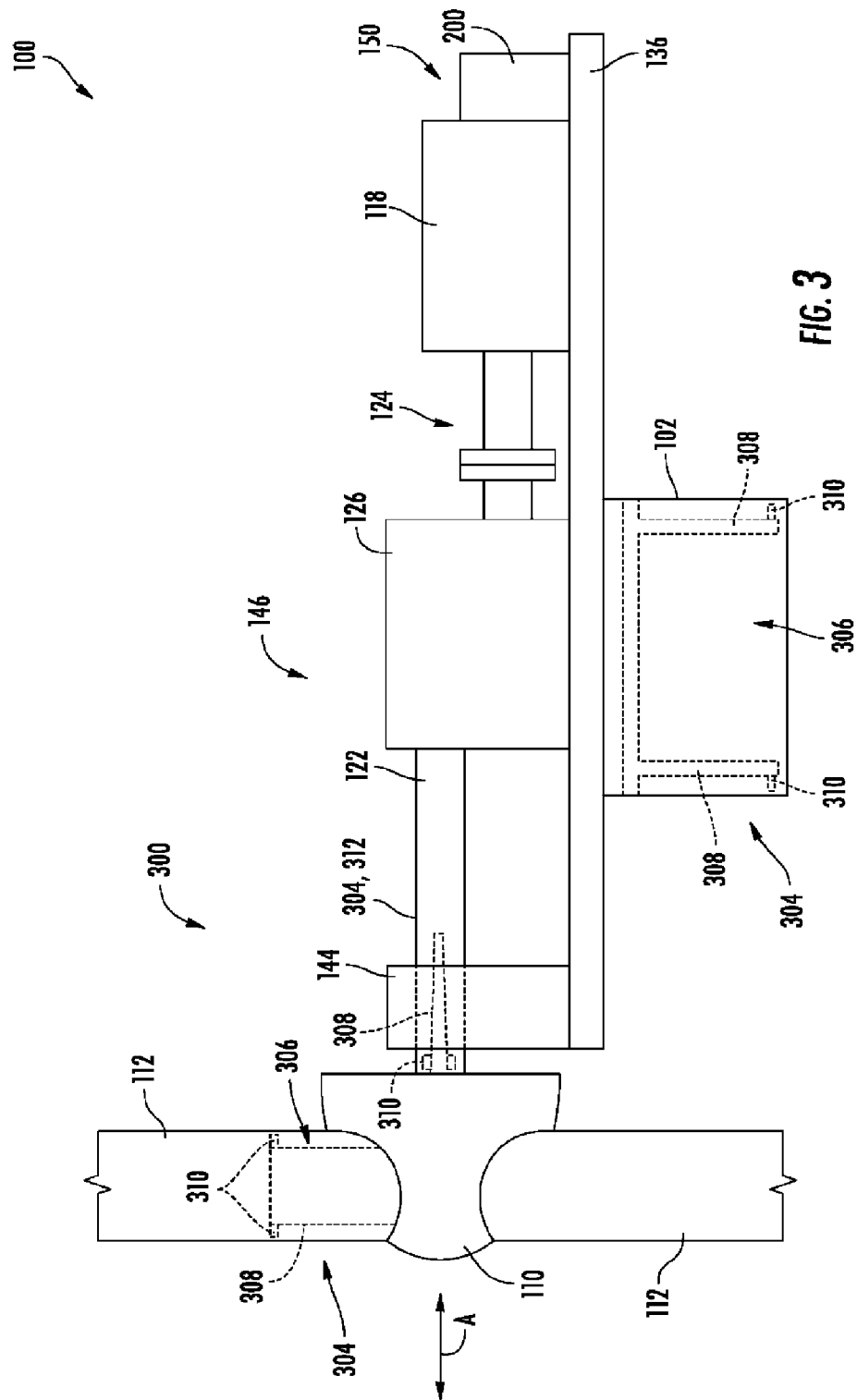
1. Un conjunto de eje (302) de una turbina eólica (100), comprendiendo el conjunto de eje (302):  
5 un cuerpo de eje (312) que define una cavidad (306) en el mismo y una trayectoria de carga para transmitir una carga generada por la turbina eólica (100) en respuesta al viento;  
un cuerpo interior (308) dispuesto dentro de la cavidad (306) y acoplado al cuerpo de eje (312), no  
soportando cargas el cuerpo interior (308) con respecto a la carga, en el que el cuerpo de eje (312) y el  
10 cuerpo interior (308) son concéntricos y tienen una velocidad de rotación sincronizada alrededor de un  
eje; y  
al menos un sensor (310) acoplado al cuerpo interior (308) y situado dentro de la cavidad (306) para  
detectar una desviación del cuerpo de eje (312) en respuesta a la carga.
2. El conjunto de eje (302) de la reivindicación 1, en el que el acoplamiento del al menos un sensor (310) al  
15 cuerpo interior (308) define una separación física entre el al menos un sensor (310) y una pared (314)  
contigua de la cavidad (306) en una dirección radial.
3. El conjunto de eje (302) de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el al menos un sensor (310) comprende un  
sensor de proximidad, estando configurado el sensor de proximidad para indicar una desviación radial del  
20 cuerpo de eje (312).
4. El conjunto de eje (302) de cualquier reivindicación precedente, en el que el al menos un sensor (310)  
comprende un conjunto de sensores (326) dispuestos en una primera localización axial del eje,  
circunscribiendo el conjunto de sensores (326) el cuerpo interior (308), definiendo cada sensor (310) del  
25 conjunto de sensores (326) una separación circunferencial con al menos un sensor contiguo del conjunto de  
sensores (326).
5. El conjunto de eje (302) de cualquier reivindicación precedente, en el que el al menos un sensor (310) está  
acoplado al cuerpo interior (308) en una primera localización axial a lo largo del eje y el cuerpo interior (308)  
30 está acoplado al cuerpo de eje (312) en una segunda localización axial dentro de la cavidad (306), formando  
el cuerpo interior (308) un voladizo que se extiende al menos axialmente entre la segunda localización axial y  
el al menos un sensor (310).
6. El conjunto de eje (302) de cualquier reivindicación precedente, en el que el cuerpo de eje (312) y el cuerpo  
35 interior (308) son un cuerpo unitario que tiene una ausencia de una junta entre los mismos.
7. El conjunto de eje (302) de cualquier reivindicación precedente, en el que el cuerpo interior (308) se acopla  
dentro de la cavidad (306) después de su formación, comprendiendo el cuerpo de eje (312) un primer  
material, y comprendiendo el cuerpo interior (308) un segundo material que es diferente del primer material.  
40
8. Un procedimiento (400) para fabricar un conjunto de eje (302) de una turbina eólica (100), comprendiendo el  
procedimiento:  
45 formar un cuerpo de eje (312) que define una cavidad (306) que se extiende en una dirección radial y una  
trayectoria de carga para transmitir una carga generada por la turbina eólica (100) en respuesta al viento  
(402);  
disponer un cuerpo interior (308) dentro de la cavidad (306) en alineación axial y rotacional con un eje del  
cuerpo de eje (312), no soportando cargas el cuerpo interior (308) con respecto a la carga (404); y  
50 acoplar al menos un sensor (310) al cuerpo interior (308) dentro de la cavidad (306), estando configurado  
el al menos un sensor (310) para detectar una desviación radial del cuerpo de eje (312) en respuesta a la  
carga (406).
9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que el al menos un sensor (310) está acoplado al cuerpo interior  
(308) en una primera localización axial a lo largo del eje, comprendiendo además el procedimiento:  
55 acoplar el cuerpo interior (308) al cuerpo de eje (312) en una segunda localización axial dentro de la cavidad  
(306) para formar un voladizo que se extiende al menos axialmente entre la segunda localización axial y el al  
menos un sensor (310), en el que el al menos un sensor (310) tiene una primera sensibilidad en una primera  
longitud axial de voladizo y una segunda sensibilidad correspondiente a una segunda longitud axial de  
60 voladizo, siendo la segunda longitud axial de voladizo mayor que la primera longitud axial de voladizo y la  
segunda sensibilidad puede ser mayor que la primera sensibilidad.
10. El procedimiento de las reivindicaciones 8 o 9, en el que disponer el cuerpo interior (308) dentro de la cavidad  
(306) comprende al menos una de fundición o fabricación de forma aditiva del cuerpo interior (308) como un  
cuerpo unitario con el cuerpo de eje (312), teniendo el cuerpo interior (308) y el cuerpo de eje (312) una  
65 ausencia de una junta entre los mismos.

11. El procedimiento de las reivindicaciones 8, 9 o 10, en el que el cuerpo de eje (312) comprende un primer material, y en el que disponer el cuerpo interior (308) dentro de la cavidad (306) comprende además:
- 5            formar el cuerpo interior (308) a partir de un segundo material diferente del primer material;  
             insertar el cuerpo interior (308) en la cavidad (306); y  
             acoplar el cuerpo interior (308) a una cara interior del cuerpo de eje (312).
12. El procedimiento de las reivindicaciones 8, 9, 10 u 11, en el que acoplar al menos un sensor (310) al cuerpo interior (308) comprende:
- 10            circunscribir el cuerpo interior (308) en una posición axial con un conjunto de sensores (326), en el que el conjunto de sensores (326) se distribuye de forma equidistante alrededor de una circunferencia del cuerpo interior (308).
13. El procedimiento de las reivindicaciones 8, 9, 10, 11 o 12, que comprende además:
- 15            acoplar un miembro de sellado (324) a través de una abertura (316) en el cuerpo de eje (312) definido por la cavidad (306).



**FIG. 1**





**FIG. 3**

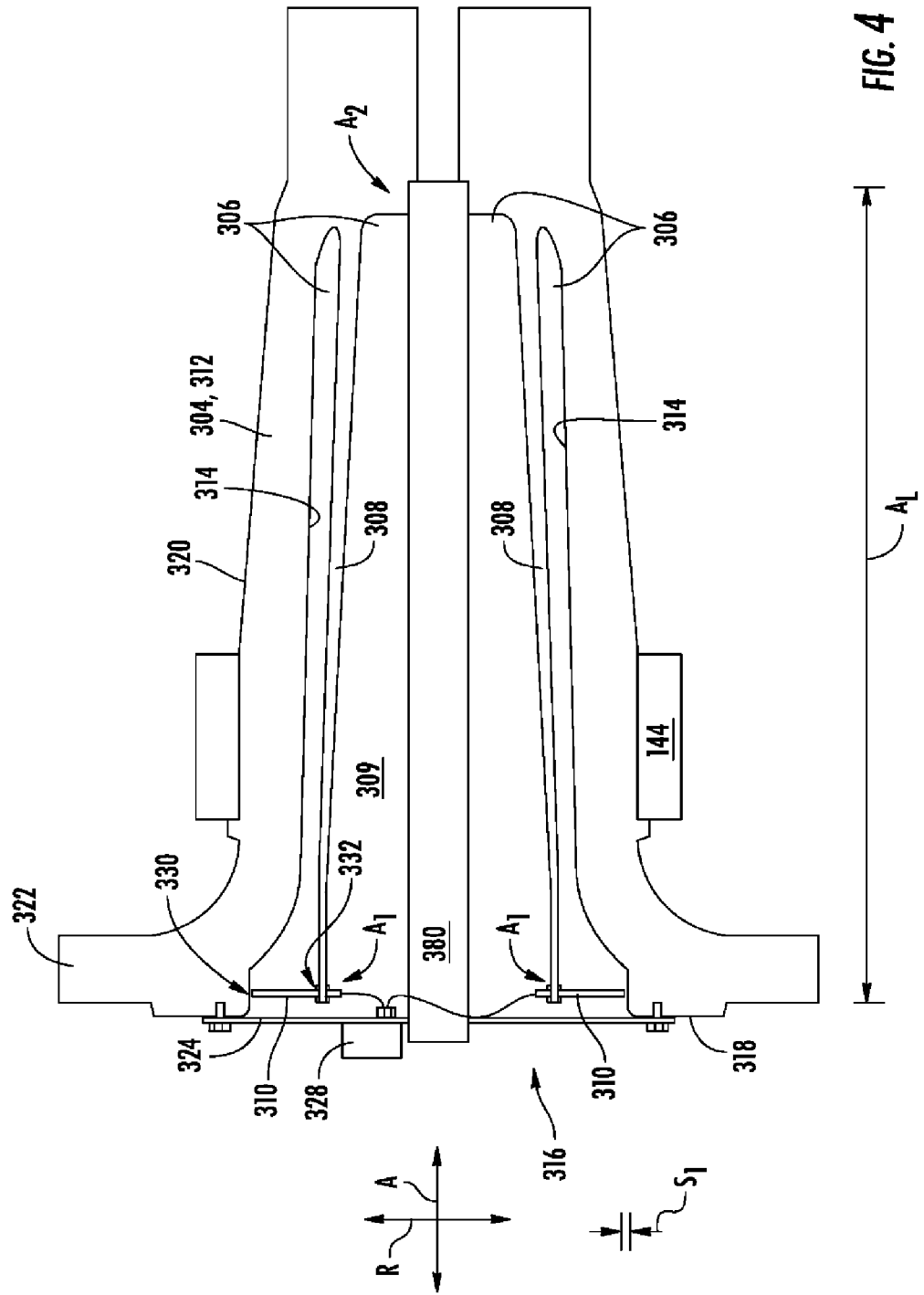
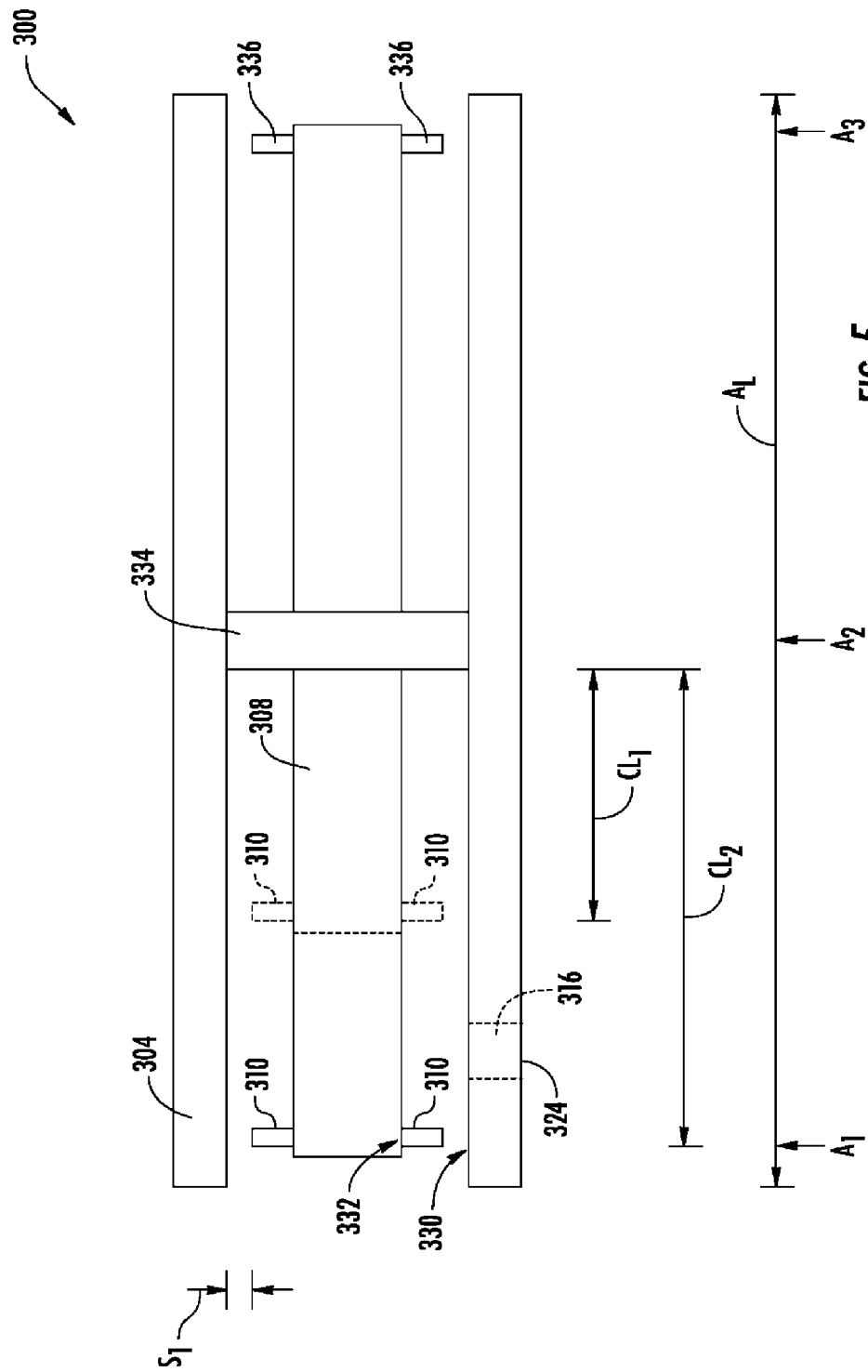


FIG. 4



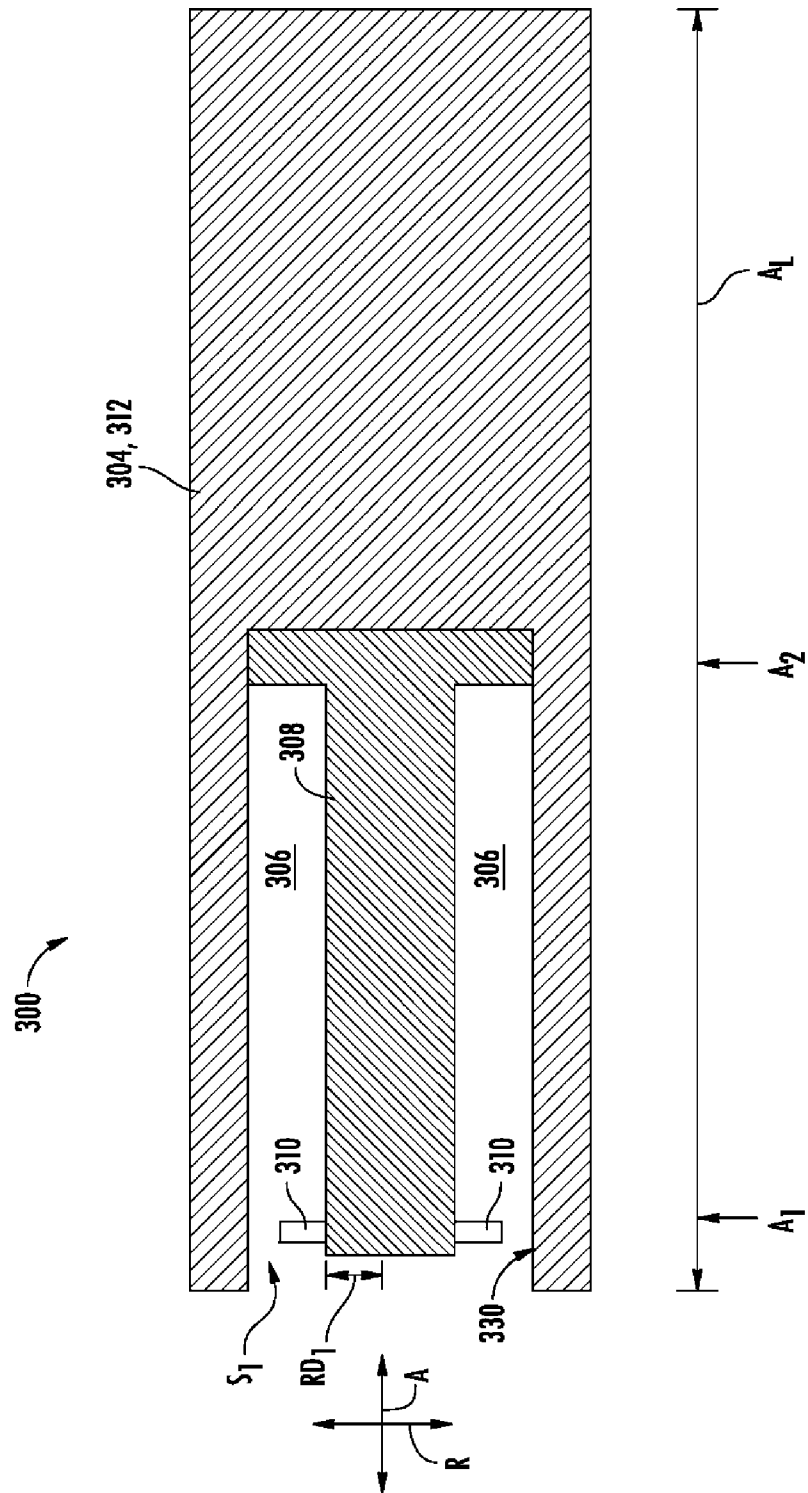


FIG. 6

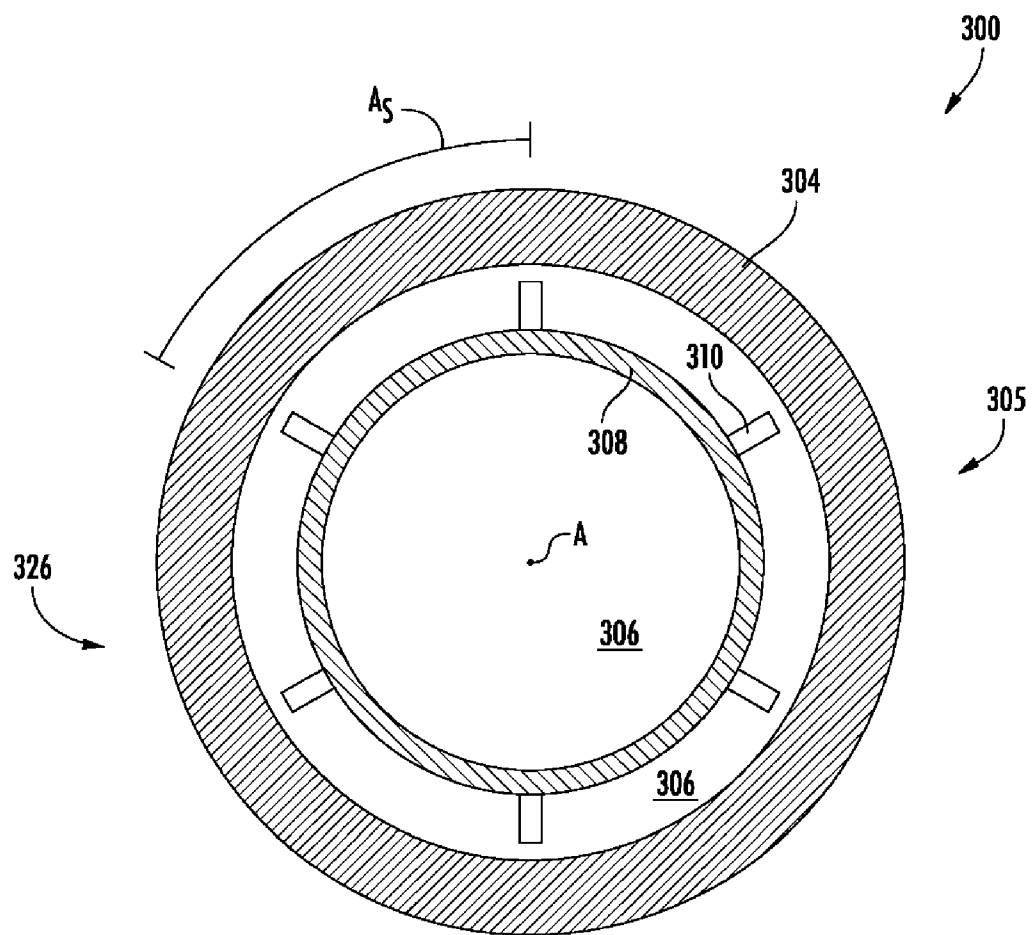


FIG. 7

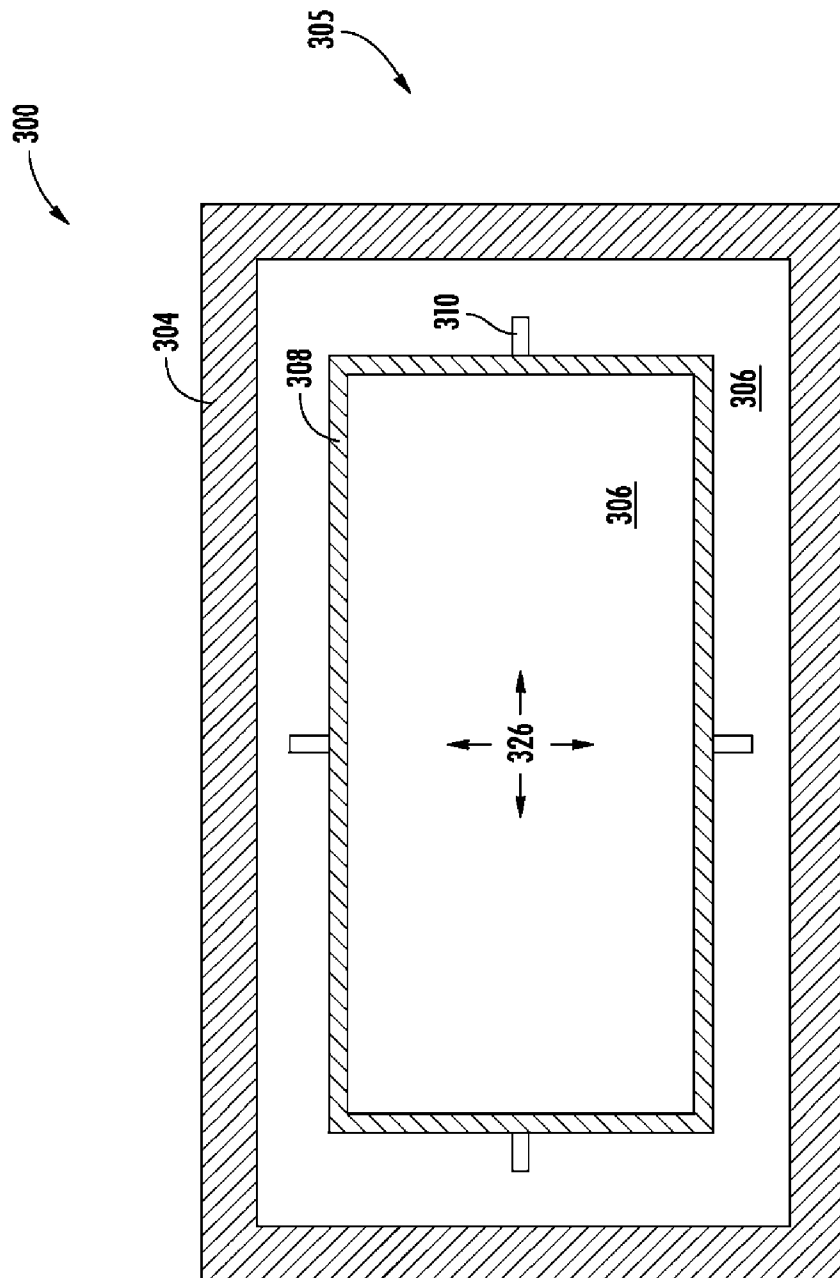
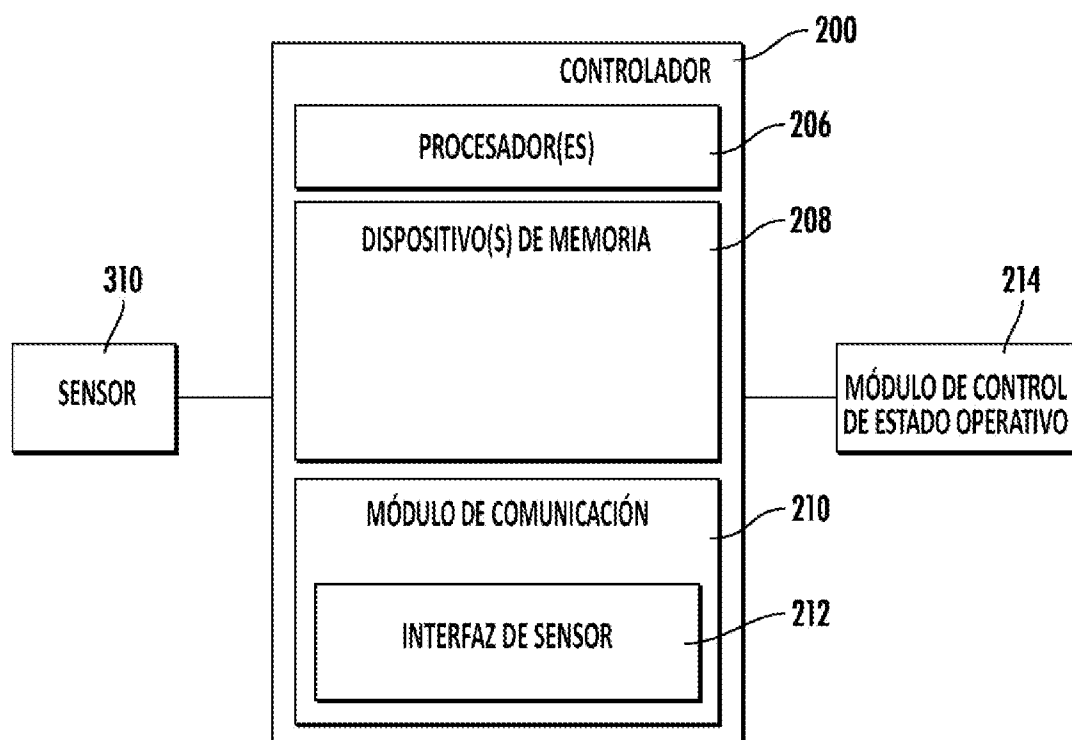
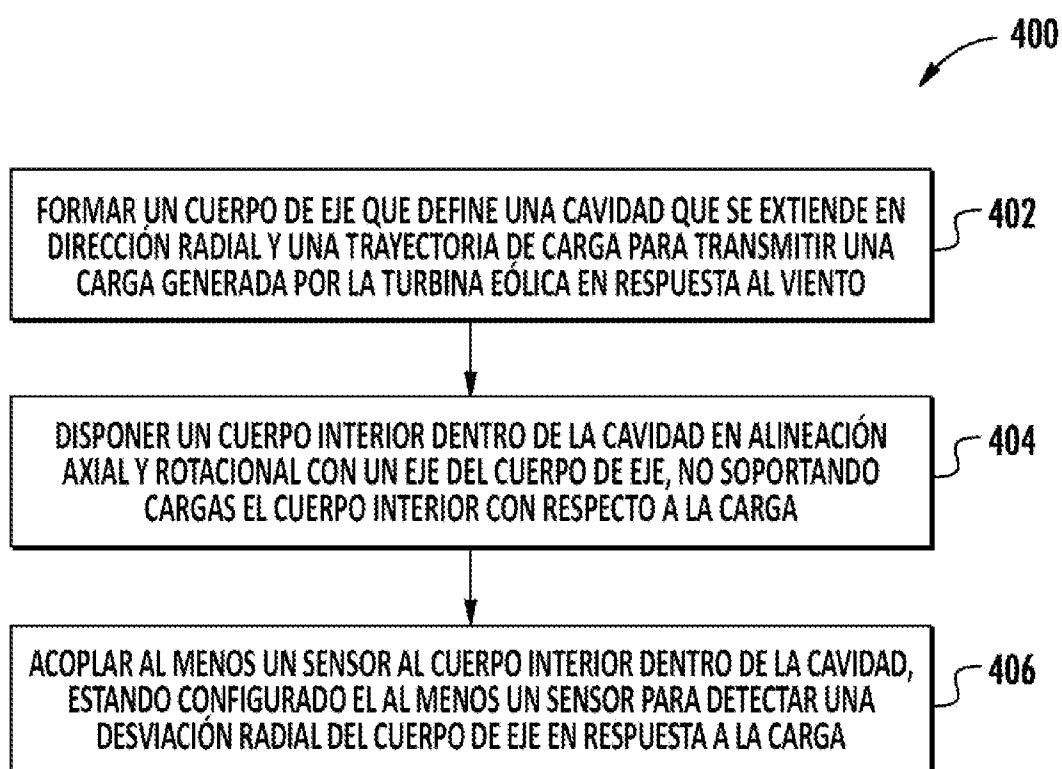


FIG. 8



**FIG. 9**



**FIG. 10**