

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 982**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2010** **E 10179697 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.04.2021** **EP 2306004**

54 Título: **Turbina eólica que comprende un aparato para controlar las emisiones acústicas**

30 Prioridad:

**30.09.2009 US 570547**

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

**29.12.2021**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**KOOIJMAN, HENDRIKUS J. T.;  
PETERSEN, ANDREAS y  
KOSCHINSKY, MARKUS**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 887 982 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Turbina eólica que comprende un aparato para controlar las emisiones acústicas

5 **[0001]** La materia divulgada en el presente documento se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más en particular, a procedimientos y aparatos para controlar las emisiones acústicas de una turbina eólica.

10 **[0002]** Las turbinas eólicas han recibido mayor atención por ser fuentes de energía alternativas ambientalmente seguras y relativamente económicas. Con el creciente interés en las fuentes de energía alternativas, se han realizado esfuerzos considerables para desarrollar turbinas eólicas que sean fiables y eficientes. Aunque las turbinas eólicas no emiten gases de efecto invernadero, una preocupación creciente relacionada con las turbinas eólicas es la emisión de contaminación acústica. De este modo, la capacidad de controlar y/o gestionar las emisiones acústicas percibidas de las turbinas eólicas facilita la integración de las turbinas eólicas en la sociedad.

15 **[0003]** Un procedimiento conocido para determinar las emisiones sonoras de una turbina eólica es la norma IEC 61400-11. Más específicamente, la norma IEC 61400-11 usa un micrófono situado en el suelo a una distancia predeterminada de la turbina eólica para determinar al menos un nivel sonoro y un nivel de potencia sonora de la turbina eólica. En particular, la determinación de las emisiones sonoras utilizando procedimientos conocidos como la norma IEC 61400-11 implica, en general, un margen de error relativamente grande.

20 **[0004]** El documento WO 03/064853 se refiere al control de las emisiones sonoras de una planta generadora de energía.

25 **[0005]** El documento EP 1 748 184 se refiere a un procedimiento y aparato para reducir el ruido de una turbina eólica.

**[0006]** El documento US 2007/0183885 se refiere a un procedimiento para optimizar el funcionamiento de una turbina eólica.

30 **[0007]** El documento DE 199 26 553 analiza un procedimiento de funcionamiento de turbina eólica para limitar el ruido.

**[0008]** El documento EP 1 873 395 se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un parque eólico.

35 **[0009]** Por consiguiente, es deseable proporcionar un procedimiento y/o sistema para determinar las emisiones acústicas de una turbina eólica y controlar y/o gestionar las emisiones acústicas percibidas de la turbina eólica en base a las emisiones acústicas determinadas.

40 **[0010]** En las reivindicaciones adjuntas se definen diversos aspectos y modos de realización de la presente invención.

**[0011]** Se describirán ahora diversos aspectos y modos de realización de la presente invención en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

45 La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar;

la Figura 2 es una vista en perspectiva de una góndola ejemplar adecuada para su uso con la turbina eólica mostrada en la Figura 1;

50 la Figura 3 es un diagrama esquemático eléctrico de la turbina eólica mostrada en la Figura 1; y

la Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar para controlar la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

55 **[0012]** La siguiente descripción detallada de determinados modos de realización de la presente invención se entenderá mejor cuando se lea conjuntamente con los dibujos adjuntos. En la medida que los dibujos ilustran diagramas de los bloques funcionales de diversos modos de realización, los bloques funcionales no son necesariamente indicativos de la división entre circuitos de hardware. De este modo, por ejemplo, uno o más de los bloques funcionales (por ejemplo, procesadores o memorias) pueden implementarse en una sola unidad de hardware (por ejemplo, un procesador de señales de propósito general o una memoria de acceso aleatorio o a bloques, disco duro o similar). De forma similar, los programas pueden ser programas autónomos, pueden incorporarse como subrutinas en un sistema operativo, pueden ser funciones en un paquete de software instalado, y similares. Debe entenderse que los diversos modos de realización no se limitan a las disposiciones y medios mostrados en los dibujos.

65

**[0013]** Varios de los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento facilitan el control de emisiones acústicas de una turbina eólica. Usando diversas determinaciones, incluyendo una condición atmosférica inicial y otros datos asociados a la atenuación y propagación de emisiones acústicas, se controla el funcionamiento de la turbina eólica para ajustar la emisión acústica de la turbina eólica. Por ejemplo, para ajustar la emisión acústica de la turbina eólica, se puede aumentar y/o disminuir la velocidad del rotor, se puede girar la góndola alrededor de un eje de orientación y/o se puede girar una pala de rotor alrededor de un eje de *pitch*.

**[0014]** Como se usa en el presente documento, se pretende que el término "pala" sea representativo de cualquier dispositivo que proporcione fuerza reactiva cuando está en movimiento en relación con un fluido circundante. Como se usa en el presente documento, se pretende que el término "turbina eólica" sea representativo de cualquier dispositivo que genere energía de rotación a partir de energía eólica y, más específicamente, convierta la energía cinética del viento en energía mecánica. Como se usa en el presente documento, se pretende que el término "generador de turbina eólica" sea representativo de cualquier turbina eólica que genere energía eléctrica a partir de energía de rotación generada a partir de energía eólica y, más específicamente, convierta en energía eléctrica la energía mecánica obtenida de la energía cinética del viento. Como se usa en el presente documento, se pretende que el término "molino de viento" sea representativo de cualquier turbina eólica que use energía de rotación generada a partir de energía eólica y, más específicamente, energía mecánica convertida a partir de energía cinética del viento, para un propósito distinto a generar energía eléctrica que incluye, sin limitación, bombear un fluido y/o triturar una sustancia. Como se usa en el presente documento, se pretende que el término "parque eólico" sea representativo de una pluralidad de turbinas eólicas que están agrupadas.

**[0015]** La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica 10 ejemplar. La turbina eólica 10 descrita e ilustrada en el presente documento es un generador eólico para generar energía eléctrica a partir de energía eólica. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede ser cualquier tipo de turbina eólica. Aunque solo se muestra una turbina eólica 10 en las Figuras 1-3, en algunos modos de realización, una pluralidad de turbinas eólicas 10 se puede agrupar como un parque eólico.

**[0016]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje casi horizontal. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede tener cualquier ángulo de inclinación adecuado. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12 y un rotor 18 que está acoplado a la góndola 16. En el modo de realización ejemplar, el rotor 18 incluye un buje 20 que puede girar alrededor de un eje de rotación 22 y al menos una pala de rotor 24 acoplada a y que se extiende hacia fuera del buje 20. En el modo de realización ejemplar, el rotor 18 incluye tres palas de rotor 24. De forma alternativa, el rotor 18 puede incluir cualquier número adecuado de palas de rotor 24. En el modo de realización ejemplar, la torre 12 está fabricada de acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la Figura 1) entre la superficie de soporte 14 y la góndola 16. De forma alternativa, la torre 12 puede ser cualquier tipo de torre adecuada y puede fabricarse con cualquier material adecuado. La altura de la torre 12 puede ser cualquier altura adecuada que permita que la turbina eólica 10 funcione como se describe en el presente documento.

**[0017]** En el modo de realización ejemplar, las palas de rotor 24 pueden estar espaciadas en torno al buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para permitir que la energía cinética se transfiera desde el viento transformándose en energía mecánica útil y, posteriormente, en energía eléctrica. Las cargas inducidas a las palas de rotor 24 se transfieren al buje 20. En el modo de realización ejemplar, las palas de rotor 24 tienen una longitud que varía de aproximadamente 0,5 metros (m) a más de 100 m. De forma alternativa, las palas de rotor 24 pueden tener cualquier longitud adecuada que permita que la turbina eólica 10 funcione como se describe en el presente documento. En particular, las palas 24 pueden tener cualquier forma, tipo y/o cualquier configuración. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 puede incluir un rotor 18 que, en general, está orientado a barlovento para aprovechar la energía eólica y/o a sotavento para aprovechar la energía eólica. De forma alternativa, el rotor 18 puede estar colocado en cualquier ángulo (que puede ser variable) con respecto a la dirección 26 del viento para aprovechar la energía eólica del mismo.

**[0018]** En el modo de realización ejemplar, cuando el viento incide en las palas de rotor 24 desde la dirección 26, el rotor 18 gira alrededor del eje de rotación 22. De forma alternativa, el viento puede incidir en las palas de rotor 24 desde una pluralidad de direcciones 26 y/o en diversas cizalladuras del viento, gradientes de viento e intensidades de turbulencia. Como se usa a lo largo de esta descripción detallada y en las reivindicaciones, la cizalladura del viento es una combinación de la velocidad y dirección del viento en una distancia relativamente corta en la atmósfera. Más específicamente, la cizalladura del viento proporciona un perfil vertical y/u horizontal de la velocidad y la dirección del viento en una ubicación dada. Como se usa a lo largo de esta descripción detallada y en las reivindicaciones, el gradiente de viento es un gradiente vertical de una velocidad media horizontal del viento en la atmósfera inferior. Más específicamente, el gradiente de viento proporciona una tasa de aumento de la fuerza del viento con un aumento unitario de altura por encima de un nivel dado. Como se usa a lo largo de esta descripción detallada y en las reivindicaciones, la intensidad de turbulencia caracteriza una intensidad de ráfagas en el flujo de aire. Más específicamente, la intensidad de turbulencia proporciona una relación entre la raíz cuadrada media de la velocidad de remolino y la velocidad media del viento.

- 5 **[0019]** En el modo de realización ejemplar, a medida que las palas de rotor 24 se hacen rotar y se someten a fuerzas centrífugas, las palas de rotor 24 también se someten a diversas fuerzas y momentos. De este modo, las palas de rotor 24 se pueden desviar y/o rotar desde una posición neutra, o no desviada, a una posición desviada. Además, un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 24, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas de rotor 24 con respecto a la dirección del viento 26, puede ser modificado por un sistema de ajuste de *pitch* (mostrado en la Figura 2) para controlar la energía generada por la turbina eólica 10 ajustando una posición angular de un perfil de al menos una pala de rotor 24 con respecto a los vectores del viento. Se ilustran ejes de *pitch* 28. En el modo de realización ejemplar, un ángulo de *pitch* de cada pala de rotor 24 se controla individualmente mediante un sistema de control 30. De forma alternativa, un ángulo de *pitch* para todas las palas de rotor 24 se puede controlar simultáneamente mediante el sistema de control 30. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 se muestra centralizado dentro de la góndola 16. De forma alternativa, el sistema de control 30 puede ser un sistema distribuido por toda la turbina eólica 10, en la superficie de soporte 14, dentro de un parque eólico y/o en un centro de control remoto.
- 15 **[0020]** En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 está acoplado comunicativamente a una pluralidad de componentes de turbina eólica 10 para supervisar y controlar, en general, el funcionamiento de la turbina eólica 10 y/o algunos o todos de sus componentes. Por ejemplo, en el modo de realización ejemplar, a medida que cambia la dirección 26, se puede controlar una dirección de orientación ("yaw") de la góndola 16 en torno a un eje de orientación 32 para situar las palas de rotor 24 con respecto a la dirección 26. Además, el sistema de control 30 se puede usar para supervisar y controlar el sistema general incluyendo, sin limitación, la regulación de *pitch* y de velocidad, la aplicación de freno de orientación y de eje de alta velocidad, la aplicación de motor de bomba y de orientación, la supervisión de fallos y/o la regulación de emisiones acústicas. Por ejemplo, el sistema de control 30 puede calibrar automáticamente el funcionamiento de la turbina eólica 10 basándose en una condición atmosférica inicial y otros datos asociados a la atenuación y propagación de emisiones acústicas. En determinados modos de realización se pueden usar arquitecturas de control centralizadas o distribuidas alternativas.
- 30 **[0021]** En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye un procesador, como el mostrado en la Figura 3, que está configurado para realizar los procedimientos y/o etapas descritos en el presente documento. Además, otros componentes descritos en el presente documento pueden incluir un procesador. Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no se limita a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como ordenador, sino que se refiere, en términos generales, a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables, y estos términos se usan de forma intercambiable en el presente documento. Debe entenderse que un procesador y/o un sistema de control también pueden incluir memoria, canales de entrada y/o canales de salida.
- 45 **[0022]** En los modos de realización descritos en el presente documento, la memoria puede incluir, sin limitación, un medio legible por ordenador, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), y un medio no volátil legible por ordenador, tal como una memoria flash. De forma alternativa, también se pueden utilizar un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto (CD-ROM), un disco magneto-óptico (MOD) y/o un disco versátil digital (DVD). Además, en los modos de realización descritos en el presente documento, los canales de entrada pueden incluir, sin limitación, sensores y/o dispositivos periféricos de ordenador asociados a una interfaz de operador, tal como un ratón y/o un teclado. Además, en el modo de realización ejemplar, los canales de salida pueden incluir, sin limitación, un dispositivo de control, un monitor de interfaz de operador y/o un dispositivo de visualización.
- 55 **[0023]** Los procesadores descritos en el presente documento procesan información transmitida desde una pluralidad de dispositivos eléctricos y electrónicos que pueden incluir, sin limitación, sensores, accionadores, compresores, sistemas de control y/o dispositivos de supervisión. Dichos procesadores pueden estar ubicados físicamente en, por ejemplo, un sistema de control, un sensor, un dispositivo de supervisión, un ordenador de escritorio, un ordenador portátil, un armario de PLC y/o un armario de sistema de control distribuido (DCS). La RAM y los dispositivos de almacenamiento almacenan y transfieren información e instrucciones para ser ejecutadas por el/los procesador(es). También se pueden usar RAM y dispositivos de almacenamiento para almacenar y proporcionar variables temporales, información e instrucciones estáticas (es decir, que no cambian) u otra información intermedia a los procesadores durante la ejecución de instrucciones por parte del/de los procesador(es). Las instrucciones que se ejecutan pueden incluir, sin limitación, consignas de control de emisiones acústicas. La ejecución de secuencias de instrucciones no se limita a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software.
- 60 **[0024]** En referencia ahora a las Figuras 2 y 3, la turbina eólica 10 incluye un generador eléctrico 34 acoplado al rotor 18 para generar energía eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. En el modo de realización ejemplar, el rotor 18 incluye un eje de rotor 36 acoplado al buje 20 para su rotación con el mismo. En el modo de realización ejemplar, un eje de rotor de generador 38 está acoplado de forma giratoria al eje de rotor 36 a través de una multiplicadora 40. Más específicamente, en el modo de realización ejemplar, la multiplicadora 40 tiene un lado de baja velocidad 42 acoplado de manera giratoria al eje de rotor 36 y un lado de alta velocidad 44 acoplado de manera giratoria al eje de rotor de generador 38.

**[0025]** En determinados modos de realización, la turbina eléctrica 10 puede incluir un freno de disco (no mostrado) para frenar la rotación del rotor 18 para, por ejemplo, ralentizar la rotación del rotor 18, frenar el rotor 18 en relación con el par de torsión completo del viento y/o reducir la generación de energía eléctrica del generador eléctrico 34. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye al menos un sensor 46 acoplado al eje de rotor 36 para medir la velocidad de rotación del eje de rotor 36 y/o el par de torsión del eje de rotor 36. El sensor 46 puede ser cualquier sensor adecuado incluido, sin limitación, codificadores ópticos, sensores de proximidad digitales, transductores piezoeléctricos, galgas extensométricas y/o tacómetros que tengan cualquier ubicación adecuada dentro o alejada de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, el sensor 46 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para transmitir señales de medición al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0026]** En el modo de realización ejemplar, como se muestra en la Figura 2, la turbina eólica 10 incluye un sistema de orientación 48 para girar la góndola 16 alrededor del eje de orientación 32 para cambiar la orientación del rotor 18. Más específicamente, el sistema de orientación 48 gira la góndola 16 para cambiar la dirección del viento 26 a la que hace frente el rotor 18 para ajustar, por ejemplo, un ángulo entre la dirección a la que hace frente el rotor 18 y una dirección de viento. En el modo de realización ejemplar, el sistema de orientación 48 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para recibir señales de consignas de control desde el sistema de control 30 para controlar el funcionamiento del sistema de orientación 48. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye al menos un sensor 50 acoplado al sistema de orientación 48 para medir la orientación de la góndola 16 o, más específicamente, un ángulo de la góndola 16 con respecto a la dirección del viento 26. El sensor 50 puede ser cualquier sensor adecuado que incluya, pero sin limitación, codificadores ópticos situados dentro del sistema de orientación 48 que tengan cualquier ubicación adecuada dentro o alejada de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, los sensores 50 están acoplados en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para transmitir señales de medición de *pitch* al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0027]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye un sistema de *pitch* de pala variable 52 para controlar un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 24 con respecto a la dirección del viento 26. En el modo de realización ejemplar, el sistema de *pitch* de pala variable 52 está acoplado al sistema de control 30 para controlarse de este modo. En el modo de realización ejemplar, el sistema de *pitch* de pala variable 52 incluye uno o más accionadores (no mostrados) acoplados al buje 20 y/o las palas de rotor 24 para cambiar el ángulo de *pitch* de las palas de rotor 24 girando las palas de rotor 24 con respecto al buje 20 alrededor del eje de *pitch* 28. Los accionadores de *pitch* pueden incluir cualquier estructura, configuración, disposición, medios y/o componentes adecuados, ya sea descritos y/o ilustrados en el presente documento, tales como motores eléctricos, cilindros hidráulicos, resortes y/o servomecanismos. Además, los accionadores de *pitch* pueden ser accionados por cualquier medio adecuado, descrito y/o ilustrado en el presente documento, incluyendo, sin limitación, fluido hidráulico, energía eléctrica, energía electroquímica y/o energía mecánica, tal como fuerza de resorte. Por ejemplo, en determinados modos de realización, los accionadores de *pitch* incluyen un engranaje impulsor de *pitch* (no mostrado) que está acoplado a una corona dentada de *pitch* (no mostrada). La corona dentada de *pitch* está acoplada a una pala de rotor 24 de manera que la rotación del engranaje impulsor de *pitch* hace girar la pala de rotor 24 alrededor del eje de *pitch* 28 para cambiar así el ángulo de *pitch* de la pala de rotor 24.

**[0028]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 también incluye una pluralidad de sensores 54, cada uno acoplado a una pala de rotor correspondiente 24 para medir un ángulo de *pitch* de cada pala de rotor 24 o, más específicamente, un ángulo de cada pala de rotor 24 con respecto a la dirección del viento 26 y/o con respecto al buje 20. Los sensores 54 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga cualquier ubicación adecuada dentro o alejada de la turbina eólica 10, tal como, pero sin limitarse a, codificadores ópticos dentro del sistema de *pitch* 52. En el modo de realización ejemplar, los sensores 54 están acoplados en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición de *pitch* al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0029]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 también incluye al menos un anemómetro 56 para medir la velocidad y/o la dirección del viento. En un modo de realización particular, la turbina eólica 10 está acoplada a una pluralidad de anemómetros 56 en una pluralidad de ubicaciones próximas a y/o alejadas de la turbina eólica 10 a una o más alturas. En el modo de realización ejemplar, uno o más anemómetros 56 están acoplados en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30. En el modo de realización ejemplar, uno o más anemómetros 56 están configurados para detectar una pluralidad de condiciones del viento que incluyen, sin limitación, la dirección del viento, la velocidad del viento, la cizalladura del viento, el gradiente del viento y la intensidad de turbulencia.

**[0030]** En el modo de realización ejemplar, el anemómetro 56 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar datos de medición al mismo para controlar otras operaciones de la turbina eólica 10. Por ejemplo, el anemómetro 56 puede enviar señales de medición al sistema de control 30 para controlar y/o cambiar la orientación del rotor 18 usando el sistema de orientación 48. De forma alternativa, el

anemómetro 56 puede estar acoplado en comunicación de datos electrónicos directamente al sistema de orientación 48 para controlar y/o cambiar la orientación del rotor 18.

**[0031]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 también incluye al menos un sensor 58 acoplado al generador 34 para medir una salida de potencia eléctrica del generador 34. En el modo de realización ejemplar, el sensor 58 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30. El sensor 58 puede ser cualquier sensor adecuado que incluye, sin limitación, transductores de corriente (CT) de efecto Hall y/o transductores de voltaje capacitivos (CVT) que tengan cualquier ubicación adecuada dentro de o alejada de la turbina eólica 10.

**[0032]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye al menos un sensor 60 configurado para medir la presión del aire ambiente. El sensor 60 puede ser cualquier sensor adecuado que incluya, sin limitación, uno o más instrumentos eléctricos de medición de presión barométrica que tengan cualquier ubicación adecuada dentro de o alejada de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, el sensor 60 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición de presión de aire ambiente al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0033]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye al menos un sensor 62 configurado para medir la temperatura del aire ambiente. El sensor 62 puede ser cualquier sensor adecuado que incluya, sin limitación, uno o más termómetros electrónicos que tengan cualquier ubicación adecuada dentro de o alejada de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, el sensor 62 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición de temperatura de aire ambiente al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0034]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye al menos un sensor 64 configurado para medir la humedad del aire ambiente. El sensor 64 puede ser cualquier sensor adecuado que incluya, sin limitación, uno o más sensores electrónicos de humedad relativa que tengan cualquier ubicación adecuada dentro de o alejada de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, el sensor 64 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición de humedad de aire ambiente al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0035]** En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye al menos un sensor 65 configurado para medir una emisión acústica. El sensor 65 puede ser cualquier sensor adecuado que incluya, sin limitación, uno o más micrófonos que tengan cualquier ubicación adecuada dentro de o alejada de la turbina eólica 10. De forma alternativa, el sensor 65 puede situarse en diversas ubicaciones próximas a y/o alejadas de la turbina eólica 10. Por ejemplo, el sensor 65 puede situarse cerca de ubicaciones que incluyen una o más de entre una casa, una ciudad y un área metropolitana. En el modo de realización ejemplar, el sensor 65 está acoplado en comunicación de datos electrónicos al sistema de control 30 para enviar señales de medición de emisiones acústicas al sistema de control 30 para procesar y/o recibir señales adecuadas desde el sistema de control 30.

**[0036]** La turbina eólica 10 también puede incluir uno o más sensores adicionales (no mostrados) acoplados a uno o más componentes de la turbina eólica 10 y/o la carga eléctrica, ya sea que dicho(s) componente(s) esté(n) descrito(s) o ilustrado(s) en el presente documento, para medir parámetros de dicho(s) componente(s) y/o para medir otras condiciones ambientales. Dicho(s) sensor(es) puede(n) incluir, sin limitación, sensores configurados para medir cualquier condición ambiental, cualquier parámetro operativo de cualquier componente de turbina eólica, desplazamiento, orientación, *pitch*, momentos, esfuerzo, tensión, torsión, daño, fallo, par de torsión del rotor, velocidad del rotor, una anomalía en la carga eléctrica y/o una anomalía de la potencia suministrada a cualquier componente de la turbina eólica 10. Dichos sensores pueden acoplarse a cualquier componente de la turbina eólica 10 y/o la carga eléctrica en cualquier ubicación de la misma para medir cualquier parámetro de la misma, ya sea que dicho componente, ubicación y/o parámetro esté descrito y/o ilustrado en el presente documento, y se pueda usar para obtener otras mediciones, por ejemplo, viscosidad, como se conoce en la técnica.

**[0037]** Con referencia además a la Figura 3, en el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye un bus 66 u otro dispositivo de comunicaciones para comunicar información entre diversos componentes del sistema de control 30. Al menos un procesador 68 está acoplado al bus 66 para procesar información, incluida información del anemómetro 56, de los sensores 46, 50, 54, 58, 60, 62, 64 y/o 65 y/o de otro u otros sensores. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 también incluye al menos una memoria de acceso aleatorio (RAM) 70 y/u otro dispositivo de almacenamiento 72. La RAM 70 y el dispositivo de almacenamiento 72 están acoplados al bus 66 para almacenar y transferir información e instrucciones para ejecutarse por el procesador 68. La RAM 70 y/o el dispositivo de almacenamiento 72 también se pueden usar para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones mediante el procesador 68. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 también incluye al menos una memoria de sólo lectura (ROM) 74 y/u otros dispositivos de almacenamiento estático acoplados al bus 66 para almacenar y proporcionar información e instrucciones estáticas (es decir, que no cambian) al procesador 68. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye además al menos un dispositivo de entrada/salida 76 que facilita

proporcionar datos de entrada al sistema de control 30 y/o proporcionar salidas, tales como, pero sin limitarse a, salidas de control de orientación y/o de control de *pitch*. Pueden proporcionarse instrucciones a la memoria desde un dispositivo de almacenamiento, tal como, por ejemplo, pero sin limitarse a, un disco magnético, un circuito integrado de memoria de sólo lectura (ROM), un CD-ROM y/o un DVD, por medio de una conexión remota, ya sea por cable o inalámbrica, que proporcione acceso a uno o más medios accesibles electrónicamente y a otros componentes. En determinados modos de realización, se pueden utilizar circuitos cableados en lugar de o en combinación con instrucciones de software. Por tanto, la ejecución de secuencias de instrucciones no se limita a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software, ya sea descrita y/o ilustrada en el presente documento. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 también incluye al menos una interfaz de sensor 78 que permite que el sistema de control 30 se comuniquen con el anemómetro 56, los sensores 46, 50, 54, 58, 60, 62, 64 y/o 65, y/u otro u otros sensores. La interfaz de sensor 78 incluye, por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital que convierten señales analógicas en señales digitales que se pueden usar por el procesador 68.

**[0038]** La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar 100 para controlar una turbina eólica, tal como la turbina eólica 10 mostrada en las Figuras 1, 2 y 3. En el modo de realización ejemplar, el procedimiento 100 incluye determinar uno o más criterios diversos tales como una condición atmosférica 110, una condición de viento 120, una emisión acústica inicial 130 de la turbina eólica 10, una distancia a una ubicación 140, una hora, un día y/o una fecha 150, y una configuración inicial 160 de la turbina eólica 10. Además, el sistema de control 30 puede almacenar la determinación 110, 120, 130, 150 y/o 160 para calibrar automáticamente y/o determinar 175 el funcionamiento de la turbina eólica 10 en base a la determinación 110, 120, 130, 150, 160 y/u otros datos asociados a la atenuación y propagación de emisiones acústicas. En el modo de realización ejemplar, la determinación 110, 120, 130, 140, 150 y/o 160 se determinan de manera continua y dinámica mediante al menos un algoritmo y se almacenan estáticamente de forma electrónica dentro de una tabla (no mostrada) que se mantiene dentro del sistema de control 30. De forma alternativa, dichos valores pueden obtenerse dinámicamente usando al menos un algoritmo.

**[0039]** Más específicamente, en el modo de realización ejemplar, la determinación de la condición atmosférica 110 incluye detectar una presión de aire ambiente, una temperatura de aire ambiente y/o una humedad ambiental usando el sensor 60, 62 y 64, respectivamente. De forma alternativa, la determinación de la condición atmosférica 110 puede incluir la detección de la tasa de lluvia, la viscosidad del aire ambiente y otras condiciones atmosféricas ambientales. En el modo de realización ejemplar, al menos un sensor 60, 62 y/o 64 detecta una condición atmosférica y transfiere, 165, datos asociados a la condición atmosférica detectada al sistema de control 30.

**[0040]** En el modo de realización ejemplar, determinar la condición de viento 120 incluye detectar una velocidad de viento, una dirección de viento, una cizalladura de viento, un gradiente de viento y/o una intensidad de turbulencia usando un anemómetro 56. En el modo de realización ejemplar, el anemómetro 56 detecta una condición de viento y transfiere, 165, datos asociados a la condición de viento detectada al sistema de control 30.

**[0041]** En el modo de realización ejemplar, la determinación de emisión acústica inicial 130 de la turbina eólica 10 incluye detectar un nivel sonoro en una ubicación próxima a la turbina eólica 10 usando el sensor 65. De forma alternativa, la determinación de emisión acústica inicial 130 incluye detectar un nivel sonoro percibido en una ubicación alejada de la turbina eólica 10 usando el sensor 65. En el modo de realización ejemplar, el sensor 65 detecta una emisión acústica y transfiere, 165, datos asociados a la emisión acústica detectada al sistema de control 30.

**[0042]** En el modo de realización ejemplar, determinar la distancia a una ubicación 140 incluye determinar una ubicación afectada por las emisiones sonoras de la turbina eólica 10. En determinados modos de realización, la ubicación es un punto de observación que incluye una o más de entre una casa, un área suburbana, un área urbana y otra turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye datos asociados a diversas distancias y/u orientaciones a varias ubicaciones, y el sistema de control 30 determina una ubicación basándose en otros criterios determinados tales como la determinación 110, 120, 130, 150 y/o 160. De forma alternativa, un sensor detecta una distancia y/o una orientación con respecto a una ubicación y transfiere, 165, datos asociados a la distancia y/o la orientación detectadas al sistema de control 30.

**[0043]** En el modo de realización ejemplar, la determinación de la hora 150 incluye la determinación de al menos una hora del día, una hora de la semana y/o una época del año. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye un reloj y/o calendario (no mostrados) que están configurados para determinar la hora. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye un planificador asociado a varias horas, días y/o fechas que tienen una tolerancia aumentada y/o disminuida a las emisiones acústicas. Por ejemplo, las horas entre las 8:00 p.m. y las 8:00 a.m. pueden ser horas programadas para emisiones acústicas reducidas.

**[0044]** En el modo de realización ejemplar, determinar la configuración inicial 160 de la turbina eólica 10 incluye detectar la velocidad del rotor 18, la orientación del rotor 18 y/o un ángulo de *pitch* de al menos una pala de rotor 24 usando el sensor 46, 50 y/o 54, respectivamente. En el modo de realización ejemplar, al menos uno de los sensores 46, 50 y/o 54 detecta una configuración inicial de la turbina eólica 10 y transfiere, 165, datos asociados

a la configuración inicial detectada al sistema de control 30. Además, la determinación de configuración inicial 160 de la turbina eólica 10 puede incluir determinar una altura de la turbina eólica 10, detectar una salida de potencia eléctrica usando el sensor 58 y/u otras configuraciones de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 incluye datos asociados a varias configuraciones de la turbina eólica 10.

**[0045]** El procedimiento 100 incluye comparar 170 cualquier combinación de determinación 110, 120, 130, 140, 150 y 160 con las propiedades de las emisiones acústicas. El sonido puede propagarse y/o percibirse de diferente manera en diversas condiciones atmosféricas. El sistema de control 30 incluye además datos asociados a diversas propiedades del sonido en diversas condiciones atmosféricas. Por ejemplo, si la cizalladura del viento (“wind shear”) es alta, la velocidad del rotor de la turbina eólica 10 puede reducirse para compensar un bajo nivel de ruido de fondo en un punto de observación. Además, propiedades del emplazamiento tales como, pero sin limitarse a, las propiedades del suelo, el terreno, el follaje, los edificios y/u otras características del área circundante, pueden influir en varias propiedades del sonido. En base a la comparación de cualquier combinación de determinación 110, 120, 130, 140, 150 y 160 con diversas propiedades del sonido, el funcionamiento de la turbina eólica 10 se controla, 180, para aumentar o disminuir las emisiones acústicas de la turbina eólica 10.

**[0046]** Por ejemplo, el sistema de control 30 puede transmitir señales de funcionamiento para ajustar un par de torsión de freno y/o un ángulo de *pitch* para aumentar y/o disminuir la velocidad de rotación del rotor 18. Además, el sistema de control 30 puede transmitir señales de funcionamiento al sistema de orientación 48 para hacer girar la góndola 16 para reorientar el rotor 18 alrededor del eje de orientación 32. Además, el sistema de control puede transmitir señales de funcionamiento al sistema de *pitch* de pala variable 52 para aumentar y/o reducir un ángulo de *pitch* de al menos una pala de rotor 24.

**[0047]** De acuerdo con la invención, el sistema de control 30 crea una matriz de parámetros que incluye una pluralidad de huellas (“footprints”) asociadas a varias determinaciones 110, 120, 130, 140, 150 y/o 160. Más específicamente, en el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 puede almacenar una pluralidad de señales de funcionamiento utilizadas para una pluralidad de determinaciones 110, 120, 130, 140, 150 y/o 160 en una base de datos y calibrar y/o determinar, 175, operaciones de turbina eólica 10 en base a la pluralidad de señales de funcionamiento almacenadas y/u otros datos asociados a la atenuación y propagación de emisiones acústicas.

**[0048]** Por ejemplo, el sistema de control 30 puede crear una primera huella que asocia una primera combinación de determinaciones 110, 120, 130, 140, 150 y/o 160 con un primer ajuste operativo. Cuando el sistema de control 30 recibe una segunda huella, que incluye una segunda combinación de determinaciones 110, 120, 130, 140, 150 y/o 160, que es similar a la de la primera huella, el sistema de control 30 puede hacer funcionar la turbina eólica 10 usando el primer ajuste operativo y/o calibrar el funcionamiento de la turbina eólica 10 basándose en una comparación de la primera y segunda huellas.

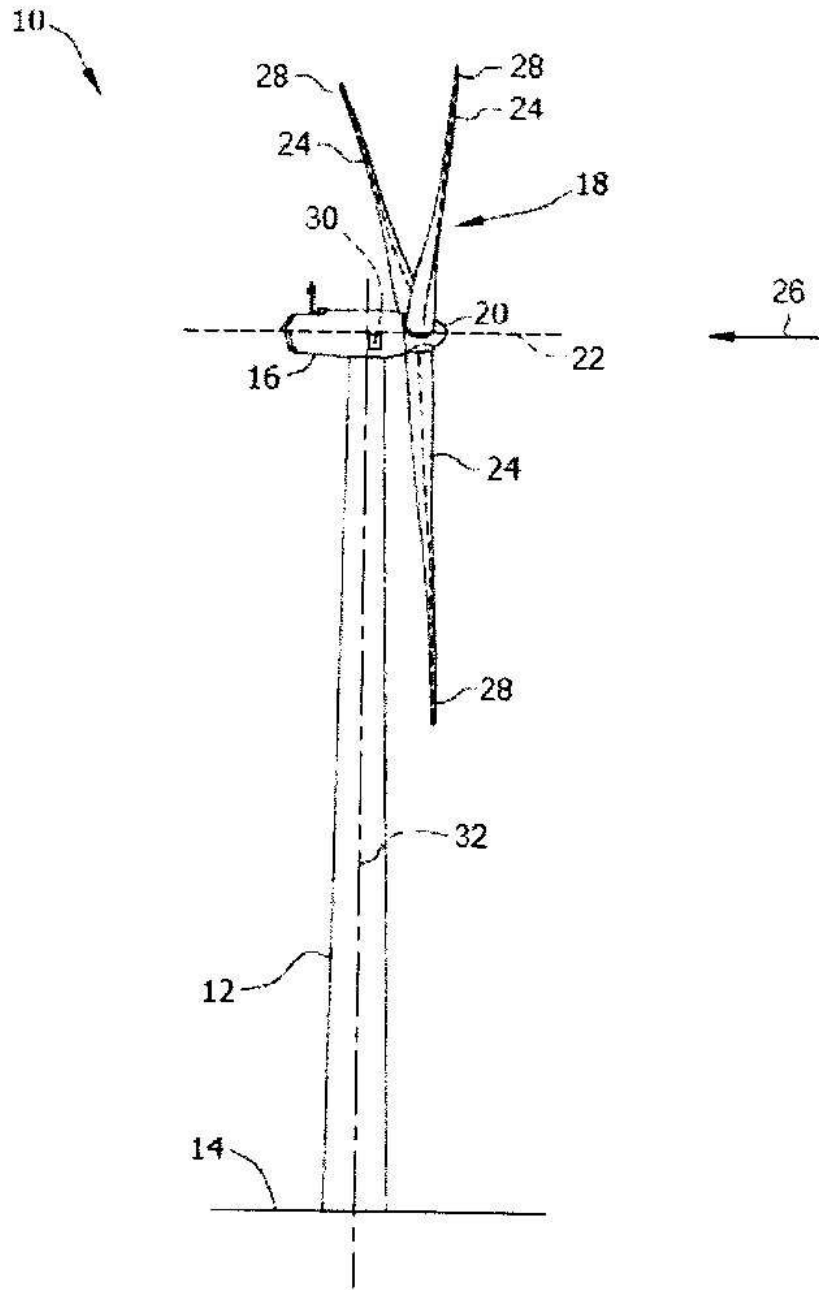
**[0049]** Más específicamente, en el modo de realización ejemplar, el sistema de control 30 puede comparar una emisión sonora percibida resultante de una primera huella con una emisión sonora percibida resultante de una segunda huella. El sistema de control 30 determina si las señales de funcionamiento asociadas a la primera huella se utilizan para hacer funcionar la turbina eólica 10 o si las señales de funcionamiento asociadas a la primera huella se calibran en vista de la segunda huella. De este modo, el sistema de control 30 hace funcionar y/o calibra la turbina eólica 10 de manera que el funcionamiento de la turbina eólica 10 bajo determinaciones similares 110, 120, 130, 140, 150 y/o 160 emita una emisión sonora percibida similar.

**[0050]** Como se usa en el presente documento, un elemento o etapa citados en singular y seguidos por la palabra “un” o “una” se deben entender como no excluyentes del plural de dichos elementos o etapas, a menos que dicha exclusión se indique explícitamente. Además, no se pretende que las referencias a “un modo de realización” sean interpretadas como excluyentes de la existencia de modos de realización adicionales que también incorporan las características citadas. Además, a menos que se indique explícitamente lo contrario, los modos de realización “que comprenden”, “que incluyen” o “que tienen” un elemento o una pluralidad de elementos que tienen una propiedad particular pueden incluir elementos adicionales que tengan esa propiedad.

**[0051]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica lleve a la práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una turbina eólica (10) que incluye un rotor (18) que tiene al menos una pala de rotor (24), que comprende un aparato para controlar una emisión acústica, comprendiendo dicho aparato:
- 5
- al menos un sensor (60, 62, 64) acoplado operativamente a la turbina eólica (10), estando el sensor configurado para detectar una condición atmosférica (110) que incluye al menos una de entre una presión de aire ambiente, una temperatura de aire ambiente, una humedad ambiental, una tasa de lluvia, una viscosidad de aire ambiente; y
- 10
- un sistema de control (30) acoplado comunicativamente al sensor y que está configurado para determinar además uno o más criterios tales como una condición de viento (120), una emisión acústica inicial (130) de la turbina eólica (10), una distancia a una ubicación (140), una hora, un día y/o una fecha (150) y una configuración inicial (160) de la turbina eólica (10);
- 15
- estando configurado además el sistema de control (30) para controlar el funcionamiento de la turbina eólica (10) para ajustar la emisión acústica de la turbina eólica (10) aumentando y/o disminuyendo una velocidad de rotor del rotor (18), girando un góndola de la turbina eólica (10) alrededor de un eje de orientación de la turbina eólica (10) y/o girando una pala de rotor (18) alrededor de un eje de *pitch*, en base a la atenuación y propagación de emisiones acústicas y en base a una matriz paramétrica que incluye una pluralidad de huellas que asocian una combinación de la condición atmosférica (110), la condición de viento (120), la emisión acústica inicial (130), la distancia a una ubicación (140), una hora, un día y/o una fecha (150) y/o la configuración inicial (160) con un ajuste operativo de la turbina eólica (10).
- 20
- 25
2. La turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el sistema de control (30) está configurado además para controlar al menos uno de entre una velocidad de rotor, una orientación de la turbina eólica (10) y un *pitch* de la pala de rotor (24) en base a al menos uno de entre una velocidad de rotor inicial, una orientación inicial de la turbina eólica y un *pitch* inicial de la pala de rotor.
- 30
3. Un parque eólico que comprende: al menos una turbina eólica (10) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.



**Figura 1**

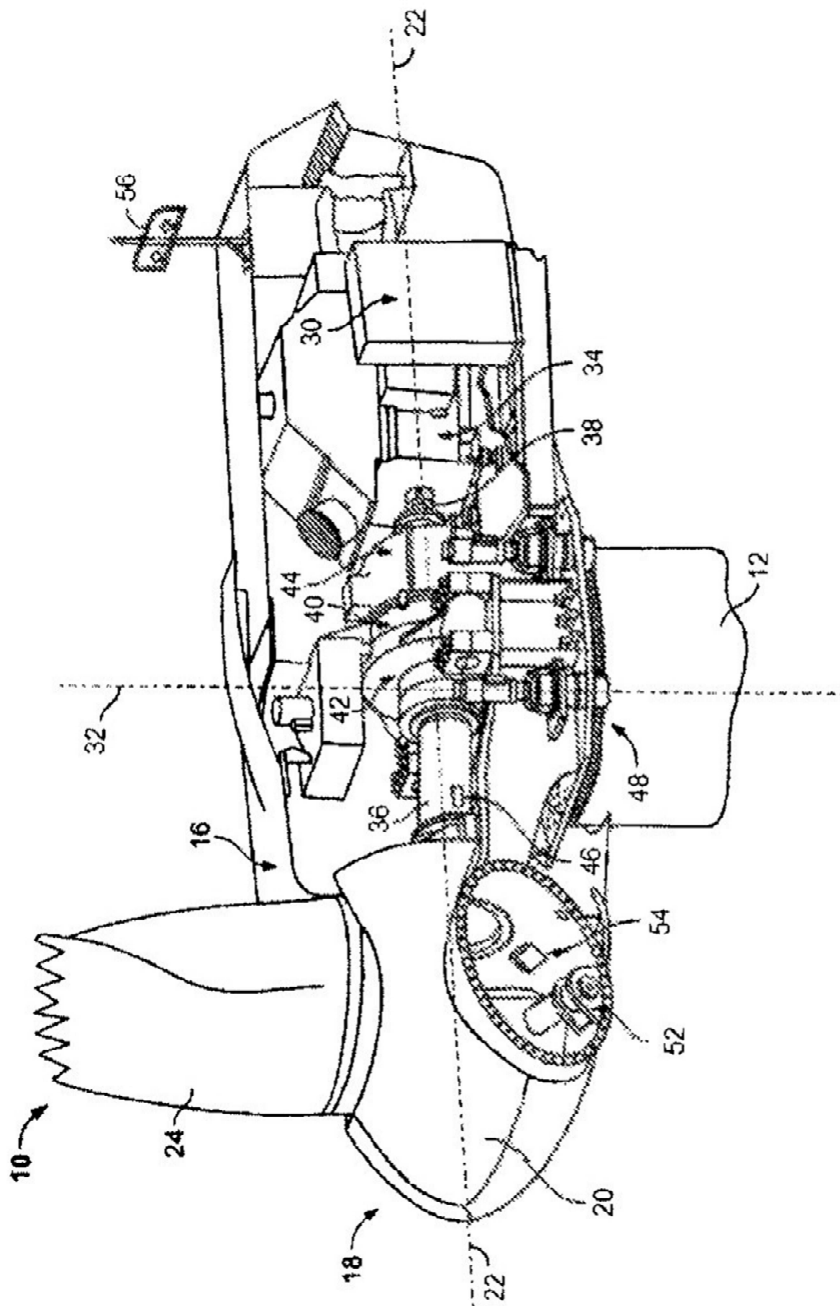


Figura 2

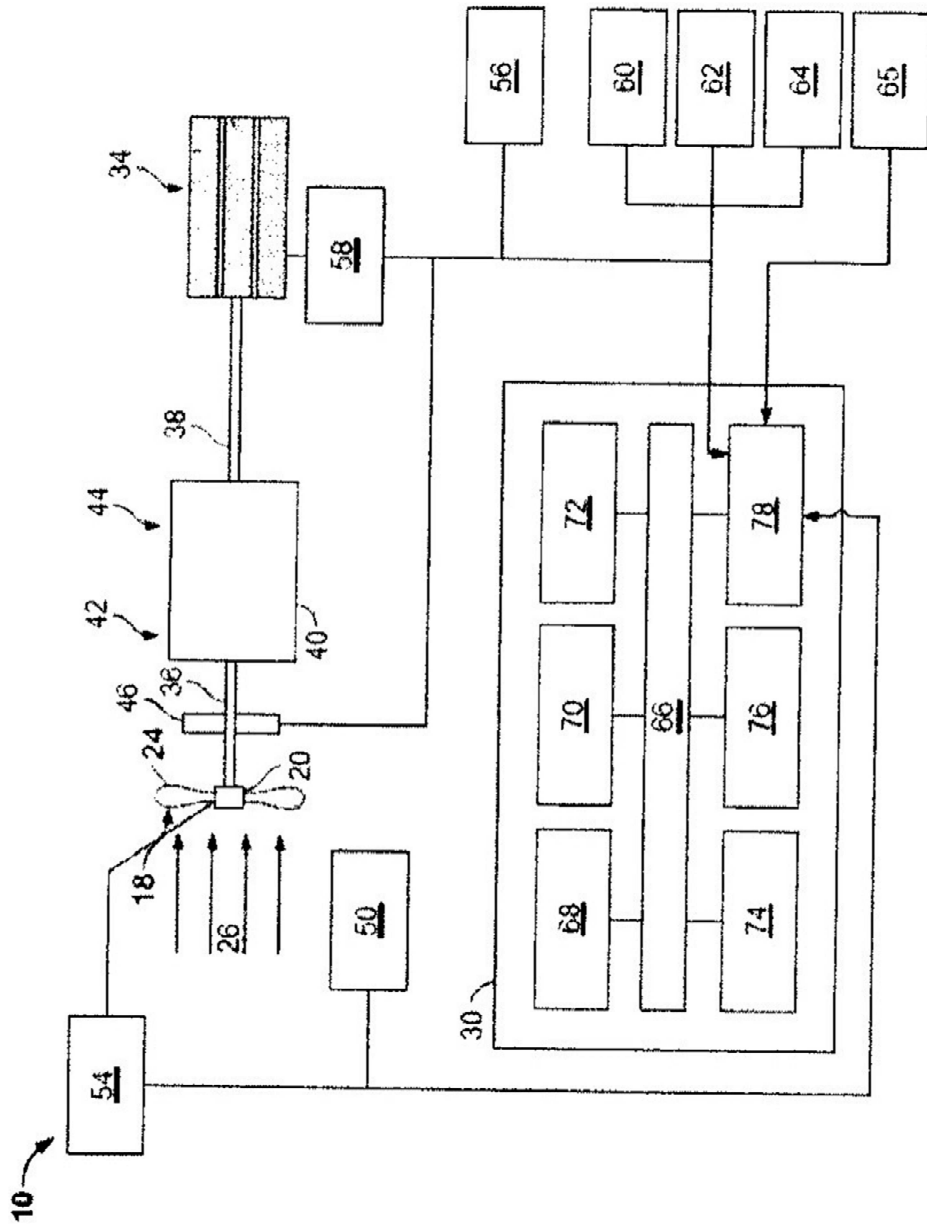


Figura 3

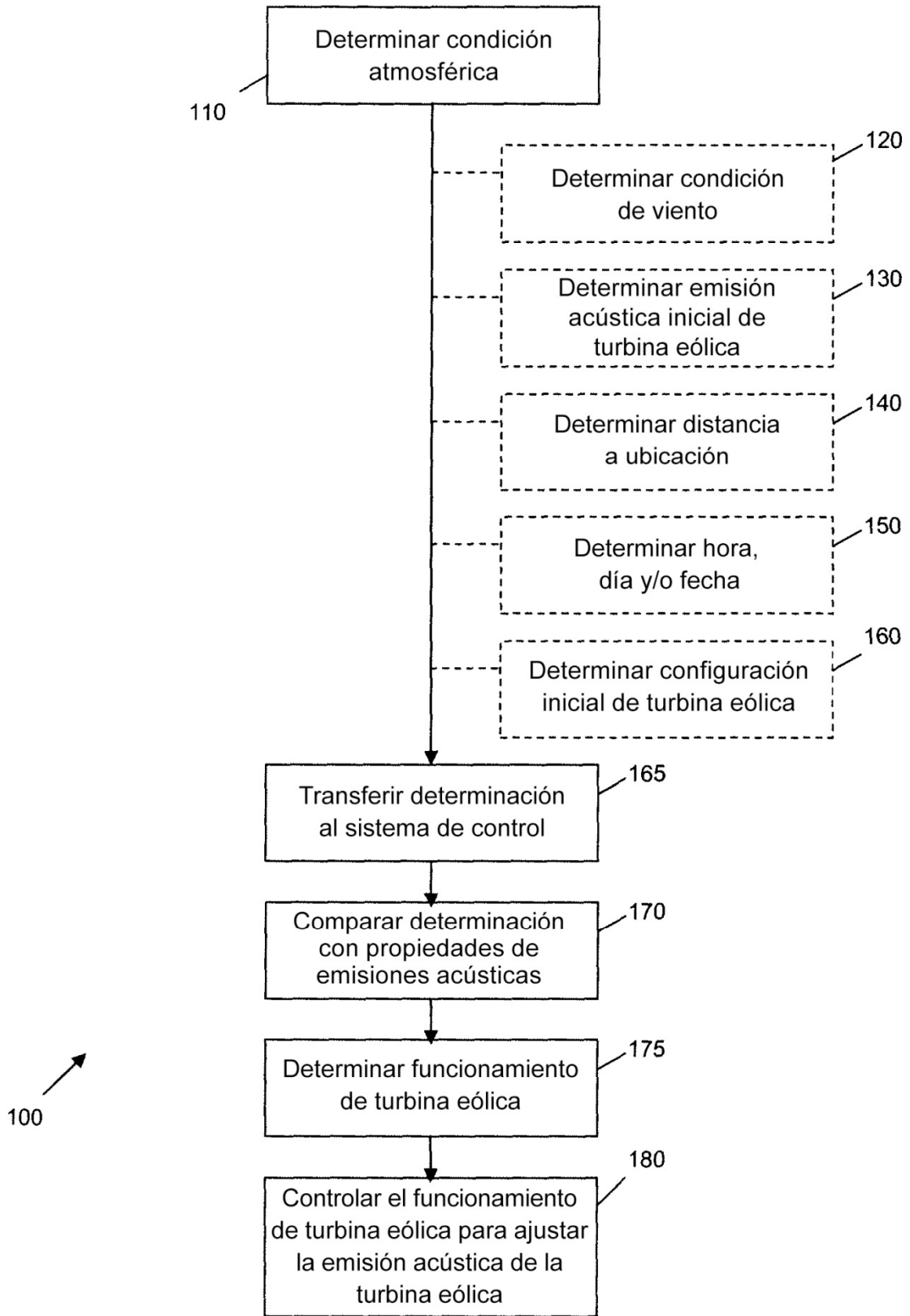


Figura 4