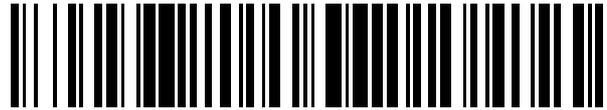


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 939**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2007 E 07123024 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015 EP 1936186**

54 Título: **Turbina eólica y procedimiento de detección de hielo asimétrico en una turbina eólica**

30 Prioridad:

21.12.2006 US 643456

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

30.09.2015

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 RIVER ROAD
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**SUNDERMANN, BASTIAN;
SIUTS, CHRISTIAN y
OING, HUBERT**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 546 939 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 y procedimiento de detección de hielo asimétrico en una turbina eólica

La presente invención se refiere a la acumulación de hielo que se produce sobre las palas del rotor de una turbina eólica; y más en particular a un procedimiento y un sistema para la detección de la formación de hielo asimétrica.

5 Las turbinas eólicas se instalan normalmente en zonas donde las condiciones climáticas permiten la acumulación de hielo (a continuación en el presente documento formación de hielo). La formación de hielo en las palas del rotor (en adelante palas) de una turbina de viento normalmente da lugar a varios problemas, incluyendo una reducción en la producción de energía; y tensiones mayores en varios componentes. La formación de hielo se puede dividir en dos formas: simétrica (formación de hielo en todas las palas) y asimétrica, (formación de hielo en algunas palas). La
10 formación de hielo asimétrica aumenta la vibración en la torre de la turbina eólica y también aumenta la aceleración de la velocidad de rotor. La formación de hielo asimétrica también puede producir un desequilibrio en la masa del rotor lo que da lugar a cargas de fatiga mayores, y así requerir componentes de la turbina eólica más consistentes y caros.

15 Los sistemas actuales de detección de la formación de hielo asimétrica requieren típicamente *hardware* adicional, tal como sensores, anemómetros, transductores piezoeléctricos, o similares. Por otra parte, los operadores de turbinas eólicas, en general, deben comprar e instalar este *hardware* adicional.

Se describen varios sistemas conocidos, por ejemplo, en los documentos DE 195 28 862, US 2005/0276696, US 6,890,152 y EP 1 748 185.

20 Hay algunos problemas con los actuales sistemas y procedimientos para abordar la formación de hielo. El requisito de *hardware* adicional aumenta los costes de la instalación y funcionamiento de la turbina eólica. Por otra parte, para las áreas geográficas con una temperatura promedio anual por encima de cero, los costes adicionales asociados con la detección de la formación de hielo asimétrica pueden ser prohibitivos para el funcionamiento de la turbina eólica.

25 Por las razones precedentes, existe la necesidad de un procedimiento y un sistema para la detección de la formación de hielo asimétrica utilizando *hardware* para turbinas eólicas existente. El procedimiento no debería requerir *hardware* adicional. Además, el procedimiento debe incorporar datos de la velocidad de rotor para detectar la formación de hielo asimétrica.

Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

30 Las realizaciones de la invención se describirán ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un esquema que ilustra el entorno en el que funciona una realización de la presente invención.

Las figuras 2A y 2B (en conjunto la figura 2) son diagramas de flujo que ilustran un ejemplo de un procedimiento de detección de formación de hielo asimétrica de acuerdo con una realización de la presente invención.

35 La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento de respuesta a una detección de formación de hielo asimétrica de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques de sistema de ejemplo para la detección de formación de hielo asimétrica de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 Como se apreciará por un experto normal en la técnica, la presente invención se puede realizar como un procedimiento, sistema o producto de programa informático. Por consiguiente, la presente invención puede tomar la forma de una realización completamente de *hardware*, una realización completamente de *software* (incluyendo *firmware*, *software* residente, microcódigo, etc.) o una realización que combina los aspectos de *software* y *hardware*, denominándose todos, en general, en el presente documento como un «circuito», «módulo» o «sistema». Además, la presente invención puede tomar la forma de un producto de programa informático en un medio de almacenamiento utilizable por ordenador que tiene un código de programa utilizable por ordenador incorporado en el
45 medio.

50 Se puede utilizar cualquier medio legible por ordenador adecuado. El medio utilizable por ordenador o legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero sin limitación, un sistema, aparato, dispositivo o medio de propagación electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor. Los ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) del medio legible por ordenador incluirían los siguientes: una conexión eléctrica que tiene uno o más cables, un disquete portátil de ordenador, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria programable y borrable de sólo lectura (EPROM o memoria flash), una fibra óptica, un disco compacto portátil de memoria de sólo lectura (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un medio de transmisión tal como los soportan Internet o una intranet, o un dispositivo de almacenamiento

magnético. Cabe destacar que el medio utilizable por ordenador o legible por ordenador incluso podría ser papel u otro medio adecuado sobre el que se imprime el programa, ya que el programa se puede capturar electrónicamente, a través, por ejemplo, del escaneo óptico del papel u otro medio, y a continuación se puede compilar, interpretar o procesar de otro modo, de manera adecuada, si es necesario, y a continuación almacenarse en una memoria de ordenador. En el contexto de este documento, un medio utilizable por ordenador o legible por ordenador puede ser cualquier medio que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para su uso por o en conexión con el sistema, equipo o dispositivo de ejecución de instrucciones.

El código del programa informático para la realización de las operaciones de la presente invención puede estar escrito en un lenguaje de programación orientado a objetos tal como Java7, Smalltalk o C ++, o similares. Sin embargo, el código de programa informático para llevar a cabo las operaciones de la presente invención también puede estar escrito en lenguajes de programación de procedimientos convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o un lenguaje similar. El código informático puede ejecutarse en su totalidad en el ordenador del usuario, en parte en el ordenador del usuario, como un paquete informático independiente, en parte en el ordenador del usuario y en parte en un ordenador remoto, o en su totalidad en el ordenador remoto. En este último escenario, el ordenador remoto puede conectarse al ordenador del usuario a través de una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión puede hacerse a un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet).

La presente invención se describe a continuación con referencia a ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques de procedimientos, aparatos (sistemas) y productos de programas informáticos de acuerdo con las realizaciones de la invención. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagrama de bloques, se puede implementar por instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático se pueden proporcionar a un procesador de un ordenador de propósito público, a un ordenador de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de tal manera que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, creen medios para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones de programa informático también se pueden almacenar en una memoria legible por ordenador que puede dirigir un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para funcionar de manera particular, de tal manera que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación que incluya medios de instrucción que implementen la función/acto especificado en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques. Las instrucciones de programa informático también se pueden cargar en un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para provocar que se realicen una serie de pasos operacionales sobre el ordenador u otro aparato programable para producir un proceso implementado por ordenador tal que las instrucciones, que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable, proporcionen pasos para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

La siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas se refiere a los dibujos adjuntos que ilustran realizaciones específicas de la invención. Otras realizaciones que tienen diferentes estructuras y operaciones no se apartan del alcance de la presente invención.

Una realización de la presente invención toma la forma de una aplicación informática y un proceso que utiliza la aceleración de la velocidad de rotor para detectar la formación de hielo asimétrica en una turbina eólica. La presente invención se puede aplicar a muchas formas de turbinas eólicas (a continuación en el presente documento, turbina), incluyendo las situadas en regiones, que típicamente no pueden tener condiciones atmosféricas que soportan la formación de hielo.

La presente invención se puede configurar para monitorizar de forma automática o continua la aceleración de la velocidad de rotor durante el funcionamiento de la turbina, para determinar si se está produciendo o no la formación de hielo asimétrica. De forma alternativa, la presente invención se puede configurar para requerir una acción del usuario para iniciar el funcionamiento.

La presente invención puede funcionar como un sistema independiente. De forma alternativa, la presente invención se puede integrar como un módulo, o similar, dentro de un sistema más amplio, tal como el sistema de control de turbina o de control de instalación.

La figura 1 es un esquema que ilustra el entorno en el que funciona una realización de la presente invención. En ella, una turbina 100 incluye una torre 110 en la que está montada una góndola 120. En un extremo lateral de la góndola 120, está montado un buje 130 que soporta una pluralidad de palas 140. Como se ilustra, dispuesto dentro de la góndola 120 se encuentran una caja de engranajes 150 y un generador 160. La caja de engranajes 150 y el generador 160 están conectados al buje 130 a través de un tren de accionamiento 170. Además, un sistema de detección de formación de hielo asimétrica 180 (a continuación en el presente documento, sistema 180) también puede estar dispuesto dentro de la góndola 120. La comunicación con el sistema 180 es un sensor de vibración 190

y un sensor de velocidad de rotor 195. El sensor 190 mide la vibración de la torre. Una ventaja de la presente invención es que los sensores 190, 195 son típicamente componentes normales de una turbina 100. Por lo tanto, un usuario no está obligado a adquirir, instalar y mantener nuevos sensores.

5 Una realización del sistema 180 de la presente invención puede recibir datos de velocidad de rotor de los sensores de velocidad de rotor 195 para determinar si al menos una pala 140 puede o no estar experimentando formación de hielo. En el caso en el que el sensor de velocidad de rotor 195 no esté disponible, la presente invención utilizará el sensor de vibración 190 para determinar si al menos una pala 140 puede o no estar experimentando formación de hielo.

10 Con referencia ahora a las figuras 2A y 2B (en conjunto la figura 2), que son un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 200 de detección de formación de hielo asimétrica, de acuerdo con una realización de la presente invención. En el paso 205, el procedimiento 200 está habilitado para monitorizar la actividad de una turbina. Una realización del procedimiento 200 puede estar configurada para funcionar de forma continua para determinar si se está produciendo o no formación de hielo en al menos una pala.

15 En el paso 210, el procedimiento 200 determina si están disponibles o no datos de la aceleración de velocidad de rotor. Si la aceleración de la velocidad de rotor está disponible, entonces el procedimiento 200 prosigue al paso 215; de lo contrario el procedimiento 200 prosigue al paso 225.

20 En el paso 215, el procedimiento 200 determina si la aceleración de la velocidad de rotor está o no por encima de un límite de aceleración de velocidad de rotor. El paso 215 compara los datos reales de aceleración de velocidad de rotor con un límite preconfigurado de aceleración de velocidad de rotor. Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, la presente invención puede recibir datos reales de la velocidad de rotor del sensor de velocidad de rotor 195. Haciendo referencia de nuevo al paso 215, el límite preconfigurado de aceleración de la velocidad de rotor puede ser un parámetro ajustable por el usuario. De forma alternativa, el límite preconfigurado de aceleración de la velocidad de rotor se puede recibir por el paso 215 desde otro sistema de control, tal como un sistema de control de instalación, o similar. Como se ilustra, el procedimiento 200 en el paso 215 recibe los datos de aceleración de la velocidad de rotor desde el paso 220. Si la aceleración de la velocidad de rotor no supera el límite, entonces el procedimiento 200 vuelve al paso 205, de lo contrario el procedimiento 200 prosigue al paso 235 o bien al paso 245.

25 En el paso 225, el procedimiento 200 determina si la aceleración longitudinal de la torre está o no por encima de un límite de aceleración longitudinal. El paso 225 incorpora datos reales de vibración de la torre para calcular una aceleración longitudinal de la torre, que luego se compara con un límite preconfigurado de aceleración longitudinal. Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, la presente invención puede recibir datos reales de vibración de la torre desde el sensor de vibración 190. Haciendo referencia de nuevo al paso 225, el límite preconfigurado de aceleración se puede recibir por el paso 225 desde otro sistema de control, tal como un sistema de control de instalación, o similar. Como se ilustra, el paso 225 recibe los datos de la torre de vibración desde el paso 230. Si la aceleración de torre lateral no supera el límite, entonces el procedimiento 200 vuelve al paso 205, de lo contrario el procedimiento 200 prosigue al paso 235 o bien al paso 245.

30 La presente invención se puede utilizar en una turbina que tiene al menos un sensor que puede proporcionar datos de la velocidad de rotor o bien datos de la posición del rotor al procedimiento 200. Como se ilustra, si la presente invención se implementa en una turbina que tiene un sensor que proporciona la velocidad de rotor, entonces el procedimiento 200 prosigue desde el paso 215 o bien 225 al paso 235; de lo contrario si la presente invención se implementa en una turbina que tiene un sensor que proporciona la posición del rotor, entonces el procedimiento 200 prosigue desde el paso 215 o bien 225 al paso 245.

35 En el paso 235, el procedimiento 200 determina si la frecuencia de la aceleración longitudinal de la torre es similar o no a la frecuencia del rotor. El paso 235 compara la frecuencia de la aceleración longitudinal de la torre del bloque 225 con la velocidad de rotor real. Como se ilustra, el paso 235 recibe los datos de la velocidad de rotor desde el paso 240. Como se ha analizado, los datos de la velocidad de rotor se pueden recibir desde un sensor de velocidad de rotor 195 en la turbina. Si la frecuencia de la aceleración longitudinal de la torre es similar a la velocidad de rotor real, entonces el procedimiento 200 prosigue al paso 255; de lo contrario el procedimiento 200 vuelve al paso 205.

40 En el paso 245, el procedimiento 200 determina si la aceleración longitudinal máxima de la torre se produce o no periódicamente en torno a la misma posición del rotor. El paso 230 determina en primer lugar el valor de aceleración longitudinal máxima de la torre. A continuación, el paso 245 determina si ese valor se produce o no repetidamente en o cerca de la misma posición del rotor. Como se ilustra, el paso 245 recibe los datos de posición del rotor desde el paso 250. Como se ha analizado, los datos de posición del rotor se pueden recibir desde un sensor preexistente en la turbina. Si la aceleración longitudinal máxima de la torre se está produciendo repetidamente en o cerca de la misma posición del rotor, entonces el procedimiento 200 prosigue al paso 255; de lo contrario el procedimiento 200 vuelve al paso 205.

45 En el paso 255, el procedimiento 200 ha determinado que es probable una condición de desequilibrio de la masa del rotor. El procedimiento 200 puede estar configurado para proporcionar una notificación de que es probable una

condición de desequilibrio de la masa del rotor. La notificación puede ser una alarma de diversas formas tales como, pero sin limitación, una señal de audio, un gráfico o un mensaje de texto.

5 En el paso 260, el procedimiento 200 determina si existe o no un potencial de formación de hielo en al menos una pala. El paso 260 utiliza datos de las condiciones climáticas del ambiente para determinar si podría producirse o no la formación de hielo. Por ejemplo, pero sin limitación, una realización de la presente invención puede utilizar la temperatura, humedad y presión del aire para determinar si se puede producir o no formación de hielo. Como se ilustra, el paso 260 recibe los datos de las condiciones climáticas del ambiente desde el paso 265. Las turbinas tienen típicamente *hardware* que proporciona datos de la condición meteorológica ambiente y por lo tanto la presente invención no requiere *hardware* adicional. Si el paso 260 determina que las condiciones meteorológicas ambientes soportan la formación de hielo, entonces el procedimiento 200 prosigue al paso 270; de lo contrario el procedimiento 200 vuelve al paso 205.

15 En el paso 270, el procedimiento 200 determina si la aceleración longitudinal real de la torre coincide o no con las aceleraciones longitudinales de la torre debidas a que haya hielo al menos en una pala. Como se ilustra, el paso 270 recibe los datos del rotor (tales como la posición del rotor o velocidad de rotor) desde el paso 275, y los datos de vibración de la torre desde el paso 280. A continuación, el paso 270 utiliza los datos recibidos para calcular un rango de aceleraciones longitudinales de la torre que pueden ser resultado de la formación de hielo en al menos una pala. Las aceleraciones longitudinales calculadas de la torre se comparan entonces con la aceleración real de la velocidad de rotor determinada en el paso 215, o bien con la aceleración longitudinal real de la torre determinada en el paso 225, (cualquiera que esté disponible). De forma alternativa, una realización de la presente invención puede comparar la aceleración longitudinal real de la torre con un valor previamente almacenado o estimado. Si el paso 20 270 determina que la aceleración real de la velocidad de rotor o bien la aceleración longitudinal de la torre coinciden con las aceleraciones longitudinales calculadas de la torre, entonces el procedimiento 200 prosigue al paso 285; de lo contrario el procedimiento 200 vuelve al paso 205. De forma alternativa, si el paso 270 determina que la aceleración longitudinal real de la torre coincide con las aceleraciones longitudinales estimadas o almacenadas de la torre, entonces el procedimiento 200 prosigue al paso 285; de lo contrario el procedimiento 200 vuelve al paso 205.

25 En los pasos 285, el procedimiento 200 determina qué pala o palas pueden estar experimentando formación de hielo. Por ejemplo, pero sin limitación, el procedimiento 200 en el paso 285 puede determinar si se produce formación de hielo en una pala 1, o una pala 2, o una pala 3, o cualquiera y todas las combinaciones de las mismas. Por otra parte, en el paso 290, el procedimiento 200 puede proporcionar una notificación de qué pala o palas pueden estar experimentando formación de hielo. De forma similar al paso 255, la notificación puede ser una alarma de diversas formas tales como, pero sin limitación, una señal de audio, un gráfico o un mensaje de texto. Además, el procedimiento 200 puede estar configurado para transmitir el estado de la formación de hielo a otros sistemas de control, tales como el sistema de control de turbina, el sistema de control de instalación, o similares.

30 Con referencia ahora a la figura 3, que es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento de respuesta a una detección de formación de hielo asimétrica de acuerdo con una realización de la presente invención.

35 En el bloque 310, el procedimiento 300 recibe una notificación de formación de hielo de al menos una pala del procedimiento 200. Aquí, el procedimiento 300 puede tomar la forma de un sistema de control. El sistema de control puede incluir, por ejemplo, pero sin limitación, un sistema de control de turbina, un sistema de control de instalación, o similares. La notificación se puede recibir por el sistema de control, por ejemplo, pero sin limitación, a través de un cable, conexión inalámbrica, u otras formas de transmisión de forma electrónica de la notificación.

40 En el bloque 320, el procedimiento 300, puede implementar al menos una medida reactiva para reducir o eliminar la formación de hielo. Una medida reactiva puede incluir, por ejemplo, pero sin limitación, la reducción de la velocidad de rotor, la disminución de un punto establecido de generación de energía, procedimientos de frenado, o similares.

45 En el bloque 330, el procedimiento 300, proporciona una notificación de estado sobre la(s) medida(s) reactiva(s) que se implementó/implementaron. La notificación puede ser una alarma de diversas formas tales como, pero sin limitación, una señal de audio, un gráfico o un mensaje de texto.

50 La figura 4 es un diagrama de pasos de un sistema ejemplar 200 para detectar la formación de hielo asimétrica de acuerdo con una realización de la presente invención. Los elementos del procedimiento 200 se pueden incorporar en y realizar por el sistema 400. El sistema 400 puede incluir uno o más dispositivos de comunicación de usuario o cliente 402 o sistemas o dispositivos similares (dos se ilustran en la figura 4). Cada dispositivo de comunicación 402 puede ser, por ejemplo, pero sin limitación, un sistema de ordenador, un asistente personal digital, un teléfono móvil, o un dispositivo similar que pueda enviar y recibir un mensaje electrónico.

55 El dispositivo de comunicación 402 puede incluir una memoria de sistema 404 o sistema de archivos locales. La memoria de sistema 404 puede incluir, por ejemplo, pero sin limitación, una memoria de sólo lectura (ROM) y una memoria de acceso aleatorio (RAM). La ROM puede incluir un sistema básico de entrada/salida (BIOS). El BIOS puede contener rutinas básicas que ayudan a transferir información entre elementos o componentes del dispositivo de comunicación 402. La memoria de sistema 404 puede contener un sistema operativo 406 para controlar el

funcionamiento general del dispositivo de comunicación 402. La memoria de sistema 404 también puede incluir un navegador 408 o navegador web. La memoria de sistema 404 también puede incluir estructuras de datos 410 o un código ejecutable por ordenador para detectar la formación de hielo asimétrica que puede ser similar o incluir elementos del procedimiento 200 en las figuras 2A y 2B.

- 5 La memoria de sistema 404 puede incluir además una memoria caché de plantilla 412, que se puede usar conjuntamente con el procedimiento 200 en las figuras 2A y 2B para almacenar automáticamente los datos de la detección más reciente de formación de hielo asimétrica.

10 El dispositivo de comunicación 402 también puede incluir un procesador o unidad de procesamiento 414 para controlar las operaciones de los otros componentes del dispositivo de comunicación 402; El sistema operativo 406, el navegador 408, las estructuras de datos 410 puede ser operables en el procesador 414. El procesador 414 puede estar acoplado al sistema de memoria 404 y otros componentes del dispositivo de comunicación 402 por un bus de sistema 416.

15 El dispositivo de comunicación 402 también puede incluir dispositivos de entrada múltiple, dispositivos de salida múltiple o dispositivos de entrada/salida en combinación 418. Cada dispositivo de entrada/salida 418 puede estar acoplado al bus de sistema 416 por una interfaz de entrada/salida (que no se muestra en la figura 4). Los dispositivos de entrada y salida o una combinación de dispositivos de E/S 418 permiten al usuario operar e interactuar con el dispositivo de comunicación 402 y controlar el funcionamiento del navegador 408 y las estructuras de datos 410 para acceder, operar y controlar el *software* para almacenar automáticamente los datos de la detección más reciente de formación de hielo asimétrica. Los dispositivos E/S 418 pueden incluir un teclado y dispositivo 20 señalador de ordenador o similar para realizar las operaciones analizadas en el presente documento.

25 Los dispositivos de E/S 418 también pueden incluir unidades de disco, dispositivos de entrada/salida ópticos, mecánicos, magnéticos, o infrarrojos, módems o similares. Los dispositivos de E/S 418 se pueden utilizar para acceder a un medio 420. El medio 420 puede contener, almacenar, comunicar o transportar instrucciones legibles por ordenador o ejecutables por ordenador u otra información para su uso por o conjuntamente con un sistema, tales como los dispositivos de comunicación 402.

El dispositivo de comunicación 402 también puede incluir o estar conectado con otros dispositivos, tales como una pantalla o monitor 422. El monitor 422 se puede utilizar para permitir al usuario interactuar con el dispositivo de comunicación 402.

30 El dispositivo de comunicación 402 también puede incluir una unidad de disco duro 424. La unidad de disco duro 424 puede estar acoplada al bus de sistema 416 por una interfaz de disco duro (que no se muestra en la figura 4). El disco duro 424 también puede formar parte del sistema local de archivos o de la memoria del sistema 404. Los programas, el *software* y los datos se pueden transferir e intercambiar entre la memoria de sistema 404 y la unidad de disco duro 424 para la operación del dispositivo de comunicación 402.

35 Los dispositivos de comunicación 402 se pueden comunicar con un servidor remoto 426 y pueden dar acceso a otros servidores u otros dispositivos de comunicación similares al dispositivo de comunicación 402 a través de una red 428. El bus de sistema 416 puede estar acoplado a la red 428 por una interfaz de red 430. La interfaz de red 430 puede ser un módem, una tarjeta Ethernet, enrutador, pasarela o similar para acoplarse a la red 428. El acoplamiento puede ser una conexión cableada o inalámbrica. La red 428 puede ser Internet, una red privada, una intranet o similar.

40 El servidor 426 también puede incluir una memoria de sistema 432 que puede incluir un sistema de archivos, ROM, RAM, y similares. La memoria de sistema 432 puede incluir un sistema operativo 434 similar al sistema operativo 406 en los dispositivos de comunicación 402. La memoria de sistema 432 también puede incluir estructuras de datos 436 para almacenar automáticamente los datos de la detección más reciente de formación de hielo asimétrica. Las estructuras de datos 436 pueden incluir operaciones similares a las descritas con respecto al procedimiento 200 45 para la detección de formación de hielo asimétrica de acuerdo con una realización de la presente invención. La memoria de sistema del servidor 432 también puede incluir otros archivos 438, aplicaciones, módulos, y similares.

50 El servidor 426 también puede incluir un procesador 442 o una unidad de procesamiento para controlar la operación de otros dispositivos en el servidor 426. El servidor 426 también puede incluir el dispositivo de E/S 444. Los dispositivos de E/S 444 pueden ser similares a los dispositivos de E/S 418 de los dispositivos de comunicación 402. El servidor 426 puede incluir además otros dispositivos 446, tales como un monitor o similar, para proporcionar una interfaz junto con los dispositivos de E/S 444 para el servidor 426. El servidor 426 también puede incluir una unidad de disco duro 448. Un bus de sistema 450 puede conectar los diferentes componentes del servidor 426. Una interfaz de red 452 puede acoplar el servidor 426 a la red 428 a través del bus del sistema 450.

55 Los diagramas de flujo y diagramas de pasos en las figuras ilustran la arquitectura, funcionalidad y operación de posibles implementaciones de sistemas, procedimientos y productos de programas informáticos de acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención. En este sentido, cada paso en los diagramas de flujo o diagramas de pasos puede representar un módulo, segmento o porción de código, que comprende una o más instrucciones

- 5 ejecutables para la implementación de la(s) función/funciones lógica(s) especificada(s). También hay que señalar que, en algunas implementaciones alternativas, las funciones observadas en el paso pueden producirse fuera del orden observado en las figuras. Por ejemplo, dos pasos mostrados consecutivamente se pueden ejecutar, de hecho, de forma sustancialmente simultánea, o los pasos se pueden ejecutar a veces en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. También se observará que cada paso de los diagramas de bloque y/o la ilustración del diagrama de flujo, y combinaciones de pasos en los diagramas de bloques y/o la ilustración del diagrama de flujo, se puede implementar por sistemas basados en *hardware* para fines especiales que realizan las funciones o actos especificados, o combinaciones de *hardware* e instrucciones informáticas para fines especiales.
- 10 La terminología usada en el presente documento es solo con el objeto de describir realizaciones concretas y no se pretende que sea limitativa de la invención. Como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende" y/o "que comprende", cuando se utilizan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características , números enteros, pasos, operaciones, elementos y/o componentes establecidos, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (200) de detección de formación de hielo asimétrica en una turbina eólica (100), comprendiendo el procedimiento:
- 5 a) proporcionar (205) un sistema de monitorización de la aceleración de la velocidad de rotor;
- b) determinar (215) del sistema de monitorización de la aceleración de la velocidad de rotor si una aceleración de la velocidad de rotor está por encima de un límite de aceleración de la velocidad de rotor;
- c) determinar (255) si existe una condición de desequilibrio de la masa del rotor al:
- 10 i) comparar (235) una frecuencia de la aceleración longitudinal de la torre con una velocidad real del rotor (240) y determinar que la frecuencia de la aceleración longitudinal de la torre es similar a una frecuencia de rotor; o
- ii) determinar (245) que una aceleración longitudinal máxima de la torre se produce periódicamente en torno a una posición del rotor similar (250);
- d) determinar (260) a partir de las condiciones climáticas ambientales (265) que existe el potencial para la formación de hielo en al menos una pala (140); y
- 15 e) determinar (270) que una aceleración de la torre longitudinal coincide con que dicha al menos una pala (140) tenga formación de hielo.
2. El procedimiento (200) de la reivindicación 1 que comprende además, si no existen datos disponibles de la aceleración de la velocidad de rotor (220):
- 20 recibir (230) datos de la vibración de la torre;
- determinar (225) si una aceleración longitudinal de la torre está por encima de un límite de aceleración longitudinal; y si la aceleración longitudinal de la torre está por encima del límite de aceleración longitudinal, moverse al paso c).
3. El procedimiento (200) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además recibir la velocidad de rotor (240) desde un sensor de velocidad de rotor (195) en la turbina eólica (100).
- 25 4. El procedimiento (200) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además recibir la posición del rotor (250) desde un sensor (190) en la turbina eólica (100).
5. El procedimiento (200) de cualquier reivindicación precedente, en el que la determinación (270) de que una aceleración longitudinal de la torre coincide con que dicha al menos una pala (140) tenga formación de hielo comprende:
- 30 recibir (275) datos de rotor;
- recibir (280) datos de torre; y
- calcular un rango de aceleraciones longitudinales de la torre que pueden resultar de la formación de hielo en al menos una pala (140) utilizando los datos recibidos de rotor y torre.
6. El procedimiento (200) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además:
- 35 f) determinar (285), qué pala o palas (140) están experimentando formación de hielo.
7. El procedimiento (200) de la reivindicación 6, que comprende además:
- g) proporcionar (290) la notificación de qué pala o palas (140) están experimentando formación de hielo.
8. Una turbina eólica (100) que comprende:
- 40 una torre (110);
- una góndola (130);
- una pluralidad de palas (140); y
- un sistema de detección de formación de hielo asimétrica (180) operable para detectar formación de hielo asimétrica en la turbina eólica (100) implementando el procedimiento (200) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.

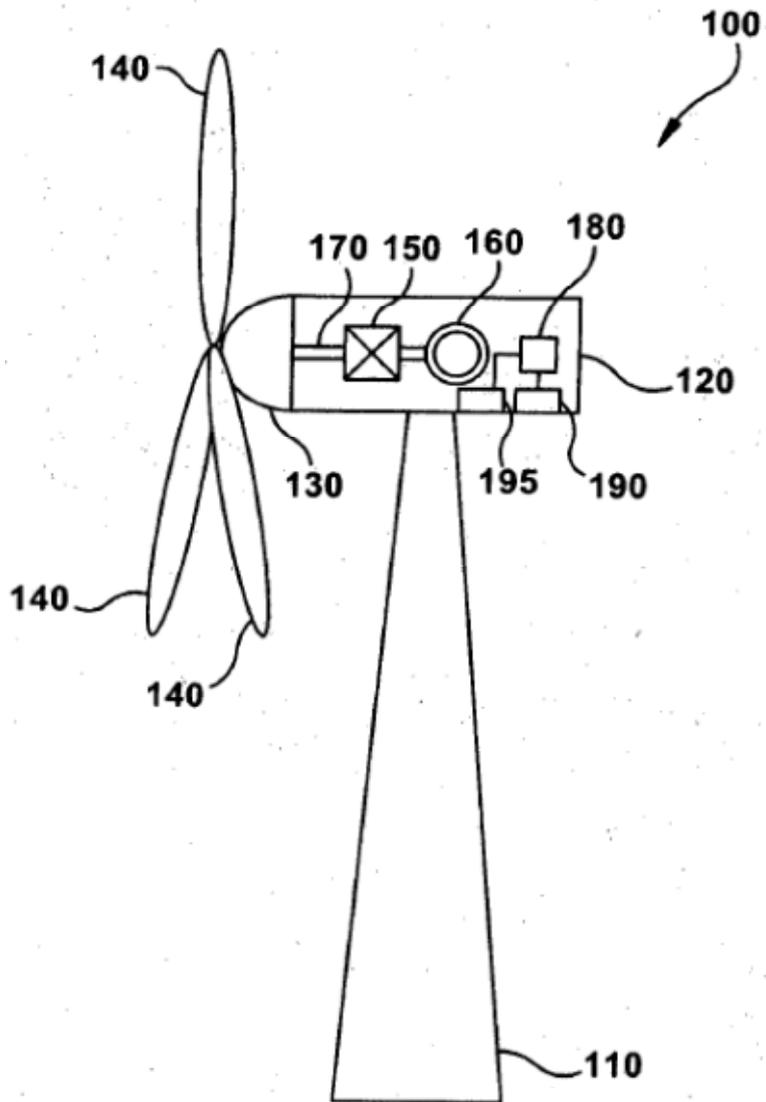


FIG. 1

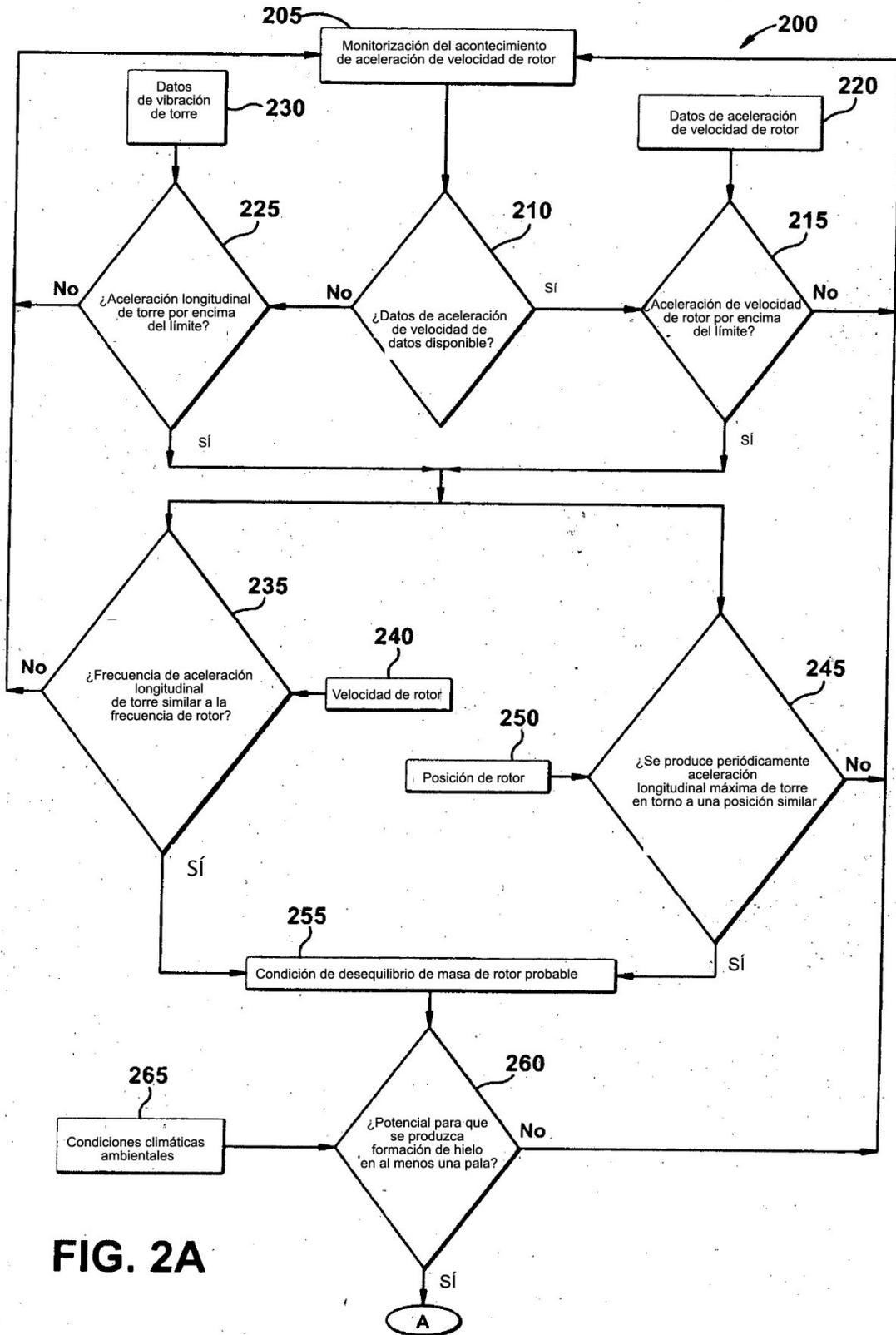


FIG. 2A

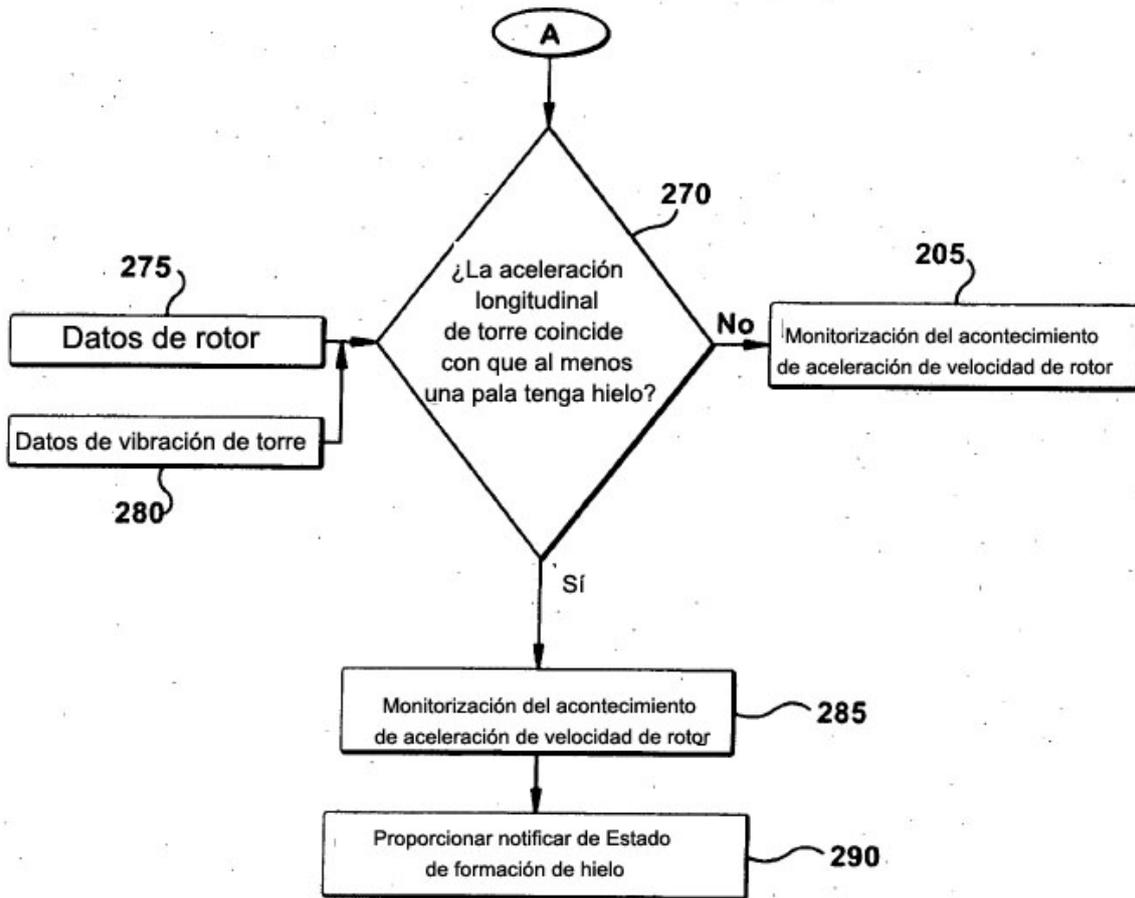


FIG. 2B

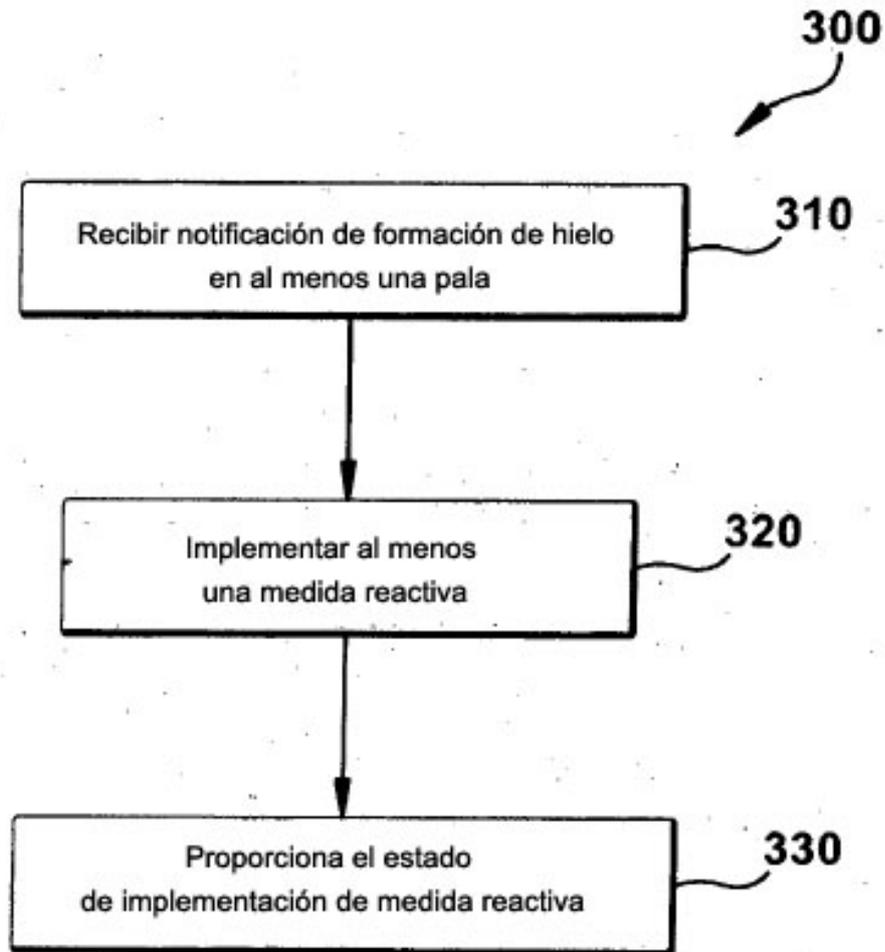


FIG. 3

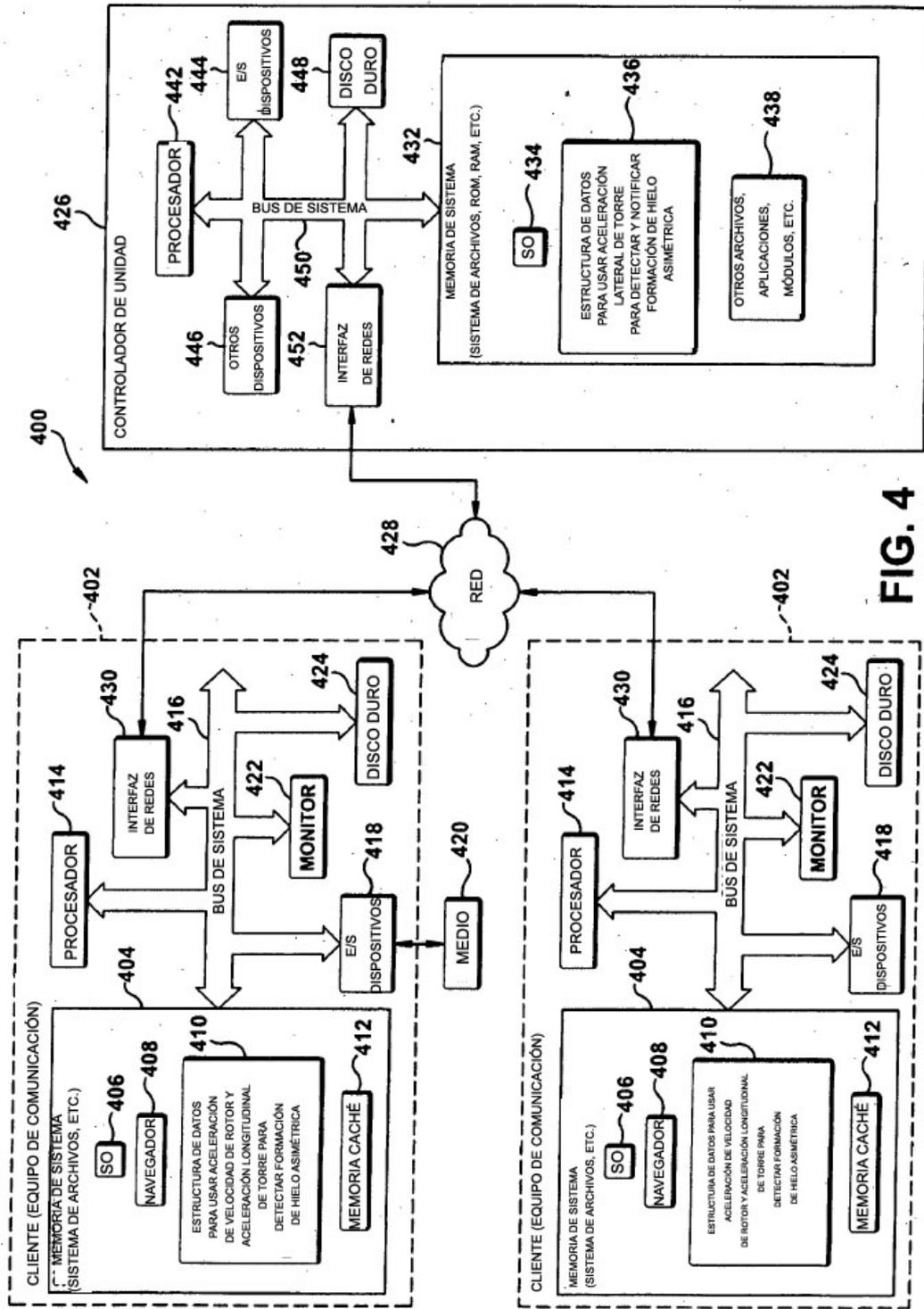


FIG. 4